



ИнтерКарто/ИнтерГИС 22

**ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ
В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ
ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА**

Материалы международной конференции
Веллингтон (Новая Зеландия),
Мельбурн (Австралия),
Протвино, Московская обл.

31 августа – 14 сентября 2016 г.

Том 1

Протвино
2016

УДК 911.2:528
ББК 26.8:32.81
И 732

Организаторы:
Международная картографическая ассоциация,
Международная академия наук Евразии,
Центр мировой системы данных по географии ICSU-WDS.

ИнтерКарто/ИнтерГИС 22. Геоинформационное обеспечение устойчивого разви-
И 732 **тия территорий в условиях глобальных изменений климата:** материалы Междунар.
науч. конф. Т. 1. – М.: Издательский дом «НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА», 2016. – 428 с.

ISBN

Сборник включает материалы, представленные на Международную конференцию ИнтерКарто/ИнтерГИС 22. Рассматриваются теоретические и методические аспекты геоинформационного обеспечения задач устойчивого развития территорий в условиях глобальных изменений климата, в том числе вопросы развития геоинформатики, картографии, дистанционного зондирования Земли, проблемы экологической устойчивости и оценки воздействия на окружающую среду, создание моделей и их применение. Предложены варианты использования информации для принятия решений, а также представлены возможности геоинформационного картографирования в разных предметных областях.

Материалы сборника позволят российским и зарубежным ученым и специалистам ознакомиться с последними достижениями в области картографии и геоинформатики.

ИнтерКарто 1 – Москва, 23–25 мая 1994 г.

ИнтерКарто 2 – Иркутск, 26–29 июня 1996 г.

ИнтерКарто 3 – Новосибирск, 27–31 января 1997 г.

ИнтерКарто 4 – Барнаул, 1–4 июля 1998 г.

ИнтерКарто 5 – Якутск, 17–19 июня 1999 г.

ИнтерКарто 6 – Апатиты, Мурманской обл., 22–24 августа 2000 г.

ИнтерКарто 7 – Петропавловск-Камчатский, 30 июля – 1 августа 2001 г.

ИнтерКарто 8 – Хельсинки (Финляндия), Санкт-Петербург, 28 мая – 1 июня 2002 г.

ИнтерКарто 9 – Новороссийск, Севастополь (Украина), 25–29 июня 2003 г.

ИнтерКарто/ИнтерГИС 10 – Владивосток, Чанчунь (Китай), 12–19 июля 2004 г.

ИнтерКарто/ИнтерГИС 11 – Ставрополь-Домбай, Будапешт (Венгрия), 25 сентября – 3 октября 2005 г.

ИнтерКарто/ИнтерГИС 12 – Калининград, Берлин (Германия), 25–31 августа 2006 г.

ИнтерКарто/ИнтерГИС 13 – Ханты-Мансийск, Йеллоунайф (Канада), 12–24 августа 2007 г.

ИнтерКарто/ИнтерГИС 14 – Саратов, Урумчи (Китай), 24 июня – 1 июля 2008 г.

ИнтерКарто/ИнтерГИС 15 – Пермь, Гент (Бельгия), 29 июня – 5 июля 2009 г.

ИнтерКарто/ИнтерГИС 16 – Ростов-на-Дону, Зальцбург (Австрия), 3–8 июля 2010 г.

ИнтерКарто/ИнтерГИС 17 – Белокураха, Алтайский край, Денпасар (Индонезия), 14–19 декабря 2011 г.

ИнтерКарто/ИнтерГИС 18 – Смоленск, Сен-Дье-де-Вож (Франция), 26 июня – 4 июля 2012 г.

ИнтерКарто/ИнтерГИС 19 – Курск, Богота (Колумбия), 2–7 февраля 2013 г.

ИнтерКарто/ИнтерГИС 20 – Белгород, Харьков (Украина), Кигали (Руанда), Найроби (Кения), 23 июля – 8 августа 2014 г.

ИнтерКарто/ИнтерГИС 21 – Краснодар, Сочи, Сува (Фиджи), 12–19 ноября 2015 г.

ИнтерКарто/ИнтерГИС 22 – Веллингтон (Новая Зеландия), Мельбурн (Австралия), Протвино, Московская обл., 31 августа – 14 сентября 2016 г.

Издание осуществлено за счет гранта Российского научного фонда № 15-17-30009 «Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий в условиях глобальных изменений климата».

© Международная картографическая ассоциация, 2016

© Коллектив авторов, 2016

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ И КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ, ЭКОНОМИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНЫХ АСПЕКТОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ

УДК 502/504:528.9

Т.П. Варшанина¹

ОБЩЕНАУЧНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В ИНТЕРЕСАХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ

***Резюме.** Обоснована необходимость онтологической связи методов прогнозирования геопространственных процессов с фундаментальными основами современной эпистемологической картины мира. Предложен метод структурной маски энергетических географических полей и на его основе способ решения проблемы неопределённости и преодоления влияния нелинейности геопространственных процессов и методы их точечного прогнозирования.*

***Ключевые слова:** квантово-полевая картина мира, свойства неопределённости и нелинейности геопространственных процессов, метод структурной маски энергетических географических полей, точечной прогнозирование геопространственных процессов.*

Введение. Формирование методологии прогнозирования как вида познавательной деятельности связанного с опережающим отражением в научном познании ограничивается на момент исследования существующей эпистемологической моделью картины мира – исследуемой реальности, соответствующей знаниям человека о мире. В процессе эволюции эпистемологической картины мира первой была разработана механическая её интерпретация в качестве мира жёстких причинно-следственных связей между дискретными объектами. Далее была сформулирована электромагнитная картина мира М. Фарадея и Дж. Максвелла – по сути, дискретный мир взаимодействующих энергетических полей, причинно-следственные связи между которыми, определяются особенностями их суперпозиции. В настоящее время принята дискретно-континуальная квантово-полевая картина мира, согласно которой материя дуальна: она обладает и корпускулярными, и волновыми свойствами, преобладание одного над другим проявляется, что важно подчеркнуть, в зависимости от конкретных условий. Основным материальным объектом признаётся дискретное дуальное квантовое поле, обладающее способностью переходить из корпускулярного к волновому состоянию в зависимости от пока неопределённого комплекса условий. Главным отличием квантово-полевой картины мира является представление о вероятностной форме закономерности и причинности вследствие их неопределённости, которые могут описываться статистическими законами, отражающими связь состояний объектов не физическими величинами, а статистическими, вероятностными распределениями. Для методологии прогнозирования важен также сделанный в результате вывод о том, что в основе нашего мира лежит стохастичность, вероятностность поведения квантованных энергетических полей и результатов их суперпозиции.

Каждая эпистемологическая модель мира соответствовала представлениям о природе причинно-следственных отношений. От жёсткой каузальности механической модели, при которой причина при разных условиях порождает одно и то же следствие, до вероятностной причинности электромагнитной модели и вероятностного детерминизма, когда каждой причине соответствует определённый спектр возможных последствий, и до недетерминизма –

¹ Адыгейский государственный университет, НИИ комплексных проблем, центр интеллектуальных геоинформационных технологий, заведующий, канд.биол.н.; e-mail: vtp01@mail.ru.

концепции нелинейности развития мира, отсутствия феномена внешней причины и отказа от принудительной каузальности.

Макромир онтологически связан с микромиром, поэтому знание фундаментальной основы взаимодействий в микромире позволяет интерпретировать условия взаимодействий в макромире.

Так, точечное прогнозирование динамических природных процессов на заданный пункт считается не решаемой задачей. Объясняют это высокой степенью неопределённости и сильной нелинейностью природных процессов.

Неопределённость связана с большим и пока не определенным количеством космопланетарных энергетических воздействий оказывающих влияние на динамику и эволюцию природных систем.

Нелинейность объясняется множественностью видов и многообразием длительности интерферирующих периодов энергетических воздействий на природные системы, что порождает множественность вариантов отклика природных систем неадекватных каждому отдельному виду воздействия.

К источникам неопределённости сложных природных систем относят:

- остаточную неопределённость как следствие невозможности учета всех взаимодействий, определяющих эволюцию изучаемого объекта;
- неполноту и неточность наших знаний о законах природы;
- нелинейность развития мира;
- внутренние процессы саморазвития сложных систем.

Считается, что величина неразрешаемой объективными методами неопределенности неизбежно ограничивает область возможных состояний поддающихся прогнозированию. При этом величина неопределённости соответствует уровню знаний в предметной области и, следовательно, существует возможность уменьшения её величины.

Следует констатировать, что в настоящее время системы прогнозирования процессов геопространства основаны, как правило, на представлениях вероятностного детерминизма, что не соответствует современным знаниям о квантово-полевой картине мира.

С позиции современных знаний можно конкретизировать причины слабой оправдываемости прогнозов нерегулярно случающихся опасных явлений природы, к которым требуется отнести:

- открытость природных систем воздействию многообразных и многомерных ритмических и эволюционных процессов Космоса и глубин Земли;
- кратковременность периода инструментальных наблюдений, не охватывающих длительное характерное время развития природных систем;
- ошибочность представлений о возможности прогнозирования природных процессов с помощью моделей хода их параметров на основе данных кратковременных инструментальных наблюдений. Эти данные есть отражение одного из бесчисленных вариантов сочетающихся и интерферирующих энергетических воздействий.

Шагом вперёд в поиске принципиально новых оснований для моделирования геопространственных процессов можно считать ключевые принципы теории динамических систем:

- требование отображения в моделях самоорганизующихся систем их функционально обусловленной эмпирически объективной структурной организации;
- установка на поиск интегральных характеристик целого;
- принцип свертывания сложных моделей самоорганизующихся систем в модели, отражающие параметры порядка самоорганизации, которые обуславливают структурную организацию системы, в свою очередь определяющую реакцию системы на воздействие.

К этим принципам, если следовать квантово-полевой картине мира, с позиции которой макрообъекты можно представить в виде квантованных полевых структур, необходимо добавить установку на моделирование пространственной структуры энергетических географических полей.

Действительно, универсальной основой для выявления структуры всех геопространственных объектов, различающихся по вещественному составу и фазовому состоянию, явля-

ется порождающая их структура поля энергии. Во Вселенной всё рождено в энергетических полях: химические элементы, вещество, космические тела, в том числе, наша планета. Многообразие геологических пород, компонентов природной среды, живых организмов, ландшафтов Земли также рождено в энергетическом поле взаимодействия космических и земных сил. Следовательно, параметром порядка структуры географических объектов является напряжённость порождающего эту структуру энергетического поля.

Изложенные предпосылки послужили основанием для разработки способа прогнозирования геопространственных процессов, позволяющего решить проблему их неопределённости.

Материал и методы исследований. Для вычисления меры параметра порядка географических объектов и процессов предложен метод структурной маски энергетических географических полей. Метод основан на решении задачи восстановления структуры порождающих географические объекты энергетических полей в фокусе земной поверхности через вычисление градиентов структуроформирующих географические объекты параметров.

Этот метод позволяет строить эффективные модели прогнозирования, так как в расчеты вводится минимальное количество входных параметров: ход во времени величины меры параметра порядка процесса.

К основным аксиоматическим положениям метода структурной маски энергетических географических полей отнесены следующие:

- интерференция космопланетарных потоков энергии формирует «реальное» геофизическое поле в фокусе земной поверхности;
- геообъекты структурно подобны «реальному» геофизическому полю;
- напряженность «реального» геофизического поля является параметром порядка географических процессов и систем;
- значение параметров образующих структуру геообъектов, например, для рельефа – поле высот; для воздушных течений – поле температуры, – мера их параметра порядка;
- градиентные поля структурообразующих параметров отображают структуру поля энергии, порождающей геообъекты;
- пространственно-временное градиентное поле соответствующего структуроформирующего параметра с одной стороны представляет собой структурную маску порождающего его энергетического поля, с другой – отображает структуру географического объекта или процесса.

Так как воссоздаваемая структура энергетического географического поля объектов геопространства априори онтологически связана и структурно подобна полному спектру космопланетарных энергетических полей, то есть, согласована с ними – когерентна, можно сделать вывод о том, что таким образом решается проблема неопределённости географических процессов в моделях их прогнозирования. Структурное подобие энергетических полей географических объектов и процессов космопланетарным энергетическим полям имеет место на всех уровнях их организации, что открывает новые возможности точечного прогнозирования природных опасностей для планирования устойчивого развития территорий.

Метод структурной маски энергетических географических полей проиллюстрирован на примере двух геоинформационных моделей точечного прогнозирования паводков и землетрясений. Для преодоления проблемы нелинейности географических процессов в моделях прогнозирования использованы интеллектуальные нейросетевые технологии.

Результаты исследований и их обсуждение.

Модель 1. Способ прогнозирования времени наступления и уровня паводков – патент № 2010140576.

На основании разработанного подхода впервые получена модель точечного прогнозирования времени наступления и уровня паводка. Мерой параметра порядка синоптического процесса, характеризующего структуру его энергетического поля, является ежесуточный региональный градиент температуры приземной атмосферы, рассчитываемый относительно

точки прогнозирования по территории приблизительно равной площади барического образования (рис. 1). Ежесуточный региональный градиент температуры является интегральным показателем характеризующим:

- состояние энергетического поля приземной атмосферы в точке прогнозирования;
- ту часть барического образования, которая проходит через точку прогнозирования по параметрам суточного ход градиента за 7–10 дней;
- скорости адвекции и трансформации воздушной массы, состояние подстилающей поверхности по параметрам суточного хода градиента.

Таким образом, ход регионального градиента температуры позволяет классифицировать выборки, соответствующие типам синоптических ситуаций в точке прогнозирования.

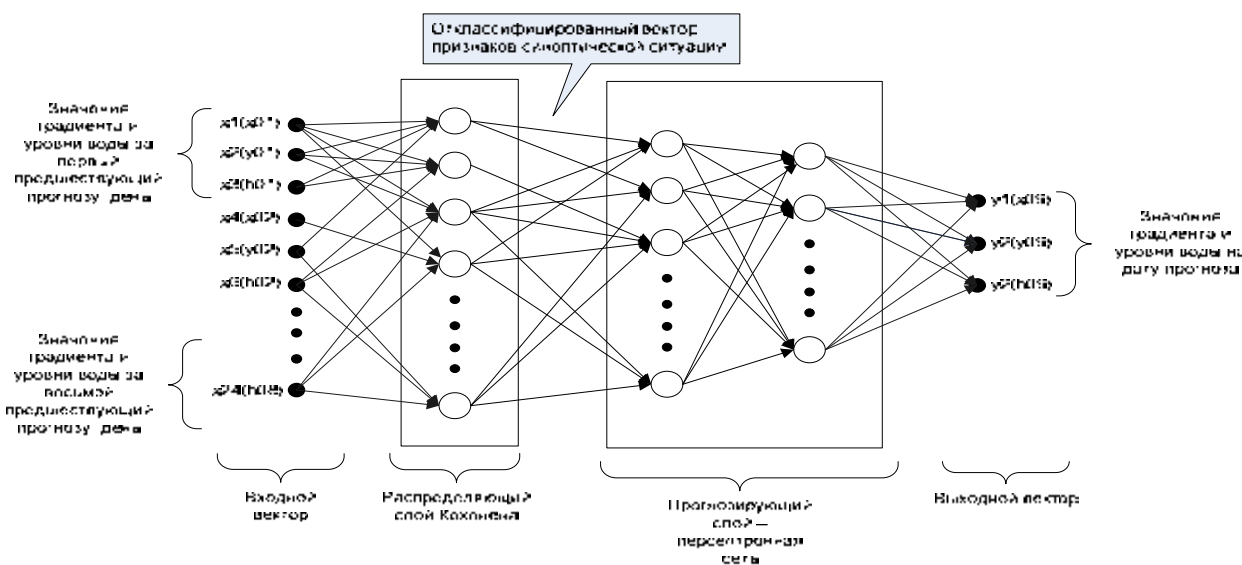


Рис. 1. Структура математической модели нейронной сети

Для осуществления среднесрочного прогноза в модель включается ход параметров ежесуточного регионального градиента температуры за 20 лет и соответствующие ему уровни воды на гидрологическом посту. Для уменьшения влияния свойства нелинейности природных процессов точечное прогнозирование паводка осуществляется с помощью математической модели нейронной сети. Нейронные сети обладают рядом важных для данного случая достоинств:

- осуществляют параметрический прогноз;
- способны к обучению и обобщению накопленных знаний;
- решают слабоформализованные задачи выявления неявных аналогий прецедентов протокола наблюдений;
- способны прогнозировать скачки и события, не наблюдавшиеся ранее в обучающей выборке (таблице прецедентов);
- устойчивы к ошибкам, возникающим на некоторых связях сети;
- способны к дообучению.

Разработана трехуровневая структура нейросети, обладающая рядом функций искусственного интеллекта: позволяет выработать прототип наблюдаемой ситуации и обобщить поведение системы по подобию и преобладанию, что повышает достоверность прогноза.

Трехуровневая нейросетевая модель классифицирует структуру процесса формирования паводка по ежесуточному ходу за 10–20 лет регионального градиента температуры (рис. 2) и уровня воды на гидропостах и даёт точечный прогноз времени наступления и уровня паводка. Способ отработывался на примере четырех малых рек бассейна реки Кубань и показал высокую степень достоверности среднесрочного прогнозирования даты паводка и погрешность прогнозирования уровней от 3 до 14% (рис. 3).

В 2012 году нам были открыты данные для осуществления пост-прогноза на катастрофический паводок в г. Крымске. Результаты подтвердили универсальность метода, объек-

тивность параметра порядка выбранного для процессов, происходящих в атмосфере, способность нейросетевых технологий преодолеть проблему нелинейности динамики природных процессов и обеспечивать эффективный прогноз (рис. 4).

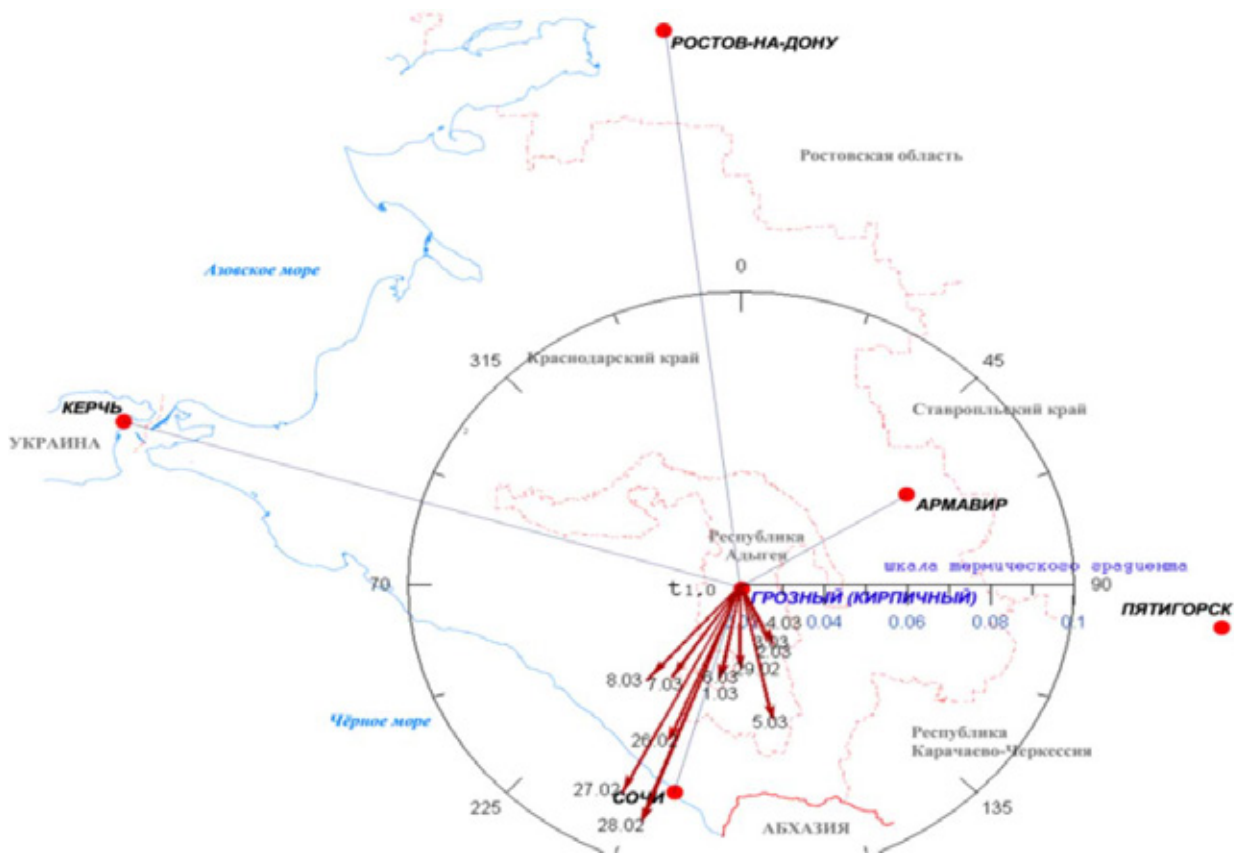


Рис. 2. Ход регионального градиента температуры в пункте прогнозирования за период от 26.02.2004 по 08.03.2004 г.

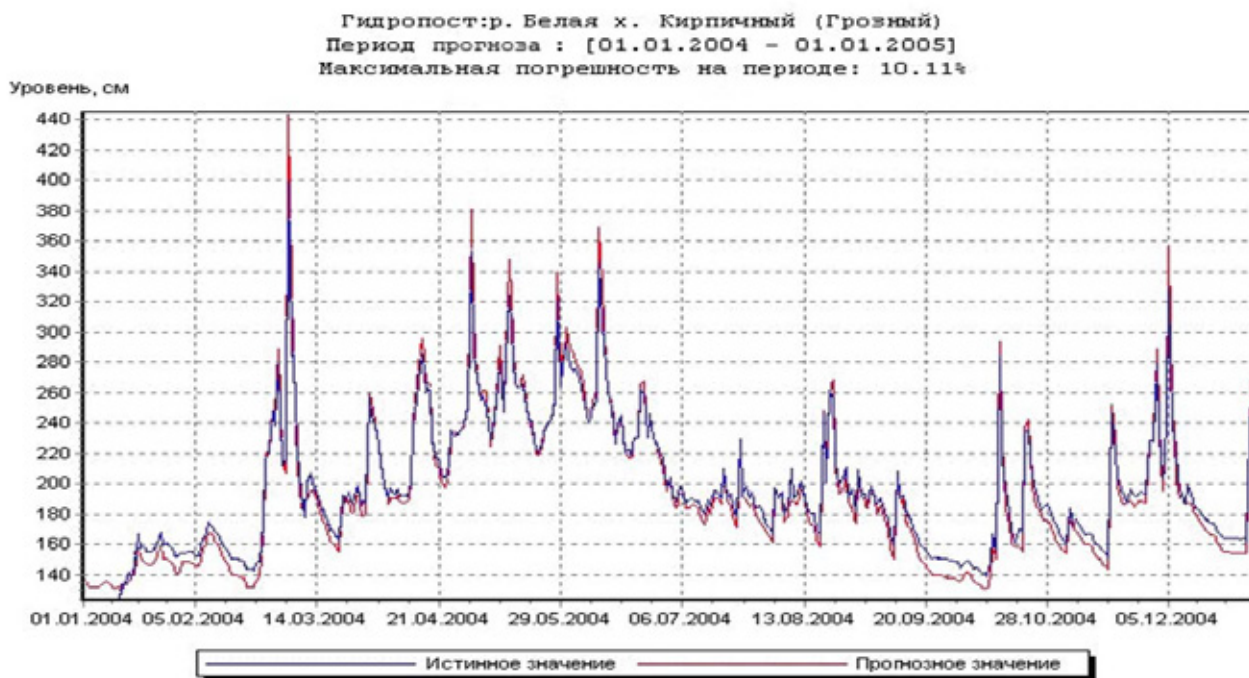


Рис. 3. График прогноза значений уровня подъёма воды. Гидропост х. Грозный р. Белая, 2004 год

Разработанный способ обеспечивает прогнозирование полного спектра гидрометеорологических явлений. В возможности модели входит точечное прогнозирование: даты наступления и уровня паводков, наводнений, нагонов воды на побережьях, зажоров, заторов, шквалов, смерчей. Всех гидрометеорологических опасных явлений, обеспеченных рядами наблюдений.

Модель 2. Способ точечного прогнозирования землетрясений.

Способ основан на решении задачи восстановления методом структурной маски энергетических географических полей структуры поля тектонических напряжений, порождаемого космопланетарными энергетическими полями в фокусе земной поверхности.



Рис. 4. График прогноза значений уровня подъема воды. Гидропост р. Адагум г. Крымск, 2012 год. Максимальная погрешность на периоде – 14,0444%

Новейшие движения земной коры выявляются в соответствие с методом морфометрического анализа тектонических структур [Философов, 1975] в результате сравнительного анализа карт базисных поверхностей построенных относительно тальвегов водотоков однопорядковых речных долин. Так как структура поля высот отображает структуру поля тектонических напряжений, наибольший градиент мощности разностного слоя между базисными поверхностями, выделенными по методу Философова [1968], принимается за меру параметра порядка тектонических процессов. Динамика положения поверхностей выравнивания соответствует ритмам энергетического режима тектонических течений. Вследствие взаимной зависимости и дополняемости процессов поступательного движения, вращения и деформации элементарных объемов геологической сплошной среды [Гончаров и др., 2005], наибольший градиент мощности разностного слоя является интегральным показателем, характеризующим направление, относительную скорость движения тектонических блоков, их реологические свойства, тип тектонического взаимодействия (напряжения сжатия, растяжения, сдвига), позволяет вычислить поворотный момент блоков.

Расчёт наибольшего градиента мощности разностного слоя производился относительно изогипсопахит в узлах равномерной решётки с постоянным шагом. Таким путём вычисляется структура континуального поля тектонических напряжений. Результирующий наибольший градиент мощности разностного слоя, вычисляемый от центра каждого тектонического блока, характеризует его относительную скорость и направление движения. Определены типы тектонического напряжения между блоками и в линейных элементах. Напряжение сжатия фиксируется по факту конвергенции наибольшего градиента мощности разностного слоя, напряжение растяжения – по факту дивергенции наибольшего градиента мощности разностного слоя соседних блоков относительно разделяющих блоки разломов.

Произведена верификация полученной тектонической модели. По оцифрованным картам Д.А. Лилиенберга [2001], обобщающим данные пространственной дифференциации скоростей вертикальных тектонических движений на территории Адыгеи по результатам повторного нивелирования за период 1925–1992 гг., были построены Grid-поверхности и далее рассчитан коэффициент корреляции между инструментальными и модельными значениями скоростей вертикальных движений по каждому тектоническому блоку (табл. 1).

Степень соответствия моделируемых параметров пространственной дифференциации скорости вертикальных движений с данным инструментальных наблюдений подтверждает возможность применения модели для мониторинга и прогнозирования тектонических и сейсмических процессов.

Таблица 1

Коэффициент корреляции между модельными и инструментальными данными скорости вертикальных тектонических движений

Модельные данные за четвертичный период	Инструментальные данные (1925–1992 гг.)	
	средние значения	максимальные значения
средние значения	0,78 t=8,12%*	0,74 t=2,35%*
максимальные значения	0,81 t=9,30%*	0,70 t=8,63%*

* Критерий достоверности t при $t_{табл} = 2,576$.

Вычислены тренды движений тектонических элементов за плиоцен-четвертичное время (5 млн. лет). Определены области концентрации тектонических напряжений: Скалистый хребет и Нагорье Лагонаки [Varshanina et. c. 2015].

Расчёт структуры локального энергетического поля тектонических напряжений произведён в макроблоке южной оконечности Скифской плиты ограниченном с севера Азово-Кубанским предгорным прогибом с юга – Ахтырским коро-мантийным разломом и Северо-Юрской депрессией. Фоновое значение градиента мощности разностного слоя макроблока за четвертичный период выявляет невысокую относительную скорость движения на юго-восток с концентрацией тектонических напряжений в области Скалистого хребта. В пределах макроблока за историческое время известно 21 сейсмическое событие магнитудой от 2,0–5,0.

Вычисленное результирующее значение наибольшего градиента разностного слоя за четвертичный период относительно узлов равномерной решётки макроблока выявило направление и скорость движения точечных элементов макроблока и, следовательно, структуру локального поля в его пределах и по границам (рис. 5). Относительно каждого эпицентра землетрясений вычислен результирующий наибольший градиент мощности разностного слоя – индикатор тектонического напряжения, характеризующий его величину за четвертичный период (рис. 6). Величина множественной корреляции между результирующими наибольшими градиентами мощности разностного слоя в макроблоке и магнитудой составляет 0,43, в каждом блоке, входящем в макроблок она того же порядка – 0,45 (таблица 2).

В целом структурированная относительно поля тектонических напряжений геодинамическая модель содержит иерархию структурных единиц, каждая из которых обладает свой-

ством взаимного структурного подобия относительно всего спектра космопланетарных энергетических полей, что снимает проблему неопределённости их динамических свойств и упрощает вычисление прогнозов с помощью эвристических методов.

Таблица 2

Оценка множественной корреляции между магнитудой землетрясения и параметрами результирующего вектора – индикатора тектонических напряжений в макроблоке

ID	Магнитуда	Величина градиента	X_DELTA	Y_DELTA
9	4,10	24,11	19,53	14,14
20	3,90	27,12	17,15	-21,01
30	3,90	20,84	10,69	-17,89
31	4,20	13,35	9,72	-9,15
34	3,90	50,34	15,49	-47,89
35	3,60	276,41	39,09	-273,63
36	5,00	7,95	1,56	-7,79
70	2,20	98,83	16,93	-97,37
71	3,90	34,28	-13,69	31,43
72	3,60	27,57	-11,67	24,97
85	3,40	13,01	6,35	-11,35
87	3,30	16,06	4,50	-15,42
89	3,30	112,62	46,61	-102,52
90	3,10	178,72	65,58	-166,25
100	4,40	33,43	17,43	28,52
105	3,60	42,63	15,15	-39,85
108	3,10	24,43	24,34	2,08
112	4,00	15,87	8,47	-13,42
119	3,30	147,52	80,06	-123,91
129	3,90	27,82	16,47	-22,43
	X_DELTA		Y_DELTA	Магнитуда
X_DELTA	1,000000		-0,711361	-0,366683
Y_DELTA	-0,711361		1,000000	0,420580
Магнитуда	-0,366683		0,420580	1,000000
YX1	-0,366683			
YX2	0,420580			
X1X2	-0,711361		Множественная корреляция 0,431405429	

Исследование с одной стороны исторической динамики структуры эндогенного поля энергии в фокусе земной поверхности в конкретных геодинамических обстановках, с другой – исторической динамики сейсмических событий, позволяет определить численными методами самоподобные ситуации хода тектонических напряжений и сейсмических проявлений и вычислить соответствующий прогноз.

Предложен порядок действий при точечном прогнозировании сейсмических событий:

- 1 – построение динамической пространственно-временной модели тектонического поведения на территорию неограниченной площади;
- 2 – выделение блоков концентраторов тектонических напряжений;
- 3 – космический мониторинг отметок высот в области концентрации тектонических напряжений;
- 4 – мониторинг наибольшего градиента мощности разностного слоя;
- 5 – мониторинг магнитуды сейсмических проявлений;
- 6 – точечное прогнозирование места, времени и магнитуды сейсмического события эвристическими методами.

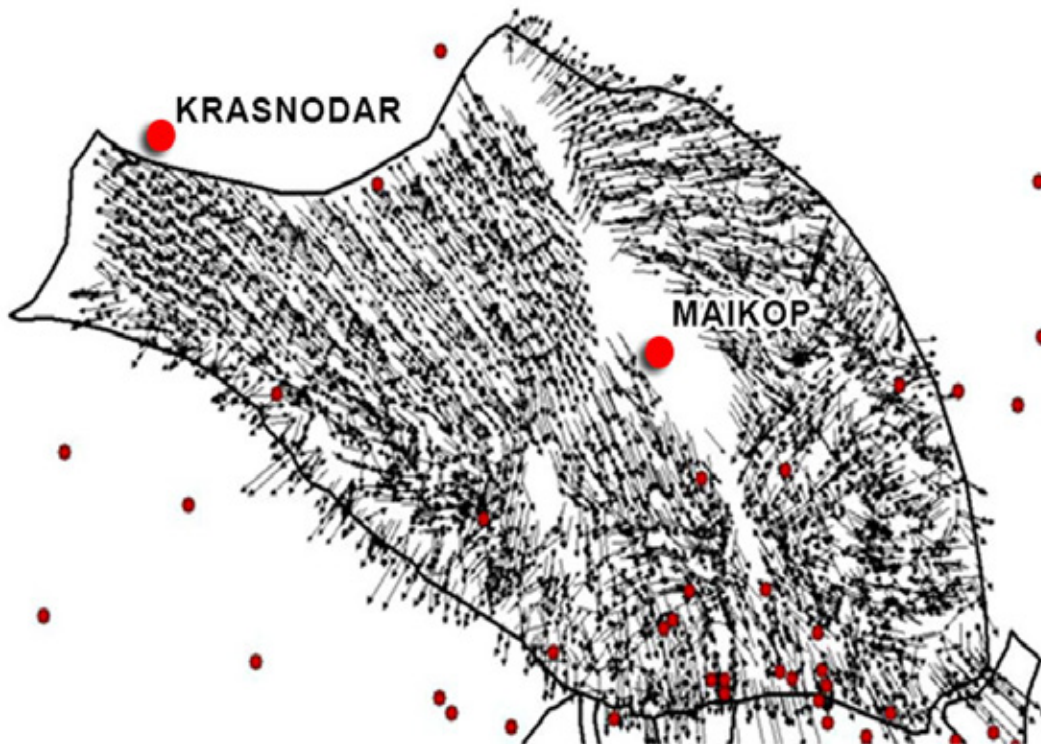


Рис. 5. Структура локального поля тектонических напряжений в макроблоке.
Точки – эпицентры землетрясений за XX век



Рис. 6. Результирующие наибольшие градиенты мощности разностного слоя относительно эпицентров землетрясений в макроблоке

Выводы. Создание модели геопространства, в которой каждый объект представлен структурной маской его энергетического поля, онтологически вписанного в структуру космопланетарных энергетических полей и, следовательно, когерентного полному спектру космопланетарных воздействий, снимает проблему неопределённости геопространственных процессов при прогнозировании. Высокая степень нелинейности геопространственных процессов может быть преодолена в результате использования в моделях прогноза интеллектуальных нейросетевых технологий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Варшанина Т.П., Плисенко О.А., Коробков В.Н. Способ прогнозирования времени наступления и уровня паводков / Патент № 2480825, 2013 г.
2. T. Varshanina, R. Khunagov, O. Plisenko, V. Korobkov, E. Shtelmakh. Modelling the Space-Time Field of Tectonic Stresses in the Area of Unlimited Space for Seismic Safety, Indian Journal of Science and Technology, Vol 8(29), DOI:10.17485/ijst/2015/v8i29/86864, November 2015, 1–9 p.
3. Гончаров М.А. Введение в тектонофизику / М.А. Гончаров, В.Г. Талицкий, Н.С. Фролова. М.: КДУ, 2005. 496 с.
4. Лилиенберг Д.А. Закономерности и механизмы современной геодинамики морфоструктур Крыма, Кавказа и Каспия / Д.А. Лилиенберг // Проблемы геоморфологии и геологии Кавказа и Предкавказья. Материалы XXIV Пленума геоморфологической комиссии РАН. Краснодар: КубГУ, 2001. С. 45–72
5. Философов В.П. Краткое руководство по морфометрическому методу поиска тектонических структур. Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1960. 69 с.
6. Философов В.П. Основы морфометрического метода поисков тектонических структур / В.П. Философов. Саратов: СГУ, 1975. 232 с.

T.P. Varshanina¹

GENERAL SCIENTIFIC PRECONDITIONS AND PROSPECTS OF PREDICTION OF GEOSPACE PROCESSES FOR THE BENEFIT OF THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF TERRITORIES

Abstract. *This work substantiates the need to ontologically couple methods of prediction of geospace processes and fundamental bases of the modern epistemological picture of the world. The method of a structural mask of power geographical fields is offered. On its basis a way of a solution of the problem of indeterminacy and overcoming influence of nonlinearity of geospace processes, as well as the methods of their dot prediction are developed.*

Key words: *the quantum field picture of the world, property of indeterminacy and nonlinearity of geospace processes, method of a structural mask of power geographical fields, dot prediction of geospace processes.*

REFERENCES

1. Varshanina T.P., Plisenko O.A., Korobkov V.N. Sposob prognozirovaniya vremeni nastupleniya i urovnya pavodkov [A way of prediction of time of approach and level of floods] / Patent No. 2480825, 2013.

¹ Adyghe State University, the Research Institute of Complex Problems, the Center of Intellectual Geoinformational Technologies, the head, PhD in Biology; e-mail: vtp01@mail.ru.

2. T. Varshanina, R. Khunagov, O. Plisenko, V. Korobkov, E. Shtelmakh. Modelling the Space-Time Field of Tectonic Stresses in the Area of Unlimited Space for Seismic Safety, Indian Journal of Science and Technology, Vol 8(29), DOI:10.17485/ijst/2015/v8i29/86864, November 2015, 1–9 p.

3. Goncharov M.A. Vvedenie v tektonofiziku [Introduction in a tectonic physics] / M.A. Goncharov, V.G. Talitsky, N.S. Frolova. – M.: KDU, 2005. – 496 p.

4. Lilienberg D.A. Zakonomernosti i mekhanizmy sovremennoj geodinamiki morfostruktur Kryma, Kavkaza i Kaspiya [The laws and mechanisms of the modern geodynamics of morphostructures in the Crimea, in the Caucasus and in the Caspian Sea] / D.A. Lilienberg // Problems of Geomorphology and Geology of the Caucasus and Ciscaucasia. Materials of the XXIV Plenum of the Geomorphological Commission of the Russian Academy of Sciences. Krasnodar: KUBSU, 2001. Pp. 45–72.

5. Filosofov V.P. Kratkoe rukovodstvo po morfometricheskomu metodu poiska tektonicheskikh struktur [The brief guide on a morphometric method of searching for tectonic structures]. Saratov: Saratov University Publishing House, 1960. 69 p.

6. Filosofov V.P. Osnovy morfometricheskogo metoda poiskov tektonicheskikh struktur [Bases of a morphometric method of searches for tectonic structures] / V.P. Filosofov. Saratov: SGU, 1975. 232 p.

УДК 528.946(470)

В.М. Яблоков¹, В.С. Тикун²

АТЛАСНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ

Резюме. Излагается авторское видение концепции Атласной информационной системы (АИС). Аналогично классическим бумажным атласам, АИС представляет пространственную информацию в предустановленных темах и экстендах. АИС представляют информацию в картографическом виде, в т.ч. с использованием мультимедиа (фото, видео, аудио). Пользователь АИС может влиять на содержание, внешний вид, параметры визуализации путем простых манипуляций, т.е. проводить так называемую кастомизацию. Система может также позволить пользователю отображать и анализировать собственную геоинформацию. АИС предлагает интерфейс, понятный в том числе неопытным пользователям и упрощает процесс взаимодействия со сложными механизмами обработки данных. АИС также можно разделить на две группы в зависимости от представления, во-первых, это отдельное приложение с функциями обновления и запросами к серверным базам пространственных и непространственных данных по необходимости, т.е. в большей степени автономное настольное приложение, во-вторых, это веб-приложение, которое полностью находится на сервере и доступно только онлайн.

Ключевые слова: атласные информационные системы, модели устойчивого развития территорий.

Введение. Атласные информационные системы (АИС) являются относительно новой темой в картографо-геоинформационной литературе и представляют собой синтез достиже-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, Центр мировой системы данных по географии, Москва, 119991, Россия, аспирант; e-mail: vasily.yablokov@gmail.com.

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, лаборатория комплексного картографирования, Москва, 119991, Россия, заведующий, докт. геогр. н., проф.; e-mail: tikunov@geogr.msu.su.

ний в области геоинформационных технологий, картографии и мультимедиа. Наиболее ранние публикации по данной теме относятся к началу 90-х годов и связаны с именем известного голландского картографа Ферьяна Ормелинга (Ferjan Ormeling). В статье «Atlas information systems» [Ormeling, 1996] он дает определение АИС, как компьютеризированной геоинформационной системы, связанной с конкретной территорией или темой в сочетании с повествовательной частью, где доминирующую роль играют карты.

История АИС, как считают некоторые исследователи, берет свое начало в Канаде и связана с первым электронным атласом Канады, другие считают, что первой версией АИС был электронный атлас штата Арканзас. Ранние версии электронных атласов обладали ограниченной функциональностью, в основном связанной с адресным поиском, навигацией, масштабированием, а также выбором слоев для отображения. С течением времени технологии проектирования электронных атласов развивались, повышалась функциональность и интерактивность, разнообразие сюжетов и приемы визуализации. Особенно стоит отметить национальные атласы Швеции, Швейцарии, Германии, атлас Тироля, которые выпускались не только в печатной форме, но и публиковались на лазерных носителях, как интерактивные атласные информационные системы.

Краткий обзор АИС. По уровню интерактивности и аналитическим возможностям Краак [Kraak, Ormeling, 1996], Рэмос [Ramosetal., 2005] и Элзакер [Elzaker, 1993] выделяют три типа АИС:

Визуализирующие – для печати, а также статичные АИС без интерактивных функций;

Интерактивные – с возможностью генерации карт и операциями над слоями (изменение стиля, цвета, метода классификации и др.);

Аналитические – с возможностями ГИС, в т.ч. осуществлять запросы к базе данных, редактировать, анализировать и визуализировать новые данные.

В общем виде АИС является электронной версией бумажного атласа с расширенными функциональными возможностями, в том числе возможностями масштабирования, навигации, адресного поиска, картометрических функций и более сложных аналитических функций присущих ГИС. Отличия между АИС и бумажными атласами по Ф. Ормелингу [Ormeling, 1996] представлены в таблице 1.

Таблица 1

Отличия АИС и бумажных атласов

	Бумажные атласы	АИС
Динамичность	Статичные	Динамичные
Интерактивность	Пассивные	Интерактивные
Содержание	Только карты	Карты и мультимедиа
Обзор	Фиксированный обзор	Масштабируемые
Тип использования	Универсальный тип использования	Выборочный
Роль карт	Карты как конечный продукт	Карты как интерфейс

Функциональные отличия АИС от ГИС описаны в статье Кристиана Рэмоса «Atlases from paper to Digital Medium» [Ramos, Cartwright, 2003] и дополнены Лоренцом Хурни [Encyclopedia of GIS, 2008] (табл. 2).

Таблица 2

Отличия АИС и ГИС

Особенности	ГИС	АИС
Интерфейс	Полнофункциональный, сложный	Облегченный, выборочный, в соответствии с целью АИС
Пользователи	Специалисты	Широкий круг пользователей без специальных навыков

Управление и администрирование	Пользователем-специалистом	Разработчиком
Основные направления работы	Обработка данных и интерпретация результатов анализа	Быстрое получение результата
Данные	Любые данные	Подготовленные данные
Цель	Многоцелевое использование	Конкретная цель

В статье Лоренца Хурни «Multimedia Atlas information system» [Encyclopedia of GIS, 2008] дается определение мультимедийной атласной информационной системы (МАИС) и определены ее основные функции. МАИС – это систематизированный, целевой набор пространственных данных в электронном виде с поддержкой принятия решений, ориентированной на пользователя. Как и в традиционном атласе, МАИС представляет собой систематическое собрание географических карт, органически увязанных между собой и друг друга дополняющих, выполненных по общей программе как целостное произведение. Доступ к картографическим произведениям в МАИС предоставляется посредством пользовательского интерфейса, имеющего интерактивные функции, географическую и тематическую навигацию. МАИС позволяет делать запросы, проводить пространственный анализ и визуализировать в 2, 2,5 и 3-мерном виде. В отличие от ГИС, МАИС в первую очередь является картографическим произведением с картами, ориентированными на пользователя, а также адаптацией сложных аналитических функций ГИС для решения конкретных задач. МАИС имеет мультимедийную составляющую в виде аудио-, видео-, фото информации, анимации, диаграмм и текста (рис. 1). МАИС представляет собой оболочку, которая поставляется как автономная система на электронных носителях или все чаще, особенно в последнее время, через интернет в виде веб-картографических информационных систем.

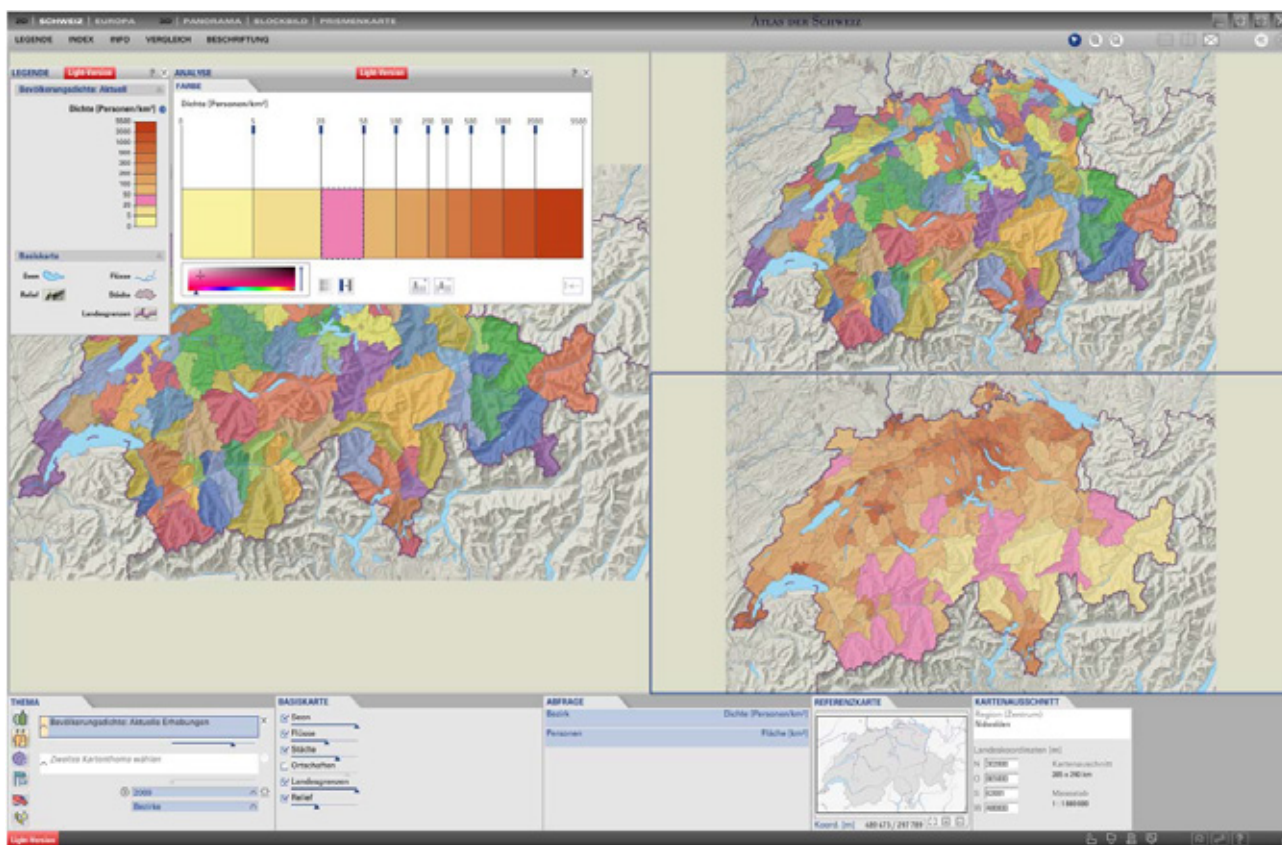


Рис. 1. Мультимедийная АИС – Атлас Швейцарии

Основные функции МАИС представлены в таблице 3 по Хурни [Encyclopedia of GIS, 2008].

Таблица 3

Основные функции МАИС

Группа функций	Подгруппа функций	Функция
Основные		Выбор режима просмотра, выбор языка, импорт/экспорт файлов, печать, закладки, отмена/повтор операции, подсказки, настройки, справка, состояние системы, сворачивание, выход
Навигационные	Пространственная навигация	Выбор области, адресный поиск, масштабирование, скроллинг, перемещение, поворот, определение положения по координатам, выбор линии/угла наблюдения, проложение маршрута
	Тематическая навигация	Выбор темы, индексирование страниц по темам, переходы по темам
	Навигация во времени	Выбор временного промежутка, позиция на линии времени, ретроспектива, анимация изменений явления во времени
Познавательные	Объяснение	Объяснительные тексты, виртуальные туры, графики, аудио/видео/изображения, гиперссылки на интернет-источники
	Самопроверка знаний	Игры, тесты
Картографические	Управление картой	Включение/отключение слоев карты, включение/выключение категорий в легенде карты, изменение отображений, изменение картографической проекции
	Выделение	Отметки на карте, маркирование
	Анализ данных	Изменение метода классификации, модификация параметров состояния (освещение, яркость), сравнение карт, отбор данных
Геоинформационные	Пространственные и объектно-ориентированные запросы	Пространственный запрос по координатам, области, расстоянию, запрос по пересечениям и др. элементам топологии
	Тематические запросы	Запрос по атрибутам, доступ к статистической базе данных
	Аналитические функции	Буферизация, операции оверлея слоев, анализ поверхности

Среди отечественных публикаций на тему атласных систем обратим внимание на главу «Атласные информационные системы» в учебнике «Основы геоинформатики» [Тикунов, 2004], где отмечается, что АИС по своим функциональным возможностям относятся к высшему классу электронных атласов и применяются в виде систем поддержки принятия решений, разработки сценариев развития территории и др. Они имеют развитые моделирующие функции, могут интегрировать экспертные системы и оформляться как полномасштабные мультимедийные конструкции. АИС позволяют визуализировать геопространственные данные и проводить разнообразный анализ, вплоть до разработки возможных вариантов развития таких комплексных систем, как «природа–общество–хозяйство». АИС реализуют в себе ряд принципов, в том числе:

когнитивность – в АИС сюжеты разного масштабного уровня соединяются ассоциативными (смысловыми) связями, куда входят *мультимасштабность* и *мультигенерализованность*, учитывающие иерархическую взаимосвязь различных территориальных уровней АИС и заключающиеся не только в преемственности масштабов, но и содержания;

блочность – АИС состоит из ряда тематических блоков, которые можно дополнять или видоизменять не меняя структуры всей системы;


эволюционность – АИС реализует возможность ретроспективного анализа территории или явления, изучения динамики и тенденций изменения;

многовариантность – АИС представляет собой экспертную систему, которая предлагает конечному пользователю ряд сценариев развития интересующей территории или явления;

интеллектуальность – АИС обладает возможностями для комплексного многоаспектного моделирования того или иного явления в зависимости от групп внешних и внутренних факторов с применением систем искусственного интеллекта, нейронных сетей и алгоритмов для решения нечетких задач;

мультимедийность – АИС представляет собой взаимоувязанный набор пространственных и мультимедийных данных, которые облегчают восприятие и в конечном счете принятие решений.

Yellowstone National Park – Official Park Map

 Like 25 people like this. Be the first of your friends.

Interactive map of Yellowstone National Park. Click anywhere on the map to zoom in, use your mouse to scroll or use controls at the bottom of the map. [Click Here](#) for a Printable Version of this map.

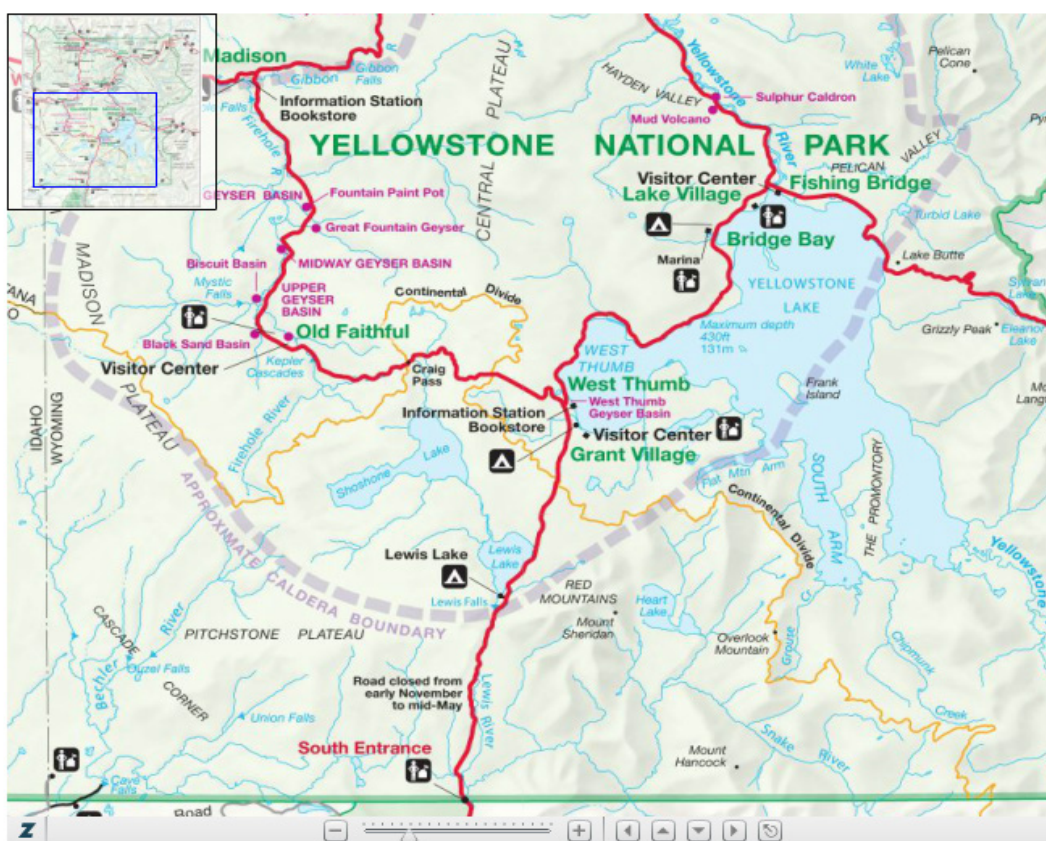


Рис. 2. Интерактивная карта Йелоустонского национального парка

В большинстве случаев АИС проектировались как национальные атласы (Канада, США, Франция, Австрия, Германия, Швеция, Швейцария и др.), или атласы муниципальных образований (штатов, провинций, кантонов и др.), но также есть опыт создания атласных и геоинформационных систем особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Большинство крупных национальных парков в Северной Америке, Европе и Африке имеют официальные сайты на которые встроены веб-геоинформационные системы с интерактивными функциями, которые по своим возможностям можно отнести к АИС. Среди них можно отметить интерактивные информационные системы Йелоустонского национального парка (рис.

2), Парка Йосемити (рис. 3), парка Масаи и Мара (рис. 4), Национального парка Швейцарии (рис. 5) и многих других. Данный тип атласных систем относится ко второму типу – интерактивному, без возможности проведения анализа.



Рис. 3. Интерактивная карта Национального парка Йосемити



- Destinations
- Accommodation
 - Campsites (1)
 - Farm house (1)
 - Lodges (15)
 - Private houses (4)
 - Tented camps (89)
- Safaris
- Hot Deals
- Activities
- Safari Operators
- Useful Information
- Community & Conservation
- Flora & Fauna
- Map
- Shop

Maasai Mara Map

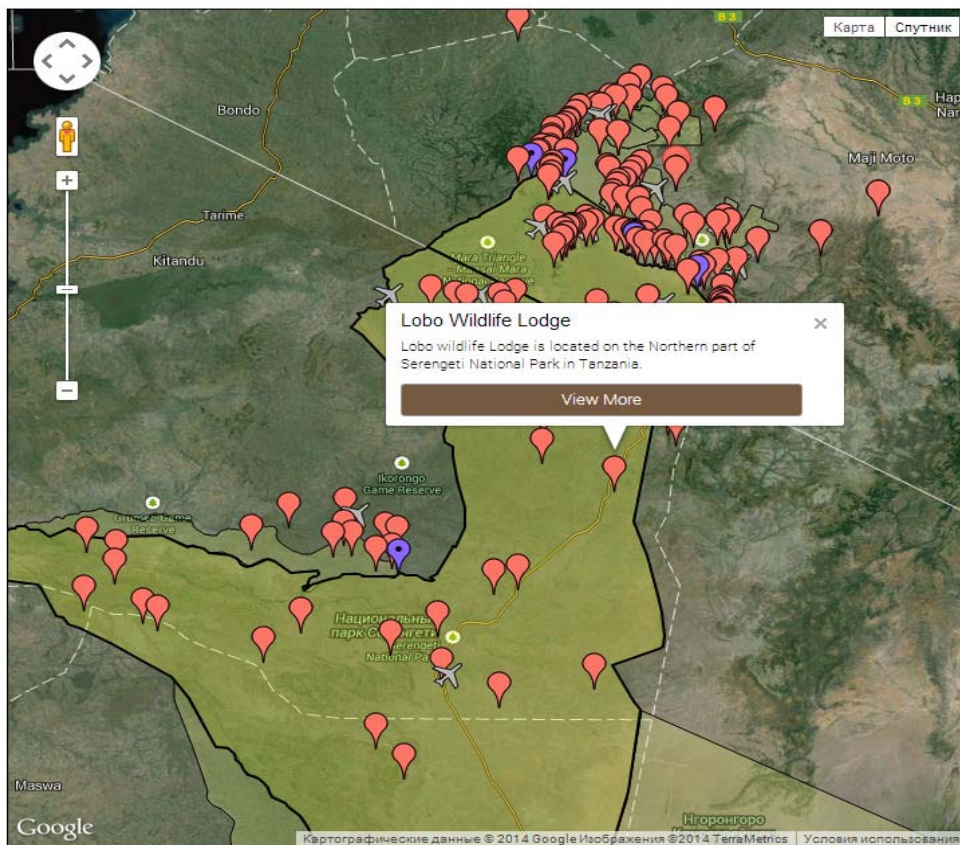


Рис. 4. Интерактивная карта национального парка Масаи и Мара

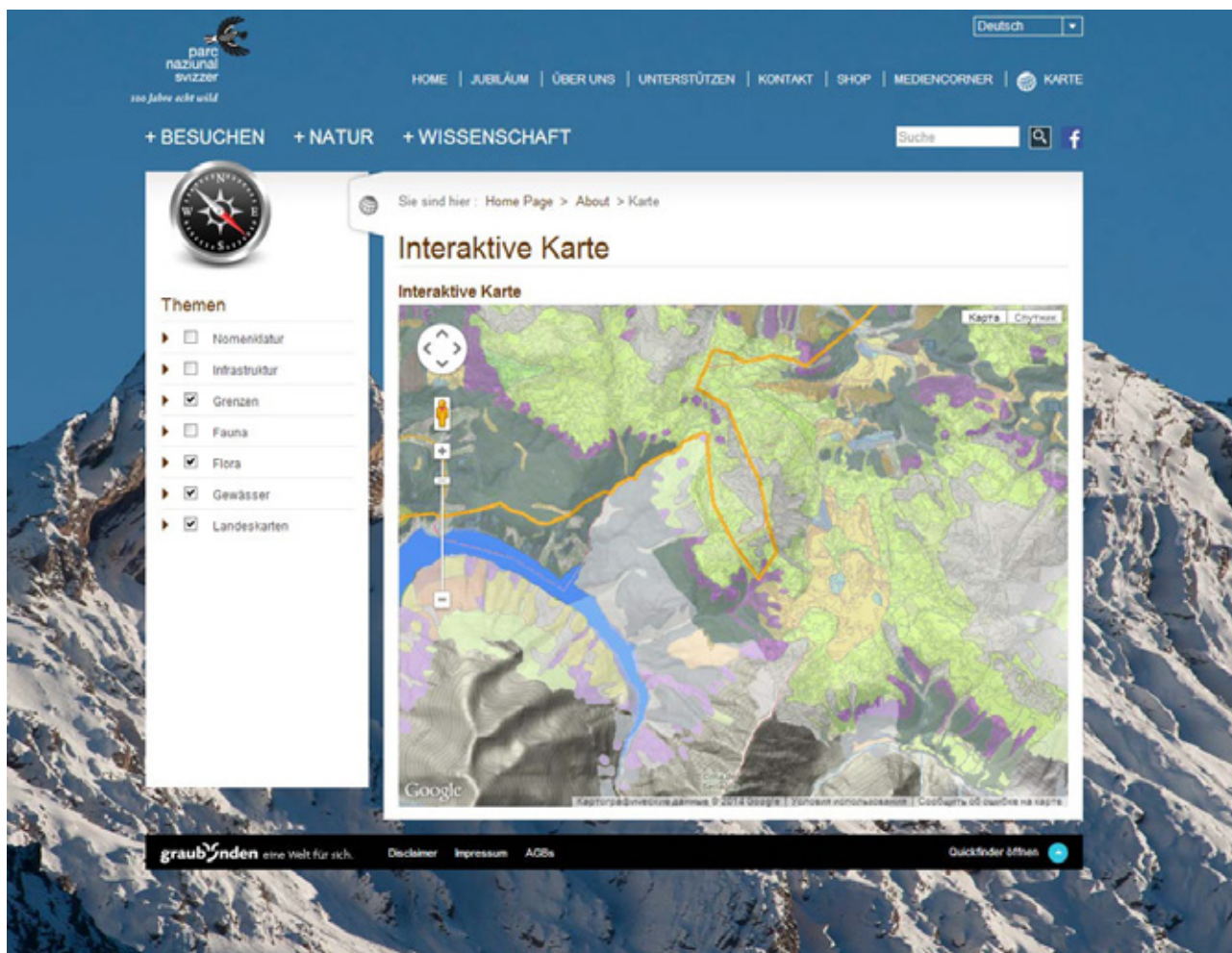


Рис. 5. Интерактивная карта Национального парка Швейцарии

В России, где существует более 15 тысяч особо охраняемых природных территорий (ООПТ) различных категорий, статуса и значения полноценное создание геоинформационных систем ООПТ, как было описано выше, находится в зачаточном состоянии, но существуют отдельные ООПТ, в основном государственные заповедники и национальные парки, которые имеют собственное геоинформационное обеспечение. В основном это бессистемный набор пространственных данных, полученных на основе открытых источников (векторных, таких как OSM, DCW, naturalearth, открытых цифровых моделей рельефа: etopo, gtopo, GEBCO, SRTM, ASTERGDDEM и их производных, ДДЗЗ – Landsat 4, 5, 7, 8), координатно-привязанных полевых данных, оцифрованных топографических карт, лесоустроительных планов и тематических карт, а также проприетарное программное обеспечение, в основном продукты компании ESRI. Огромной проблемой является отсутствие единообразия в структуре данных и метаданных различных ООПТ, хотя сейчас предпринимаются попытки стандартизации в соответствии с европейской инфраструктурой пространственных данных (INSPIRE) [Атаева и др., 2010].

Среди геоинформационного обеспечения ряда ООПТ, можно выделить системы наиболее близкие по своей концепции к атласным информационным системам. В первую очередь это Веб-ГИС заповедников Таймырский, Кроноцкий и Белогорье. Основное отличие перечисленных информационных систем от ГИС является ориентация на конечного пользователя, представление результатов в удобной и понятной форме, использование средств мультимедиа в совокупности с картографическим отображением. Наличие различных тематических сюжетов и возможности отражения информации на различных территориальных уровнях, придает системе черты электронного атласа, а наличие простейшего функционала ГИС делает систему близкой к АИС.

Так Веб-ГИС Белогорье (рис. 6) решает ряд задач [Украинский, 2013], в т.ч.:

- Систематизация и хранение картографических материалов;
- Публикация архивных картографических материалов;

- Публикация новых картографических материалов;
- Размещение неопубликованных в научной печати материалов;
- Планирование и координация исследований;
- Информационное обеспечение летних полевых практик в СПбГУ.

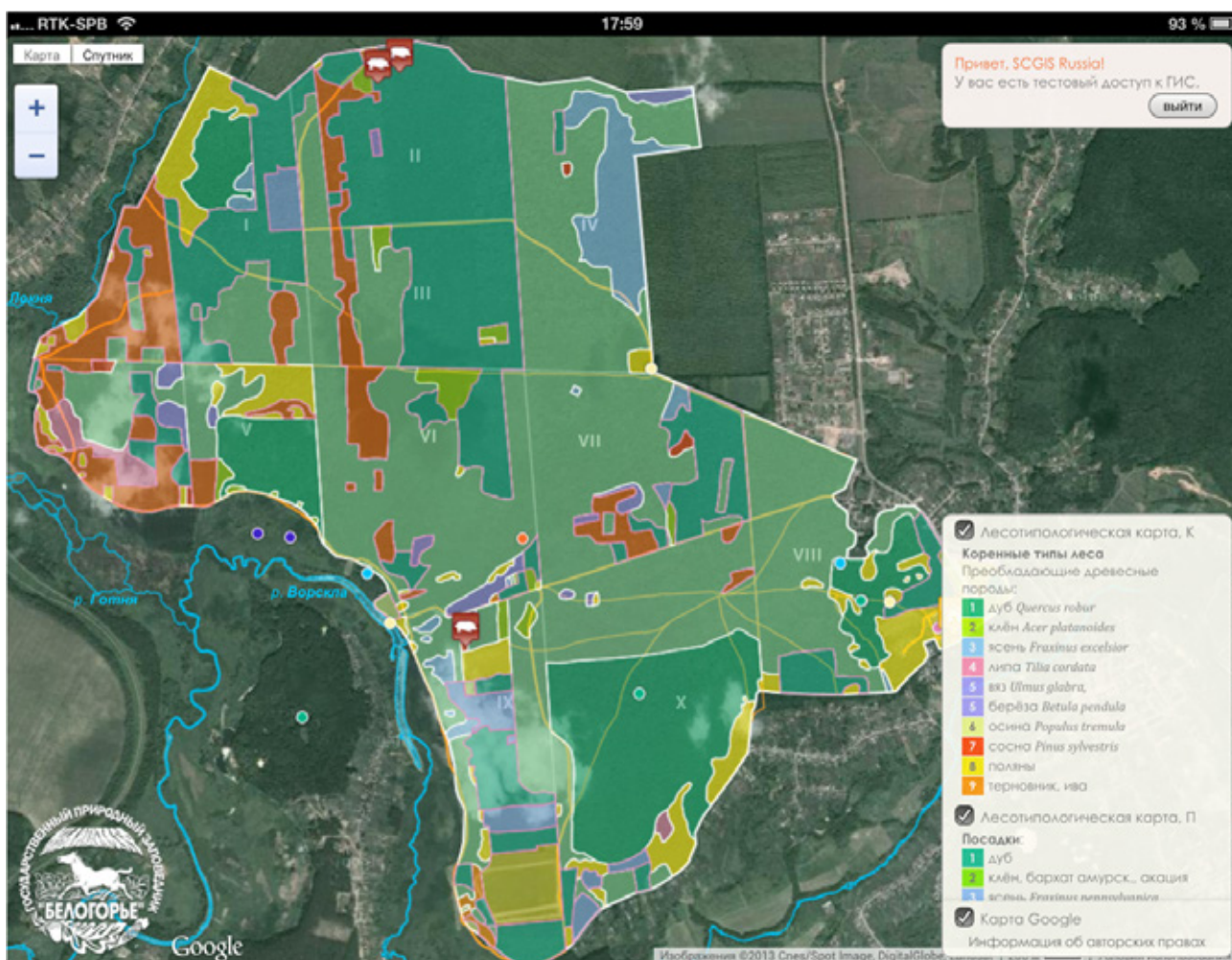


Рис. 6. Веб-ГИС заповедника «Белогорье»

В проекте содержится более 40 информационных слоёв: лесотипологическая и почвенные карты, сеть дорог и троп, инфраструктура, слои с нанесёнными объектами флоры и фауны, служебные метки. Одно из основных преимуществ системы – простой и понятный интерфейс.

Информационная система для Государственного заповедника «Таймырский» (рис. 7) является первой подобной системой среди российских систем федерального уровня.

Целевая аудитория системы – туристы, студенты, научные работники, специалисты в области охраны природы. Задача системы – просмотр информации о территории заповедника и прилегающих районов и получение более детальной информации по некоторым объектам.

Список слоёв системы следующий: кордоны, гербарные сборы, геоботанические описания, ключевые участки, ООПТ, реки, озёра, ландшафтная карта, границы муниципальных образований и фотографии.

Представленные слои основаны на базе векторных данных и опубликованы по протоколу WMS, что позволяет использовать не только в Веб-ГИС, но и в различных ГИС-приложениях, в том числе и настольных. Часть слоёв – интерактивные, что позволяет пользователю по клику на объектах, входящих в его состав, получать подробную информацию (гербарные сборы, геоботанические описания и фотографии).

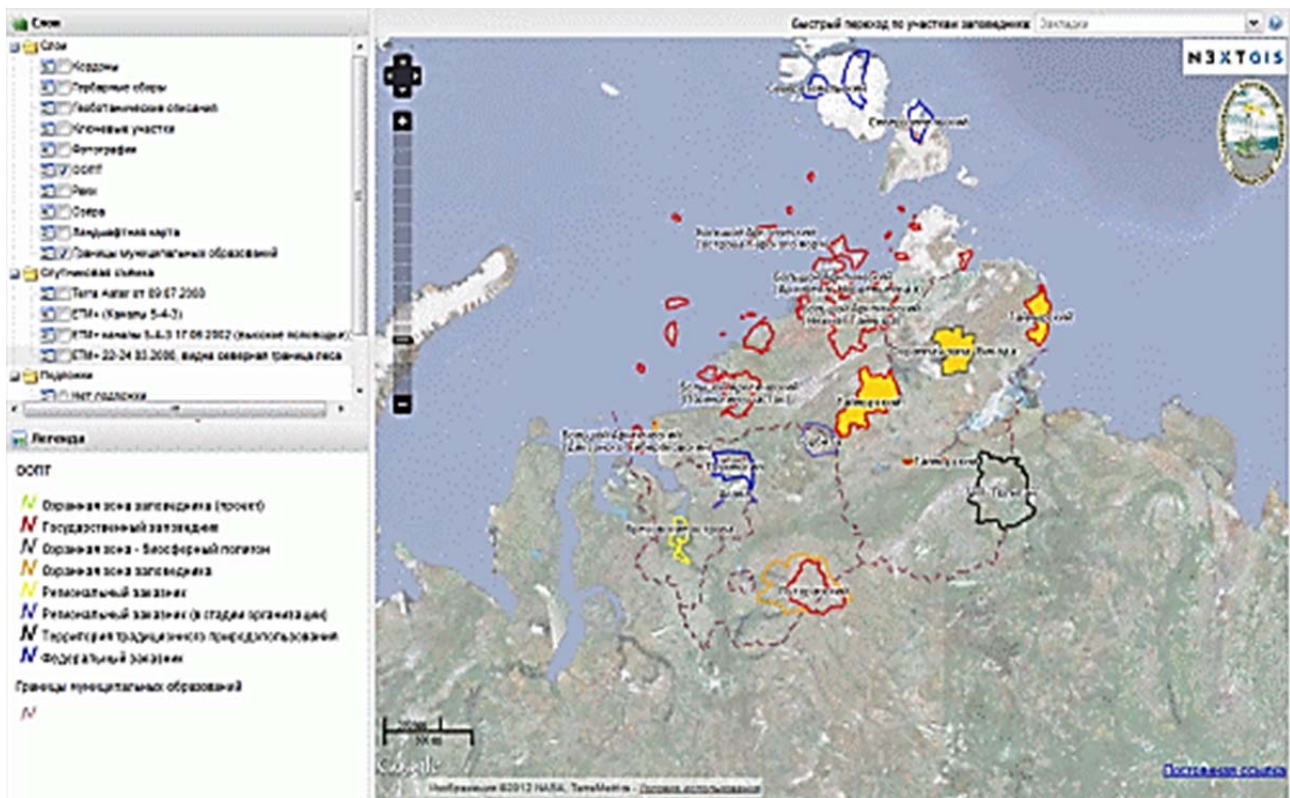


Рис. 7. Веб-ГИС Таймырского заповедника

Следует отметить принципиальные различия между АИС и ГИС (веб-ГИС и т.п.) в области управления природопользованием:

1. Атласная информационная система ориентирована на широкий круг пользователей, в основном не обладающих навыками работы с геоинформационным ПО, а это исключает полноценное использование термина ГИС, т.к. подразумевается, что система напрямую не нуждается в специалисте со специфическими навыками.

2. Наличие большого числа пространственных данных на единую территорию (группу территорий), с единым уровнем генерализации, а также согласованных между собой, системно организованных, по темам, от простых сюжетов (аналитические карты) к сложным (синтетические), от обзорных карт к крупномасштабным, выполненных на единой картографической основе, в одном стиле проводит некоторую аналогию с географическим атласом.

3. Возможность проведения целенаправленного анализа для оптимизации управления конкретной территорией определяет узкую тематическую направленность системы, что также можно отнести к особенностям АИС.

АИС для управления природопользованием на ООПТ понятие сложно определимое, т.к. является многоуровневой концептуальной схемой использования геоинформационных технологий для принятия управленческих решений, ориентированной в данном случае на администрацию ООПТ. ГИС-эксперт выступает, не как лицо принимающее решение, а посредником между объективными геопространственными данными, легко управляемыми геоинформационными моделями, администрированием пользовательского интерфейса и конечным пользователем системы. Как и в случае с традиционными картографическими произведениями огромную роль играет адекватность отображения, т.е. качественная генерализация, подбор знаков, цветовое решение и дизайн в целом.

Безусловно для управления природопользованием на ООПТ необходим исчерпывающий набор входных данных, в том числе природной и социально-экономической тематики. В зависимости от наличия или отсутствия того или иного набора данных будут доступны различные типы анализа и в конце концов различные по сложности и гибкости управленческие решения. Также большую роль играет сама функциональность системы.

На основе рассмотренных проблем управления природопользованием на ООПТ, а также опыта использования ГИС в управлении природопользованием предложена концептуальная схема применения геоинформационных технологий для управления природопользованием. Концептуальная схема представлена в виде блочной системы со следующими элементами: инвентаризация, анализ и стратегическое планирование (рис. 8).



Рис. 8. Концептуальная схема использования геоинформационных технологий для управления природопользованием

Целью процесса инвентаризации с позиций применения геоинформационных технологий в практике управления является интеграция данных на единой пространственной основе и обеспечение их совместного использования. Вопросы интеграции данных напрямую связаны с проектированием базы данных ГИС. Содержание базы данных определяется сутью явления, характером его пространственного распространения и задачами, для которых она создается [Лурье, 2010].

Для целей управления природопользованием в среде ГИС на основе блока инвентаризации проводится пространственный анализ и подготовка исходных данных для выработки сценариев развития и принятия стратегических решений в области оптимизации природопользования.

Стратегический блок представляет собой сопряженную систему из подблока «Принятия решений» и подблока «Сценариев управления природопользованием» (Базы знаний по управлению природопользованием). Подблок «Принятия решений» – это в некотором роде экспертная подсистема ГИС, представленная на практике машиной логического вывода, соотносящая информацию от эксперта с информацией, хранящейся в базе знаний по управлению природопользованием и вырабатывающая результат, на котором основывается решение. Экспертная система обладает способностью объяснить, почему предложено конкретное решение. Для полноценной работы экспертной системы необходимы различные сценарии решения поставленной задачи. Подблок сценариев управления представляет собой базу знаний реализованную на основе инструментов блока пространственного анализа. Конечным моментом при выработке сценариев является применение так называемой многокритериальной теории полезности и метода анализа иерархий [Ларичев, 2002], а также многокритериальных решений задач диверсификации природопользования на ООПТ.

Принятие управленческих решений на основе геоинформационных технологий, в том числе о наборе входных данных, параметрах используемых геоинформационных моделей проводится ГИС-специалистом и экспертом в области охраны природы. На практике раскрыть весь потенциал ГИС и достигнуть желаемого результата со стороны лица принимающего решение редко удается. В связи с чем, предлагается использование атласных информационных систем, ориентированных на конечного пользователя. В данном случае конечным продуктом является не результат пространственного анализа, проведенного на основе геоинформационных технологий, а сама система и руководство по ее использованию.

Концептуальная схема АИС. На основе предложенной концептуальной схемы использования ГИС в управлении природопользованием на ООПТ предложена соответствующая модель АИС. *Атласная информационная система для управления природопользованием на ООПТ (АИС ООПТ) – это систематизированный набор геопространственных данных с возможностью анализа и принятия управленческих решений, позволяющим моделировать многоуровневый виртуальный ландшафт ООПТ, а также создавать интерактивную среду для управления природопользованием на ООПТ.*

По аналогии с ГИС [Основы геоинформатики, 2004] АИС ООПТ обладает рядом *функций*:

Ввод и хранение – АИС поддерживает загрузку новых данных и ограниченное управление базой данных (т.к. инструментарий АИС ограничен и ориентирован на пользователя, подразумевается, что данные преобразованы в ГИС-пакете, т.е. соответствуют основным требованиям (полнота, достоверность, точность [Лурье, 2010], требованиям к системе координат и картографической проекции, обменному формату данных и т.п.), АИС поддерживает хранение данных и манипуляции с ними на сервере, в т.ч. копирование, удаление, экспорт/импорт и др. для решения профильных задач;

Геоанализ и моделирование – АИС обладает функциональными возможностями, присущими ГИС для решения конкретных задач, в данном случае для управления природопользованием на ООПТ, решения конфликтных ситуаций и принятия решений;

Визуализация – главная функция АИС, т.к. основой системы является картографическое представление тематических данных и результатом геоанализа в наиболее понятной и удобной форме для решения конкретных задач управления ООПТ.

В связи с определенными функциями АИС ООПТ, система обладает рядом *принципов*, в том числе:

1. Системность – АИС является системой, т.е. комплексом взаимодействующих компонентов и соответственно обладает следующими свойствами: целостность (связи между компонентами АИС сильнее, чем с внешними компонентами, т.е. существует некоторая граница системы, тематическое содержание имеет определенные рамки, связанные с целевой направленностью АИС), эмерджентность (возможности компонентов системы в совокупности больше, чем по отдельности, тематические карты по отдельности обладают меньшим потенциалом для принятия решений, чем атлас), иерархичность (АИС ООПТ состоит из подсистем и сама является подсистемой, т.е. на высшем уровне система вписывается в АИС региона, страны, глобальную систему, на уровне ниже в АИС ООПТ вписываются АИС объектов ООПТ и т.п.);

2. Согласованность – данные в АИС заранее подготовлены и согласованы между собой, обладают единым уровнем генерализации и пригодны для анализа на определенном масштабном уровне, а также соответствуют геоинформационным моделям, используемым в АИС;

3. Ориентация на пользователя – АИС ООПТ является удобным инструментом для использования в практике управления не специалистами в области ГИС, инструментарий АИС доступен для понимания и обладает интуитивно-понятным интерфейсом;

4. Целесообразность – АИС ООПТ ориентирована на решение конкретной задачи, в связи с чем обладает определенной функциональностью. Наличие большого количества инструментов и данных, зачастую не нужных для управления качественно отличает экспертную ГИС от пользовательской АИС;

5. Мультимасштабность – данные АИС ООПТ представлены на нескольких территориальных уровнях, в связи с чем возникает проблема качественного перехода в пространстве масштабов, что решается при помощи принципов мультимасштабного картографирования [Самсонов, 2011];

6. Интерактивность – АИС является системой, интегрирующей информацию из различных источников, в том числе геоинформационных, мультимедийных и телекоммуникационных, которые в том числе обеспечивают взаимодействие между пользователями и различными платформами;

7. Интероперабельность – возможность доступа к АИС с различных платформ, что в лучшей степени обеспечивается применением объектно-ориентированных языков программирования (JavaScript) и API;

8. Динамичность – АИС представляет собой полноценный атлас с возможностью тематической навигации, доступа к сторонним ресурсам и полноценным использованием мультимедиа. Данное требование отличает АИС от бумажного атласа или атласа, подготовленного для печати;

9. Интеллектуальность – АИС обладает функциями экспертной системы, заранее обученной и обучаемой в процессе работы с возможностью осуществления помощи в принятии решения или выборе заранее подготовленного сценария развития;

10. Дизайн – ключевую роль в облегчении восприятия информации и, в конце концов, принятии управленческих решений является качественное оформление, цветовое решение и картографический дизайн;

11. Мультимедийность – АИС представляет собой взаимоувязанный набор пространственных и мультимедийных данных, в т.ч. фото, видео и аудиоинформации.

АИС ООПТ является сложной системой, а ее разработчиком является лицо или группа лиц, обладающих навыками проектирования и администрирования интегрированных баз геоданных, настройкой СУБД, веб-дизайном, а также работой в геоинформационном программном обеспечении.

Проектирование АИС ООПТ можно разделить на следующие этапы:

1. Инвентаризация – сбор, подготовка и предобработка пространственных и статистических данных.

2. Разработка инструментов геоанализа на базе геоинформационного ПО (в данной работе используется ГИС-пакет ArcGIS 10.2).

3. Разработка картографического оформления проекта.

4. Публикация веб-сервисов ГИС (на базе ArcGISforServer).

5. Создание специальных веб-приложений.

6. Веб-дизайн портала АИС ООПТ.

7. Тестирование АИС ООПТ.

В следующих разделах будут рассмотрены некоторые концептуальные особенности проектирования АИС ООПТ

Инвентаризация данных в атласных информационных системах для управления природопользованием на ООПТ. Инвентаризация данных является ключевым этапом применения любых информационных технологий. Целью инвентаризации является интеграция данных на единой основе, обеспечение их совместимости для последующей полноценной работы. К функциям данного этапа можно отнести такие ключевые функции информационных систем, как ввод, хранение и предобработка данных.

Вопросы интеграции пространственных данных напрямую связаны с проектированием базы геоданных. База геоданных – это совокупность пространственных данных, организованных по правилам, общим для технологий баз данных. Концептуальное представление окружающего мира в БД ГИС связано с моделями пространственных объектов. Традиционно пространственные данные подразделяются на взаимосвязанные составляющие: позиционные (геометрия) и непозиционные (семантические, атрибутивные) данные.

Пространственные объекты классифицируются в соответствии с характером локализации объектов, которые они отражают в реальности, и модели данных, используемой для их описания. Современные ГИС оперируют следующими типами пространственных объектов: точка, линия, полигон и ячейка. Для их описания используются две модели данных и их модификации – векторная и растровая.

Растровая модель – цифровое представление пространственных объектов в виде совокупности пикселей или ячеек с присвоенными им значениями класса объекта. Данная модель предполагает позиционирование объектов указанием их положения в соответствующей растре прямоугольной матрице одинаково для всех типов пространственных объектов (точек, линий и полигонов).

Векторная модель – цифровое представление точечных, линейных, площадных и объемных пространственных объектов в виде набора координатных пар, с описанием только геометрии объектов.

Рекомендуемая организация интегрированной базы пространственных данных представлена на рис. 9 и соответствует концептуальной схеме использования геоинформационных технологий в практике управления природопользованием.



Рис. 9. Логическая схема базы данных АИС ООПТ

База пространственных данных необходима для интеграции разнородной пространственной информации из различных источников на единой координатной основе (космические снимки и краудсорсинговая геоинформация, схемы дешифрирования, тематические и топографические карты, данные полевых наблюдений и др.). Для целей принятия управленческих решений на ООПТ целесообразно наполнять базу пространственных данных следующей пространственной и связанной с ней статистической информацией:

- Границы ООПТ и функциональное зонирование.
- Компоненты природной среды: рельеф, почвенный и растительный покров, животный мир, климат, водные ресурсы, опасные природных процессы, ландшафты и экосистемы, антропогенная трансформация ПТК.
- Инфраструктура: Транспортная (дороги, авиа и водные маршруты), рекреационная (туристические тропы, стоянки, аншлаги, смотровые площадки), промышленная (промышленные объекты).
- Населенные пункты.

- Землепользование.
- Уникальные природные объекты: ареалы обитания краснокнижных видов флоры и фауны, памятники природы.
- Памятники археологии и культуры.
- Данные дистанционного зондирования.

Кроме представленных категорий данных целесообразно использовать так называемые подложки, базовые основы и продукты, которые подключаются к базе данных по протоколу WMS. К данной категории данных можно отнести мультимасштабные подложки Google, Bing, ESRI, Росреестр, Космоснимки и др.

База статистических данных – является дополнением к базе пространственных данных. В ней содержится информация о результатах ресурсного и экологического мониторинга, организованного по единой системе. Создавать статистическую базу данных отдельно целесообразно по нескольким причинам:

1. Хранить непозиционную информацию в базе пространственных данных достаточно неудобно, а иногда и не возможно, в связи с ограничениями, накладываемыми производителями программного обеспечения.
2. Обрабатывать и редактировать статистическую непространственную информацию удобнее в специализированных программных пакетах.
3. По общему идентификатору статистическую базу и базу пространственную данных легко связать и проводить в ГИС-среде только геостатистический анализ в отрыве от задач непространственной инвентаризации.

Данные из статистической базы также возможно отдельно использовать на базе АИС ООПТ для статистического анализа.

База метаданных содержит информацию о данных (данные о данных) – как статистических, так и пространственных. Метаданные необходимы для выполнения поиска, оценки качества данных, определения их соответствия требованиям. Необходимый и достаточный набор метаданных включает информацию о пространственно-временных характеристиках пространственных данных, их качестве, обновлении и авторах. С точки зрения АИС метаданные нужны больше не для оценки качества, т.к. данные заранее подготовлены для работы, а для общего представления об актуальности, авторстве и об ограничениях использования.

Система поддержки принятия решений в атласных информационных системах для управления природопользованием на ООПТ. Под принятием решения понимается особый процесс человеческой деятельности, направленный на выбор наилучшего варианта из нескольких возможных. Для разработки системы принятия управленческих решений на основе пространственного анализа в АИС ООПТ используется метод анализа иерархий (МАИ).

Метод анализа иерархий (Analytic Hierarchy Process) предложен Т. Саати (университет г. Питтсбург, США) в 70-х гг. XX в. для моделирования многокритериальных задач принятия решений (ЗПР) [Саати, 1989].

Идея метода состоит в структуризации ЗПР путем построения многоуровневой иерархии, объединяющей все представляющие интерес компоненты задачи (главная цель, подцели, действующие силы, критерии, исходы, альтернативы и т.п.), которые далее сравниваются между собой с помощью специально разработанных для этого процедур. В результате становится возможным получение численных оценок интенсивности взаимовлияния элементов иерархии, на основе которых оцениваются степени предпочтительности альтернатив относительно главной цели.

Таким образом, МАИ представляет собой комплексную схему анализа и моделирования многокритериальных ЗПР, охватывая следующие этапы указанного процесса:

- 1) структуризация задачи и формализация связей между ее элементами;
- 2) моделирование процедур критериального оценивания и предпочтений лица, принимающего решения (ЛПР);

3) синтез решающего правила и установление предпочтений на множестве альтернатив.

Помимо наглядности и хорошей интерпретируемости получаемых моделей, а также относительной простоты вычислений, можно отметить следующие дополнительные преимущества МАИ:

– Построение иерархии хорошо согласуется с принципами системного подхода и может оказать существенную помощь исследователю при анализе задачи – в частности, иерархизация помогает обеспечить отсутствие «пробелов» в модели, а также выявить ситуации, связанные с избыточностью ее компонентов, возможностью дублирования расчетов и др.;

– Метод предоставляет процедуры оценки и сравнения альтернатив по неизмеримым (выражающим качественные понятия), субъективным критериям. Эти же процедуры могут использоваться для формализации предпочтений на множестве критериальных оценок, измеренных в произвольной (в том числе номинальной или порядковой) шкале, а также для выявления степеней относительной важности критериев;

– Метод устойчив к небольшим нарушениям согласованности (транзитивности) суждений ЛПР и экспертов.

МАИ ориентирован в первую очередь на построение моделей выбора на конечном множестве заранее известных альтернатив.

Универсальной процедуры построения иерархии не существует – конкретный вид иерархии определяется прежде всего взглядом ЛПР или исследователя на проблему. Простая схема иерархии на примере управления природопользованием на ООПТ представлена на рис. 10.

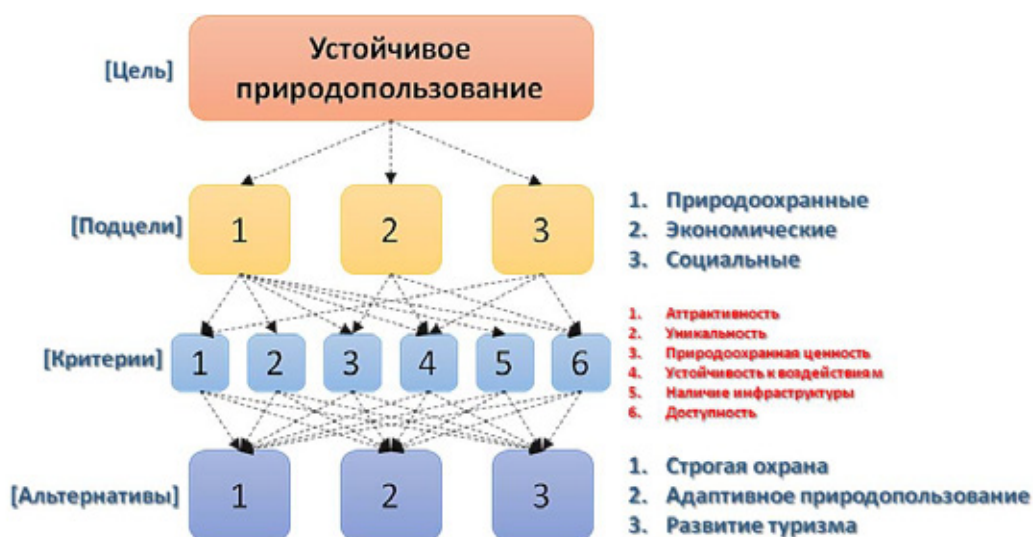


Рис. 10. Алгоритм метода анализа иерархий при управлении природопользованием на ООПТ

В простейшем варианте многокритериальной ЗПР иерархия строится по следующей схеме: главная цель – критерии достижения – альтернативы.

Моделью оценки интенсивности взаимодействия элементов иерархии является весовая функция, которая задает приоритеты дочерних элементов по отношению к родительским (локальные приоритеты), и интерпретация приоритетов зависит от содержательного смысла соответствующей иерархической связи.

Для вычисления приоритетов разработан ряд методов, среди которых основными являются метод парных сравнений.

В целом построение модели выбора альтернатив на основе метода анализа иерархий включает следующие основные шаги:

- 1) анализ задачи и построение иерархии;
- 2) вычисление локальных приоритетов и проверка согласованности суждений;
- 3) синтез приоритетов альтернатив относительно главной цели и общая оценка согласованности иерархии.

Приведем пример решения задач принятия решений в области управления природопользованием на ООПТ.

Стоит задача выбрать оптимальный тип природопользования на участке ООПТ с точки зрения устойчивого развития территории. Имеется три альтернативы: строгая охрана, адаптивное природопользование и развитие туризма, существует три точки зрения: природоохранная, экономическая и социальная. Альтернативы обладают следующими характеристиками – в первом случае достаточно только охранных мероприятий, минимизация всех остальных задач ООПТ, в т.ч. научной и эколого-просветительской деятельности в т.ч. и организация экологического туризма, также сокращение бюджета на хозяйственные нужды и поддержание материального фонда ООПТ. На поддержание строгой охраны тратятся средства ООПТ, при этом в будущем территория не нуждается в дорогостоящем восстановлении первоначальных функций природных территориальных комплексов. Вторая альтернатива – организация рекреационного природопользования и максимально возможная минимизация воздействий на природную среду (прокладка специальных настильных троп, канатных дорог, минимальный поток туристов, специальный штат сотрудников, поддерживающих строгий порядок локальной рекреационной системы, строгая охрана), соответственно для поддержания устойчивости данного типа природопользования необходим брендинг территории для налаживания стабильно высокого дохода от экскурсий, большие вложения в строительство сложной инфраструктуры и оплаты труда специального штата сотрудников, вклад в материальную базу заповедника, организация научно-исследовательской и эколого-просветительской деятельности, при этом большая часть средств «остаётся» на данном участке, при этом требуется значительный стартовый капитал, а также есть высокие риски не окупить организацию такого природопользования, в будущем территория не будет нуждаться в восстановлении, т.к. природопользование строго подчинено природоохранным принципам. Третья альтернатива – развитие массового туризма без серьезных вложений в инфраструктуру и организационную часть, максимальное использование рекреационного потенциала территории, периодическая организация экологических исследований, в большей степени ориентированных на рекреационный мониторинг, небольшие вложения в поддержания материальной базы участка ООПТ, большая часть средств «уходит» с территории, в будущем необходимо восстанавливать первоначальный облик ландшафта, проводить дорогостоящую рекультивацию.

На основе аналитических функций АИС вырабатываются критерии оценки, и по каждому проводится оценка. Для решения конкретной задачи представлен следующий список критериев: аттрактивность, уникальность, природоохранная ценность, устойчивость к воздействиям, наличие инфраструктуры, доступность. Территория имеет конкретные параметры по каждому критерию, например, аттрактивность – открытый горный пейзаж, уникальность – проявления активного вулканизма, природоохранная ценность – уникальный объект, не имеющий аналогов, наличие краснокнижных видов и эндемиков, устойчивость к воздействиям – низкая, из-за вулканических процессов, наличие инфраструктуры – отсутствует, доступность – 200 км до ближайшего населенного пункта, только на вертолете. Значимость данных критериев оценивается с различных точек зрения. Точки зрения, которые представлены заинтересованными группам лиц следующие: природоохранные (ученые, природоохранные организации), экономические (туристические агентства), социальные (местные школы, ассоциации коренных народов и т.п.).

Значимость критериев оценивается попарно с каждой точки зрения и образуется симметричная матрица, например, как в таблице 4 (проводится оценка значимости критериев с экономической точки зрения).

Оценки значимости между критериями можно представить по фундаментальной шкале (табл. 5), где каждый элемент соответствует некоторой степени превосходства одного критерия над другим.

Таблица 4

Оценка значимости критериев с экономической точки зрения (пример)

1 фактор\ 2 фактор	Аттрак- тивность	Уни- каль- ность	Природо- охранная ценность	Устойчи- вость к воз- действиям	Наличие инфра- структуры	Доступ- ность
Аттрактивность	1	5	7	5	2	2
Уникальность	1/5	1	5	7	1/3	1/3
Природоохран- ная ценность	1/7	1/5	1	1/5	1/7	1/7
Устойчивость к воздействиям	1/5	1/7	5	1	1/7	1/5
Наличие инфра- структуры	1/2	3	7	7	1	1/3
Доступность	1/2	3	7	5	3	1

Таблица 5

Шкала превосходства критериев

Степень превосходства	Интерпретация
1	Равная значимость критериев
3	Слабое превосходство
5	Существенное превосходство
7	Очевидное превосходство
9	Абсолютное превосходство
2,4,6,8	Компромиссные уровни

В результате парного сравнения определены соотношения между критериями и определены значения приоритетов w по формуле $w_i = 1/\sum d_i$, где d – вербальные оценки превосходства. Так, например, с экономической точки зрения, получилось следующие приоритеты критериев (табл. 6).

Таблица 6

Приоритеты критериев с экономической точки зрения

Аттрактивность	0,39
Уникальность	0,08
Природоохранная ценность	0,03
Устойчивость к воздействиям	0,04
Наличие инфраструктуры	0,15
Доступность	0,25

* Сумма приоритетов всегда равна 1

Аттрактивность, получила наивысший балл, как прямое выражение рекреационного потенциала территории, так же значимыми оказались наличие инфраструктуры и доступность территории. Другие критерии, не получили высокой оценки, т.к. с экономической точки зрения не представляют особого интереса.

Аналогичные парные сравнения проводятся со всех точек зрения, при этом возможно выбирать значимые критерии для той или иной альтернативы.

По всем результатам сравнений образуется общая матрица соотношения критериев и подцелей (точек зрения) (табл. 7).

Аналогичные процедуры проводятся при сравнении альтернатив с точки зрения критериев, и в результате также образуется общая матрица альтернативы-критерии (табл. 8).

Таблица 7

Общая матрица приоритетов критериев по подцелям (W_1)(пример)

Критерии\Аспекты	Природоохранные	Экономические	Социальные
Аттрактивность	A1	1	C1
Уникальность	A2	0,63	C2
Природоохранная ценность	A3	0,08	C3
Устойчивость к воздействиям	A4	0,30	C4
Наличие инфраструктуры	A5	0,86	C5
Доступность	A6	0,88	C6

Таблица 8

Общая матрица результатов сравнения альтернатив по критериям (W_2) (пример)

Альтернативы\Критерии	Аттрактивность	Уникальность	Природоохранная ценность	Устойчивость к воздействиям	Наличие инфраструктуры	Доступность
Строгая охрана	A1	B1	C1	D1	E1	F1
Адаптивное природопользование	A2	B2	C2	D2	E2	F2
Развитие туризма	A3	B3	C3	D3	E3	F3

В конце анализа ЛПР, в качестве которого выступает администрация ООПТ, проводит оценку значимости подцелей относительно общей цели (устойчивого развития природопользования), в результате которой образуется матрица сравнения (таблица 9).

Таблица 9

Матрица результатов сравнения подцелей (W_3) (пример)

Критерии\Аспекты	Природоохранные	Экономические	Социальные
Природоохранные	A1	B1	C1
Экономические	A2	B2	C2
Социальные	A3	B3	C3

На следующем этапе проводится иерархический синтез результатов по следующей формуле $A=W_1*W_2*W_3=(A_1;A_2;A_3)$. Таким образом, для каждой альтернативы определены приоритеты, исходя из которых принимается управленческое решение. Кроме иерархического синтеза, возможно рассчитать общую согласованность иерархии и глобальный индекс согласованности [Саати, 1989], для общей оценки несогласованности суждений между различными группами экспертов.

На основе метода анализа иерархий возможно подготавливать управленческие решения не только по приведенным в примере целям, подцелям, критериям и альтернативам, но и по любым другим. Метод является математической моделью выбора приоритетов, где входными данными являются только ответы о превосходстве тех или иных параметров.

На основе МАИ для АИС ООПТ был разработан модуль СППР, который представляет собой интерактивный конструктор формы, в результате которого создается опросник наподобие форм Google (рис. 11).

Форма конструируются автоматически при построении иерархии, т.е. выборе цели, подцелей, критериев и альтернатив. Выбор параметров иерархии происходит исходя из ответов ЛПР на соответствующие вопросы:

1. Сформулируйте цель, которую необходимо достигнуть на данном участке ООПТ.
2. Сформулируйте точки зрения, с которых будет проводиться анализ.
3. Выберите критерии для анализа из предложенных ниже (далее перечисляются слои инвентаризационного блока, по которым будет проводиться выборка атрибутов для конкретного

участка, например, при выборе слоя «ландшафты» выбираются те контура, которые попадают на данный участок, например, «открытый горнопустынный ландшафт шлаковых и лавовых полей» и т.п. соответственно выбранные контура становятся критерием для оценки).

4. Определите подходящие альтернативы природопользования для данной территории.

Устойчивое природопользование

Оцените значимость уязвимости относительно аттрактивности

- Аттрактивность абсолютно важнее уязвимости
- Аттрактивность очевидно важнее уязвимости
- Аттрактивность сильно важнее уязвимости
- Аттрактивность немного важнее уязвимости
- Аттрактивность и уязвимость равнозначны
- Уязвимость немного важнее аттрактивности
- Уязвимость сильно важнее аттрактивности
- Уязвимость очевидно важнее аттрактивности
- Уязвимость абсолютно важнее аттрактивности

Никогда не используйте формы Google для передачи паролей.

На платформе Google Drive

Форма создана в домене Google Press.

[Сообщение о нарушении](#) - [Условия использования](#) - [Дополнительные условия](#)

Рис. 11. Пример опросника на основе Google формы

Участки для принятия решений выбираются на основе построения карт противоречий природопользования на конкретном участке ООПТ или для сети ООПТ в целом, а также при конкретном выборе ЛПР.

Модуль СППР АИС ООПТ является универсальным инструментом для принятия управленческих решений на ООПТ. Модуль позволяет достаточно быстро и четко выбрать подходящие альтернативы на основе математической модели для конкретного конфликтного участка. С помощью него можно решать практически любые задачи, где нужно учесть несколько мнений (зачастую это практически все случаи) об управлении природопользованием на местном уровне (например, решение о способе прокладки тропы на конкретном участке), локальном (функциональное зонирование территории) или региональном уровне (развитие экологического туризма на конкретной ООПТ).

Выводы. Атласные информационные системы – новый этап развития геоинформационных технологий, формирующийся на стыке новейших достижений в области информационных и мультимедийных технологий, картографии и разработки управленческих решений.

В работе продемонстрирована методика создания атласной информационной системы для управления природопользованием на особо охраняемых природных территориях.

Управление природопользованием на ООПТ имеет свою специфику и ориентировано в первую очередь на устойчивое развитие системы «природная среда – общество – экономика». При нынешнем развитии сети ООПТ в России необходим новый подход к планированию природоохранной деятельности: от абсолютной заповедности к развитию природно-ориентированных видов природопользования, с максимально возможной минимизацией негативных воздействий на охраняемые экосистемы.

Актуальность данной проблемы связана в первую очередь с неправильным вектором развития большинства российских ООПТ, а именно увеличением интенсивности туристиче-

ских потоков, расточительном использовании природного «капитала», смена функций ООПТ (перевод национальных парков в заповедники), отсутствием надлежащей информационной базы для планирования и управления природопользованием.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №15-17-30009).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атаева О.М., Кошкарев А.В., Медведев А.А., Серебряков В.А., Теймуразов К.Б. Инфраструктура пространственных данных для научных исследований [электронное издание]. – Российский научный электронный журнал. – 2012. Вып. 5. – код доступа: <http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2012/part5/АКМСТ>.
2. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах: Учебник. Изд. второе, перераб. и доп. М.: Логос, 2002. 392 с.
3. Лурье И.К. Геоинформационное картографирование. М.: КДУ. 2010, 424 с.
4. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1989. 316 с.
5. Самсонов Т.Е. Мультимасштабное картографирование рельефа: общегеографические и гипсометрические карты. – 2011. Lambert Academic Publishing Saarbrucken. 208 с.
6. Тикунов В.С. Атласные информационные системы для принятия решений. – В Основы геоинформатики. Учебн. пособ. для студ. вузов. Под ред. В.С. Тикунова. М.: Академия, 2004. Кн. 2. С. 285–304.
7. Украинский П.А., Пожванов Г.А. ВЕБ-ГИС заповедника «Белогорье» (разработка, назначение, специфика): Материалы первого научно-методического семинара «ГИС и заповедные территории» 2013.
8. Elzakker C.V. 1993. The use of electronic atlases. In: Klinghammer, I., L. Zentai & F. Ormeling (Eds): Seminar on Electronic Atlases // Cartographic Institute of Eötvös Lorand University, Visegrad, Hungary. 145–155.
9. Hurni L. Multimedia Atlas Information Systems. 2008 // Encyclopedia of GIS. Springer. 759–763.
10. Kraak, J.-M. & F. Ormeling. 1996. Cartography: visualization of geospatial data. Longman, Essex.
11. Ormeling F. 1996. Functionality of Electronic School Atlases. In: Köbben, B., F. Ormeling & T. Trainor (Eds): Seminar on Electronic Atlases II, ICA Proceedings on National and Regional Atlases. Prague. 33-39.
12. Ramos C.-da S., & W. Cartwright. 2005. Atlases from paper to digital medium. In: Stefanikis, E., M.-P. Peterson, C. Armeçanis & V. Delis (Eds.): Geo-Hypermedia'05, Proceedings of the 1. International Workshop on Geographic Hypermedia, Denver, Colorado, U.S.A.

V.M. Yablokov¹, V.S. Tikunov²

ATLAS INFORMATION SYSTEMS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF TERRITORIES

Abstract. Concept of Atlas Information System (AIS) is stated. Similar to traditional paper atlases, the AIS provides the spatial information under present themes and extents. The AIS present

¹ M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, World Data Center for Geography, Moscow, 119991, Russia, Post-graduate Student; e-mail: vasily.yablokov@gmail.com.

² M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Integrated Mapping Laboratory, Moscow, 119991, Russia, Head, Doctor of Science, Professor; e-mail: tikunov@geogr.msu.su.

information in the cartographical form, including the use of multimedia (photo, video and audio). The user of AIS can influence contents, appearance, visualization parameters by simple manipulations, i.e. to carry out so-called customization. The system also allows the users to display and analyze their own geoinformation. The AIS offers the interface easily understandable to inexperienced users and simplifying the process of interaction with difficult mechanisms of data processing. The AIS could be classified into two groups depending on the representation, first is a stand-alone program with the functions of updating and inquiries to server bases of spatial and non-spatial data, i.e. an independent desktop application, second is a web application which is on the server and is only online available.

Key words: atlas information systems, models of sustainable development of territories.

REFERENCES

1. *Ataeva O. M., Koshkarev A.V., Medvedev A.A., Serebryakov V.A., Teimurazov K.B.* Infrastruktura prostranstvennykh dattych dlya nauchnykh issledovaniy [elektrommaya publikaciya] [Spatial data infrastructure for scientific research [electronic publication]]. – Rossijskij elektronnyj nauchnij zhurnal. – 2012. Vyp. 5. – access code: <http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2012/part5/AKMST>. (in Russian).
2. *Larichev O.I.* Teorija i metody prinyatija reshenij, a takzhe Khronika sobytij v volshhebnykh stranah [Theory and methods of decision-making, and also Chronicle of events in Magic countries]: Uchebnik. Izd. Vtoroe, pererab. I dopolnen. M.: Logos, 2002. 392 p. (in Russian).
3. *Lurie I.K.* Geoinformacionnoe kartografirovanie [GIS mapping]. M: KDU. 2010, 424 p. (in Russian).
4. *Saaty T.L.* Prinaytie reshenij. Metod analiza ierarhij [Decision Making. Method of Hierarchy Analysis]. M.: Radio i svyaz, 1989, 316 p. (in Russian).
5. *Samsonov T.E.* Multimashtabnoe kartografirovanie rel'efa: obshegeograficheskie i gipso-metricheskie karty [Multiscale mapping of a relief: General geographical and hypsometric maps]. – 2011, Lambert Academic Publishing Saarbrucken. 208 p. (in Russian).
6. *Tikunov V.S.* Atlasnye informacionnye sistemy dla priniatija reshenij [Atlas information systems for decision making]. Osnovy geoinformatiki. Uchebnoe posobie dla studentov vyzov. Pod redakciej V.S. Tikunova. Moscow: Akademija, 2004. Kniga 2. Pp. 285–304. (in Russian).
7. *Ukrainskij P.A., Pozhvanov G.A.* Veb-GIS zapovednika «Belogor'e» (razrabotka, naznachenie, specifika) [WEB GIS reserve «Belogorye» (development, purpose, specificity)]: Materialy pervogo nauchno-metodicheskogo seminaru «GIS i zapovednye territorii» 2013. (in Russian).
8. *Elzakker C.V.* 1993. The use of electronic atlases. In: Klinghammer, I., L. Zentai & F. Ormeling (Eds): Seminar on Electronic Atlases // Cartographic Institute of Eötvös Lorand University, Visegrad, Hungary. 145–155.
9. *Hurni L.* Multimedia Atlas Information Systems. 2008 // Encyclopedia of GIS. Springer. 759–763
10. *Kraak, J.-M. & F. Ormeling.* 1996. Cartography: visualization of geospatial data. Longman, Essex.
11. *Ormeling F.* 1996. Functionality of Electronic School Atlases. In: Köbben, B., F. Ormeling & T. Trainor (Eds): Seminar on Electronic Atlases II, ICA Proceedings on National and Regional Atlases. Prague. 33-39.
12. *Ramos C.-da S., & W. Cartwright.* 2005. Atlases from paper to digital medium. In: Stefanikis, E., M.-P. Peterson, C. Armeçanis & V. Delis (Eds.): Geo-Hypermedia'05, Proceedings of the 1. International Workshop on Geographic Hypermedia, Denver, Colorado, U.S.A.

Е.А. Паниди¹

О ВНЕДРЕНИИ КОНЦЕПЦИИ ТУМАННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В СОСТАВЕ ИНФРАСТРУКТУР ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ

Резюме. Информационные технологии и, в том числе, технологии глобальной сети развиваются крайне быстро. При этом, актуальной остаётся проблема внедрения технологий общего назначения в информационных системах, оперирующих пространственными данными. В статье обсуждается целесообразность внедрения ряда новых подходов при решении задач публикации и управления пространственными данными в глобальной сети. Приведён краткий обзор современных концепций и технологий распределённого хранения и управления данными, предусматривающих совместное использование серверных и клиентских ресурсов. В частности, упомянуты концепции облачных вычислений, туманных вычислений и Интернета вещей, а также технологии Java Web Start, WebRTC и WebTorrent. Кратко охарактеризован опыт автора в разработке легко переносимых решений для публикации пространственных данных и геоинформационных программных средств в глобальной сети.

Ключевые слова: пространственные данные, веб-геосервисы, веб-ГИС, облачные вычисления, туманные вычисления.

Введение. Парадигма инфраструктур пространственных данных (ИПД) является одной из основ современной теории геоинформатики. В условиях широчайшего проникновения технологий глобальной сети почти во все сферы производства и деятельности общества, вполне естественными является и применение этих технологий в качестве базового инструмента интеграции (в том числе на глобальном уровне) геоинформационных средств и ресурсов, а также обеспечения информационного обмена при работе с пространственными данными. По мере развития технологий глобальной сети и появления новых архитектурных и технологических решений, также расширяется и обновляется перечень сетевых технологий, применяемых при формировании ИПД, основу которых сегодня составляют веб-технологии (веб-геотехнологии).

Подобным образом, широкое распространение в последние годы получили облачные платформы (от англ. Cloud Computing – облачные вычисления [Вуууа et al., 2011]), предназначенные для хранения, представления и обработки пространственных данных (например, www.arcgis.com, www.mapbox.com и www.qgiscloud.com) и, используемые, как совместно с ними так и самостоятельно, веб-геосервисы (веб-сервисы, предоставляющие пользователю, доступ к удалённо хранимым пространственным данным или инструментам для манипулирования пространственными данными).

Вместе с тем, в процессе развития информационных технологий в целом, появляются новые концепции и подходы, позволяющие усовершенствовать способы хранения, представления и манипулирования данными (в том числе пространственными данными) в глобальной сети. Таким образом, в связи с тем, что решение задач информационного обмена и управления пространственными данными, в том числе на глобальном уровне, является важнейшим фактором эффективного функционирования и устойчивого развития во многих областях, научных исследований, производства, обеспечения безопасности и т.д., не перестаёт быть актуальной задача интеграции вновь появляющихся подходов и технологий в существующие технологические цепочки. В данной статье рассматриваются особенности концепции туманных вычислений (англ. Fog Computing), первоначально предложенной в 2012 году сотрудниками компании Cisco [Bonomi F. et al., 2012], и обсуждается целесообразность её использования при создании распределённых геоинформационных систем (ГИС).

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, институт наук о Земле, кафедра картографии и геоинформатики, Санкт-Петербург, 199178, Россия, канд. тех. н.; e-mail: panidi@ya.ru, e.panidi@spbu.ru.

Объект и предмет дискуссии. Облачные решения, обладают рядом несомненных преимуществ, главными из которых, несомненно, являются высокая надёжность хранения данных и масштабируемость используемых аппаратных и программных ресурсов, которые критически важны при работе с пространственными данными, традиционно характеризующимися значительными объёмами хранения. Однако, они не лишены и недостатков. Ключевой проблемой, возникающей при использовании облачной архитектуры, является вопрос обеспечения прав на доступ и использование информационных ресурсов, в ситуации, когда владелец ресурсов хранит их в облаке, предоставляемом сторонней организацией – оператором (так называемое, публичное облако).

Безусловно, вопросы владения и распоряжения хранимыми данными либо программными ресурсами, в такой ситуации, регулируются законодательством и договорными отношениями между владельцем данных и владельцем (оператором) облачной инфраструктуры. Однако, физически данные располагаются на аппаратных средствах, к которым владелец данных не имеет прямого доступа. Это исключает возможность полного контроля доступа к данным и влечёт потенциальные риски утраты доступа к ним их владельца. Традиционным решением подобных проблем является построение частных облачных инфраструктур, которыми владеет и оперирует уже сам владелец данных, но такой подход существенно повышает сложность и стоимость публикации данных.

Другой важной особенностью является централизованность облачной инфраструктуры (Рис. 1). При построении облачной ГИС (а вернее облачной веб-ГИС, так как взаимодействие с пользователями в таких системах традиционно реализуется посредством веб-интерфейсов) информационные ресурсы ГИС (данные и программное обеспечение) физически размещаются в дата-центре, и оказываются подверженными риску утраты в чрезвычайной ситуации, например, в случае масштабного стихийного бедствия. Такой риск, тем не менее, остаётся гипотетическим и исключается дублированием хранимых данных в другом, территориально удалённом, дата-центре.

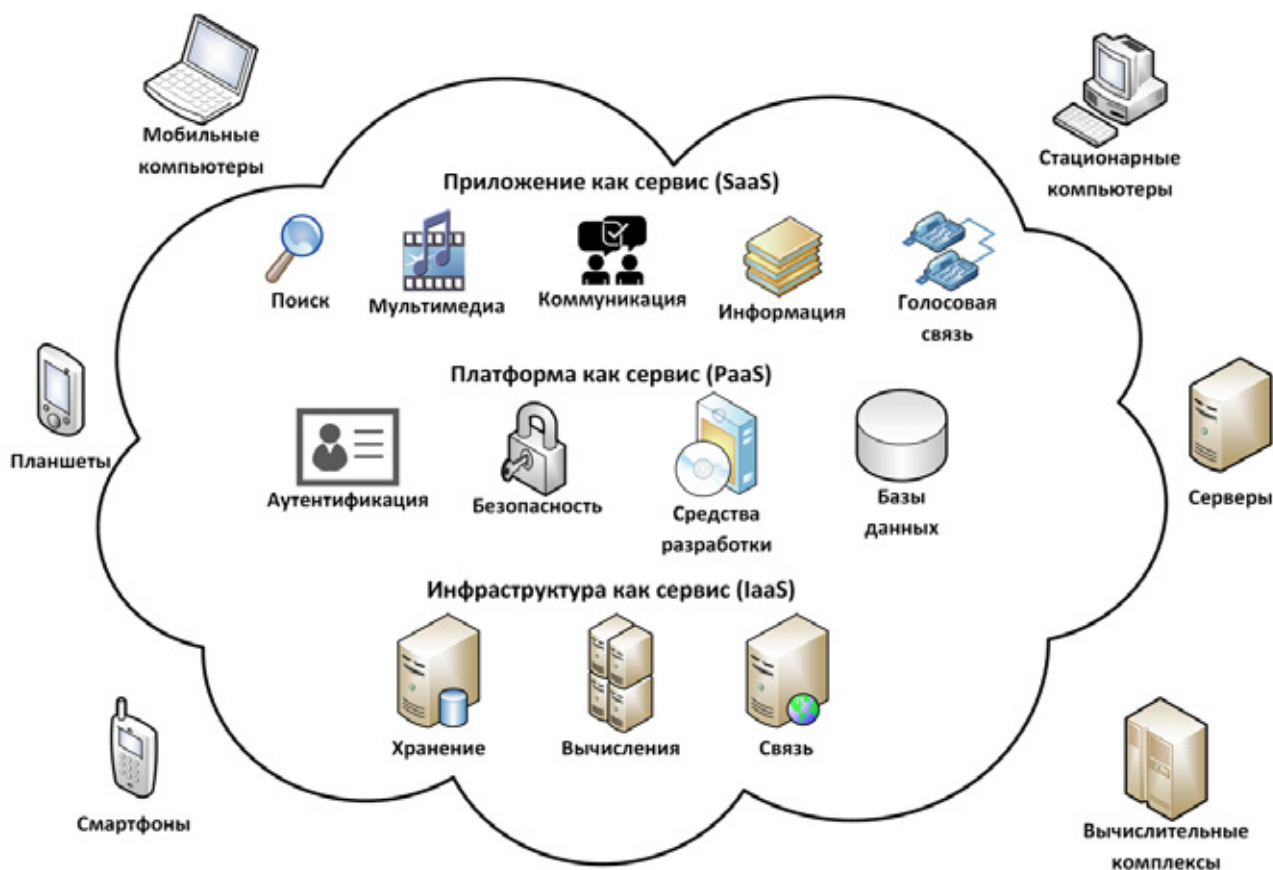


Рис. 1. Обобщённая структура облачной информационной системы

Более значимой проблемой является проблема веб-публикации пространственных данных и программных средств, относимых к общественному достоянию (англ. Public Domain), для которых во многих случаях содержание облачной инфраструктуры оказывается коммерчески не эффективным. Так, например, публикация пространственных данных, являющихся результатами мелко- и среднемасштабных научных проектов может оказаться затруднительной. В указанных случаях очевидна потребность в технологиях и средствах создания веб-ГИС, позволяющих обеспечить публикацию данных с минимальными финансовыми затратами и максимальной стабильностью доступа к опубликованным ресурсам (имеется в виду исключение ситуаций, когда закрытие по тем или иным причинам веб-ресурса, на котором произведена публикация, приводит к потере доступа к опубликованным материалам).

Вероятно, наиболее очевидным решением подобной проблемы может стать хорошо известный подход, заключающийся в использовании пиринговых сетей (от англ. Peer-to-Peer – равный к равному, одноранговый), позволяющий выстраивать высоконадёжные и высокостабильные децентрализованные системы, в которых информация дублируется на множестве узлов сети, что приводит к условно абсолютному исключению потери данных. При выходе из строя или отключении какого-либо узла, хранимая на нём информация может быть получена с других узлов. В ситуации, когда пиринговая сеть содержит достаточное количество узлов, которые распределены территориально, дополнительным полезным эффектом является повышение скорости обмена данными, за счёт возможности выбора географически близких источников для загрузки требуемых данных и возможности параллельной многопоточной загрузки сразу из нескольких источников.

Пиринговый подход, однако, не применяется в современных геоинформационных системах. Причиной этому, вероятно, является отсутствие решений, разработанных с учётом особенностей пространственных данных, и исторически запаздывающее развитие в области работы с пространственными данными FOSS-подхода (от англ. Free and Open Source Software – свободно распространяемое программное обеспечение с открытым исходным кодом), для которого наиболее органична пиринговая архитектура обмена данными.

Вместе с тем, вышеупомянутая концепция туманных вычислений, заключающаяся в расширении границы облака до сегмента пользовательских устройств, обладающих излишком вычислительных ресурсов, или, другими словами, в применении для хранения информационных ресурсов и проведения вычислений не только собственно облачной инфраструктуры, но и клиентских ресурсов, фактически реализует весьма схожий с пиринговой сетью подход. Устройства, составляющие туманный сегмент подобной информационной системы (Рис. 2) остаются функционально самостоятельными. Эти устройства, способны работать в автономном режиме и обмениваться данными напрямую, без использования дата-центра. Важно отметить, при этом, что туманный подход изначально рассматривается (в том числе его авторами) не как альтернатива облачному, но как дополнение последнего [Fernando et al., 2013; Hong et al., 2013]. Таким образом, туманная архитектура позволяет интегрировать, в ставшие привычными облачные системы, возможности распределённого хранения и обмена данными с использованием клиентских устройств, то есть, фактически реализовать пиринговую сеть в качестве надстройки над облачной информационной системой.

Обсуждение. При использовании туманной архитектуры, становится затруднительно допустить потерю или уничтожение однажды опубликованных в сети информационных ресурсов. Чем более востребован ресурс, тем на большем числе узлов он будет продублирован, пользователями, заинтересованными в его использовании. Параллельно, доступ к такому информационному ресурсу ускоряется и упрощается за счёт наличия множества источников загрузки. При этом, за счёт возможностей хранения ресурсов (данных и программных средств – исполняемых файлов) на клиентских устройствах и возможностей прямого обмена информацией между клиентскими устройствами, исключается необходимость передачи задач контроля и управления данными в облако, данные контролируются их авторами и пользователями. Возможности же использования высокопроизводительных облачных инфра-

структур, в случае необходимости, сохраняются, как и при использовании собственно облачной архитектуры.

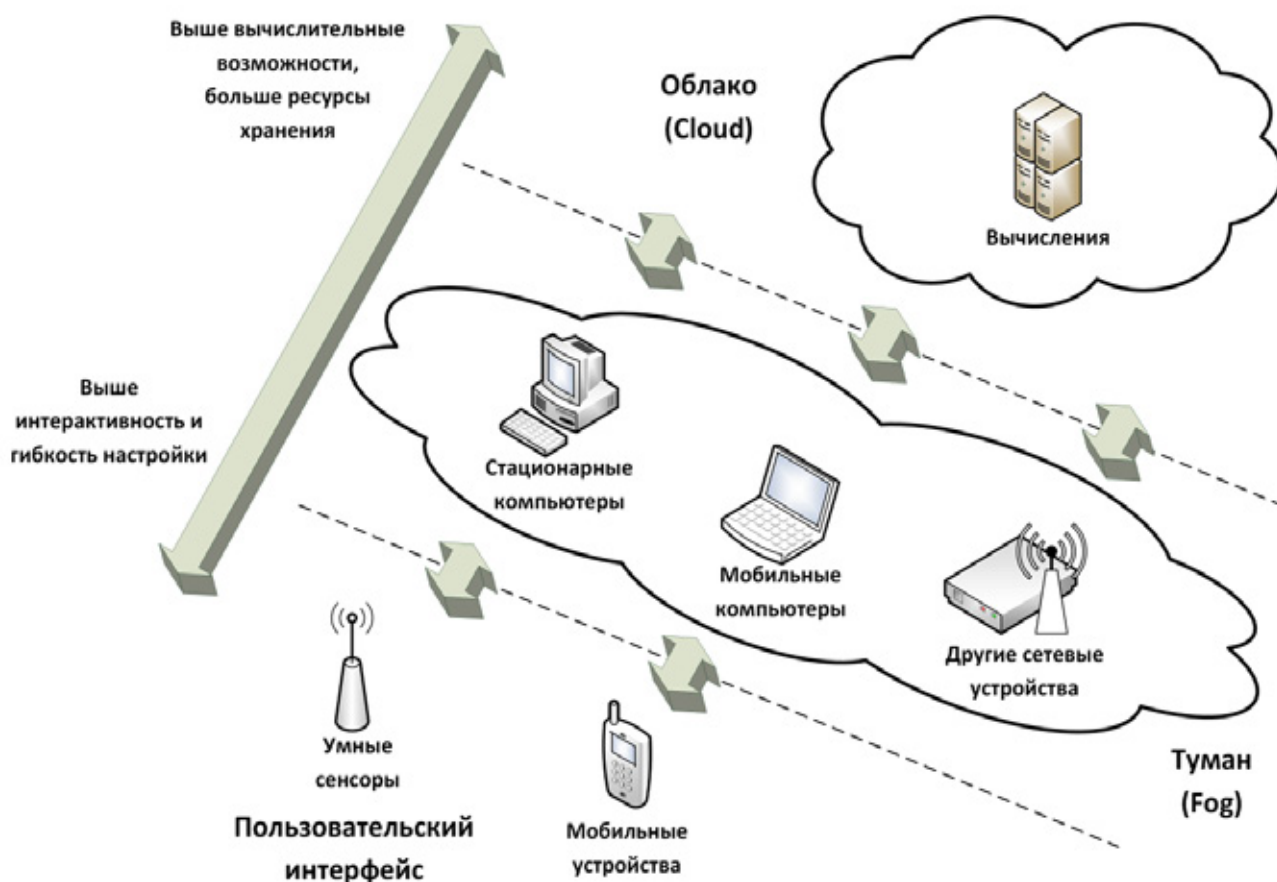


Рис. 2. Трёхуровневая модель туманной информационной системы

Необходимо отметить также, что другая, родственная, концепция – предложенная первоначально Кевином Эштоном [Ashton, 2009] концепция Интернета вещей (от англ. Internet of Things – IoT) уже внедряется при создании геоинформационных систем. Суть концепции Интернета вещей состоит в обеспечении возможностей сетевого межмашинного (англ. M2M – Machine-to-Machine) взаимодействия (в общем случае на основе веб-интерфейсов) «умных» (клиентских) устройств, в целях автоматизации решения тех или иных задач [Черняк, 2012; Greengard, 2015]. Под «умными» устройствами могут пониматься любые программно-аппаратные комплексы, способные функционировать в автоматическом режиме, однако, чаще всего упоминаются «умные» сенсоры (англ. Smart Sensors), то есть компактные датчики, способные осуществлять фиксацию параметров окружающей обстановки, или иной ситуации, и реагировать на происходящие изменения (например, записывая информацию). IoT-подход не просто внедряется в геоинформационных системах и решениях, но активно стандартизируется [OGC, 2007, 2008] Open Geospatial Consortium (www.opengeospatial.org) занимающимся разработкой открытых международных стандартов в области работы с пространственными данными, для чего создана отдельная рабочая группа, получившая название SWE (Sensor Web Enablement Working Group – рабочая группа по внедрению веб-сенсоров – www.opengeospatial.org/projects/groups/sensorwebdwg).

В отличие от «умных» сенсоров, узлы туманной сети, в общем случае, обладают большими вычислительными ресурсами и способны не только собирать данные, но также хранить их и обрабатывать. Фактически, облачные системы, традиционная архитектура веб-ресурсов (основанная на использовании выделенных серверов), туманный сегмент и «умные» сенсоры, можно рассматривать как слои глобальной сети (рис. 3), характеризующиеся

различиями в вычислительной мощности и возможностями контроля со стороны пользователей. Очевидно, что при таком подходе, в ситуации, когда традиционная серверная, облачная и IoT-архитектура активно используются при решении задач создания ГИС и управления пространственными данными и активно стандартизируются; фактическое отсутствие разработок и стандартов в области применения туманной архитектуры в геоинформационных задачах, является явным технологическим пробелом.

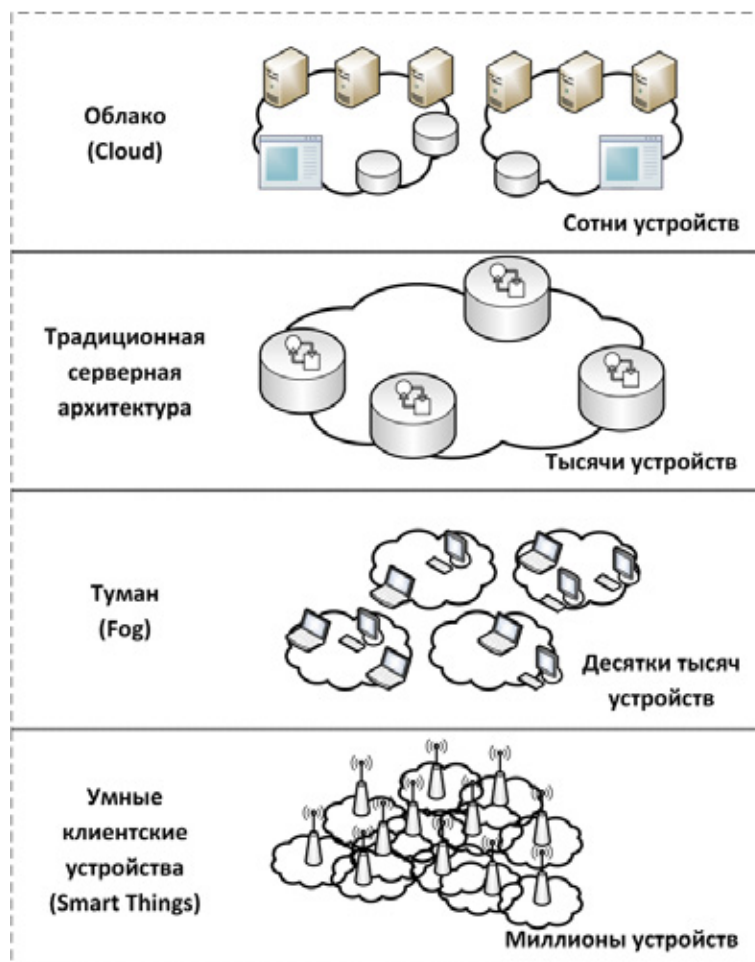


Рис. 3. Четырёхуровневая модель Интернета вещей

Таким образом, оказывается затруднительным привести аргументы против внедрения туманных вычислений в веб-ГИС, имея в виду, что все традиционно применяемые подходы, и прежде всего облачная архитектура, не исключаются, а лишь дополняются новыми возможностями. Задача внедрения туманной архитектуры, однако, не может рассматриваться безотносительно совокупности технологий, реализующих эту архитектуру. Среди последних, ключевыми являются технологии организации распределённого хранения пространственных данных на множестве клиентских устройств и технологии обмена данными в Веб. Применительно к программным ресурсам, кроме того, необходимы технологии, реализующие возможность передачи приложений на клиентские устройства, то есть загрузку приложений по аналогии с архитектурой SaaS (англ. Software as a Service – программное обеспечение как услуга [Software & Information Industry Association, 2001]) из облачного хранилища, с сервера или из туманного хранилища, с возможностью дальнейшего запуска и исполнения локально на клиентском устройстве, в том числе в автономном режиме.

Как показывает опыт ранее выполненных с участием автора проектов в области работы с пространственными данными, наиболее глубоко и всесторонне (вплоть до стандартов OGC) разработаны технологии представления и передачи данных в веб-среде. В частности,

три базовых стандарта [OGC, 2000, 2002, 2003], WMS (Web Map Service – веб-сервис растровых карт), WFS (Web Feature Service – веб-сервис векторных данных) и WCS (Web Coverage Service – веб-сервис растровых покрытий), позволяют эффективно решать задачи передачи пространственных данных базовых типов. В данном направлении, однако, остаются проблемы, связанные с реализацией существующих подходов и стандартов в прикладном программном обеспечении, в частности, в программном обеспечении для веб-публикации данных. Так, на данный момент практически не разработаны программные средства, обеспечивающие публикацию данных в компактной форме, без развёртывания достаточно сложной серверной либо облачной программной инфраструктуры [Panidi et al., 2016].

Технологии передачи и запуска на клиентских устройствах геоинформационного программного обеспечения, также в целом остаются не разработанными, за исключением ряда исследовательских проектов. Однако, существующий стандарт OGC [OGC, 2015], регламентирующий архитектуру веб-сервисов для обработки пространственных данных на серверной стороне, WPS (Web Processing Service – веб-сервис обработки данных), может быть дополнен для обеспечения передачи приложений на клиентские устройства и запуска вычислений на клиентской стороне, с сохранением обратной совместимости таких расширенных сервисов [Panidi, 2014; Panidi et al., 2015; Kazakov et al., 2015].

Вместе с тем, технологии общего назначения, используемые при разработке современных веб-ресурсов и веб-приложений, не являясь стандартизированными для публикации ГИС-приложений, поддерживают ряд важных вспомогательных решений. Вероятно, наиболее важной, среди подобных опорных технологий, являются интегрированные средства обеспечения безопасного запуска приложений, полученных из сети. Например, технология Java Web Start (www.oracle.com/technetwork/java/javase/javawebstart/index.html) позволяет запускать автоматически загружаемые из сети приложения на клиентском устройстве в безопасной среде исполнения [Паниди, Ефимов, 2015]. При этом, приложения должны быть разработаны на языке программирования Java (www.java.com), что может быть не всегда приемлемо.

С учётом последней особенности, весьма перспективной для создания переносимых ГИС-приложений выглядит технология контейнеров, и в частности, такие её программные реализации, как Docker (www.docker.com) и Rocket (www.coreos.com/blog/rocket/). Данная технология позволяет передавать на клиентское устройство приложение вместе со всеми зависимостями (зависимыми файлами) и выполнять запуск загруженного из сети приложения в изолированной (то есть безопасной) среде. Важным отличием от технологии Java Web Start, решающей аналогичные задачи, является возможность создания приложений на любых языках программирования.

Наконец, технологии распределённого хранения (со множественным дублированием) пространственных данных в туманной инфраструктуре на текущий момент не разработаны. Этот блок опорных технологий туманных ГИС требует наибольшего внимания с точки зрения исследований. Вероятно, в качестве базовой технологии общего назначения, для решения задачи хранения данных может быть применена архитектура Torrent, используемая в файлообменных сетях и позволяющая хранить файлы в форме множества копий, распределённых по различным узлам сети (рассматривая при этом совокупность копий каждого файла как единое целое и задавая таким файлам единые уникальные сетевые адреса), а также передавать их напрямую, между клиентскими устройствами. Данная технология адаптирована для веб-среды. Программная платформа с открытым исходным кодом WebTorrent (www.webtorrent.io) построена на базе технологии WebRTC (англ. Real-Time Communications – коммуникации в реальном времени). Последняя, в свою очередь, обеспечивает возможность прямого обмена данными между клиентскими устройствами (между двумя веб-браузерами) без использования сервера или дополнительного программного обеспечения (www.webrtc.org).

Выводы. Обобщая материалы, приведённые в статье, необходимо отметить, что разработка опорных технологий для создания туманных информационных систем, и в частности туманных ГИС, является перспективным направлением формирования глобальной распределённой инфраструктуры пространственных данных.

Наибольшая потребность во внедрении туманных технологий в ГИС-решениях, по мнению автора, существует в FOSS-сегменте геоинформационной индустрии и науки. В данном сегменте важной задачей является обеспечение такого способа веб-публикации информационных ресурсов, при котором контроль над опубликованными ресурсами сохраняется у FOSS-сообщества, в том числе, у авторов и пользователей ресурсов, что может быть реализовано с использованием туманной архитектуры.

На текущем этапе, важно обеспечить дискуссию в профессиональном сообществе, которая позволит выявить существующие потребности в туманных решениях и определить основные направления исследований и разработки в данной области.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Паниди Е.А., Ефимов Д.С.* Использование вычислений на стороне клиента при создании веб-сервисов обработки пространственных данных, на примере технологии Java Web Start // ИнтерКарто/ИнтерГИС-21. Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение: материалы Международной научной конференции – Краснодар: Кубанский государственный университет, 2015. С. 485–491.
2. *Черняк Л.* Платформа Интернета вещей // Открытые системы, № 07, 2012. С. 44–45.
3. *Ashton K.* That 'Internet of Things' Thing. RFID Journal, 22 June 2009. Available at: www.rfidjournal.com/article/print/4986.
4. *Bonomi F., Milito R., Zhu J., Addepalli S.* Fog Computing and Its Role in the Internet of Things. Proceedings of the first edition of the MCC workshop on Mobile cloud computing, 2012, pp. 13–16. doi:10.1145/2342509.2342512.
5. *Buyya R., Broberg J., Goscinski A.* (eds.) Cloud Computing: Principles and Paradigms. John Wiley & Sons Inc., 2011, 637 p. doi:10.1002/9780470940105.fmatter.
6. *Fernando N., Loke S.W., Rahayu W.* Mobile cloud computing: A survey. Future Generation Computer Systems, Vol. 29, Issue 1, 2013, pp. 84–106. doi:10.1016/j.future.2012.05.023.
7. *Greengard S.* The Internet of Things. The MIT Press Essential Knowledge series, The MIT Press, 2015, 232 p.
8. *Hong K., Lillethun D., Ramachandran U., Ottenwalder B., Koldehofe B.* Mobile fog: a programming model for large-scale applications on the internet of things. Proceedings of the second ACM SIGCOMM workshop on Mobile cloud computing, 16 August 2013, Hong Kong, China, 2013, pp. 15–20. doi:10.1145/2491266.2491270.
9. *OGC OpenGIS Web Map Server Interface Implementation Specification.* OpenGIS Project Document 00-028. Version 1.0.0, 2000, 45 p.
10. *OGC Sensor Web Enablement Architecture.* Best Practice document 06-021r4, Version: 0.4.0, 2008, 72 p.
11. *OGC Sensor Web Enablement: Overview and High Level Architecture.* OpenGIS White Paper OGC 07-165, Version: 3, 2007, 14 p.
12. *OGC Web Coverage Services (WCS).* OGC 03-065r6. Version 1.0.0, 2003, 101 p.
13. *OGC Web Feature Service Implementation Specification.* OGC 02-058. Version 1.0.0, 2002, 105 p.
14. *OGC WPS 2.0 Interface Standard.* OGC Implementation Standard. OGC 14-065. Version 2.0, 2015, 133 p.
15. *Kazakov E., Terekhov A., Kapralov E., Panidi E.* WPS-based technology for client-side remote sensing data processing. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XL-7, Issue W3, 2015, pp. 643-649. doi:10.5194/isprsarchives-XL-7-W3-643-2015.
16. *Panidi E.A.* Towards Client-Side Web Processing Services. Proceedings of OSGeo's European Conference on Free and Open Source Software for Geospatial (FOSS4G-Europe 2014) July 15–17 2014 Jacobs University, Bremen, Germany, 4 p. Issued online. Available at: <http://europe.foss4g.org/2014/content/toward-client-side-web-processing-services.html>.

17. Panidi E., Kazakov E., Kapralov E., Terekhov A. Hybrid geoprocessing Web services. SGEM2015 Conference Proceedings, Book 2, Vol. 1, 2015, pp. 669-676. doi: 10.5593/SGEM2015/B21/S8.084.

18. Panidi E., Terekhov A., Mukhamedzhanov M. Implementation Ways for Web Coverage Service Standard. In International Scientific Conference Geobalkanica Proceedings, 2016. (In Press, 8 p.).

19. Software & Information Industry Association. Software as a Service: Strategic Backgrounder. Washington, D.C., USA, 2001.

E.A. Panidi ¹

TOWARDS IMPLEMENTATION OF THE FOG COMPUTING CONCEPT INTO THE GEOSPATIAL DATA INFRASTRUCTURES

Abstract. *The information technologies and Global Network technologies in particular are developing very quickly. According to this, the problem remains actual that incorporates implementation issues for the general-purpose technologies into the information systems which operate with geospatial data. The paper discusses the implementation feasibility for a number of new approaches and concepts that solve the problems of spatial data publish and management on the Global Network. A brief review describes some contemporary concepts and technologies used for distributed data storage and management, which provide combined use of server-side and client-side resources. In particular, the concepts of Cloud Computing, Fog Computing, and Internet of Things, also with Java Web Start, WebRTC and WebTorrent technologies are mentioned. The author's experience is described briefly, which incorporates the number of projects devoted to the development of the portable solutions for geospatial data and GIS software publication on the Global Network.*

Key words: *Geospatial Data, Web Geoservices, Web GIS, Cloud Computing, Fog Computing.*

REFERENCES

1. Panidi E.A., Efimov D.S. Ispol'zovanie vychislenii na storone klienta pri sozdanii veb-servisov obrabotki prostranstvennykh dannykh, na primere tekhnologii Java Web Start [Using of the Client-Side Computations When Implementing Web Services for Spatial Data Processing, the Case Study of Java Web Start Technology]. InterCarto/InterGIS-21 Sustainable development of territories: Cartography and GI Support, Proceeding of the International Conference, Krasnodar, Kubanskii Gosudarstvennyi Universitet, 2015. Pp. 485–491. (In Russian).

2. Chernyak L. Platforma Interneta veshchei [The Platform of the Internet of Things]. Otkrytye sistemy, Vol. 07. 2012. Pp. 44–45. (In Russian).

3. Ashton K. That 'Internet of Things' Thing. RFID Journal, 22 June 2009. Available at: www.rfidjournal.com/article/print/4986.

4. Bonomi F., Mito R., Zhu J., Addepalli S. Fog Computing and Its Role in the Internet of Things. Proceedings of the first edition of the MCC workshop on Mobile cloud computing, 2012, pp. 13–16. doi:10.1145/2342509.2342512.

5. Buyya R., Broberg J., Goscinski A. (eds.) Cloud Computing: Principles and Paradigms. John Wiley & Sons Inc., 2011, 637 p. doi:10.1002/9780470940105.fmatter.

6. Fernando N., Loke S.W., Rahayu W. Mobile cloud computing: A survey. Future Generation Computer Systems, Vol. 29, Issue 1, 2013, pp. 84–106. doi:10.1016/j.future.2012.05.023.

7. Greengard S. The Internet of Things. The MIT Press Essential Knowledge series, The MIT Press, 2015, 232 p.

¹ Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, Department of Cartography and Geoinformatics, St. Petersburg, 199178, Russia, PhD, e-mail: panidi@ya.ru, e.panidi@spbu.ru.

8. Hong K., Lillethun D., Ramachandran U., Ottenwälder B., Koldehofe B. Mobile fog: a programming model for large-scale applications on the internet of things. Proceedings of the second ACM SIGCOMM workshop on Mobile cloud computing, 16 August 2013, Hong Kong, China, 2013, pp. 15–20. doi:10.1145/2491266.2491270.
 9. OGC OpenGIS Web Map Server Interface Implementation Specification. OpenGIS Project Document 00-028. Version 1.0.0, 2000, 45 p.
 10. OGC Sensor Web Enablement Architecture. Best Practice document 06-021r4, Version: 0.4.0, 2008, 72 p.
 11. OGC Sensor Web Enablement: Overview and High Level Architecture. OpenGIS White Paper OGC 07-165, Version: 3, 2007, 14 p.
 12. OGC Web Coverage Services (WCS). OGC 03-065r6. Version 1.0.0, 2003, 101 p.
 13. OGC Web Feature Service Implementation Specification. OGC 02-058. Version 1.0.0, 2002, 105 p.
 14. OGC WPS 2.0 Interface Standard. OGC Implementation Standard. OGC 14-065. Version 2.0, 2015, 133 p.
 15. Kazakov E., Terekhov A., Kapralov E., Panidi E. WPS-based technology for client-side remote sensing data processing. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XL-7, Issue W3, 2015, pp. 643-649. doi:10.5194/isprsarchives-XL-7-W3-643-2015.
 16. Panidi E.A. Towards Client-Side Web Processing Services. Proceedings of OSGeo's European Conference on Free and Open Source Software for Geospatial (FOSS4G-Europe 2014) July 15–17 2014 Jacobs University, Bremen, Germany, 4 p. Issued online. Available at: <http://europe.foss4g.org/2014/content/toward-client-side-web-processing-services.html>.
 17. Panidi E., Kazakov E., Kapralov E., Terekhov A. Hybrid geoprocessing Web services. SGEM2015 Conference Proceedings, Book 2, Vol. 1, 2015, pp. 669–676. doi: 10.5593/SGEM2015/B21/S8.084.
 18. Panidi E., Terekhov A., Mukhamedzyanov M. Implementation Ways for Web Coverage Service Standard. In International Scientific Conference Geobalkanica Proceedings, 2016. (In Press, 8 p.).
 19. Software & Information Industry Association. Software as a Service: Strategic Backgrounder. Washington, D.C., USA, 2001.
-

УДК 004:528.9

Р.К. Махмудов¹, О.А. Гальфингер²

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНО-ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СТРАН ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

Резюме. В статье рассматривается применение ГИС-технологий для изучения социально-демографического развития стран Центральной Азии. Авторами проведен анализ пространственного распределения статистических показателей на основе созданной серии тематических карт.

Ключевые слова: геоинформационный анализ, социальное картографирование, геодемография, Центральная Азия.

Введение. Геополитический регион Центральной Азии представляет собой обширную территорию, расположенную в центральной части Евразии. Согласно общепринятому представлению, регион состоит из следующих государств: Казахстан, Кыргызстан, Узбеки-

¹ Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия; e-mail: rakimkam@mail.ru.

² Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь, Россия; e-mail: galfinger.olia2011@yandex.ru.

стан, Таджикистан и Туркменистан. Центральная Азия соединяет между собой Европу, Ближний Восток, Южную и Восточную Азию. Наличие больших запасов нефти и газа, расположение транзитных и коммуникационных путей, стратегическое и геоэкономическое значение Каспийского моря, контроль этими странами процессов добычи ресурсов и проходящих через регион энерготрасс объясняет важное геополитическое значение региона в современном мире.

Социально-демографические показатели любого государства – это индикаторы динамики его развития. Анализ структуры населения является важным условием для разработки основополагающих направлений социально-экономической и демографической политики.

Любое общество представляет собой сложную систему, компоненты которой на сегодняшний день изучаются демографией, социологией, культурологией, экономикой, политологией, а также математическими и статистическими методами. Все исследуемые явления и процессы привязаны к конкретной территории, поэтому для решения практических задач необходимо целостное описание картины с учетом географического аспекта и региональной специфики. Использование ГИС-технологий позволяет структурировать имеющиеся данные, проводить анализ «привязанных» к конкретной территории показателей и наглядно отображать полученные результаты.

Материал и методы исследований. В качестве исходной информации для ГИС-анализа стран Центральной Азии использовались официальные статистические источники. Нами использовались данные Межгосударственного статистического комитета Содружества Независимых Государств, Central Intelligence Agency (ЦРУ), Комитета по статистике Министерства национальной экономики Республики Казахстан, Министерства здравоохранения и социального развития Республики Казахстан, Национального статистического комитета Кыргызской Республики, Агентства по статистике при президенте Республики Таджикистан, Государственного комитета Туркменистана по статистике, Государственного комитета Республики Узбекистан по статистике.

Сбор информации сопровождался некоторыми проблемами, связанными с тем, что отчеты из источников значительно отличаются друг от друга. Каждая из республик представляет свой набор и объем данных. Статистические сборники опубликованы на сайтах в форматах.docx или.xlsx, содержат разное количество и перечень показателей, приведенных в разнотипных единицах измерений. Не совпадают временные рамки имеющейся информации. Туркменистан не предоставляет статистику по каждому региону в отдельности и ограничено предоставляет сведения в ООН и соответствующий комитет СНГ.

В качестве базовой программной платформы ГИС для проведения анализа социально-демографического развития стран Центральной Азии нами выбран ArcGIS 10.1 фирмы ESRI. Система ArcGIS, подобно другим мощным информационным системам, обладает четко определенной моделью для работы с данными, прежде всего пространственными.

Основными этапами построения геоинформационной системы анализа социально-демографического развития стран Центральной Азии являются:

- выбор логической структуры и создание на основе собранных материалов пространственной базы геоданных, подготовка картографической основы;
- формирование базы геоданных социально-демографических показателей стран Центральной Азии и их регионов;
- построение пространственно-временных моделей социально-демографического развития стран Центральной Азии [5].

На начальном этапе работы была проведена подготовка векторной модели, которая в дальнейшем будет служить платформой для визуализации социально-демографического развития стран Центральной Азии.

Картографическая основа позволяет проводить исследования на различных территориальных уровнях: государственный (Казахстан, Кыргызстан, Таджикистан, Туркменистан и Узбекистан) и региональный (области перечисленных стран).

Следующим шагом стало формирование базы геоданных, в которой систематизирована вся собранная информация. Атрибутивные таблицы содержат показатели по странам в целом и по областям и городам республиканского значения.

При создании серии тематических карт социально-демографического развития стран Центральной Азии применялись способ картограмм, картодиаграмм, а также анаморфозы. Полученные в ArcGIS изображения экспортировались в формат ai, и окончательное оформление выполнялось в программе векторной графики Adobe Illustrator CC 2015 фирмы Adobe Systems, имеющей широкие функциональные возможности по художественному оформлению документа.

Результаты исследований и их обсуждение. Разрыв в развитии стран Центральной Азии на современном этапе увеличивается из года в год. Казахстан обладает наибольшей площадью и наименьшей плотностью населения, на него приходится примерно 51% суммарного регионального ВВП, большая часть которого страна получает за счет нефти. В Узбекистане самая большая численность населения, которая составляет 45% всего населения региона. Кыргызстан и Туркменистан имеют почти одинаковое население. Но Туркменистан – пустынная страна с крупными энергетическими запасами, особенно природного газа, который дает 16% регионального ВВП. А Кыргызстан – небольшая горная страна с незначительными природными ресурсами, за исключением водных, гидроэнергетики и некоторого количества золота, что дает 5% регионального ВВП. Таджикистан похож на Кыргызстан с точки зрения ресурсов и размера, но он еще беднее и более изолирован [2].

Страны Центральной Азии (Казахстан, Кыргызстан, Таджикистан, Туркменистан, Узбекистан) имеют общую численность населения на 2015 г. 66445,4 тыс. человек. Самая большая – в Узбекистане – 29199,9 тыс. человек, при плотности населения 75,8 человек на 1 км²; в Казахстане – 18157,1 тыс. человек, 6,4 человек на 1 км²; Таджикистане – 8191,9 тыс. человек, 57,2 человек на 1 км²; в Киргизии – 5664,9 тыс. человек, 29 человек на 1 км², Туркмении – 5231,4 тыс. человек, 10 человек на 1 км² (рис. 1).

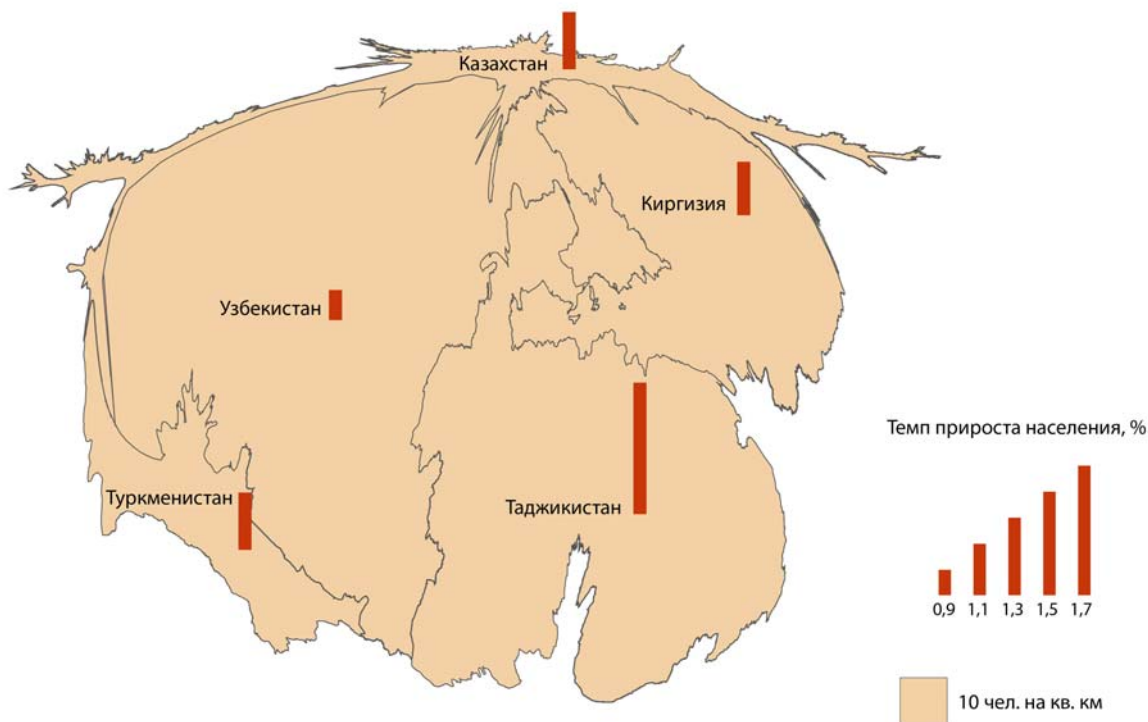


Рис. 1. Анаморфоза плотности населения Центральной Азии, 2015 г.

Численность населения Центральной Азии после распада Советского Союза продолжала увеличиваться в период с 1990 по 2004 гг., но темпы ее роста снизились по сравнению с преды-

дущими годами. Первая причина – эмиграция, особенно в первые годы независимости. Больше всех пострадал Казахстан, и именно эмиграцией в основном обусловлено снижение численности в этой республике. Вторая – это снижение уровня рождаемости во всех странах региона с 1992 г., по крайней мере, на 25%. И, как следствие, наблюдалось значительное уменьшение числа детей в возрасте до пяти лет. Третья – резкое снижение ожидаемой продолжительности жизни при рождении из-за распада государственной системы здравоохранения и значительного снижения затрат на социальную сферу во всех государствах Центральной Азии с 1991 г. [2].

В последнее десятилетие ситуация начала меняться.

В Кыргызской Республике число жителей увеличилось с 5 млн. 418 тыс. человек в 2010 г. до 5 млн. 777 тыс. в 2015 г. Темп прироста населения составляет 1,11%.

В Таджикистане с 2010 по 2015 гг. численность населения увеличилась с 7 млн. 487 тыс. человек до 8 млн. 192 тыс. Темпы прироста населения и коэффициент рождаемости здесь самые высокие – 1,71% и 24,38% соответственно. При этом рост населения происходит на фоне резкого падения ВВП, а более высокий естественный прирост отмечается среди наименее обеспеченного сельского населения [3].

В Туркменистане за последние 5 лет численность населения здесь увеличилась на 290 тыс. человек (с 4 млн. 941 тыс. человек в 2010 г. до 5 млн. 231 тыс. в 2015 г.).

В Узбекистане общая численность населения в 2010 г. составляла 27 млн. 866 тыс. человек, к 2015 г. увеличилась до 29 млн. 200 тыс. Темпы прироста населения здесь самые низкие – менее 1%, а коэффициент рождаемости за 5 лет уменьшился с 17,5% до 17,0%. Это связано с тем, что в последние 10–15 лет правительство республики прилагает усилия для формирования здорового генофонда нации (за счет увеличения перерыва между рождениями детей у одной матери) и проводит политику большей нацеленности семьи не на число рожденных детей, а на воспитание здоровых, образованных граждан [3].

В Республике Узбекистан отмечается самый низкий в регионе уровень младенческой смертности – 19,2 на 1000 родившихся (против 33,93% в Таджикистане и 36,82% в Туркменистане) (рис. 2).

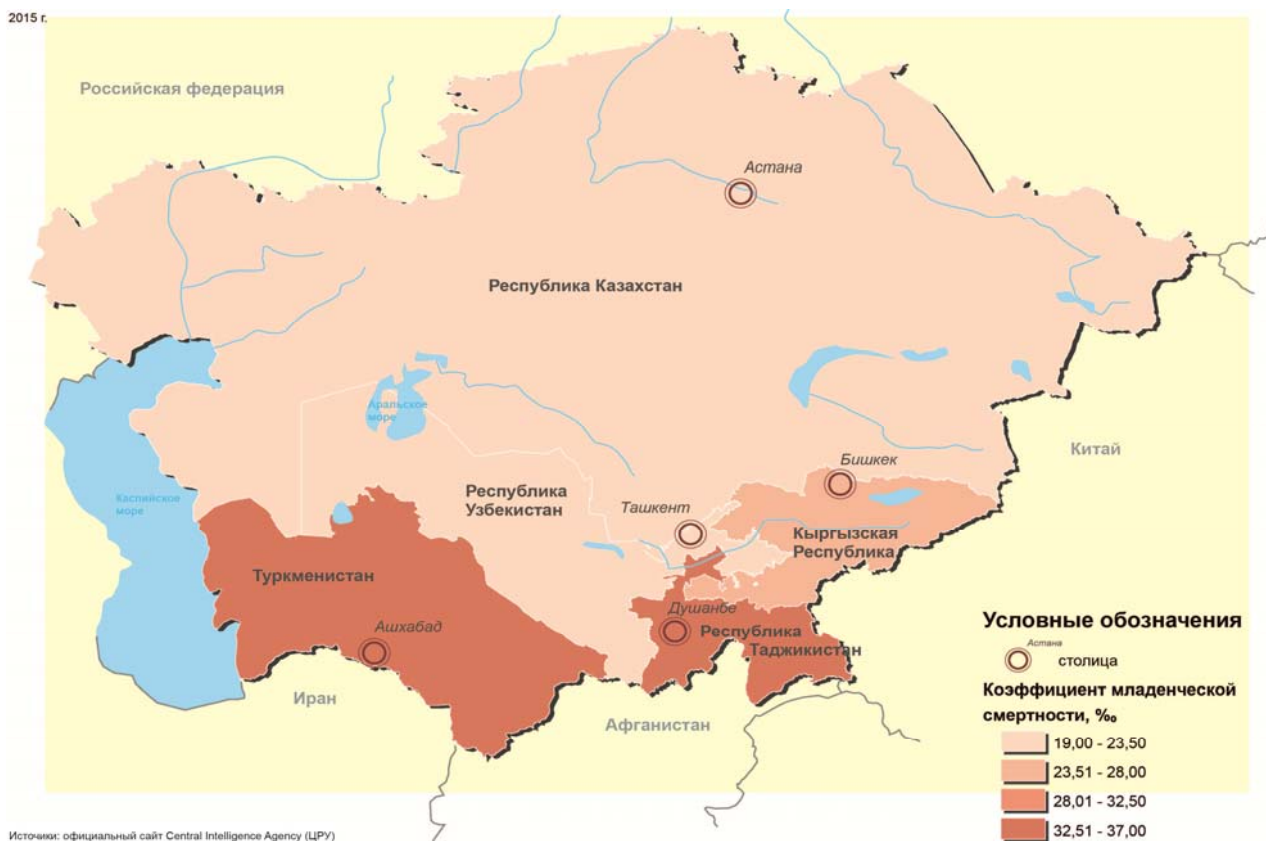


Рис. 2. Коэффициент младенческой смертности в странах Центральной Азии

В Республике Казахстан в результате снижения рождаемости и определенного роста смертности, а также значительного отрицательного сальдо миграции, превышающего естественный прирост населения, с 1992 г. численность населения имела тенденцию снижения вплоть до конца 2001 г. Начиная с 2002 г., в результате заметного увеличения рождаемости населения, притока иммигрантов и значительного снижения эмиграции, намечился ее рост и на 1 января 2015 г. она составила 18157,1 тыс. человек.

Принимаемые правительством страны меры в области демографического развития позволили добиться к настоящему времени заметного роста уровня рождаемости, некоторого сокращения уровня смертности и роста ожидаемой продолжительности жизни населения. В целом, за последние годы созданы предпосылки к устойчивому росту численности населения.

В 2004 – 2014 гг. в республике родилось 3797,6 тыс. человек. Общий коэффициент рождаемости по стране в 2014 г. составил 23,13%. Наибольшие показатели в г. Астане (29,02%), Южно-Казахстанской (29,73%) и Мангистауской (32,05%) областях (рис. 3).

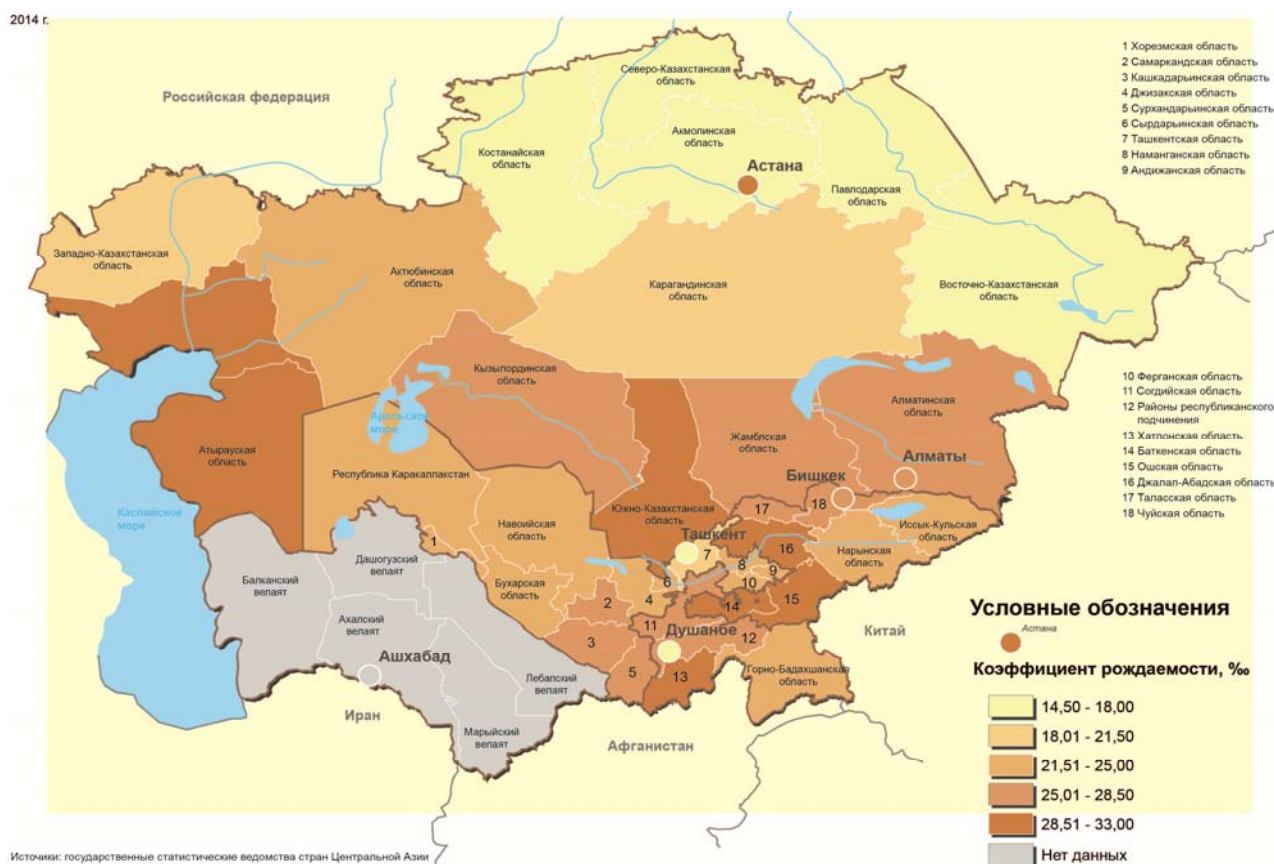


Рис. 3. Коэффициент рождаемости в областях стран Центральной Азии

В Казахстане наблюдается самая высокая смертность населения – 8,21 умерших на 1000 человек (в остальных странах региона она составляет 5–6%).

За последние 10 лет уровень смертности здесь снизился с 10,14% в 2004 г. до 7,57% в 2014 г. Наибольший коэффициент смертности отмечается в Акмолинской (10,10%), Восточно-Казахстанской (10,36%), Костанайской (10,62%) и Северо-Казахстанской (11,94%) областях.

Таким образом, коэффициент естественного прироста увеличивается (с 8,05% в 2004 г. до 15,56% в 2014 г.).

Под влиянием миграционных процессов изменяется количественный и качественный состав экономически активной части населения, который в свою очередь оказывает воздействие на экономический рост республики.

В 2004 г. впервые после 36-летнего периода, в Казахстане было зафиксировано положительное сальдо внешней миграции, составившее 2,8 тыс. человек. В 2005 и 2006 гг. также

наблюдалось положительное сальдо внешней миграции населения, составившее соответственно 22,7 и 33,0 тыс. человек. В последующем оно начало постепенно снижаться и с 2012 г. стало отрицательным – -1,4 тыс. человек. Эта тенденция пока сохраняется: в 2013 г. – -0,3 тыс. человек, в 2014 – -12,162 тыс. человек (рис. 4).

Во внутренней миграции прослеживается движение населения в города Астана (17,8 тыс. чел) и Алматы (21,9 тыс. чел).

2014 г.

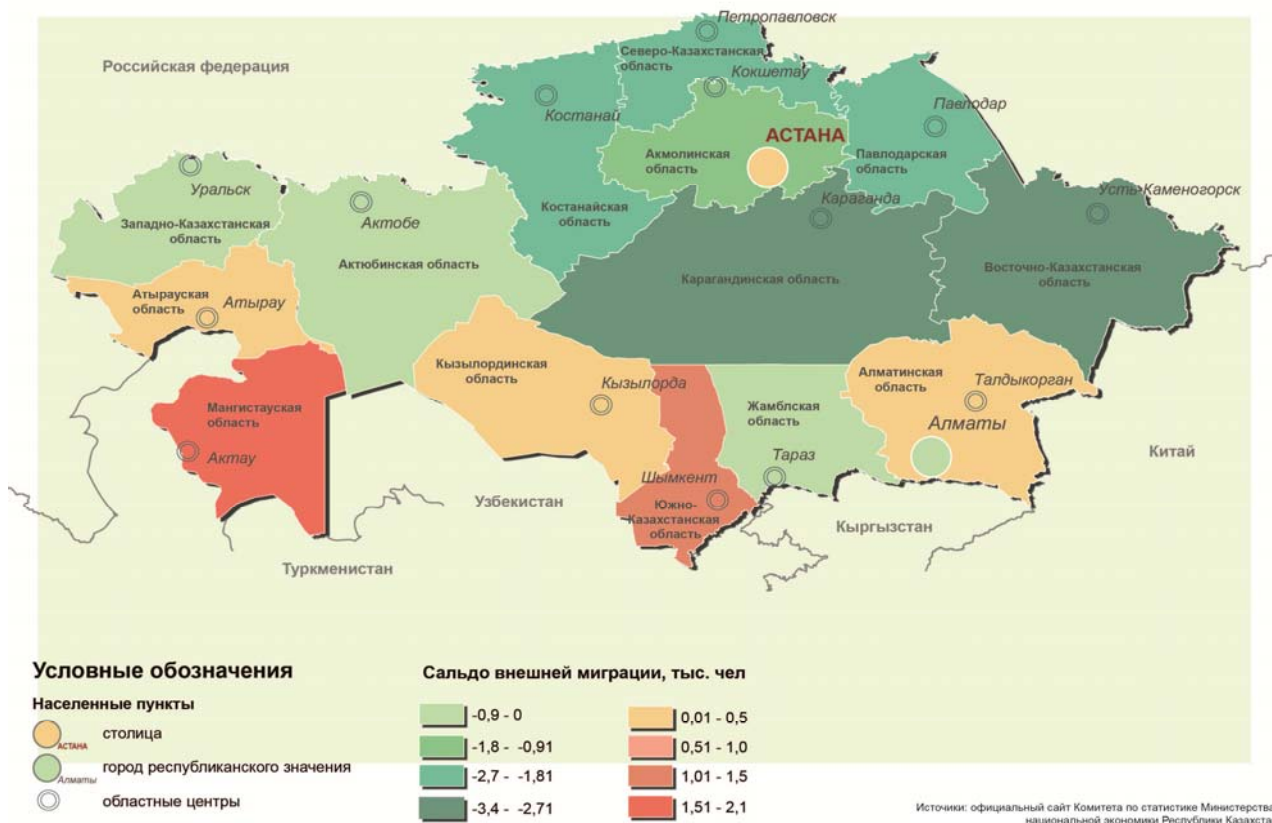


Рис. 4. Сальдо внешней миграции в областях Республики Казахстан, 2014 г.

Важным показателем уровня жизни является бедность. Перестройка экономики, гиперинфляция, снижение национального дохода в 1991–1999 гг. привели к резкому падению индекса человеческого развития и росту бедности среди населения. С 2001 г. рост бедности прекратился. В 2004 г. доля населения, имеющего доходы ниже величины прожиточного минимума, составляла 33,9%, в 2014 г. – 2,8% [1].

Безработица является одной из причин низкого уровня жизни населения. Уровень безработицы в республике плавно снижается. В 2004 г. он составлял 8,4%, в 2014 г. уменьшился до 5,0%. Самый высокий уровень безработицы в 2014 г. наблюдался в Южно-Казахстанской области (5,3%) и в городах Астана (5,1%) и Алматы (5,5%).

В целом, в странах региона применяются государственные меры, направленные на изменение демографической ситуации. Так, в Республике Казахстан они направлены на стимулирование рождаемости, в Узбекистане и Таджикистане, напротив, на ее сдерживание [3]. Но повлиять на это положение могут только долговременные акции, результаты которых проявятся через десятилетия.

Выводы. Государства Центрально-азиатского региона находятся сейчас в состоянии демографической революции, которая характеризуется снижением смертности и высокой рождаемостью. Наиболее высокие темпы прироста населения и коэффициент рождаемости отмечается в Республике Таджикистан, Узбекистан отличается наименьшим

уровнем младенческой смертности. На всей территории, кроме Казахстана, наблюдается отток населения.

Республика Казахстан находится на более поздней стадии демографического перехода. По сравнению с другими странами Центральной Азии для него характерны низкие показатели рождаемости, высокие – смертности и явный процесс демографического старения. Наиболее благоприятная ситуация наблюдается здесь в городах республиканского значения (г. Астана и г. Алматы) и в Южно-Казахстанской и Мангистауской областях.

Применение ГИС-технологий в анализе социально-демографического развития стран Центрально-азиатского региона позволило использовать возможности географического представления геодемографических процессов, выполнить пространственный анализ и картографировать статистические показатели, используя широкий спектр способов визуализации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аймакова Г., Айтмагамбетов О. Борьба с бедностью – важное условие социально-экономического роста страны в посткризисный период // Экономика и статистика. Астана. 2001. № 1. С. 23–27.

2. Айтмагамбетова Г. Демографическая ситуация в странах Центральной Азии на современном этапе // Журнал «Вестник КарГУ». Караганда. 2009.

3. Жаркынбаева Р. Особенности демографического развития Центрально-азиатского региона в период независимости // Центральная Азия и Кавказ. 2011. Т. 14. № 4. С. 75–82.

4. Скалабан И.А. Социальное картирование как метод анализа социально-территориального пространства // Журнал исследований социальной политики. Москва. 2012. Т. 10. № 1. С. 61–78.

5. Черкасов А.А. Мониторинг этнических аспектов урбанизации в России на основе ГИС-технологий: автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. геогр. наук. Ставрополь, 2013. 27 с.

R.K. Mahmudov¹, O.A. Galfinger²

GIS ANALYSIS OF DEMOGRAPHIC AND SOCIAL DEVELOPMENT IN CENTRAL ASIA

Abstract. *The article deals with the practice of application of GIS technology in the study of socio-demographic development of Central Asia. The authors analyzed the spatial distribution of the statistical indexes on the basis of a series of thematic maps.*

Key words: *GIS analysis, social mapping, geodemography, Central Asia.*

REFERENCES

1. Aymakova G., Aytmagambetov O. Borba s bednostyu – vazhnoe uslovie sotsialno-ekonomicheskogo rosta strany v postkrizisnyj period [Fighting poverty – an important condition for the socio-economic growth in the post-crisis period] // Economica I statistica. Astana. 2001. № 1. Pp. 23–27.

2. Aytmagambetova G. Demograficheskaya situatsiya v stranah Tsentralnoy Azii na sovremennom etape [The demographic situation in the Central Asian at the present stage] // Zhurnal «Vestnik KarGU». Karaganda. 2009.

3. Zharkynbaeva R. Osobennosti demograficheskogo razvitiya Tentralno-aziatskogo regiona v period nezavisimosti [Features of demographic development in the Central Asian region in the period of independence] // Tsentralnaya Aziya i Kavkaz. 2011. T. 14. № 4. Pp. 75–82.

¹ North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia; e-mail: rakimkam@mail.ru.

² North-Caucasus Federal University, Stavropol, Russia; e-mail: galfinger.olia2011@yandex.ru.

4. Skalaban I. A. Sotsialnoe kartirovanie kak metod analiza sotsialnogo prostranstva [Social mapping as a method of analysis of the socio-territorial space] // Zhurnal issledovaniy sotsialnoy politiki. Moskva. 2012. T. 10. № 1. Pp. 61–78.

5. Cherkasov A.A. Monitoring etnicheskikh aspektov urbanizatsii v Rossii na osnove GIS-tehnologiy [Monitoring of the ethical aspects of urbanization in Russia on the basis of GIS technologies]. Stavropol, 2013. 27 p.

УДК 911: 004:004.9:31:330.59 (470.345)

А.М. Носонов¹, С.А. Тесленок²

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ТРЕТИЧНОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ (НА ПРИМЕРЕ УРОВНЯ СОЦИАЛЬНОЙ КОМФОРТНОСТИ ПРОЖИВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ РЕГИОНА)

Резюме. Статья посвящена изучению отдельных компонентов третичного сектора на основе использования ГИС-технологий. На примере визуализации данных социологического опроса и аналитических исследований проведено моделирование социальной комфортности проживания населения в регионе на основе оригинального комплексного показателя, основанного на синтезе объективных и субъективных оценок. Исследование выполнено с целью наиболее полного представления о реальном состоянии изучаемой категории и выявления территориальных различий в суммарной обеспеченности населения объектами социальной инфраструктуры по микрорайонам г. Саранска. Сделаны выводы, которые могут быть использованы муниципальными органами власти для совершенствования социальной комфортности проживания населения в городе.

Ключевые слова: экономика, третичный сектор, визуализация, ГИС-технологии, комфортность.

Введение. Третичный сектор экономики, или сфера услуг, в эпоху постиндустриального развития превратился в главный по занятости и объему ВВП во всех постиндустриальных и в основных развивающихся (Китай, Индия) странах мира. По развитию сферы услуг России входит в десятку ведущих стран мира. Конечной целью развития третичного сектора экономики является повышение уровня и качества жизни населения и рост уровня социальной комфортности проживания населения регионов различного иерархического уровня.

В России в 1990-е гг. развитие сферы услуг происходило на фоне глубокого экономического спада при переходе от плановой экономики к рыночной, в результате чего резко усилились межрегиональные различия в уровне и качестве жизни населения. Другая особенность заключалась в росте нерыночных услуг в структуре ВРП регионов России, на фоне спада в промышленности в этот же период. Однако, именно в это время получили широкое распространение новые рыночные услуги (деловые, информационно-технологические), значительно модернизировались ранее существовавшие виды услуг (финансовые, мультимедийные и др.), стали распространенными новые формы E-commerce. Стали активно развиваться новые виды услуг (особенно, в крупнейших городах), их доля существенно возрастает и в региональных экономиках. Все эти

¹ Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева, географический факультет, кафедра физической и социально-экономической географии; Саранск, 430005, Россия; профессор, докт.геогр.н.; e-mail: artno@mail.ru.

² Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева, географический факультет, кафедра геодезии, картографии и геоинформатики; Саранск, 430005, Россия; доцент, канд.геогр.н.; e-mail: teslserg@mail.ru.

процессы оказывают влияние на современную географию отраслей третичного сектора и уровень социальной комфортности проживания населения (Носонов, 2015).

Материал и методы исследований. При исследовании третичного сектора необходимо научное обоснование и разработка концептуальных основ, системного подхода и методологических положений, направленных на выявление оптимальных методов и способов графической визуализации результатов социологических исследований отдельных компонентов третичного сектора (в частности, на примере регионального уровня социальной комфортности проживания населения). Данное исследование основано на разработке инновационной методики их организации и проведения, использования новых аспектов статистического метода исследования, методов компьютерного математико-геоинформационного картографирования и моделирования (Долгачева, 2006; Ивлиева и др., 2014; Носонов и др., 2014; Скворцова и др., 2014; Тесленок К.С., 2014; Тесленок С.А., 2014). Это позволило получить полную, достоверную, объективную и непротиворечивую информацию об оптимальных методах оценки, состоянии и динамике уровня социальной комфортности. Результаты данного исследования необходимы органам государственной власти и местного самоуправления, представителям заинтересованной общественности, бизнеса и науки для изучения и анализа состояния социальной инфраструктуры и разработки системы рекомендаций по повышению эффективности управления отдельными территориями и регионами.

Существенную роль имеет развитие методологии графической визуализации результатов социологических исследований, геоинформационного картографирования и моделирования социальной комфортности условий проживания населения различных природно-социально-производственных систем и территорий.

Для достижения поставленной цели необходимо решить комплекс взаимосвязанных задач:

- выявление и оценка уровня социальной комфортности условий проживания населения природно-социально-производственных систем и территорий региона по основным сферам жизнедеятельности в сложившихся социально-экономических условиях на основе комплекса эконометрических методов обработки данных, направленная на их оптимизацию;
- уточнение экономико-математической модели формирования уровня социальной комфортности проживания населения в регионе;
- проведение оценки применимости и необходимой достаточности информации официальной статистики для оценивания субъективного уровня социальной комфортности проживания населения в регионе;
- определение и формирование требований к интегральному оценочному показателю уровня социальной комфортности проживания населения в регионе и обоснование выбора базового метода математического интеллектуального анализа;
- разработка методики применения аппарата искусственных нейронных сетей для измерения уровня социальной комфортности проживания населения в регионе;
- построение математической модели для оценки уровня социальной комфортности проживания населения в регионе на базе нейросетевых алгоритмов;
- формирование объективной базы для выявления особенностей, разработки аналитических решений, выявления оптимальных методов и способов графической визуализации результатов социологических исследований (на примере уровня социальной комфортности проживания населения в регионе) на основе геоинформационного картографирования и моделирования, увеличение степени их значимости и практической направленности;
- сравнительная оценка методов и способов графической визуализации результатов социологических исследований, выявление и научное обоснование выбора оптимального их представления;
- разработка и практическая реализация специализированной региональной ГИС «Социальная комфортность региона» на примере Республики Мордовия;
- определение возможностей управления уровнем социальной комфортности проживания населения в регионе и принятия соответствующих управленческих решений, их геоинформационно-картографического обеспечения;

- разработка и создание в структуре ГИС «Социальная комфортность региона» специализированного блока с системой поддержки-принятия решений для управления комфортностью проживания населения в регионе;
- разработка и создание на основе информации баз данных ГИС аналитических карт плотности населения, плотности застройки, обеспеченности и обслуживания населения объектами социальной инфраструктуры согласно требованиям градостроительных норм и нормативных значений (СНиП 2.07.01-89);
- разработка и создание на основе информации БД ГИС и полученных аналитических карт оценочной синтетической карты социальной комфортности проживания населения;
- разработка и создание картографических анимаций, отражающих динамику изменения региональной социальной комфортности проживания населения;
- осуществление районирования социальных условий и уровней комфортности проживания населения региона исследования;
- разработка и создание специальных карт для управления комфортностью проживания населения в регионе;
- создание электронного атласа «Социальная комфортность проживания населения в регионах Приволжского федерального округа»;
- проведения анкетирования пользователей по определению наиболее эффективного способа графической визуализации результатов социологических исследований, обработка, анализ и оценка полученных результатов.

При оценке социальной комфортности проживания населения возникает ряд методических проблем, которые обусловлены разнообразием компонентов, значимость каждого из которых для людей имеет свою специфику. К ним относятся необходимость при оценке социальной комфортности исходить из степени удовлетворения фактической потребности населения в конкретных компонентах комфортности и проблема сопоставимости и сравнимости показателей для комплексной оценки социальной комфортности.

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ и оценка социально-экономических условий, оказывающих как прямое, так и опосредованное влияние на комфортность проживания населения, вызывает большие трудности из-за недостаточной разработанности методических подходов.

В связи с этим на этапе оценки социальной комфортности проживания населения предлагается использование методики оценки территории на основе выделения зон с учетом радиуса обслуживания населения объектами социальной инфраструктуры в соответствии нормативным значениям. Зонирование территории будет осуществляться с использованием стандартных функций построения буферных зон ГИС. На последнем этапе планируется выполнение наложения карт по радиусам обслуживания и обеспеченности населения объектами социальной инфраструктуры с получением оценочной карты социальной комфортности проживания населения.

Исследование субъективной оценки населением уровня комфортности проживания в регионе планируется проводить методом анкетного опроса жителей по репрезентативной выборке.

Необходимо отметить, что известные исследования (за малым исключением (Долгачева, 2006; Илиева и др., 2014; Скворцова и др., 2014)) не затрагивают вопросов геоинформационно-картографического представления результатов социологических исследований и обеспечения процессов управления социальной комфортностью населения в регионе, где они были бы эффективны.

В связи с этим предполагается изучение и анализ различных методов и способов визуализации результатов социологических исследований, включающих сравнительный анализ значительного количества показателей качества жизни и комфортности проживания населения регионов Приволжского федерального округа в целом и Республики Мордовия в частности. Они будут выполнены на основе материалов Федеральной службы государственной статистики России международной статистической информации ООН, включая представленную в Докладах UNDP о человеческом развитии. Наряду с использованием традиционного для социологических исследований наглядного демонстрационного материала в виде многочис-

ленных таблиц, графиков и диаграмм, будут разработаны методы и способы геоинформационно-картографического моделирования и картографирования полученных результатов, включая трехмерные карты и картографические анимации.

Большое значение для исследования и, особенно, управления уровнем социальной комфортности проживания населения в регионе играет такой широко распространенный (главным образом в естественных науках) современный научный метод, как мониторинг. Именно мониторинг дает непосредственный выход на решение задач управления. Его результаты так же нуждаются в определении оптимальных способов графической визуализации.

Методология и технология статистического моделирования оригинального комплексного показателя социальной комфортности проживания населения в регионе, основанного на синтезе объективных и субъективных оценок с целью наиболее полного представления о реальном состоянии изучаемой категории была разработана и практически применена на примере г. Саранска.

При оценке социальной комфортности проживания населения было выполнено зонирование территории города (жилых массивов) с учетом обеспеченности населением объектами социальной инфраструктуры. Зонирование территории реализовывалось с использованием мастера построения буферных зон в ГИС ArcView 3.1 (рис. 1) или дополнительных модулей с аналогичными функциями. Суммарная оценка социальной комфортности по обеспеченности населения объектами социальной инфраструктуры производилась на основе методики В.С. Тикунова (Тикунов, 1985).

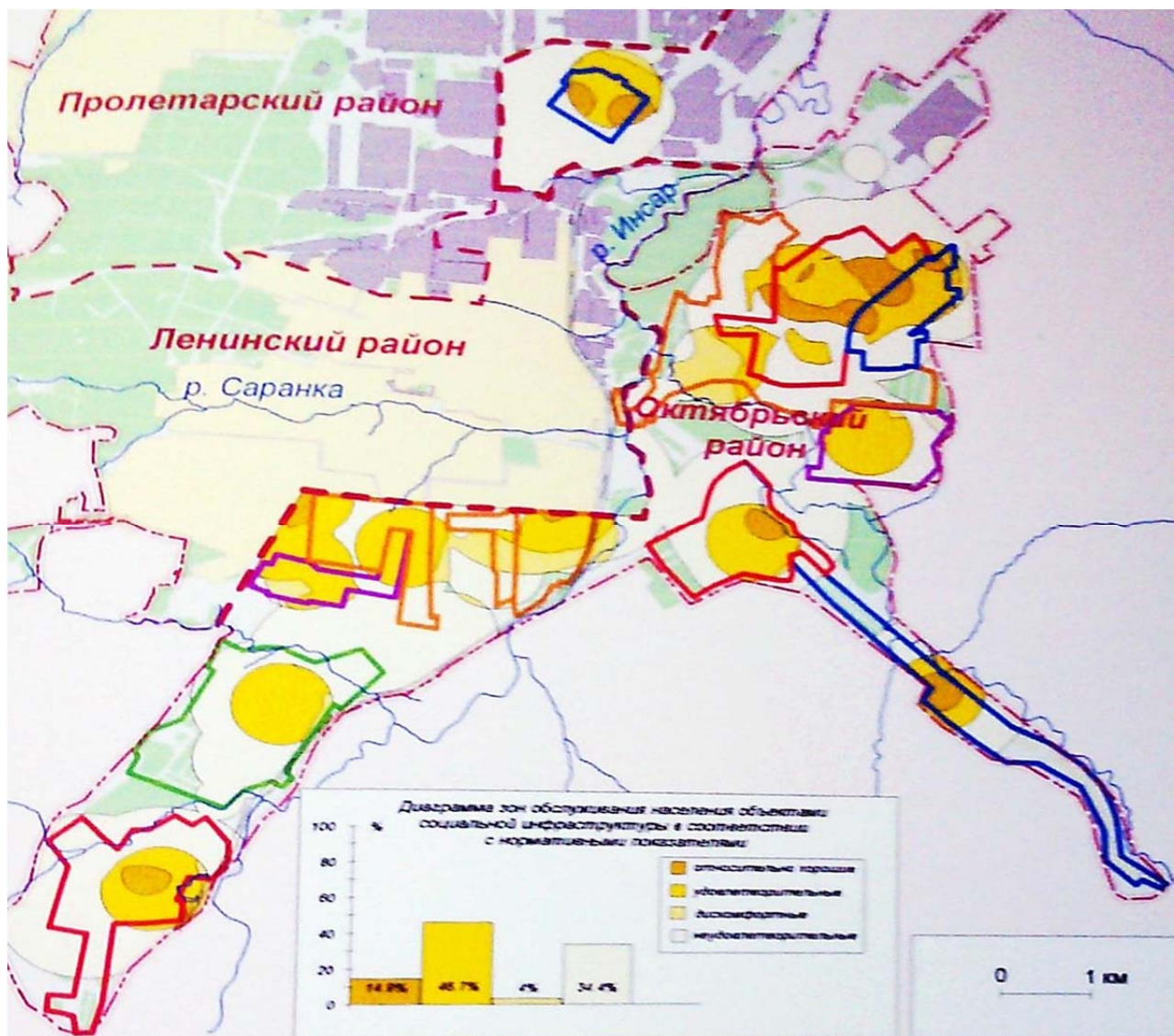


Рис. 1. Суммарная оценочная характеристика обеспеченности населения объектами социальной инфраструктуры (Долгачева, 2006)

Анализирую полученную карту, можно отметить, что наилучшую оценочную характеристику имеет территория Центральной части города (4,3 км² с населением около 42 тыс. чел.), которая ограничивается улицами Васенко, Полежаева, Титова и проспектом Ленина.

На втором месте – часть территории города с общей площадью 14,6 км² – это наиболее плотно заселенные территории: микрорайона Светотехника, ограниченная улицами Коваленко, Веселовского, Победы, Н. Эркайя, Пушкина, проспектом 60 лет Октября с площадью 3,1 км² (76 тыс. чел.) и возрастом застройки не более 30 лет; район Юго-запада площадью 2,8 км² (44 тыс. чел.) по ул. Гагарина, Комарова, Р. Люксембург, Фурманова; часть Химмаша по улицам Волгоградская, Косарева, Сущинского и Севастопольская площадью 3,2 км² (56 тыс. чел.); районы Ремзавода (1,6 км², около 4,5 тыс. чел.); пгт. Луховки (1,4 км², около 4,5 тыс. чел.) и пгт. Ялги (2 км², около 5 тыс. чел.); ТЭЦ-2 (0,5 км², около 5 тыс. чел.).

На третьем месте по обеспеченности объектами социальной инфраструктуры выделяются: частные секторы Центра города Саранска (0,6 км², с численностью около 1,7 тыс. чел.); пгт. Николаевки (2,6 км²; около 5 тыс. чел.); Юго-запада (площадью 0,6 км²), а также район «старой» Светотехники с 5-ти этажными кирпичными домами (0,7 км², около 25 тыс. человек).

На четвертом месте по обеспеченности – территория с малоэтажной и частной застройкой в центре города с площадью 1,4 км², ограниченная улицами Подлесной, Невского, Коммунистической, Титова, Рабочей, Московской и территория «нового» Химмаша (2,6 км²), ограниченная улицами Моховая, Сызранская, Севастопольская, проспектом 70 лет Октября, Тамбовская (Долгачева, 2006).

Наихудшую оценочную характеристику имеют районы п. Звездный (1 км²), ул. Солнечная (0,2 км²), а также территория, примыкающая к автовокзалу (0,5 км²) по ул. Полежаева.

При детальном анализе построенных зон обслуживания населения можно обнаружить следующее: 86 тыс. жителей, или 26,4% от общей численности населения города, имеют возможность пользоваться не менее чем 7 объектами социальной инфраструктуры, и этот уровень характеризуется как относительно хороший; 134 тыс. человек (41,3%) пользуются 4 – 7 объектами (удовлетворительное обслуживание); около 5 тыс. жителей (1,6%) доступны лишь 2 – 4 объекта, такое положение оценивается как дискомфортное; около 100 тыс. человек (30,7%) проживает в зоне обслуживания одного объекта социальной инфраструктуры, что характеризуется как неудовлетворительное обслуживание. В целом территория города характеризуется крайне неравномерным распределением объектов социальной инфраструктуры, как по отдельным микрорайонам, так и внутри микрорайонов.

Выводы. По результатам проведенного исследования, дополненного результатами социологического опроса можно сделать следующие выводы:

1) для всех жителей г. Саранска проблемы комфортности проживания населения в городе являются значимыми;

2) суммарная оценочная характеристика обеспеченности населения объектами социальной инфраструктуры сильно варьирует по районам города;

3) самыми благополучными микрорайонами по обеспеченности объектами социальной инфраструктуры является Центр и Юго-Запад, а неблагополучными – район ТЭЦ-2 и северо-восточная часть города;

4) в районе своего проживания респонденты больше всего ценят озелененность и благоустроенность дворовых территорий;

5) среди главных мер, предлагаемых респондентами для улучшения социально-экологической ситуации, самыми эффективными являются расширение зеленых насаждений, вынос промышленных предприятий за черту города, совершенствование деятельности очистных сооружений.

Таким образом, проведенное исследование может быть использовано лицами, принимающими решения на муниципальном уровне при изучении и анализе состояния социальной инфраструктуры г. Саранска и разработке рекомендаций по повышению эффективности управления инновациями и ресурсами (Носонов, 2015; Тесленок К.С., 2014), в том числе применительно к

городскими территориями (Долгачева, 2006; Ивлиева и др., 2014; Скворцова и др., 2014) и на основе широкого привлечения возможностей математико-картографического моделирования и геоинформационных технологий (Долгачева, 2006; Ивлиева и др., 2014; Носонов и др., 2014; Скворцова и др., 2014; Тесленок К.С., 2014; Тесленок С.А., 2014; Тикунов, 1985).

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 15-05-02526).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долгачева Т.А. Оценка комфортности проживания населения в городе : автореф. дисс. ... канд. географ. наук : 25.00.36 / Калуж. гос. пед. ун-т им. К.Э. Циолковского. Калуга, 2006. 22 с.
2. Ивлиева Н.Г., Скворцова М.А., Манухов В.Ф., Долгачева Т.А. Применение математико-картографического моделирования для оценки социальной комфортности проживания населения (на примере Приволжского федерального округа) – ИнтерКарто/ИнтерГИС 19: Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение. Материалы Междунар. конф. Белгород, 2014. С. 177–188.
3. Носонов А.М., Тесленок С.А., Тесленок К.С. Геоинформационное моделирование диффузии инноваций. – ИнтерКарто/ИнтерГИС-20: Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение. Материалы междунар. конф. Белгород (Россия), Харьков (Украина), Кигали (Руанда) и Найроби (Кения). 23 июля – 8 августа 2014 г. Белгород, 2014. С. 151–160.
4. Носонов А.М. Тенденции и факторы развития третичного сектора в России // Стратегия и тактика развития производственно-хозяйственных систем: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П.О. Сухого. Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2015. С. 66–69.
5. Скворцова М.А., Долгачева Т.А., Ивлиева Н.Г., Манухов В.Ф., Аникин В.В. К вопросу оценки социальной комфортности проживания населения в регионе // Известия Смоленского государственного университета. Смоленск, 2014. № 3 (27). С. 230–239.
6. Тесленок К.С. Возможности геоинформационных систем в управлении инновациями, ресурсами и природопользованием // Вестник Казахского университета экономики, финансов и международной торговли. Астана, 2014. № 3. С. 135–138.
7. Тесленок С.А. Моделирование процессов диффузии инноваций средствами геоинформационных технологий // Вестник Казахского университета экономики, финансов и международной торговли. Астана, 2014. № 3. С. 129–134.
8. Тикунов В.С. Моделирование в социально-экономической картографии. М.: Изд-во МГУ, 1985. 280 с.

A.M. Nosonov¹, S.A. Teslenok²

USE OF GEOINFORMATION TECHNOLOGIES IN CASE OF RESEARCH OF THE TERTIARY SECTOR OF ECONOMY (ON THE EXAMPLE OF THE LEVEL OF SOCIAL COMFORT OF ACCOMMODATION OF THE POPULATION OF THE REGION)

Abstract. Article is devoted to studying of separate components of tertiary sector on the basis of use of GIS-technologies. On the example of visualization of data of sociological poll and analyti-

¹ Mordovian state university of N.P. Ogarev, geographical faculty, chair of physical and social and economic geography, Saransk, 430005, Russia, professor; e-mail: artno@mail.ru.

² Mordovian state university of N.P. Ogarev, geographical faculty, chair of geodesy, cartography and geoinformatics, Saransk, 430005, Russia, associate professor; e-mail: teslserg@mail.ru.

cal researches modeling of social comfort of accommodation of the population in the region on the basis of the original complex indicator based on synthesis of objective and value judgment for the purpose of the most complete idea of a real condition of the studied category is carried out has been developed and applied on the example of Saransk. Territorial distinctions in total security of the population with objects of social infrastructure on residential districts of the city are revealed. Conclusions are drawn, ktoroy can be used by municipal authorities for improvement of social comfort of accommodation of the population of Saransk.

Key words: economy, tertiary sector, visualization, GIS-technologies, comfort

Acknowledgement. The study was supported Russian Foundation for Basic Research (project № 15-05-02526).

REFERENCES

1. Dolgacheva T.A. Ocenka komfortnosti prozhivaniya naseleniya v gorode [Assessment of comfort of living of the population in the city] : the abstract Diss. ... kand. geographer. Sciences : 25.00.36 / Kaluzh. gos. ped. University named after K.E. Tsiolkovsky. Kaluga, 2006. 22 p.
2. Ivlieva N.G., Skvortsova M.A., Manukhov V.F., Dolgacheva T.A. Primenenie matematiko-kartograficheskogo modelirovaniya dlya ocenki socialnoj komfortnosti prozhivaniya naseleniya (na primere Privolzhskogo federalnogo okruga) [The application of mathematical-cartographic modeling for the evaluation of social comfort of living of the population (on the example of Privolzhsky Federal district)]. – InterCarto/Intergis 19: Sustainable development of territories : cartographic and geoinformational support. Proceedings Of The International. Conf. Belgorod, 2014. Pp. 177–188.
3. Nosonov A.M., Teslenok S.A., Teslenok K.S. Geoinformacionnoe modelirovanie diffuzii innovacij [Geoinformation modeling of diffusion of innovations] // Interkarto/Intergis-20: Steady development of territories: kartografo-geoinformation support. Belgorod: BGU publishing house, 2014. Pp. 151–160.
4. Nosonov A.M. Tendencii i faktory razvitiya tretichnogo sektora v Rossii [Trends and factors of development of the tertiary sector in Russia] // Strategy and development tactics of production and economic systems: materials of the IX Intern. scientific.-pract. Conf. / M-education of Resp. Belarus, Gomel. gos. tehn. Univ they. P.O. Sukhoi. Gomel: P.O. Sukhoi University, 2015. Pp. 66–69.
5. Skvortsova M.A., Dolgacheva T.A., Ivlieva N.G., Manukhov V.F., Anikin V.V. K voprosu ocenki social'noj komfortnosti prozhivaniya naseleniya v regione [To the question of assessing social comfort of the population living in the region] // Izvestiya of the Smolensk state University. Smolensk, 2014. № 3 (27). Pp. 230–239.
6. Teslenok K.S. Vozmozhnosti geoinformacionnyh sistem v upravlenii innovაციyami, resursami i prirodopolzovaniem [Possibilities of geographic information systems in innovation management, resources and environmental management] // The Bulletin of the Kazakh university of economy, finance and international trade. Astana, 2014. № 3. Pp. 135–138.
7. Teslenok S.A. Modelirovanie processov diffuzii innovacij sredstvami geoinformacionnyh tekhnologij [Modeling of processes of diffusion of innovations means of geoinformation technologies] // The Bulletin of the Kazakh university of economy, finance and international trade. Astana, 2014. № 3. Pp. 135–138.
8. Tikunov V.S. Modelirovanie v socialno-ehkonomicheskoy kartografii [Modeling the socio-economic cartography]. Moscow, Izd-vo MGU, 1985. 280 p.

José Daniel Pabón-Caicedo¹
Juan Carlos Alarcón-Hincapié²

EL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LAS ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS DE COLOMBIA

Resumen. Con datos de temperatura media anual del aire y de precipitación anual registrados en el período 1971–2000 y estimados bajo diferentes escenarios de cambio climático para 2011–2040 y 2070–2100, llevados a resolución espacial de 900 metros, se calcula un índice de aridez y se establecen las áreas áridas y semiáridas en el territorio continental colombiano para los períodos mencionados. Con la comparación de las distribuciones espaciales de los diferentes períodos se estableció la modificación que podría ocurrir en la extensión de las zonas áridas y semiáridas en el transcurso del siglo XXI. Como resultado se obtuvo que el cambio climático ampliará las áreas áridas y semiáridas del país especialmente en la región Caribe, valle del río Magdalena, la Orinoquía y la Amazonía, así como algunos sectores en el Pacífico y parte interandina nariñense y del valle del Cauca (Yotoco y Dagua).

Palabras claves: climas áridos y semiáridos; cambio climático; clima de Colombia.

Introducción. Se consideran zonas áridas o semiáridas aquellas en las que predominantemente se presentan limitación o déficit en la oferta natural de agua para diversos procesos físico-bióticos y socio-económicos. Estas condiciones cubren cerca del 30% de la superficie de los continentes, están relacionadas con valores ecosistémicos tan importantes como el bosque seco, son alberges de biodiversidad única en la escala global y son habitadas por cerca del 20% de la población mundial. Estas áreas son muy sensibles a las fases extremas de la variabilidad climática (Sivakumar et al., 2005), particularmente las asociadas a déficit de precipitación y sequías, a las que se exponen las comunidades establecidas allí, por lo general altamente vulnerables (Ribot, et al., 1996; Kane and Yohe., 2000), lo que produce impactos desastrosos a estas regiones; de otra parte, con el cambio climático algunas zonas áridas están aumentando su extensión y contribuyendo a la agudización del fenómeno de cambio global conocido como la desertificación (Baumhauer, 2007; Akhtar-Schuster et al. 2007). Dada la importancia de estas áreas, es necesario tener idea acerca de los cambios en su extensión, para identificar en donde se podrían estar agudizando los impactos por la fase extrema de la variabilidad climática asociada a las condiciones de déficit de agua, para sustentar políticas de gestión de desastres por tales extremos y para fundamentar estrategias de adaptación al cambio climático, como orientadas a controlarla.

En Colombia, las zonas áridas y semiáridas ocupan cerca de 200.000 km², es decir 16–17% del territorio continental del país, según Molano-Campuzano (1964), distribuidas como se muestra en la Figura 1; tal distribución concuerda en gran medida con la estimada a partir de un índice de aridez basado en variables climatológicas del período 1971–2000 realizada por Alarcón-Hincapié (2016), sin embargo en esta estimación el área cubierta por condiciones áridas es cercana al 10% del territorio colombiano. UNESCO (2010), basado en el método de determinación de la aridez expuesto por Lobo et al. (2005) estima que cerca de 5'945.000 hectáreas o el 5% del territorio colombiano presenta algún grado de aridez. Según IDEAM (2015) las zonas áridas y desérticas, sin considerar las semiáridas, ocupan una extensión cercana al 2%, mientras que Alarcón-Hincapié (2016) estima un 3%. En las zonas áridas y semiáridas del territorio colombiano habita una población considerable que sufre los impactos de las sequías que de manera recurrente trae la variabilidad climática, lo que podría ser exacerbado por la modificación del clima en el largo plazo.

Como elemento que pueda servir de base para la gestión del riesgo de desastre por sequía, como información para explorar medidas de adaptación al cambio climático y como conocimiento

¹ Departamento de Geografía, Universidad Nacional de Colombia; e-mail:jdpaonc@unal.edu.co.

² Ingeniería Ambiental, Universidad Distrital Francisco José de Caldas; e-mail:jcalarconh@udistrital.edu.co.

fundamental en la lucha contra la desertificación, se realizó el presente análisis del efecto del cambio climático en las zonas áridas y semiáridas colombianas durante el siglo XXI.

Materiales y métodos. Para identificar las zonas áridas y semiáridas, en el presente análisis se utilizó el Índice de Aridez (Ia) descrito en IDEAM (2010) y usado por IDEAM (2000; 2010 y 2015), el cual se calcula a partir de la relación entre la evapotranspiración real y la potencial expresada de la siguiente manera:

$$Ia = \frac{ETP_{ajustada} - ETR}{ETP_{ajustada}}$$

Donde **Ia** es el Índice de Aridez; $ETP_{ajustada}$ es la evapotranspiración potencial (en milímetros) ajustada por brillo solar; ETR es la evapotranspiración real (mm). Este índice representa la dinámica superficial del suelo a partir de las variables de evapotranspiración potencial (ETP) y se utiliza en clasificaciones climáticas por grado de humedad. Este índice permite establecer los lugares con diverso grado de excedentes y o de déficit de agua.

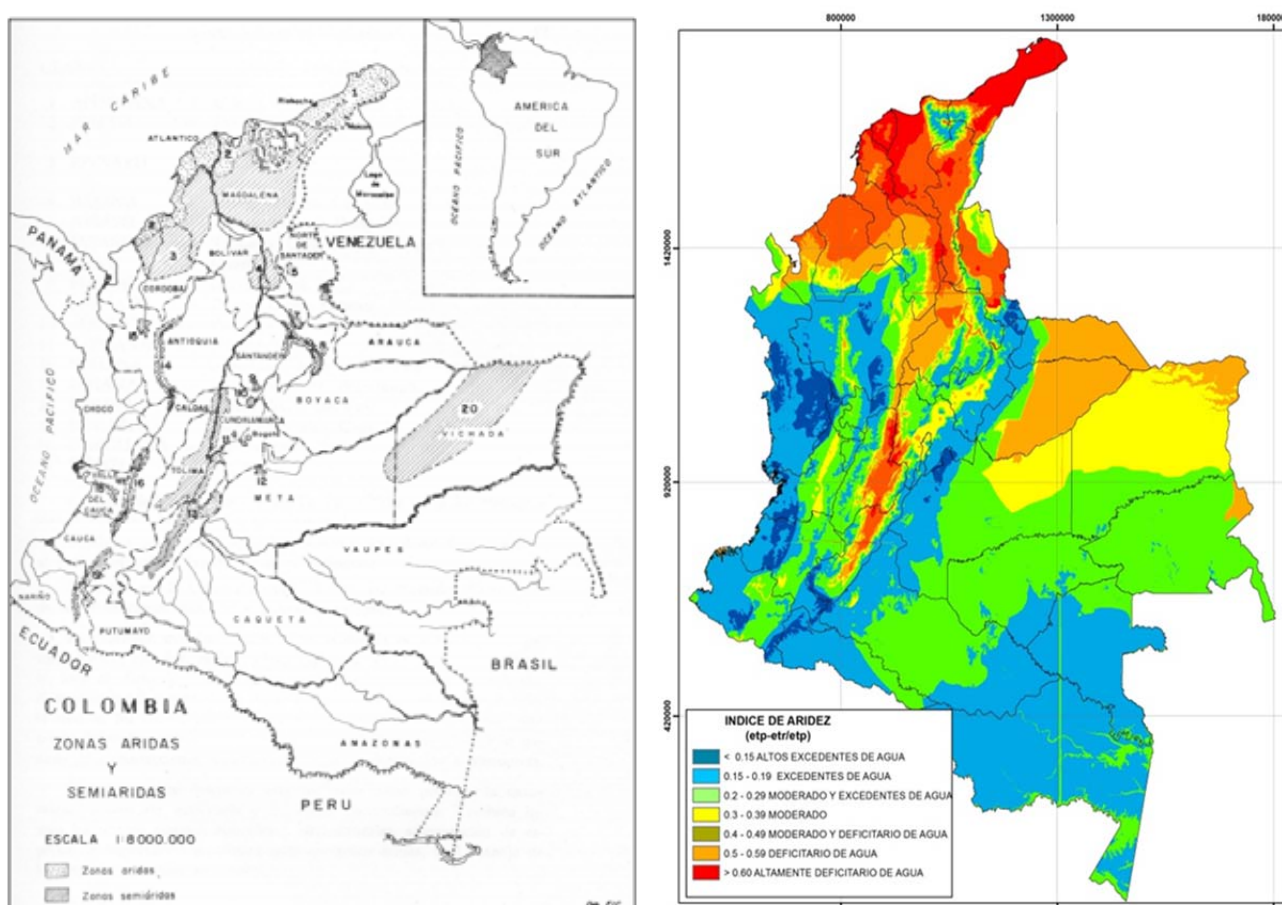


Fig. 1. Distribución de las zonas áridas y semiáridas en Colombia. A la izquierda según lo observado por Molano-Campuzano (1964); a la derecha según estimaciones de Alarcón-Hincapié (2016) con el clima 1971–2000.

(La numeración en el mapa de la izquierda corresponde a las zona áridas de:

- 1 – Desierto de La Guajira; 2 – Zonida árida del litoral Caribe; 3 – Zona semiárida del norte;
- 4 – Zona La Gloria (Gamarra); 5 – Zona de Ocaña; 6- Desierto del Táchira (ríos Táchira y Zulia);
- 7 – Valle de río de Oro; 8 – Desierto del Chicamocha; 9 – Desierto de La Candelaria; 10 – zona semiárida de Ubaté;
- 11 – Zona semiárida de la Sabana de Bogotá (al suroccidente Soacha, Bosa); 12 – Cañón del río Negro;
- 13 – Alto Magdalena (Tolima y Huila); 14 – Cañón de la cuenca media del río Cauca;
- 15 – Cuenca alta del río Sucio (Antioquia); 16 – La planada del Valle del Cauca; 17 – Zona de Yotoco (valle);
- 18 – Cañón del Dagua; 19 – ríos Patía, Juanambú y Guaitara; 20 – Sector seco de la Orinoquía.

En el mapa de la derecha las zonas áridas y semiáridas corresponden a los colores rojo y anaranjado.

La evapotranspiración potencial se calculó según lo propuesto por Thornwaite & Mather (1955; 1957) y la ETR según la fórmula de Turc (1955). Para la $ETP_{ajustada}$ por latitud, se aplicó un factor a la ETP de la siguiente manera:

$$ETP_{ajustada} = 1.02147 * ETP$$

Para el cálculo se utilizaron datos de temperatura media anual del aire y de precipitación anual de estaciones climatológicas distribuidas en el territorio colombiano, con los que se calcularon los promedios multianuales 1971–2000. Se generaron datos para una grilla con resolución espacial de 900 metros mediante el proceso descrito por Alarcón-Hincapié (2013) en el que se utilizó el IDW como método de interpolación.

Resultados y discusión. El primer resultado de este trabajo es el mapa que se presenta a la derecha de la Figura 1. En promedio para el país el Ia es de 0,23, o sea condiciones moderadas y excedentes de agua, lo que en términos generales no indica grado de aridez alguno; sin embargo, el análisis detallado de la distribución espacial de Ia permite identificar sectores altamente deficitarios de agua localizados en la península de La Guajira y norte de los departamentos de Magdalena y Atlántico, así como también en los límites de los departamentos de Cundinamarca y Tolima y sur del departamento de norte de Santander, que en total ocupan un 2,9% del área continental del país; las zonas deficitarias de agua, por su parte ocupan un 6.9% y se localizan en el la cuenca del río grande de la Magdalena, norte del departamento de Córdoba, Sucre, Magdalena, Cesar y parte del departamento de Norte de Santander; condiciones moderadas a deficitarias se observan en la Sabana de Bogotá, en el valle del río Chicamocha, así como también en la Orinoquia y amazonia colombiana. Se debe mencionar que cerca del 80% de la población y actividades económicas del país están localizadas en cuencas con algún grado de déficit de oferta natural de agua.

La distribución del Ia para los períodos 2011–2040 y 2071–2100 bajo escenarios A2 y B2 se presentan en las Figuras 2 y 3. (Hay que tener en cuenta que, en términos de intensidad de los cambios en los escenarios IPCC (2000), el escenario A2 es el más drástico, en tanto que el B2 sería relativamente conservador). Para el período 2011–2040 la distribución de las condiciones de aridez prácticamente no se diferencia en los dos escenarios, solo en sitios muy puntuales y en la Orinoquía se notan las diferencias. Para el período 2071–2100 el escenario A2 presenta la mayor cobertura de zonas áreas, mientras que el B2 cubre menor área del país con esta condición.

Al comparar el mapa de la Figura 1 derecha con los expuestos en la Figura 2, que muestra el índice de aridez en dos escenarios para el período 2011–2040, se observa un crecimiento marcado de las zonas áridas (áreas altamente deficitarias de agua), especialmente en la región Caribe, un amplio sector de la Orinoquía, valle del río Magdalena y el sector de Yotoco y Dagua en el Valle del Cauca; también se registra la aparición de nuevas zonas áridas al suroccidente sobre costa del Pacífico y la región andina nariñenses. Gran parte de la Orinoquía y la Amazonía tendrán condiciones semiáridas. Para el período 2071–2100 las zonas áridas de la región Caribe y del valle del Magdalena se extienden aún más; la del Pacífico nariñense que aparece en 2011–2040 se reduce, pero en el escenario B2 se intensifica la de la región Andina nariñense.

Los cambios que ocurren en la extensión de las zonas áridas y semiáridas debido a diferentes escenarios de cambio climático se sintetizan en la Tabla 1. En esta es posible apreciar que bajo el escenario B2, la condición de aridez (altamente deficitario) pasa a cubrir el 19,1% en el 2011–2040 y en el 20170–2100. Con el escenario A2 el cambio en las zonas áridas sería a 14,8% y 29,8% del territorio colombiano respectivamente para los dos períodos señalados.

En general, en comparación con la situación de 1971–2000, las condiciones de aridez se extenderán y cubrirán mayor área del país durante el siglo XXI.

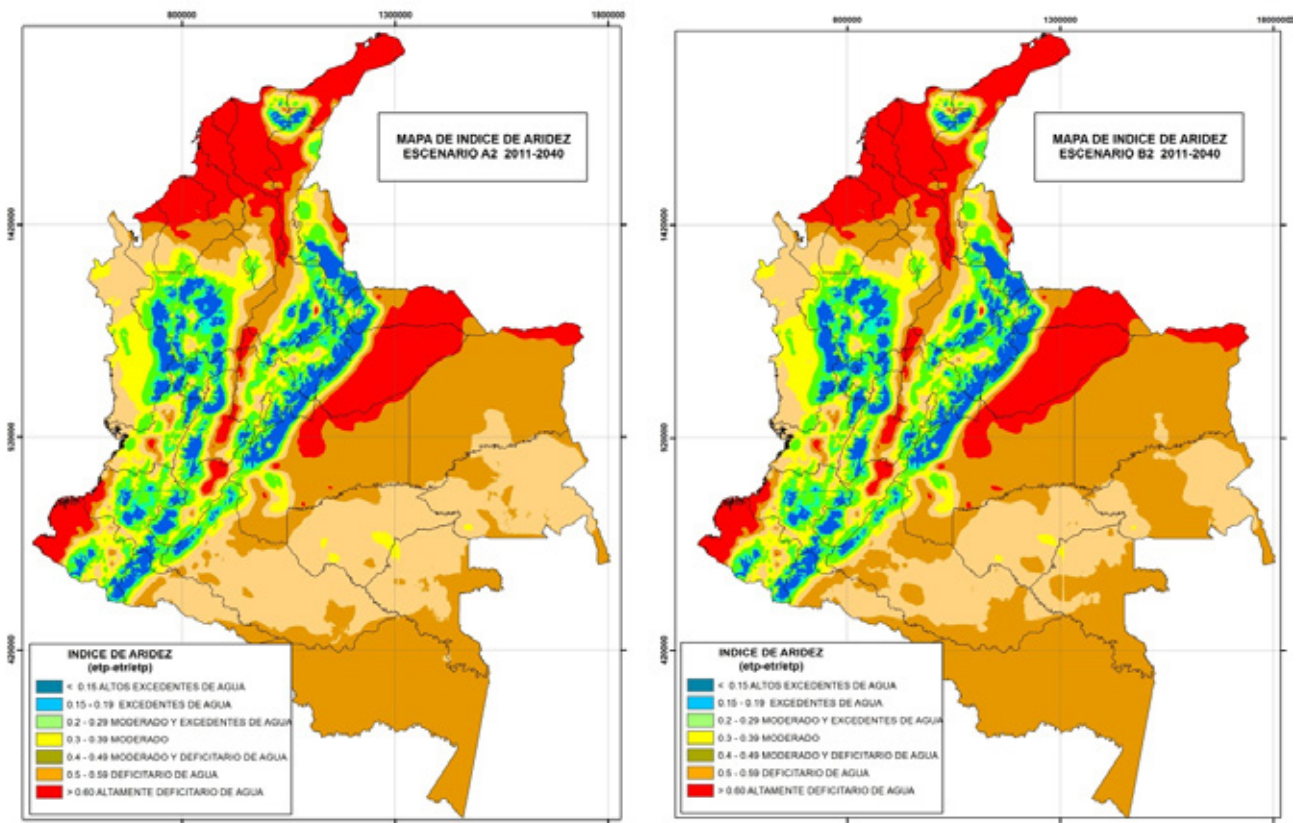


Fig. 2. Distribución espacial del índice de aridez I_a en el período 2011–2040 bajo los escenarios A2 (izquierda) y B2 (derecha)

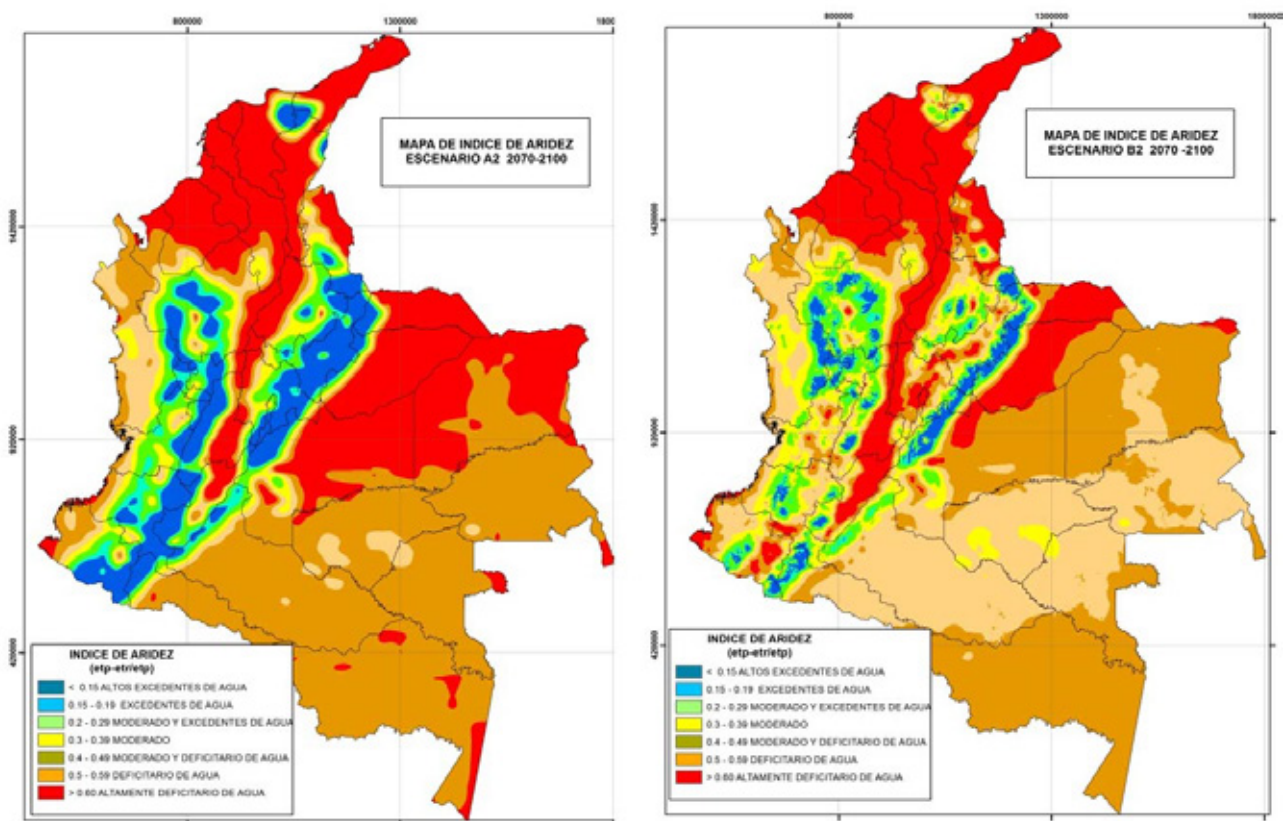


Fig. 3. Distribución espacial del índice de aridez I_a en el período 2071-2100 bajo los escenarios A2 (izquierda) y B2 (derecha)

Porcentaje del territorio continental colombiano cubierto con diferentes categorías del índice de aridez (Ia) bajo el clima 1971-2000 y en escenarios A2 y B2 en 2011-2040 y 2071-2100

ZONA	ACTUAL	A2 2011-2040	B2 2011-2040	A2 2070-2100	B2 2070-2100
ALTOS EXCEDENTES DE AGUA	21,6%	5,9%	2,7%	8,8%	2,7%
EXCEDENTES DE AGUA	20,2%	2,8%	1,6%	3,1%	1,6%
MODERADO Y EXCEDENTES DE AGUA	27,1%	8,3%	5,4%	5,7%	5,4%
MODERADO	11,3%	8,9%	8,1%	4,7%	8,1%
MODERADO Y DEFICITARIO DE AGUA	10,1%	26,0%	30,3%	7,0%	30,3%
DEFICITARIO DE AGUA	6,9%	33,3%	32,8%	41,0%	32,8%
ALTAMENTE DEFICITARIO DE AGUA	2,9%	14,8%	19,1%	29,8%	19,1%

Conclusiones. Con el análisis de la distribución espacial de un índice de aridez en diferentes escenarios climáticos se pudo establecer que el cambio climático traerá para Colombia la ampliación de las áreas áridas y semiáridas, proceso que será especialmente marcado en la región Caribe, valle del río Magdalena, la Orinoquía y la Amazonía, así como algunos sectores en el Pacífico y parte interandina nariñense y del valle del Cauca (Yotoco y Dagua). En general el avance en extensión de las áreas áridas se bastante marcado pasando de cerca del 3% en el período 1971-2000 a 14-19% en 2011-2040 y a 19-30% en 2071-2100.

Reconocimientos. El análisis presentado en este documento es parte del proyecto de investigación «Análisis de procesos regionales que acentúan o suavizan la señal global del calentamiento y el cambio climático sobre el territorio colombiano», financiado por Colciencias (código 110156935174) y por la Universidad Nacional de Colombia (QUIPU 201010020957) bajo el contrato N° 0154-2013 y desarrollado por el grupo «Tiempo, clima y sociedad» del Departamento de Geografía, Facultad de Ciencias Humanas de la Universidad Nacional de Colombia.

BIBLIOGRAFÍA

1. Akhtar-Schuster M., Schmiedel U., Jürgens N., 2007: Biodiversity and desertification. In the Chapter 3 «Water and Climate Change», paragraph «3.2. Possible Consequences» of the book «Global Change: Enough water for all?» (Lozan J.L., Grassl H., Hupfer P., Menzel L., Schönwise C-D. (Eds), 2007: Global Change: Enough Water for all? Wissenschaftliche Auswertungen – GEO, Hamburg, Germany, 384 p.), pp. 224-226.
2. Alarcón J.C., Pabón J.D., 2013: El cambio climático y la distribución espacial de las formaciones vegetales en Colombia. Colombia Forestal, 16 (2), pp. 171-185.
3. Alarcón-Hincapié, 2016: Impacto del Cambio Climático en Recurso Hídrico del territorio Colombiano. Aceptado en *Natureza & Sociedade*.
4. Baumhauer R., 2007: Accelerated desertification. In the Chapter 3 «Water and Climate Change», paragraph «3.2. Possible Consequences» of the book «Global Change: Enough water for all?» (Lozan J.L., Grassl H., Hupfer P., Menzel L., Schönwise C-D. (Eds), 2007: Global Change: Enough Water for all? Wissenschaftliche Auswertungen – GEO, Hamburg, Germany, 384p.), pp. 220-224.
5. IDEAM, 2000: Estudio Nacional del Agua. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C. 39 p.
6. IDEAM, 2010: Estudio Nacional del Agua 2010. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C. 420 p.

7. IDEAM, 2015: Estudio Nacional del Agua 2014. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Bogotá D.C. 493 p.
8. IPCC, 2000: Special Report on Emissions Scenarios. Edited by N. Nakicenovic and R. Swart. / Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NJ, USA.
9. *Molano-Campuzano J.*, 1964: Zonas áridas de Colombia. Boletín de la Sociedad Geográfica de Colombia. V. XXII, No 83–84, (http://www.sogeocol.edu.co/documentos/084_zon_arid_de_col.pdf).
10. *Kane S.M., Yohe G.W. (Eds)*, 2000: Societal Adaptation to Climate Variability and Change. Springer Science. 257 p.
11. *Lobo D. L., Gabriels, D., Ovalles F.V., Santibáñez, F. Moyano, M.C., Aguilera, R., Pizarro, R., Sangüesa, C. y Urra, N.* 2005. Guía metodológica para la elaboración del mapa de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas de América Latina y el Caribe. CAZALAC, Chile, 59 p.
12. *Pabón J.D.*, 2012: Cambio climático en Colombia: Tendencias en la segunda mitad del siglo XX y escenarios posibles para el siglo XXI. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 36 (139), pp. 127–144.
13. *Pabón-Caicedo J.D.*, 2013: An Assessment of Climate Change in Colombia: Trends in the 20th Century and Scenarios for the 21st Century. CEGeoIC 2013 International Conference on Geo-and Environmental Information and Communication Proceedings, CODATA Germany, Berlin, Germany. pp. 1–10.
14. *Ribot J.C., Magalhaes A.R., Panagides S.S. (Eds)*, 1996: Climate Variability, Climate Change and Social Vulnerability in Semi-Arid Tropics. Cambridge University Press. 175 p.
15. *Sivakumar M.V.K., Das H.P., Brunini O.*, 2005: Impacts of Present and Future Climate Variability and Change on Agriculture and Forestry in the Arid and Semi-Arid Tropics. Climate Change, 70 (1), pp. 31–72.
16. *Thorntwaite C.W., Mather J.R.*, 1955: The Water Balance. Laboratory of Climatology Publ. 8. Centerton, NJ.
17. *Thorntwaite C.W., Mather J.R.*, 1957: Instructions and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance. Drexel Institute of Technology, Laboratory of Climatology, Publications in Climatology 10(3), 311 p.
18. *Turc L.*, 1955. Le bilan d'eau des sols. Relation entre la précipitation, l'évaporation et l'écoulement. Ann. Agron. 5, 491–569.
19. UNESCO, 2010: Atlas de Zonas Áridas de América Latina y el Caribe.- Proyecto *Elaboración del Mapa de Zonas Áridas, Semiáridas y Subhúmedas de América Latina y el Caribe*, CAZALAC, Documentos Técnicos del PHI-LAC, N°25.

José Daniel Pabón-Caicedo¹
Juan Carlos Alarcón-Hincapié²

THE EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON ARID AND SEMI-ARID AREAS OF COLOMBIA

Abstract. *With annual average air temperature and annual precipitation data for the 1971–2000 period and scenarios for the 2011–2040 and 2070–2100 period, in 900 meters of spatial resolution, an aridity index was calculated and the arid and semiarid areas were identified for Colombian territory. By comparing the spatial distributions of the aridity index in different periods, the modification of the coverage of the arid and semiarid areas caused by the*

¹ Departamento de Geografía, Universidad Nacional de Colombia; e-mail: jdpabonc@unal.edu.co.

² Ingeniería Ambiental, Universidad Distrital Francisco José de Caldas; e-mail: jcalarconh@udistrital.edu.co.

climate change were established. It was obtained that climate change will expand the arid and semi-arid areas of the country especially in the Caribbean region, valley of the Magdalena river, the Orinoco and the Amazon, as well as some areas in the Pacific and inter-Andean Nariño and Cauca Valley (Yotoco and Dagua).

Key words: *arid and semi-arid climates; climate change; climate of Colombia.*

УДК 502.313+551.583+639.1+911.2

А.А. Медведков¹

ТРАНСФОРМАЦИЯ «КОРМЯЩИХ ЛАНДШАФТОВ» И ТРАДИЦИОННОЙ КУЛЬТУРЫ АБОРИГЕННЫХ НАРОДОВ СИБИРИ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Резюме. В статье анализируются изменения «кормящих ландшафтов» и их природно-экологических ресурсов, представляющих основу систем жизнеобеспечения аборигенного населения. Рассмотрены возникшие в связи с этим угрозы и особенности трансформации традиционного уклада их жизни. На примере одного из этносов продемонстрированы возможности по адаптации к меняющимся природно-климатическим условиям, с учётом его этнокультурной специфики.

Ключевые слова: «кормящие ландшафты», традиционные знания, изменение климата, коренные народы, системы жизнеобеспечения, Сибирь.

Введение. В настоящее время климатические изменения достаточно ярко проявляются на жизни коренного населения северных регионов нашей страны – ненцев, долган, селькупов, эвенков, кетов, и др. Для них рыболовство, охотничий промысел, оленеводство, природные ландшафты – это не только ресурсный источник существования, но и часть традиционной культуры. Этим обусловлена повышенная наблюдательность аборигенов за происходящими природно-климатическими изменениями. Долгое время такие знания были слабо востребованными в научных исследованиях. И только в рамках программ Международного полярного года 2007–2008 гг. они стали широко использоваться в научно-исследовательской работе [Крупник, Богословская, 2007]. Важно понимать, что изучение реально происходящих изменений природной среды и их влияние на присваивающие этно-экосистемы не только качественно дополняет глобальные и региональные модели современного климата, но и позволяет осуществлять более достоверные прогнозы и для локального уровня.

Современное потепление климата в сибирских регионах фиксируется с начала 80-х гг. XX в. (рис. 1) и характеризуется участвовавшими теплыми зимами, растянутыми переходными сезонами (рис. 2) и усилением погодно-климатических аномалий. Резкие колебания погодных условий – типичная особенность современного этапа изменения климата, особенно ярко проявляющаяся в континентальных районах страны. Данные климатические изменения влияют на продуктивность «кормящих ландшафтов», продовольственную безопасность и угрожают благосостоянию коренного населения. Становится актуальным вопрос о разработке соответствующих мер и стратегии, для адаптации традиционного хозяйства и образа жизни северных этносов к меняющемуся климату.

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра физической географии мира и геоэкологии, Москва, 119991, Россия, старший научный сотрудник, канд. геогр. н.; e-mail: a-medvedkov@bk.ru.

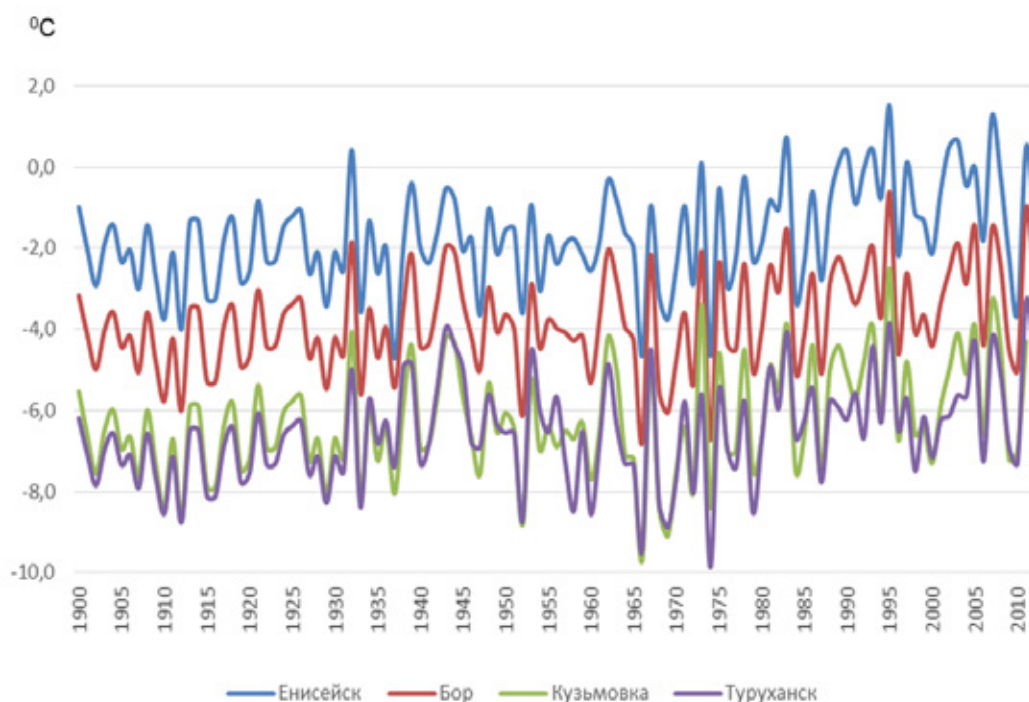


Рис. 1. Колебания среднегодовой температуры воздуха за период 2012–2013 гг. по данным гидрометеорологических станций в Центрально-Сибирском регионе «Туруханск» (северная тайга), «Бахта», «Бор» (средняя тайга), «Енисейск» (южная тайга)

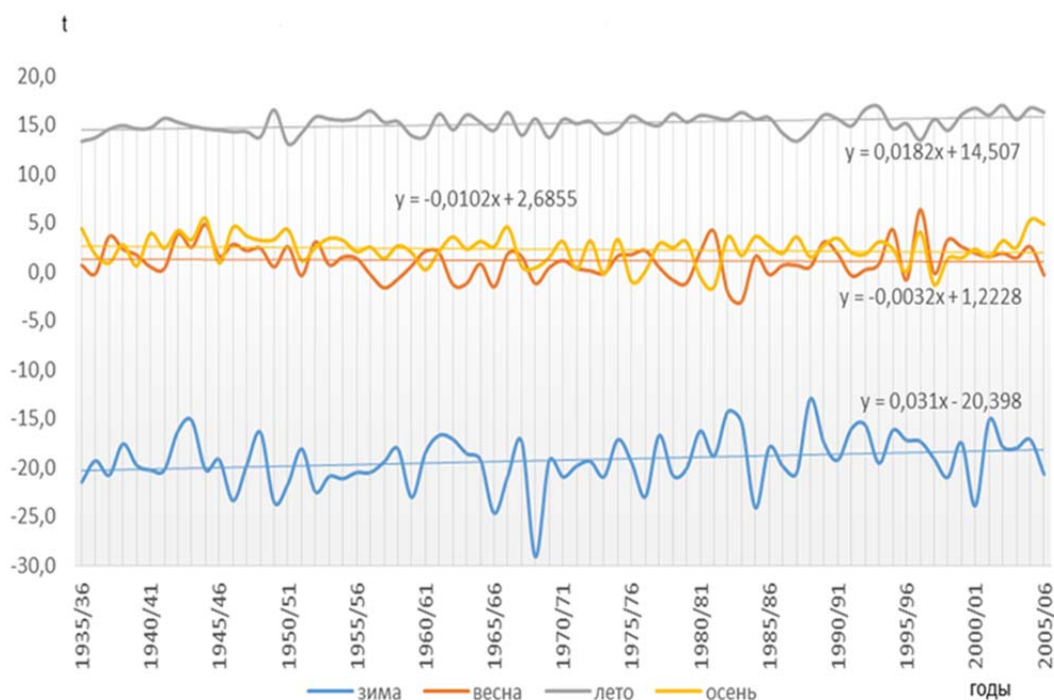


Рис. 2. Распределение средних температур воздуха по сезонам года (зимний период включает XI, XII, I, II и III месяцы, весна IV, V, лето VI, VII, VIII, осень IX, X), согласно данным зональной гидрометеорологической обсерватории «Бор»

Материалы и методы исследований. В рамках изучения социально-экологического отклика на климатические изменения наиболее широко нами использовался метод опросов, сочетающийся с анализом хозяйственных календарей собирателей и охотников. Данный метод давно и с успехом применяется при изучении промыслового, особенно охотничье-промыслового хозяйства [Сыроечковский и др., 1982]. Значительное внимание этому методу уделяют охотоведы.

Учитывая, что традиционное хозяйство «жестко» привязано к ландшафту, а все стрессовые ситуации в природном комплексе незамедлительно отражаются на самообеспечении и социальном благополучии аборигенного населения, это позволяет говорить о высокой степени достоверности полученной нами информации. Материалы, добытые таким образом, систематизированные и обобщенные, оказываются особенно ценными, достоверными и необходимыми для мониторинга охотничье-промысловых ресурсов на территориях традиционного природопользования.

Особую важность метод опросов приобретает в условиях отсутствия налаженной системы мониторинга в слабо освоенных и удаленных регионах нашей страны, какими и являются сибирские регионы с аборигенным населением, рассматриваемые в данной статье. Для выяснения промысловой истории опрашивали старожилы из числа охотников и собирателей, часть из которых ведут свои хозяйственные календари. Из аборигенного населения в таежной зоне мы наиболее активно работали с кетами, в меньшей степени – с селькупами. В тундре и лесотундре – с нганасами и долганами. Опрос позволил получить информацию о динамике природно-экологических ресурсов и современных проблемах жизнеобеспечения аборигенного населения в разных зонально-ландшафтных условиях Сибири.

В ходе интервьюирования особое внимание уделялось также выявлению индикаторов изменения природной среды (динамика уровня малых рек, усиление береговой абразии в местах вытаивания льдистых пород, изменение маршрутов миграций диких животных, появление новых представителей энтофауны и др.). Полученные результаты социально-ориентированного мониторинга дополнялись анализом гидрометеорологических данных и ландшафтно-геокриологическими исследованиями на репрезентативных в зональном отношении участках – «ключках».

Результаты исследования и их обсуждение. *Тундра и лесотундра.* В тундровой зоне воздействие изменения климата сказывается прежде всего на качестве пастбищных ресурсов, динамике численности леммингов, горностаев и др., состоянии здоровья северных оленей и путях их миграции, и на увеличении числа кровососущих насекомых.

В стадах домашнего оленя в годы с сухим и жарким летом значительно увеличивается падеж от различных заболеваний, отмечается ослабление иммунитета [Крупник, 1989]. Аборигенное население отмечает увеличение числа кровососущих насекомых ввиду разрастания переувлажненных территорий, выступающих в качестве их рассадников. Кровососущие насекомые – важный фактор, влияющий на пути миграции диких оленей [Плужников, 2005]. Обычно олени двигаются навстречу ветру, чтобы снизить на себя воздействие гнуса. В случае же сохранения прежних маршрутов миграции изменению подвергаются сроки прохождения оленя через важнейшие пункты промысла, в качестве которых выступают прежде всего водные преграды.

Занимающиеся выпасом домашних оленей ненцы, нганасаны, долганы и др., еще более обеспокоены природно-климатическими изменениями. В осеннее время отмечаются частые случаи смены дождей заморозками, вызывающие образование ледяной корки и ограничивающей доступ оленя к лишайникам. Также на примере горностаев известно, что весенний наст, осенняя ледяная корка и др. природные явления способны оказывать прямое воздействие на выживание его молодых особей [Беглецов, 2002]. Переход бесснежного периода в снежный, при сопряженном действии температуры и осадков – наиболее сложный для выживания период для всех мелких млекопитающих [Ревин и др., 1988; Куксов, 1969]. Важно, что именно максимальные суточные температуры осени определяют не только продолжительность периода становления снежного покрова, но и его характер (рыхлый снег или снеголедяная корка). Также в периоды формирования снеголедяной корки отмечаются случаи массовой гибели мелких грызунов и землероек. По времени появление снежного покрова и регулярных ночных заморозков совпадает с приобретением молодыми горностаями первого опыта добывания корма, которые к тому же в этот период остро нуждаются в пополнении своих энергетических затрат [Беглецов, 2002].

Тайга. Потепление климата и рост его нестабильности негативно повлияли на воспроизводство таежных биоресурсов, что находит отражение в промысловой динамике таежных природопользователей из числа коренного населения – кетов и селькупов. Такие явления как воз-

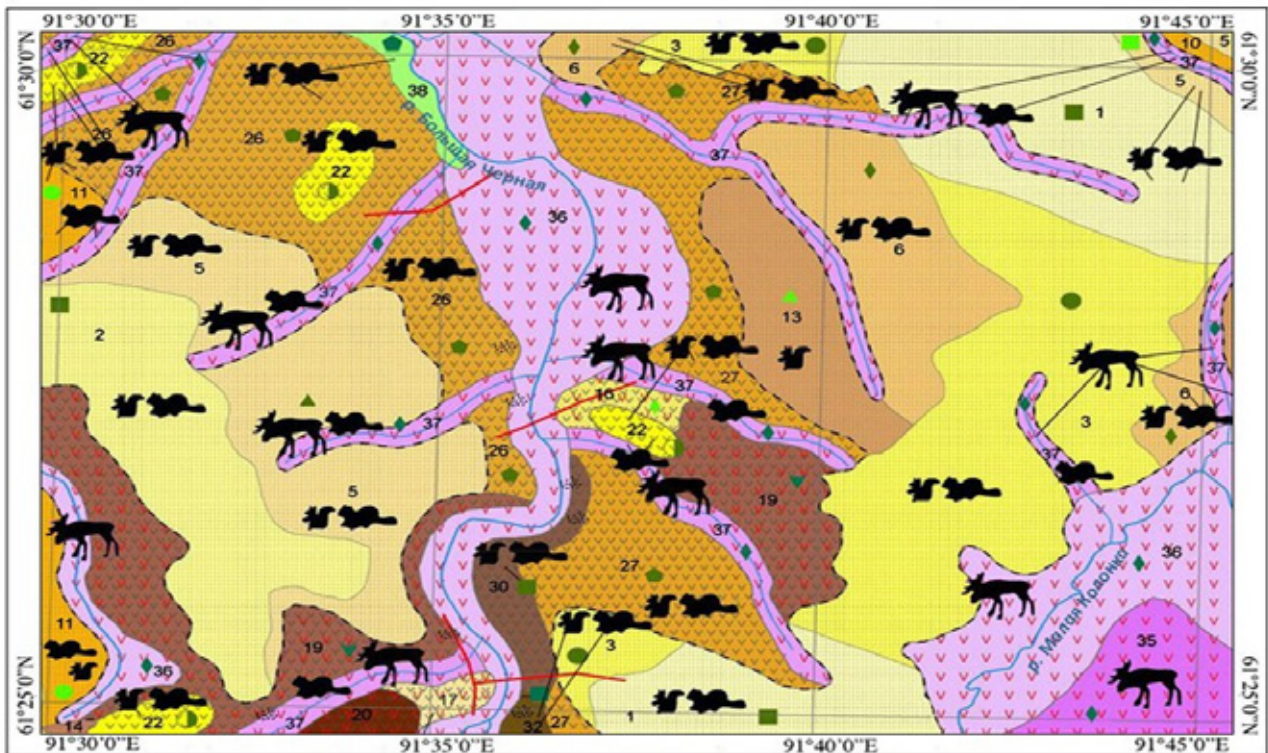
вратные заморозки, летняя засуха или влажное лето снижают воспроизводство таежных биоресурсов. Так, воздействие коротких сильных заморозков в период цветения снижают продуктивность ягодников в тайге. Летняя жара и засуха также ведут к потере урожаев ягод и семян хвойных пород, включая кедровые орехи. А ведь брусника, голубика, красная смородина и другие ягоды – играют важную роль в кормовом рационе и многих представителей животного мира. Также за последние 15–20 лет, староверы и кеты – таежные собиратели и охотники, отмечают увеличение числа «больной» (гнилой) ягоды, вероятности ее опадения и снижения сохранности. В определенной степени сложившуюся ситуацию с воспроизводством ягод объясняет закономерная связь, установленная на примере брусники, между ростом её ягод и весом листьев в разные типы лета [Елагин, 1994]. Данное исследование позволило выявить, что теплым и умеренно-влажным летом вес листьев является наименьшим, что связано с оттоком веществ в растущие плоды, в холодное лето – все наоборот (плодов образуется мало и оттока вещества из листьев в растущие плоды не происходит). Не способствует образованию плодов сухое или очень влажное лето. Показателен один из примеров, выявленный при опросе летом 2014 г. в пос. Суломай Эвенкийского муниципального района: женщина отмечает, что до 90-х гг. 30 ведер брусники собирала и сдавала, а в настоящее время с трудом и 2 ведра набирает.

По результатам мониторинга урожайности ягодников на территории ключевого участка «Большая Черная» (рис. 3) было выявлено, что наиболее подвержены к погодно-климатическим аномалиям природные комплексы занимают гипсометрически самое низкое положение в рельефе. В пределах расчлененного Среднесибирского плоскогорья к таковым относятся ландшафты поверхностей наложенной планации и расчленения: поймы (38), гласисы (35), гласисо-поймы (36, 37) и нижние части склонов (26, 27 и др.) урочища, занимающие. Промысловые ресурсы этих урочищ оказываются наиболее уязвимыми к заморозкам, засухам и др. неблагоприятным погодным явлениям.

Местные жители отмечают, что в годы с прохладным летом и теплой зимой мало где удастся найти кедровые орехи, несмотря на повсеместное наличие кедровой сосны в темно-хвойной тайге [Медведков, 2014, Medvedkov, 2015]. Ранее колебания семеношения кедра связывали с расходом питательных веществ на текущий урожай, в результате чего заложение новых генеративных зачатков в почках задерживалось якобы вплоть до пополнения запасов. В последнее время специалисты пришли к выводу, что правильной периодичности урожаев в природной среде не существует. Поэтому неравномерность урожаев у кедра, как и у др. хвойных пород, не является присущей им биологической особенностью [Сыроечковский и др., 1982]. Подобная «периодичность» является лишь откликом на неблагоприятные условия внешней среды. Поскольку семена кедра развиваются в течение трех сезонов, то и возможностей неблагоприятного вмешательства внешних факторов находится достаточно. Наиболее опасные моменты для кедра – вторая половина мая и июнь. В это время поздние заморозки, избыток осадков и засуха – отрицательно действуют на будущий урожай.

В зимние оттепели из-за чрезмерной влажности воздуха разбухают шишки на елях и из них выпадают семена – теряется ценный корм для пернатых обитателей, а также белок и бурндуков. По данным охотоведов, отмечается уменьшение популяции тетерева, что обусловлено низкими урожаями ягодников и семян березы. У тетеревов за последние 15 лет изменилась структура пищевого рациона: птица ест молодые побеги и почки деревьев и кустарников, а также семена хвойных деревьев [Горшков, 2008]. Ситуация с популяцией тетерева – не исключение. Снизилась и численность глухарей и рябчиков. Одну из причин этого таежные охотники видят в росте численности птиц-хищников, которые за последние 10-15 лет стали активнее проникать в тайгу из более южных районов.

Отмечаются случаи массового смыва пыльцы дождями в первой половине лета. Массовый выброс сосновой пыльцы ярко-желтого цвета совпадает с периодом необычно теплой и дождливой погоды [Медведков, 2016]. Влияние такого массового пыления на урожай семян и шишек остается пока слабо изученным. Известно лишь, что смещение сроков развития мужских генеративных органов у лиственницы сибирской и сосны обыкновенной в условиях общего потепления осенне-зимнего периода ведет к формированию стерильной пыльцы и низкому урожаю шишек и семян [Носкова, Романова, 2013].



Исходный масштаб: 1:100000



Условные обозначения:

Промысловые виды растений и животных

- | | |
|---|--|
| ■ брусника, шиповник, орехи кедровые | ■ брусника |
| ● брусника, шиповник, княженика, орехи кедровые | ● брусника, черника, княженика |
| ▲ брусника, орехи кедровые | ▲ брусника, шиповник |
| ◆ черника, брусника, шиповник, орехи кедровые | ◆ черника, черёмуха |
| ● брусника, черника, орехи кедровые | ● брусника, черника, княженика, шиповник, орехи кедровые |

- | | |
|--|----------|
| ■ черника, орехи кедровые | ■ белка |
| ▼ голубика | ■ соболь |
| ▼ голубика, морошка, красная и черная смородина, жимолость | ■ лось |

Другие обозначения

- | | |
|--|------------------------------|
| ■ ландшафты яруса долинной сети | ■ мерзлотные ПТК |
| ■ ландшафты яруса поверхности выравнивания | ■ курумы |
| ■ ландшафты поверхностей наложенной планации и расчленения | — линии ландшафтных профилей |

Рис. 3. Фрагмент карты территорий традиционного природопользования суломайских кетов в бассейне р. Большая Черная (левый приток р. Подкаменная Тунгуска в её нижнем течении)

Ландшафты каменистых россыпей оказались одними из наиболее уязвимых к потеплению климата. Для традиционного хозяйства важно, что вслед за вытаяванием в курумах гольцового льда их покидает пищуха, играющая значительную роль в питании соболей. Такие местообитания покидает и горностай. По многочисленным наблюдениям, этому способствуют поздние весенние заморозки и исчезновение под глыбовым покровом курумов подповерхностных холодных ручейков [Medvedkov, 2013].

Из-за уменьшения кормовой базы идет сокращение численности соболя и других охотничье-промысловых животных. В определенной степени этому способствует и увеличение в темнохвойной тайге доли берез и осин. На этапе современного потепления темнохвойным породам сложнее удержать роль доминантов древесного яруса и они замещаются видами – пионерами, что приводит к снижению качества лесных и кормовых ресурсов.

Результатом современного потепления климата стал феномен голодной тайги, присущий последним двум десятилетиям. Такие явления И.И. Крупник [Крупник, 1989] называл «кризисами жизни» и уточнял, что по материалам опросов и летописей они приходятся на годы с экстремальными погодными условиями, которые в основном и сопутствуют периодам потепления и нестабильности климата. Подобные изменения для промыслового природопользования кетов, селькупов, эвенков и др. коренных народов, имеют особое значение ввиду традиционно слабого развития у них подсобного хозяйства.

Выводы. Континентальная Сибирь в целом оказывается российской территорией, едва ли не более всего затронутой изменениями климата. В условиях потепления климата и роста его нестабильности наиболее ярко проявилась зависимость традиционного хозяйства от природно-ресурсных и эколого-географических факторов окружающей среды. В традиционном хозяйстве таежных собирателей и охотников отмечаются следующие неблагоприятные тенденции: снижение урожайности ягод, кедровых орехов и численности промысловых животных, сокращение промысла северных пресноводных рыб, снижение качества источников традиционной пищи и др. – все это способствует утрате культуры охоты и питания [Медведков, 2016]. Весной, зимой и осенью увеличилась продолжительность небезопасного «переходного периода», когда лед уже не дает плыть на лодке, но еще неустойчив для снегоходов, нарт и ледовых переходов. Примечателен случай, когда зимой 2014 г. устойчивый ледовый покров в среднем течении Енисея установился только в январе, что существенно задержало сроки открытия зимника, а под угрозой срыва оказался завоз в крупные поселки продовольственных и хозяйственных товаров. Таким образом, из-за ухудшения состояния охотничье-промысловых ресурсов и проявившихся рисков возникла необходимость в адаптации к современным изменениям условий жизнеобеспечения.

Снижение жизнеобеспечивающей функции «кормящих ландшафтов» и отсутствие подсобного хозяйства у коренных малочисленных народов требуют нацеленности на комплексное развитие традиционных видов природопользования и их диверсификацию, государственную поддержку их ресурсной и производственно-технологической базы, организацию переработки сырья и продукции. На примере традиционного хозяйства кетов – таежных охотников и собирателей, рассмотрим варианты по диверсификации их таежного природопользования [Медведков, 2016], с учётом этнокультурных традиций данного этноса:

- Сбор лекарственных растений и дикоросов, осуществлявшийся в советское время. В условиях прохладного или избыточно влажного лета целесообразнее заготавливать лекарственные растения;

- Организация плантаций по выращиванию ценных видов грибов, ягод и лекарственных растений;

- Переработка продукции традиционных промыслов (создание небольших предприятий по переработке рыбы, производству продукции из ягод, орехов и грибов), а также организация сбыта готового товара;

- Развитие народных промыслов на основе традиционного хозяйства (изготовление из бересты поделок и важных в хозяйстве предметов, орнаментация предметов быта, вышивание бисером, в т.ч. и для сувенирного бизнеса);

- Создание эколого-этнографических заповедников, заказников для реализации приоритета коренного населения на свою землю и хозяйство;

- Организация контролируемого экологического и этнографического туризма;

- Создание сети наблюдателей из числа местных жителей, обладающих традиционными знаниями и документирующих происходящие изменения в природной среде. С подобной инициативой в РГО еще в 1885 г. выступал крупнейший русский географ и климатолог А.И. Воейков [Власова, 2005]. Огромный запас ценных экологических знаний и до сих пор сохраняется среди охотников, собирателей и оленеводов среднего и старшего поколения, который следует задействовать в изучении современных изменений природной среды и прогнозных оценок состояния её экологических ресурсов в ближайшем будущем.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (16-35-00327-мол_а, 15-06-02279а) и Совета по грантам Президента РФ для государственной поддержки молодых российских учёных – кандидатов наук (МК – 7614.2015.5).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Беглецов О.А. Влияние абиотических факторов среды на популяцию горностая северной тайги Средней Сибири // Изучение биологического разнообразия на Енисейском экологическом трансекте. Животный мир. М.: ИПЭЭ РАН, 2002. С. 163–183.
2. Власова Т.К. Создание российской эко-климатической сети коренных малочисленных народов Севера и ее роль в устойчивом развитии традиционного образа жизни // Устойчивое развитие сельского хозяйства и сельских территорий. Зарубежный опыт и проблемы России. М.: КМК, 2005. С. 462–474.
3. Гориков С.П. Экологический шок в Центральной Сибири: причины и следствия // География. 2008. № 4. С. 3–7.
4. Елагин И.Н. Времена года в лесах России. Новосибирск: Наука, 1994. 272 с.
5. Крупник И.И. Арктическая этноэкология. М.: Наука, 1989. 272 с.
6. Крупник И.И., Богословская Л.С. Изменение климата и народы Арктики. Проект СИ-КУ в Берингии // Экологическое планирование и управление. 2007. № 4. С. 77–84.
7. Куксов В.А. Влияние некоторых климатических факторов на численность грызунов на Западном Таймыре. Труды НИИСХ Крайнего Севера. Т. 17. Красноярск. 1969. С. 176–179.
8. Медведков А.А. Геоэкологический отклик среднетаежных ландшафтов Приенисейской Сибири на потепление климата конца XX – начала XXI века // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2014. № 6. С. 513–524.
9. Медведков А.А. Среднетаежные геосистемы Приенисейской Сибири в условиях меняющегося климата. М.: Макс-Пресс, 2016. 144 с.
10. Носкова Н.Е., Романова Л.И. Структурно-функциональные свойства мужских генеративных органов у лиственницы сибирской и сосны обыкновенной в условиях изменения климата в Сибири // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2013. № 7. С. 175–180.
11. Плужников Н.В. Изменения среды и климата на Крайнем Севере России и образ жизни малых народов // Бюллетень Российского национального комитета Международного географического союза. 2005. № 5. С. 22–26.
12. Ревин Ю.В., Сафонов В.М., Вольперт Я.Л., Попов А.А. Экология и динамика численности млекопитающих Предверхонья. Новосибирск: Наука, 1985. 125 с.
13. Medvedkov A.A. The Kets ethnos and its «feeding landscape»: ecologo-geographical and social-and-ecological problems in conditions of globalization and changing climate // Geography, Environment, Sustainability. 2013. № 3. P. 108–118.

A.A. Medvedkov¹

TRANSFORMATION OF «FEEDING LANDSCAPES» AND TRADITIONAL CULTURE OF INDIGENOUS SIBERIAN POPULATIONS UNDER CLIMATE CHANGE

Abstract. This article discloses the analysis of «feeding landscapes» and their natural ecological resources, which are the basis of life support systems of indigenous populations. We consider

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Russia, 119991, Moscow, GSP-1, 1 Leninskiye Gory, senior researcher, PhD in Geography; e-mail: a-medvedkov@bk.ru.

all following risks and changes of their traditional lifestyle. By the example of one of ethnic groups we demonstrate coping strategies and adaptations to climatic and environmental changes with due consideration of ethno-cultural specifics.

Key words: «feeding landscape», traditional knowledge, climate change, indigenous peoples, life support systems, Siberia.

Acknowledgement. The study was supported by Russian Foundation for Basic Research (project 16-35-00327- mol a, project 15-06-02279a) and supported by the Council for Grants under President of Russia (project MK – 7614.2015.5).

REFERENCES

1. Begletsov O.A. Vliyanie abioticheskikh faktorov sredy na populyaciyu gornostaya severnoj tajgi Srednej Sibiri [Influence of abiotic factors on the population of ermine of Northern taiga of Middle Siberia] // the Study of biological diversity on the Yenisei ecological transect. Wildlife. Moscow: IPEE RAS, 2002. Pp. 163-183. (in Russian).
2. Vlasova T.K. Sozдание rossijskoj ehko-klimaticheskoy seti korennyh malochislennyh narodov Severa i ee rol' v ustojchivom razvitii tradicionnogo obraza zhizni [Establishment of a Russian eco-climatic network of the indigenous peoples of the North and its role in the sustainable development of traditional lifestyle] // Sustainable development of agriculture and rural areas. Foreign experience and problems of Russia. M.: KMK, 2005. Pp. 462–474. (in Russian).
3. Gorshkov S.P. Ekologicheskij shok v Central'noj Sibiri: prichiny i sledstviya [Ecological shock in Central Siberia: causes and consequences] // Geography. 2008. No. 4. Pp. 3–7. (in Russian).
4. Elagin I.N. Vremena goda v lesah Rossii. [Seasons in the forests of Russia]. Novosibirsk: Nauka, 1994. 272 p. (in Russian).
5. Krupnik I.I. Arkticheskaya ehtnoehkologiya [Arctic ethno-ecology]. M.: Nauka, 1989. 272 p. (in Russian).
6. Krupnik I.I., Bogoslovskaya L.S. Izmenenie klimata i narody Arktiki [Climate Change and the peoples of the Arctic]. Project SIKU in Beringia // Environmental planning and management. 2007. No. 4. Pp. 77–84. (in Russian).
7. Kuksov V.A. Vliyanie nekotoryh klimaticheskikh faktorov na chislennost' gryzunov na Zapadnom Tajmyre [Influence of some climatic factors on the number of rodents in the Western Taimyr] Works research Institute of agriculture of the far North. T. 17. Krasnoyarsk. 1969. Pp. 176–179. (in Russian).
8. Medvedkov A.A. Geoehkologicheskij otklik srednetaezhnyh landshaftov Prienisejskoj Sibiri na poteplenie klimata konca XX – nachala XXI veka [Geoenvironmental Response of the Yenisei Siberia Mid-Taiga Landscapes to Global Warming during Late XX-Early XXI Centuries] // Water Resources. 2015. № 7. V. 42. Pp. 922–931. (in Russian).
9. Medvedkov A.A. Srednetaezhnye geosistemy Prienisejskoj Sibiri v usloviyah menyayushchegosya klimata [Geosystems of the middle Taiga of Yenisei Siberia in a changing climate]. M.: Max-Press, 2016. 144 p. (in Russian).
10. Noskova N.E. Romanova L.I. Strukturno-funkcional'nye svojstva muzhskih generativnyh organov u listvennicy sibirskoj i sosny obyknovnoj v usloviyah izmeneniya klimata v Sibiri [Structural and functional properties of the male generative organs of Siberian larch and Scots pine in a changing climate in Siberia] // Bulletin of Krasnoyarsk state agrarian University. 2013. No. 7. Pp. 175–180. (in Russian).
11. Pluzhnikov N.V. Izmeneniya sredy i klimata na Krajnem Severe Rossii i obraz zhizni malyh narodov [Changes in environment and climate in the far North of Russia and the way of life of indigenous peoples] // Bulletin of the Russian national Committee of the International geographical Union. 2005. No. 5. Pp. 22–26. (in Russian).
12. Revin Y.V., Safonov V.M., Wolpert J.L., Popov A.A. Ekologiya i dinamika chislennosti mlekopitayushchih Predverhon'ya [The ecology and population dynamics of mammals of Preverhojanje]. Novosibirsk: Nauka, 1985. 125 p. (in Russian).

13. Medvedkov A.A. The Kets ethnos and its «feeding landscape»: ecologo-geographical and social-and-ecological problems in conditions of globalization and changing climate // Geography, Environment, Sustainability. 2013. № 3. Pp. 108–118.

УДК 551.5, 911.3

A.A. Medvedkov¹

**TRANSFORMATION OF «FEEDING LANDSCAPES»
AND TRADITIONAL CULTURE OF INDIGENOUS SIBERIAN POPULATIONS
(ON THE EXAMPLE OF THE KETS) UNDER GLOBALIZATION AND CLIMATE CHANGE**

***Abstract.** This article discloses the analysis of «feeding landscapes» and their natural ecological resources, which are the basis of life support systems of indigenous populations. We consider all following risks and changes of their traditional lifestyle. By the example of one of ethnic groups we demonstrate coping strategies and adaptations to climatic and environmental changes with due consideration of ethno-cultural specifics.*

***Key words:** «feeding landscape», traditional knowledge, climate change, indigenous peoples, life support systems, Kets ethnicity, Siberia.*

Introduction. At present, the processes of globalization and global warming make a quite pronounced impact on the lives of indigenous people in the northern regions of the country, e.g., Nenets, Chukchi, Kets, etc. For them, fishing, hunting, herding, and natural landscapes are not only a source of livelihood resource, but also part of their traditional culture. Climate change (impact on productivity of «feeding landscapes», increase of natural hazards, etc.), social factors (alcoholism, loss of the Kets language, poaching, etc.), and new worldviews that have emerged and have been growing in the post-perestroika period are the main causes that threaten the well-being, livelihoods, and the preservation of cultural traditions of the Kets ethnos and its identity. The issues of developing appropriate measures and strategies for adaptation of the traditional economy and way of life of Kets and other ethnic groups to a changing climate and market economy become extremely relevant.

The Kets is one of the smaller nations of Central Siberia that consists of dispersed groups mainly in the middle and lower reaches of the Yenisei River, as well as in the lower reaches of the Podkamennaya Tunguska River (Yenisei Ostiak, Yenisei). They became known in the XVIIth century through the first Russian Yenisei explorers. The modern name of the people – Kets – appeared in the 1920s. This is not a self-ethnic name; it was imposed superiorly. This was due to the fact that the Khunt (with whom Ket were in contact in the upper reaches of the Taz River) and the Kets immediate neighbors – the Selkup – continued to be called Ostyak. The total number of the Kets is close to 1,200 people. The traditional territory of their settlement is the Turukhansk and Evenk Municipal Districts of the Krasnoyarsk Krai (Fig. 1).

In terms of the linguistic and national characteristics, the Kets are classified as the most unique ethnic group not only in Russia, but in the world. The uniqueness of the Kets is evident in the fact that their language has a distinctive formation that has no analogues among the neighboring nations. The Kets language (now the relic) is the last of the living languages of the big family of the Yenisei people. The cultural-economic type of Kets (resident anglers and hunters) continue to exist. Modern Kets still fish, hunt elk and forest reindeer, gather mushrooms, berries, and nuts, and procure furs (sable, squirrel).

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Russia, 119991, Moscow, GSP-1, 1 Leninskiye Gory, senior researcher, PhD in Geography; e-mail: a-medvedkov@bk.ru.

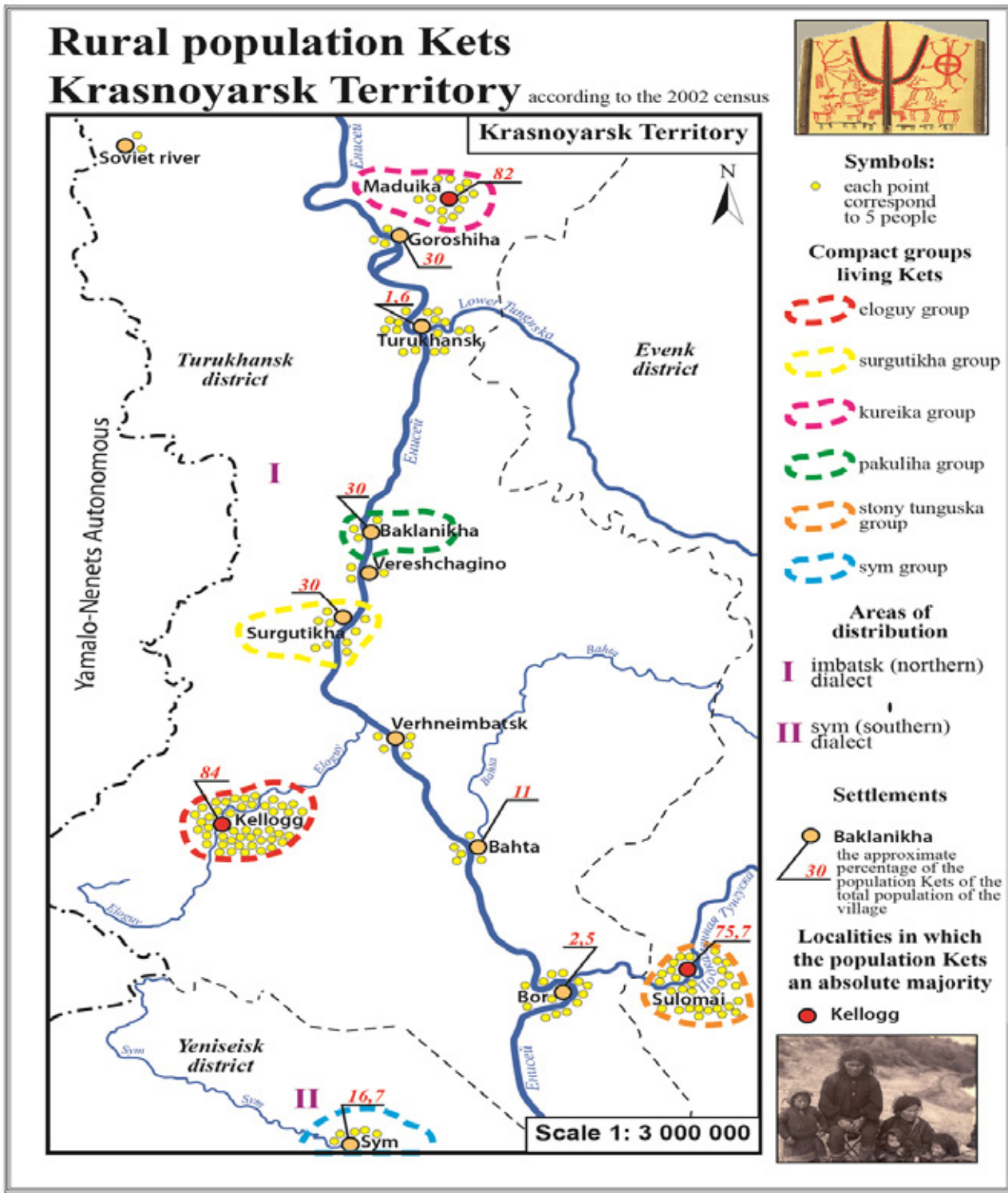


Fig. 1. Settlement and the numbers of the Kets in the Krasnoyarsk Kray.
 Compiled by the author (Medvedkov, 2013)

Materials and methods. Hydro-meteorological data of the local weather stations and the general Russian reference sources were processed to identify fluctuations of the temperature and precipitation parameters in the Central-Siberian region in the XXth century. The monitoring data based on the surveys of the Kets families were used to assess changes of environmental parameters and the fodder value of the natural systems of the middle taiga (at the level of complex natural boundaries) under climate warming. The traditional economy is «rigidly» tied to the landscape and all the stressful situations in the natural complex are immediately reflected in

their self-sufficiency and social well-being, which suggests a high degree of reliability of the information we have collected. The total number of households surveyed is 25 (the number of hunting areas within the hunting community Sulomai); 57 respondents represent about half of the residents of the village Sulomai. All respondents pointed the declining yields of berries (especially blueberry and bilberry), and during dry summer – of rowan and cranberry; there are fewer mushrooms. One of the examples identified during the Sulomai survey is especially revealing: a woman noted that prior to the 1990s, she could gather and hand over 30 pails of cranberries and now she can hardly gather 2 pails. There are similar examples for other berries. The respondents noted an increase in the number of «sick» (rotten) berries, increasing the probability of its abscission in the last 15–20 years. They associate the increase in the number of bears attacks on people with low berries yields.

The Kets families that have their own hunting areas transferred through inheritance have important information about the dynamics of the production of any type of animal or berry crop over rather long period, i.e., a few decades. Many Kets have their own environmental calendars that mark important hydro-meteorological and phenological events. In the absence of the established system of monitoring in the taiga zone of Central Siberia such data have an important scientific value for identification of the response of natural and environmental resources of the taiga and the traditional economy of the indigenous population to climate warming. The author has also conducted field surveys (over 5 field seasons since 2008) during which he recorded the yield and percentage of flowering berry and estimated resources of commercial plants in different types of natural systems.

Results and discussion. Preservation of Ket Ethnic Group Ethocultural Traditions. The main problems of the Kets are alcoholism, unemployment, unfavorable demographic situation (increased mortality in middle age, the younger generation leaving for cities in more populated areas), and the loss of the Kets language. Penetration of Baptism plays a certain positive role in the fight against alcoholism. Having become Baptists, the Kets stop drinking alcohol, become more economically and socially active. However, with acceptance of the evangelical faith, the Kets have to pay 1/10 of their meager incomes: fish, furs, or cash. These processes lead to the transformation of some elements of the traditional worldview of their pagan religious system, culture, and ritual practice. The Orthodox Christianity «combined» as a rule, with the traditional beliefs and cults, never behaved as aggressively as evangelism.

Along with the gradual disappearance of traditions and the assimilation processes in relation to Kets, the Kets language is disappearing too. In elementary school, the Kets language is now taught and a primer and other tutorials have been created. However, this is not sufficient to revive the language of indigenous people and this does not always find understanding and support even among the Kets themselves. Today, education remains the only area of the use of the Kets language. The students of senior classes, who studied the Kets language in the first three classes of elementary school, do not remember its basics. This is due to three main reasons. First, in the vast majority of settlements, there are only elementary schools, while students can continue their studies only in the regional centers and in larger towns where the Kets language is not included in the curricula and there is lack of qualified teachers on the subject. Therefore, unfortunately, the effectiveness of teaching the Kets language in school is extremely low. Given the specificity of the region and of its transport and remoteness, there are good prospects for the development of distance education.

Second, in daily communication the younger generation of Kets do not speak their language in their national settlements with parents, friends, and peers.

Third, the attempts to revive the Kets language are not always understood, even among the members of the ethnic group, not to mention the district-level authorities. For a long time, the language has been transmitted only from parents to children. In the period from the 1920s to present, the Kets language has not been widely used. Today's young generation and their parents do not know their language, perhaps only a few words. According to various estimates, only 15% of

the aboriginal population has command of the Kets language. It indicates the widespread destruction of the process of natural language transmission within families from parents to children. Some even claim that the Kets language is not needed for communicate either for themselves or for their children. We have identified such trends through surveys of the local population even in mono-ethnic villages.

Life Support Systems in a Changing Climate. In the Central Yenisei region, the modern climate change has been registered since the 1980s, which is clearly seen in Fig. 2. Analysis indicates that all 4 stations have observed a positive trend of changes in the annual air temperature. The annual average temperature grew by 1–2°C and greater compared with the previous period of cooling. Winter became warmer; spring and fall are longer than in 1959–1970. However, periodically, there are years with shorter summers.

Warming of the climate, characterized by frequent mild winters and longer springs and falls, affects feed resources of the taiga. Famine years became more frequent. Thus, in 1997 and 1998, in the Central Siberian Reserve (one of the largest reserves of the planet with the size of the territory of Lebanon or Jamaica), blueberry, huckleberry, bilberry, honeysuckle, and red and black currant were almost completely absent. Their meager harvests were also in 1999; a similar situation persists to the present day, which is confirmed by the data of monitoring studies in the Reserve and surveys of local residents. The locals say that in the years with cool summers and mild winters, there are few places where pine nuts can be found, despite the widespread availability of cedar pine in the dark taiga. Such changes are especially important to the traditional nature management of the Kets since they do not have a well-developed subsidiary farming.

There are marked changes in the habitat of tick-borne encephalitis; the tick is now detected around the 63°N. The ixodes ticks (*Ixodes persulcatus*), over the past 25 years, have moved 250 km to the north and now occupy the middle taiga subzone of our research area. The likelihood of tick-borne infections has increased. The activity of the ticks has been especially strong in the last 10 years (Medvedkov, 2015). According to our surveys, it affects the population of the local villages Vorogovo, Bor, Sulomai, Kuzmovka, and other settlements; there, people have been frequently requesting vaccination against tick-borne encephalitis.

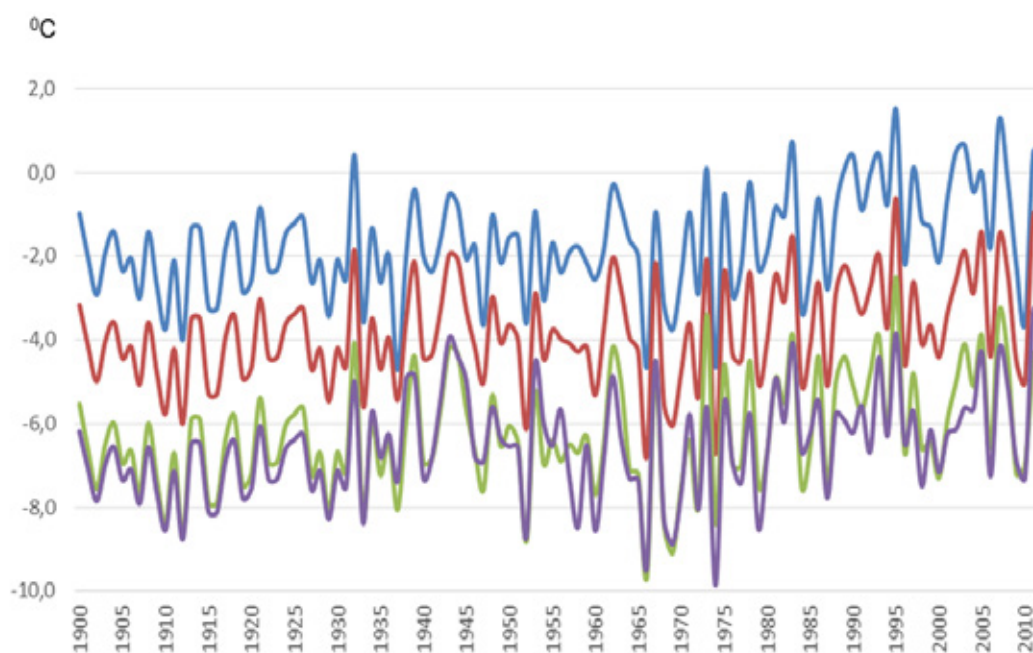


Fig. 2. Fluctuations in mean annual air temperature in the Central Siberia in 1900–2012. Compiled by the author

Kurums is a type of the permafrost landscapes of the Yenisei Siberia that was the least stable in the era of global warming. Within kurums, even on slopes with poor heat-supply, the goltsy ice thawed, small depressions formed, and cold streams disappeared. They were overgrown with lichen, shrubs, and scattered trees. Pika, which plays an important role in the diet of sable, is abandoning kurums. These processes are promoted by late spring frosts and the loss of underground water resources at the base of kurums (Medvedkov, 2013).

Instances of hydrological anomalies also increased. A sharp warming in early spring and existing frozen impervious layer cause high and even catastrophic flooding that coincides with melting and drifting of ice. For example, in the snowless winter of 2001, an ice dam 30 m high formed, which caused serious flooding. As a result, the Kets settlement on the Podkamennaya Tunguska River was completely destroyed. The old-timers do not recall floods of such magnitude. Now, due to the increased frequency of floods of ice-dammed origin, the Kets are forced to move their homes to the watershed areas. After 2001, the regional services has been conducting blasts of ice dams.

Conclusion. We can assume that the trophic pyramid of the middle taiga has been significantly disrupted due to global warming and the growth of climate instability. Naturally, these changes adversely affect the traditional natural resource use of the Kets who cannot meet their growing material needs. The issue of development of appropriate measures and strategies is becoming increasingly relevant; they should become the leading adaptation basis of the traditional economy and way of life of the local population to a changing climate.

The reduced life-support functions of the «feeding landscape» (in the terminology of L.N. Gumilev) requires a focus on the comprehensive development of the traditional forms of natural resource use and their diversification, support of their resource and manufacturing base, and the organization of processing of raw materials and products. At the present stage, the Kets subsidiary farms are weak, though, they could become an important sector of food selfsufficiency of the local population. It is possible to establish plantations growing valuable species of mushrooms, berries, and herbs to increase the volume of commodity production. This would create additional incentives for the traditional Kets natural resource use. The creation of local plantations of medicinal plants would contribute to the formation of the region's production of environmentally friendly raw materials for medicines. These resources are available in the Kets TTU, where gathering of medicinal plants was carried out in the Soviet time. The volume of such procurement has been identified for some species of medicinal plants. Some Siberian regions have a successful experience with the use of non-timber forest resources.

It seems that in the context of global warming and growth of climate instability, a close relationship between the traditional economy of indigenous peoples, the natural resources, and environmental, and geographical factors of the environment becomes even more pronounced.

Acknowledgement. The study was supported by Russian Foundation for Basic Research (project project 15-06-02279a, 16-35-00327- mol_a) and supported by the Council for Grants under President of Russia (project MK – 7614.2015.5).

REFERENCES

1. Medvedkov A.A. The Kets ethnos and its «feeding landscape»: ecological-geographical and socio-and-ecological problems under globalization and changing climate // *Geography, Environment, Sustainability*, 2013, № 3 (V. 6), Pp. 108-118.
2. Medvedkov A.A. Geoenvironmental response of the Yenisei Siberia mid-taiga landscapes to global warming during late XX–early XXI centuries, 2015, № 7 (V. 42), Pp. 922–931.

H.K. Lappalainen^{1,2}, T. Petäjä¹, V-M. Kerminen¹, R. Makkonen¹, A. Malkamäki¹, P. Alekseychik¹, N. Zaitseva³, J. Kujansuu¹, T. Ruuskanen¹, A. Lauri¹, E. Kyrö¹, S. Mazon¹, A. Scherbinin⁴, P. Konstantinov⁵, M. Kaukolehto¹, N. Chubarova⁵, T. Laurila², E. Asmi², S. Juhola⁴, J. Bäck⁶, T. Vesala¹, P. Hari⁶, M. Arshinov⁷, A. Mahura⁸, S. Arnold⁹, D. Spracklen⁹, A. Ding¹⁰, C. Fu¹⁰, H-C. Hansson¹¹, V. Melnikov^{12,13}, G. Matvienko⁷, A. Baklanov¹⁴, Y. Viisanen², N. Kasimov⁵, H. Guo¹⁵, V. Bondur¹⁶, S. Zilitinkevich^{1,2,17}, M. Kulmala¹

PAN-EURASIAN EXPERIMENT (PEEX) PROGRAM – TOWARDS ARCTIC-BOREAL SYSTEM UNDERSTANDING

Pan-Eurasian Experiment (PEEX) program (<https://www.atm.helsinki.fi/peex/>) is an international, multidisciplinary, multiscale and multidimensional bottom up initiative established in 2012. The initiative has grown fast and currently it involves research communities from 25 different countries with a network of approximately 2000 researchers from Europe, Russia and China. The focus of the PEEX initiative is to solve interlinked global environmental challenges influencing societies in the Northern Eurasian region, specifically in the Arctic-boreal regions and the Arctic Ocean, which are located at latitudes higher than 45°N. These areas are expected to undergo substantial changes during the next decades (IPCC, 2014). The importance of the Northern regions even in a global point of view is foreseen to increase not only because of the climate change, but also due to globalization, shipping, demography and utilization of natural resources. The Arctic-boreal Northern Eurasian region, and especially the arctic coastal lines and Siberian region of the Russian territory, are extremely crucial for and sensitive to the global climate. Permafrost thawing together with the Arctic sea ice changes will have multiple environmental (greenhouse gas emissions, air quality), economic (energy production, use of mineral, traffic and shipping and infrastructures) and societal (urbanization, cultural changes) consequences, which are intricately interconnected with each other.

In the PEEX approach the climate change is key driver in the dynamics of the land, atmosphere, aquatic and societal systems. The system-based structure of PEEX introduces altogether twelve thematic research areas. The approach will piece-by-piece develop into a holistic system understanding, which the PEEX community and stakeholders can quantify the most dominant feedbacks and interactions between the components within the system providing novel understanding in the dynamics of Arctic-boreal biogeochemical cycles of e.g. water, carbon, nitrogen

¹ Dept. of Physics, University of Helsinki, Finland; e-mail: hanna.k.lappalainen@helsinki.fi.

² Finnish Meteorological Institute, Helsinki, Finland.

³ Dept. of Earth Sciences, Russian Academy of Sciences, Russia.

⁴ Dept. of Environmental Sciences, University of Helsinki, Finland.

⁵ Moscow State University, Russia.

⁶ Dept. of Forest Ecology, University of Helsinki, Finland.

⁷ Institute of Atmospheric Optics, Tomsk 634055, Russia.

⁸ Danish Meteorological Institute, Research and Development Department, 2100, Copenhagen.

⁹ Institute for Climate and Atmospheric Science, School of Earth and Environment, University of Leeds, Leeds, LS2 9JT, UK.

¹⁰ Institute for Climate and Global Change Research & School of Atmospheric Sciences, Nanjing University, 210023 Nanjing, China.

¹¹ Dept. of Environmental Science and Analytical Chemistry, Stockholm University, Sweden.

¹² Tyumen State University, Russia.

¹³ Tyumen Scientific Center, Siberian Branch, Russian Academy of Science, Russia.

¹⁴ World Meteorological Organization, 1211 Genève, Switzerland.

¹⁵ Institute of Remote Sensing and Digital Earth, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China.

¹⁶ AEROCOSMOS Research Institute for Aerospace Monitoring, Moscow, Russia.

¹⁷ Dept. of Radiophysics, Nizhny Novgorod State University, Russia.

and sulfur. The geographical domain of PEEХ covers natural and urban environments of the Northern Eurasian region. China is included due to its crucial importance on its climate – air quality interactions. Siberia and Arctic Ocean are at the core geographical region within the PEEХ domain. The majority of the PEEХ domain is within Russia and China.

УДК 004.043+004.67+551.582.2

А.М. Новикова¹, А.Б. Полонский², А.А. Новиков³

СРАВНЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИНТЕРПОЛЯЦИОННЫХ МОДУЛЕЙ QGIS ДЛЯ МОРСКИХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ РАБОТЕ С МАССИВОМ ДАННЫХ МАЛОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ

***Резюме.** В статье с позиции геоинформационного и геостатистического подходов показана актуальность активного применения современных методов пространственного анализа океанологических данных. Проанализированы возможности некоторых статистических модулей открытой ГИС (QGIS) для решения практических задач оперативной оценки качества данных. Проведена оценка интерполяционных модулей QGIS, использующих методы кригинга и радиальных базисных функций, при работе с массивом данных малой обеспеченности.*

***Ключевые слова:** QGIS, статистические модули, кригинг, регуляризованный сплайн с натяжением, бикубическая сплайн-интерполяция с регуляризацией Тихонова.*

Введение. Несмотря на значительный объём океанологических данных, получаемых дистанционными методами зондирования, а также другими современными способами исследования акваторий, существует проблема неравномерности распределения данных для изучения океанологических процессов даже климатического масштаба, которую обычно решают при помощи различных методов интерполяции. В океанологии наиболее широко используется метод оптимальной интерполяции, разновидности которого реализованы в различных геоинформационных системах (ГИС). ГИС могут предложить практичную рабочую среду для интеграции, анализа и визуализации климатических и океанографических данных, несмотря на то, что в этой области ГИС пока еще мало используются (подробнее в [Новикова, 2015]). В настоящей работе приводится опыт использования открытой ГИС QGIS для океанографических приложений на примере построения климатических карт температуры поверхностного слоя Чёрного моря с использованием массива данных малой обеспеченности.

Для достижения поставленной цели в QGIS можно задействовать несколько модулей. Некоторые из них являются приложениями самой QGIS, например, «Модуль интерполяции» и «Геоалгоритмы QGIS», но большая часть задействует ресурсы сторонних ГИС, таких как SAGA и GRASS, а также осуществляет доступ к библиотекам GDAL/OGR через панель «Инструменты анализа». Так как встроенные модули QGIS и геоалгоритмы GDAL/OGR изначально создавались для получения цифровых моделей рельефа, их использование для интерполяции данных наблюдений, характеризующихся интенсивной пространственно-временной изменчивостью, проблематично. Гораздо более широкое применение находят модули GRASS-геоалгоритмы и SAGA-геоалгоритмы, где в качестве интерполяторов представлены различные варианты сплайнов (радиальных базисных функций) и кригинга.

¹ ФГБНУ «Институт природно-технических систем», отдел актуальных проблем океанографии, Севастополь, 299011, Россия, старш. инж.-исслед.; e-mail: anelkapi@bk.ru.

² ФГБНУ «Институт природно-технических систем», Океанографический центр, Севастополь, 299011, Россия, руководитель, профессор, докт. геогр. н.; e-mail: apolonsky5@mail.ru.

³ Филиал Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова в г. Севастополе, отделение географии, Севастополь, 299001, Россия, старш. преподаватель; e-mail: a_novik@bk.ru.

Нами оценивались возможности следующих плагинов QGIS, позволяющих провести пространственную интерполяцию океанологических характеристик при различном разрешении наблюдательной системы: GRASS-геоалгоритмы «Билинейная/бикубическая сплайн-интерполяция с регуляризацией Тихонова» (v.surf.bspline) и «Регуляризованный сплайн с натяжением» (v.surf.rst); SAGA-геоалгоритмы «Обычный кригинг» и «Универсальный кригинг».

Материал и методы исследований. QGIS обладает широким спектром функций по статистическому анализу, проведению выборок из массивов данных, а также пространственной геостатистической обработке. Представлены такие функции как в собственных модулях программы, так и в плагинах, подключающих возможности сторонних ГИС. В ходе работы с массивом океанологических данных были, в первую очередь, использованы возможности «Таблицы атрибутов» слоя, где с помощью инструмента «Калькулятор полей» осуществлена выборка и выполнены расчёты на основе существующих значений атрибутов или заданных функций. Для оценки качества данных использовались различные статистические плагины: «Group Stats», «Statist» – для векторных слоев, «Зональная статистика» – для растровых. Все они рассчитывают базовые статистические характеристики (среднее, максимальное и минимальное значения, стандартное отклонение и пр.), которые можно получить или для группы параметров, отфильтровав данные по необходимому показателю («Group Stats»), или представив значения параметра на графике его распределения («Statist»), или в пределах области поиска для растрового файла, у которого каждой ячейке соответствует определенное значение анализируемого параметра («Зональная статистика»).

Для оценки возможностей интерполяционных плагинов и влияния различных значений вводимых параметров на результат интерполяции был выбран массив по температуре поверхностных вод Чёрного моря из базы океанографических данных МГИ за 1923–2011 гг. – с малой плотностью данных, неравномерно распределенных по акватории за июль-август 1989 г. (рис. 1). В этот период всего было выполнено 554 измерения температуры поверхности. Массив был подвергнут предварительному анализу. Вначале удалялись данные с ошибочными координатами. После проверки соответствия выборочных гистограмм нормальному закону распределения из массива были удалены экстремальные значения с использованием критерия $\pm 3\sigma$. Это дало возможность получить более гладкие климатические поля температуры, характеризующиеся небольшими значениями стандартного отклонения ($\sigma = 1,72$).

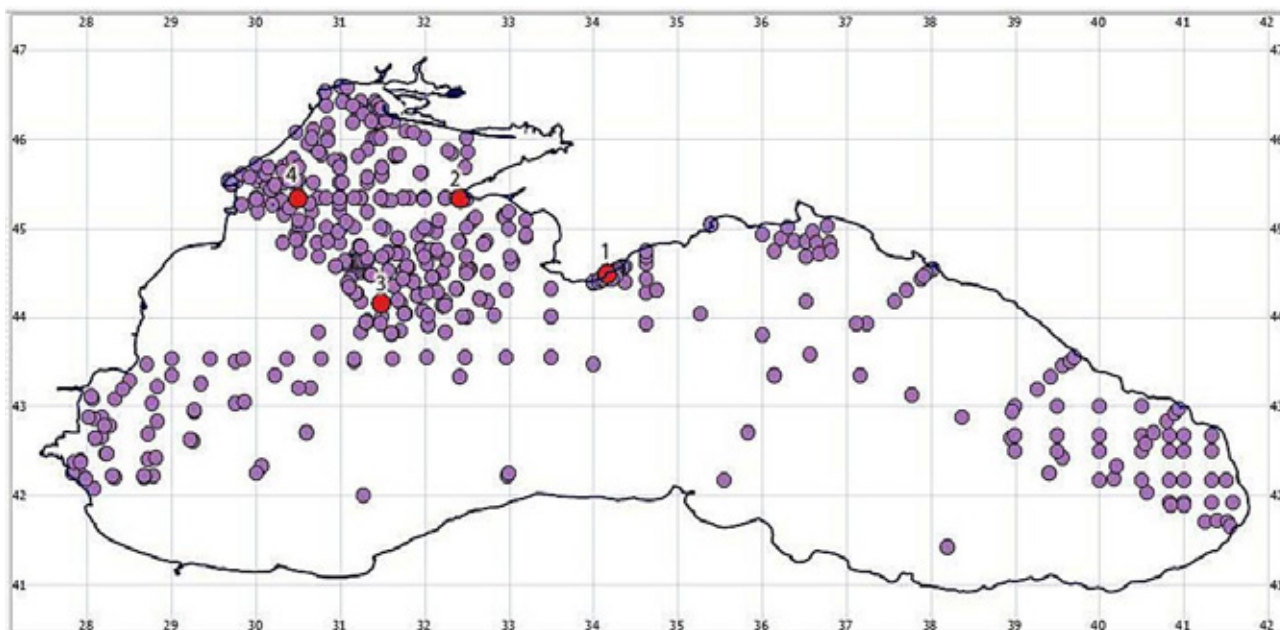


Рис. 1. Распределение данных по акватории Чёрного моря за июль-август 1989 г.
Красные точки – станции, использованные для кросс-валидации

В океанологии для интерполяции наиболее часто используется метод кригинга (см. формулу (1) ниже), который можно считать разновидностью метода оптимальной интерполяции. Реже используется метод радиальных базисных функций. К радиальным функциям (см. формулу (6) ниже) относят различные сплайны. В частности, в данной работе использовались регуляризованный сплайн с натяжением (RST) и бикубический сплайн с регуляризацией Тихонова (Bspline). Несмотря на отличие теоретических подходов и формул, методы кригинга и радиальной интерполяции приводят к одной и той же модельной функции при условии использования одинаковой вариограммы и радиальной функции [Кошель, 2004]. Этот факт может быть строго доказан математически, и одно из таких доказательств приведено в работе основателя геостатистики Матерона [Matheron, 1981].

Термин «кригинг» служит для обозначения семейства алгоритмов линейной пространственной регрессии. Он происходит от фамилии инженера Д. Крига, который первым применил интерполятор на основе модели пространственной корреляции данных. Л.С. Гандин независимо от Д. Крига применил аналогичный метод и сформулировал теорию оптимальной интерполяции для объективного анализа метеополей [Демьянов, 2010].

Все интерполяторы семейства кригинга являются различного рода модификациями базового линейного регрессионного оценителя $Z^*(x)$, определяемого следующим образом:

$$Z^*(x) - m(x) = \sum_{i=1}^{n(x)} \lambda_i(x) [Z(x_i) - m(x_i)], \quad (1)$$

где $\lambda_i(x)$ – весовые коэффициенты, относящиеся к данным $Z(x_i)$. Величины $m(x)$ и $m(x_i)$ являются математическими ожиданиями случайных переменных $Z(x)$ и $Z(x_i)$. Число данных, используемых при оценке, и значения весовых коэффициентов могут меняться в зависимости от местоположения оцениваемой точки x [Демьянов, 2010]. При условии, что процесс имеет стационарное математическое ожидание, процедура оценивания называется обычным кригингом. Если же процесс не является стационарным (например, в данных присутствует значимый тренд), используют процедуру универсального кригинга [Кошель и др., 2001].

Кригинг – один из наиболее гибких и часто используемых методов, однако на множествах большого размера он работает медленно. Основная проблема кригинга – необходимость подбора параметров вариограммы, от которых зависит результат интерполяции. На первом этапе вычислений по исходным данным подбирается выборочная (экспериментальная) вариограмма $\gamma^*(h)$ и строится график функции, где каждому интервалу значений h (разность расстояний между парами точек; имеет размерность в единицах карты – °) соответствует вариация (квадрат разности значений величин в этих точках); h откладывается по оси x или y в предположении, что поле изотропно. Выборочную вариограмму нельзя напрямую использовать в уравнениях кригинга, её необходимо приблизить некоторой модельной функцией вариограммы (см. формулы (2)-(5) ниже), которая используется на втором этапе вычислений. Наилучшим вариантом подобранной модельной функции можно считать тот, который дает наименьшую дисперсию отклонений эмпирических значений от теоретических [Поротов, 2006].

Для анализируемого набора данных по температуре поверхностных вод Чёрного моря использовались следующие формулы модельных функций вариограмм:

- линейная функция:

$$\gamma(h) = a + b \cdot x, \quad (2)$$

- квадратическая параболическая функция:

$$\gamma(h) = a + b \cdot x + c \cdot x^2, \quad (3)$$

- кубическая функция:

$$\gamma(h) = a + b \cdot x + c \cdot x^2 + d \cdot x^3, \quad (4)$$

- экспоненциальная функция

$$\gamma(h) = a + b \cdot \left(1 - \exp\left(-\left(\frac{x}{b}\right)^2\right)\right), \quad (5)$$

где a – так называемый «эффект самородка», определяемый случайной составляющей измерений, которая показывает насколько велико различие значений в очень близко расположенных точках; фактически эта величина характеризует степень «зашумленности» параметра [Демьянов, 2010; Поротов, 2006]; b , c , d – коэффициенты; x – определен в пределах радиуса влияния вариограммы, где функция имеет максимальный коэффициент достоверности аппроксимации. Значения параметров вариограммы определяют весовые коэффициенты a ; ближайших соседей оцениваемой точки в (1), а также среднее квадратичное отклонение оценки от истинного значения.

Интерфейс окна кригинга в QGIS позволяет провести его тонкую настройку, в том числе задать формулу вариограммы и её ряд, а также настроить оптимальный охват данных (необходимый и достаточный для получения качественного поля при минимальных временных затратах) и тип показателя качества (стандартное отклонение или вариация).

Кроме вышеупомянутых задаются следующие параметры кригинга и вариограммы: точечный слой и его атрибут для анализа; логарифмическая трансформация и блочный кригинг (с указанием размера блока); количество точек, учитываемых для построения поля (задается максимальное количество точек для расчета или все точки в пределах радиуса поиска); максимальное расстояние поиска (радиус, в единицах измерения карты); предварительное создание качественной сетки, на которую будут наноситься результаты (если в таблице более 300 точек, при отсутствии готовой сетки процесс анализа затягивается во времени или выдается ошибка); размер ячейки сетки (оптимальный размер для каждого набора данных и масштаба анализируемого явления ускоряет процедуру интерполяции); области поиска (узлы или ячейки); количество классов лага расстояния; диапазон поиска (локальный или глобальный).

В результате работы плагина исследователь получает два поля – анализируемого параметра и ошибки процедуры кригинга, что позволяет оценить достоверность результатов как по абсолютным значениям стандартного отклонения, так и по конфигурации поля стандартного отклонения. Стандартное отклонение, как тип показателя качества, в большей мере определяет качество самих данных и частично – процедуры кригинга при различных параметрах. Ошибки кригинга зависят от плотности сети измерений (вариация кригинга меньше в областях с большей плотностью измерений). Зная вариацию кригинга, можно делать выводы о точности получаемого поля.

Метод радиальных функций объединяет целую группу методов, которые изначально развивались самостоятельно и позднее были объединены под одним названием, когда было замечено, что решение многих задач приводит к их математической формулировке в одной и той же форме (6). Модельная интерполяционная функция имеет вид:

$$f(\mathbf{p}) = \sum_{i=1}^n \lambda_i R(r_i) + P_k(\mathbf{p}); \quad r_i = |\mathbf{p} - \mathbf{p}_i| \quad (6)$$

где $R(r)$ – функция одной переменной, называемая радиальной, а $P_k(\mathbf{p})$ – полином степени k [Кошель, 2004].

Регуляризованные сплайны с натяжением (RST) принадлежат к интерполяционной функции, которая сводят к минимуму отклонения от измеренного значения функции в точке. Функция, которую использует RST сплайн описана в [Petrasova et al., 2015], а модуль «v.surf.rst», использующий её, формально эквивалентен универсальному кригингу с выбором

ковариационной функции, определяемой параметром сглаживания [Neteler et al., 2008]. Параметр натяжения в модуле регулирует приближение получаемой поверхности к исходным данным. Чем больше натяжение, тем больше шумов и больше деление изолиний на мелкие контуры; меньшие значения натяжения увеличивают площадь влияния отдельной точки в интерполяционном поле и приводит к большему сглаживанию. Регулируя натяжение, можно получить более гладкую, общую или более подробную шероховатую поверхность. Слишком малые значения натяжения приводят к большим погрешностям в областях с быстрым изменением пространственного градиента характеристики.

Большие массивы данных модуль разбивает на дерево квадрантов (прямоугольных сегментов) по заданному пользователем количеству точек «segmax», входящих в сегмент. Интерполяция проводится по каждому сегменту с учетом точек внутри (параметр «segmax») и снаружи сегмента (параметр «prmin», который должен быть больше, чем «segmax») для достижения неразрывности функции. Анизотропия поля может быть учтена через угол анизотропии «theta» и коэффициент масштабирования «scalex».

Так как модуль проверяет массив на наличие близких по пространству точек (параметр «dmin») и удаляет дублирующие точки, необходимо устанавливать значения «dmin» на 0. Если же между точками, наоборот, слишком большой пространственный разрыв, то параметром «dmax» устанавливает расстояние между двумя точками, при превышении которого будут вычислены дополнительные точки между исходными для дальнейшей интерполяции. Модуль позволяет проводить интерполяцию с использованием фильтра данных (через SQL-запрос) и растровой маски-слоя, а также получать на выходе растры с топографическими характеристиками.

Функция билинейной/бикубической сплайн-интерполяции с регуляризацией Тихонова описана в [Mitasova et al, 2005]. Регуляризирующая функция сплайна предполагает, что существует ошибка в экспериментальных данных, которую необходимо локально сгладить. Эту функцию выполняет параметр регуляризации λ («lambda_i»). Регуляризация осуществляется путем сведения к минимуму наклона или кривизны интерполяционной функции. Если выбраны слишком малые значения λ , функция сплайна плохо обусловлена в районах с малым количеством или отсутствием данных. Если выбраны большие значения λ , получается более гладкая поверхность.

Этот вид сплайн-интерполяции доступен через плагин QGIS «GRASS-геоалгоритмы», в который включены три вида модуля «v.surf.bspline», один из которых – «v.surf.bspline.lambda» позволяет вычислить несколько значений параметра регуляризации Тихонова «lambda_i», используя метод кросс-валидации, изымающий поочередно значения из исходных данных и вычисляющий при этом смещение Δm (см. формулу (8) ниже) и среднюю квадратичную ошибку (см. формулу (9) ниже) для каждого значения параметра «lambda_i».

Для проведения корректной процедуры интерполяции необходимо подобрать значения таких параметров, как длина шага сплайна, охват карты, алгоритм сплайна, параметр регуляризации Тихонова, размер ячеек интерполяционной сетки (задается в единицах карты).

Для оценки погрешности полей, полученных интерполяционными модулями, использовался метод кросс-валидации, позволяющий получить значения невязки (7) на контрольных станциях (рис. 1), а также среднеквадратического отклонения (8) и смещения (9) для всего поля. Кросс-валидация – метод подбора оптимальных параметров модели интерполяции при помощи оценки значения в точке измерения без учета самого измерения в этой точке [Демьянов, 2010]. Невязка – разница между измеренными и оцененными значениями:

$$\Delta Z(x) = Z(x) - Z^*(x). \quad (7)$$

Глобальные характеристики кросс-валидации:
- смещение:

$$\Delta m = m - m^*, \quad (8)$$

где m – среднее по исходным данным, m^* – среднее по полученным результатам;

- средняя квадратичная ошибка (root mean square error – RMSE):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n [Z(x_i) - Z^*(x_i)]^2}. \quad (9)$$

Так как в QGIS не во всех интерполяционных модулях есть встроенный инструмент кросс-валидации, были выбраны несколько станций измерения, в каждой из которых производилось более 4 наблюдений за температурой поверхностных вод. По этим станциям проведено осреднение с использованием всех значений. Затем контрольные станции были удалены из массивов данных и проведена контрольная процедура интерполяции для каждого набора параметров интерполяционных функций. Наконец экспериментальные средние значения температуры сравнивались с проинтерполированными значениями температуры в соответствующих точках поля, а также вычислялась средняя температура поверхностных вод каждого интерполяционного поля.

Результаты исследований и их обсуждение. Кригинг обычный и универсальный. Так как процедура кригинга в QGIS зависит от множества параметров, то в первую очередь для анализируемых наборов данных определялись значения основных параметров, одинаковых для всех моделей вариограмм:

- размер ячейки сетки – в ходе сравнения результатов интерполяции по сетке с разной размерностью установлено, что размер ячейки, равный $0,01^\circ$, позволяет получить достаточно подробную карту распределения температур вод Чёрного моря при наименьших временных затратах;

- количество классов лага расстояния – варьирует для каждого набора данных и определяется в зависимости от плотности сети наблюдений и количества данных;

- диапазон поиска – локальный с учетом неоднородности пространственной структуры поля исходных данных и определяемого максимального расстояния поиска;

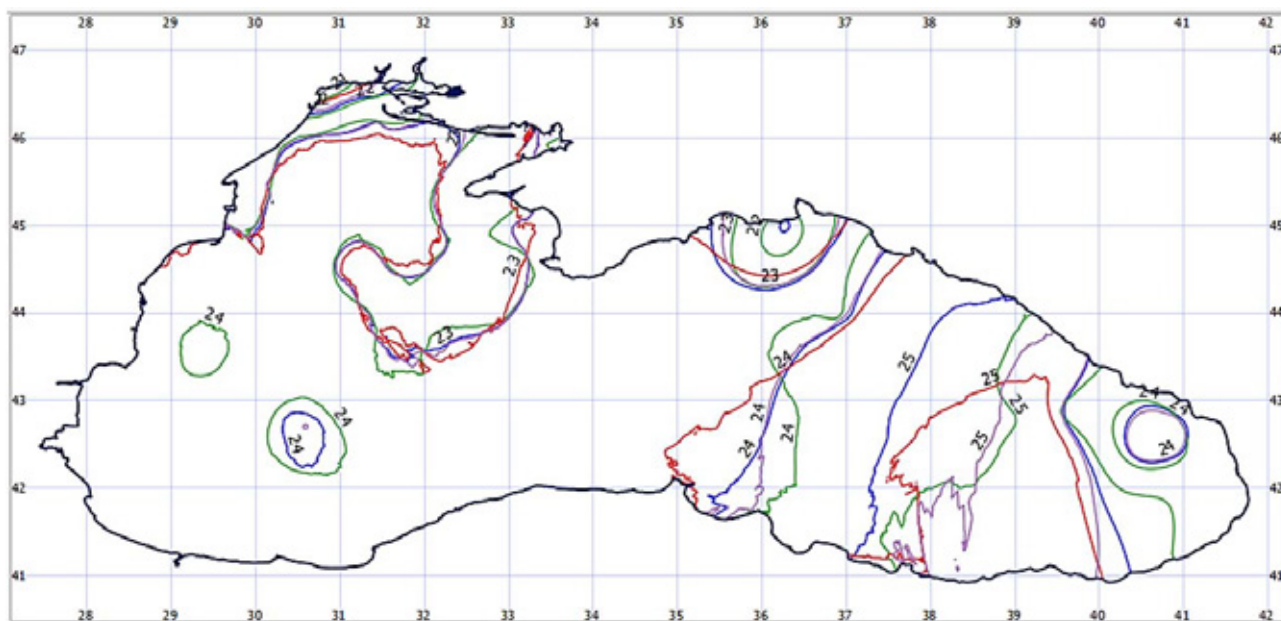
- направление поиска – полный радиус;

- максимальное расстояние поиска – определяется исходя из распределения точек по акватории согласно необходимости описания крупномасштабной структуры поля и принимается равным 3° . Большие значения радиуса приводят к значительному увеличению времени обработки при том же результате интерполяции, меньшие – к увеличению зашумленности поля;

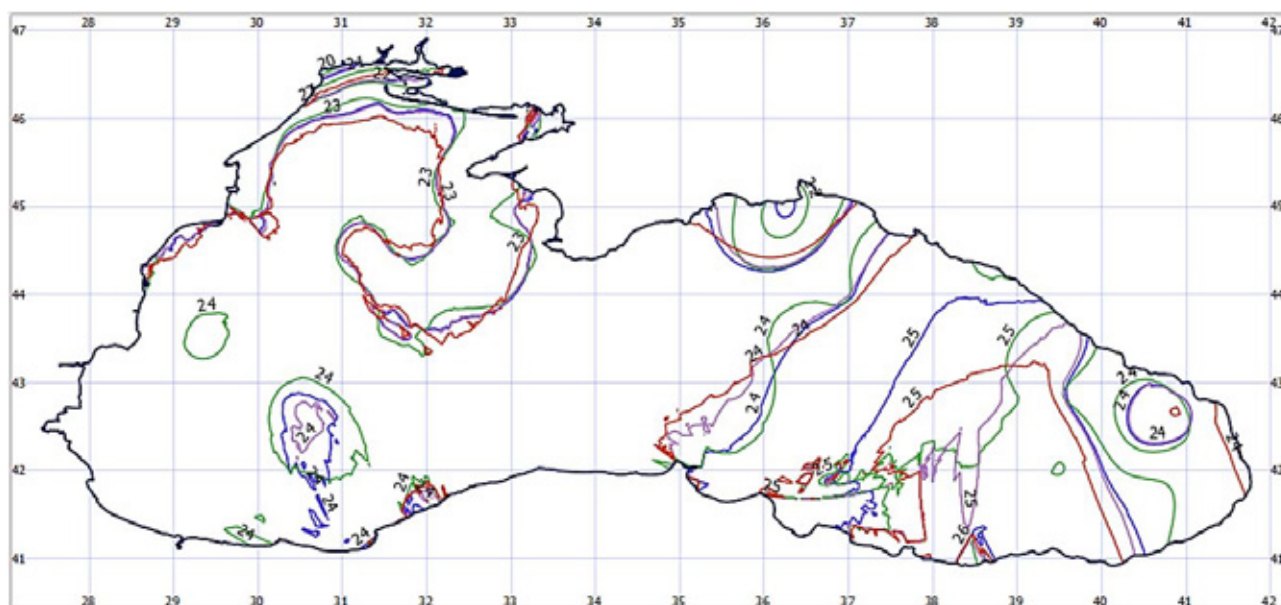
- максимальное количество точек для расчета – подбор параметра показал, что с увеличением количества точек при одинаковом радиусе охвата уменьшается зашумленность поля и сглаживаются изолинии (сравнивались поля получаемые, при количестве точек для анализа, равном 40, 60, 80 и 100). Вариация ошибки при этом увеличивается в южной части моря, где плотность данных меньше, однако уменьшается общая погрешность восстановления поля. Для имеющихся наборов данных достаточно выбрать максимальное количество точек для расчета, равное 80. Если взять для расчета все точки в заданном радиусе поиска, то проявляется один из недостатков кригинга – на множествах большого размера он работает медленно.

Так как массив неоднороден как по пространственному распределению данных наблюдений, так и по экспериментальной вариограмме, то для процедуры кригинга проводился подбор радиуса влияния вариограммы для каждого вида модельной вариограммы ((2)-(5)) исходя из максимального коэффициента достоверности аппроксимации функции (Кд) и конфигурации получаемого поля.

Для оценки погрешности обычного и универсального кригингов методом кросс-валидации были выбраны поля температуры, наиболее приближенные к реальным условиям, с наименьшими значениями вариации ошибки кригинга при различных функциях вариограмм (рис. 2). Для линейной функции модельной вариограммы значение радиуса влияния принято равным $2,13^\circ$ (Кд=88%), квадратической – $2,06^\circ$ (Кд=91%), кубической – $7,34^\circ$ (Кд=80%), экспоненциальной – 3° (Кд=83%).



(а)



(б)

Рис. 2. Поля температуры поверхностных вод за июль-август 1989 г., полученные методом (а) обычного, (б) универсального кригинга для разных моделей вариограмм: изолинии синего цвета – линейная модель; красного – квадратическая; фиолетового – кубическая; зеленого – экспоненциальная

Анализ полей показал, что для данной экспериментальной вариограммы кубическая модельная функция (4) при рекомендуемом в методе кригинга радиусе влияния вариограммы (в пределах $1/2$ максимального расстояния между точками) не приводит к хорошим результатам: густота и кривизна изолиний полей превышает разумные пределы. Поэтому для анализа выбран радиус влияния вариограммы с максимальным Кд, где изолинии наиболее приближены к остальным полученным вариантам интерполяционных полей. Несколько другой результат получен при использовании квадратической модельной функции вариограммы (3), при которой применение радиуса влияния вариограммы с максимальным Кд кардинально улучшило вид интерполяционного поля по сравнению с другими значениями радиуса. В случае с линейной и экспоненциальной функциями ((2) и (5)) вариограммы результаты для ра-

диуса влияния вариограммы с максимальным Кд практически не отличались от результатов, получаемых для иных значений радиуса.

В полях, полученных методом универсального кригинга для всех функций модельной вариограммы, виден резкий скачок функции, обусловленный неравномерностью расположения данных наблюдений, тогда как обычный кригинг показал гладкую функцию для линейной, квадратической и экспоненциальной моделей. Таким образом, универсальный кригинг для такого региона, как Чёрное море, в условиях с неравномерным пространственным распределением данных, следует использовать, внимательно подбирая модельную функцию вариограммы.

Также следует отметить общее равномерное распределение по полю значений ошибки кригинга у всех моделей вариограмм, кроме экспоненциальной, при использовании которой ошибки кригинга резко возрастают по мере удаления от точек с измеренной температурой, хотя в целом не превышают значений $1,2^\circ$. Такие поля ошибок, несмотря на неравномерность распределения экспериментальных точек, говорят о достаточной достоверности получаемых полей, а также о широкой возможности применения модуля «Кригинг» ГИС QGIS в морских климатических исследованиях.

Регуляризованный сплайн с натяжением. Для анализируемого массива данных за июль-август 1989 г. были проверены несколько наборов настроек модуля «v.surf.rst». При соответствии выборочной гистограммы нормальному закону распределения данных и достаточном количестве точек с данными, значения параметров модуля, установленные по умолчанию, дают нормальный результат интерполяции. Общими для всех полей были выбраны следующие настройки: охват карты – по слою с границами Чёрного моря (по умолчанию охват меньше); размер ячейки региона GRASS (или узлов регулярной сетки, в которые проводится интерполяция) – $0,01^\circ$; минимальное расстояние между точками «dmin»= 0° . Установленные по умолчанию настройки, оставленные неизменными: максимальное расстояние между точками «dmax»= $2,5^\circ$ (изменение параметра практически не влияло на результат интерполяции); угол и масштаб анизотропии – равные 0; коэффициент пересчета «zmult»=1 (используется для конвертации значений, записанных в единицах измерения, отличных от единиц карты, т.е. в данном случае пересчет не использовался).

Из рис. 3 и 4 видно, что результат интерполяции со значением охвата точек снаружи сегмента «nprmin»=150 (точки пересечения с соседними сегментами), и натяжением «tension»=10 аналогичен результату с натяжением, равным 15 и «nprmin»=300. Т.е. чем меньше точек взято для анализа (или чем больше натяжение), тем ближе к исходным данным результаты интерполяции. При увеличении количества точек за пределами сегмента (квадранта) или уменьшении натяжения интерполяционная поверхность становится более сглаженной.

С увеличением натяжения растёт количество изолиний, особенно в областях с недостатком данных, что приводит к необходимости тщательного подбора параметра натяжения для каждого набора данных. В анализируемом наборе данных шаг натяжения, при котором происходят значительные изменения результатов интерполяции, очень мал (порядка 2-5 ед.). Слишком малый интервал между количеством точек в квадранте («segmax») и количеством точек за его пределами («nprmin») приводит к разрыву функции в областях с большой плотностью данных (С-З часть Чёрного моря) (рис. 3 и 4).

Бикубическая или билинейная интерполяция с регуляризацией Тихонова. Размер ячейки региона GRASS был задан таким же, как и в предыдущих интерполяционных модулях, – $0,01^\circ$. Так как данные распределены неравномерно, требуется статистическая регуляризация. В таких случаях модуль «v.surf.bspline» будет пытаться минимизировать кривизну бикубических сплайнов в областях, не имеющих наблюдений. Основное правило при подборе длины шага сплайна: она должна быть больше, чем среднее расстояние между точками наблюдения. Небольшая длина шага сплайна – меньше, чем расстояние между точками наблюдения – может значительно увеличить время обработки. При помощи модуля «v.surf.bspline.lambda» были оценены значения параметра регуляризации Тихонова «lambda_i» для разных шагов сплайна, равных 1° , 2° и 3° , по рассчитанным для них смещениям и среднеквадратическим отклонениям. Билинейный и бикубический интерполяционные алгоритмы показали одинаковые значения смещения и средне-

квадратического отклонения для соответствующих шагов сплайна. Бикубическая интерполяция дает в результате поверхность, которая является более гладкой функцией по сравнению с билинейной. Поэтому в данной работе билинейный алгоритм не использовался.

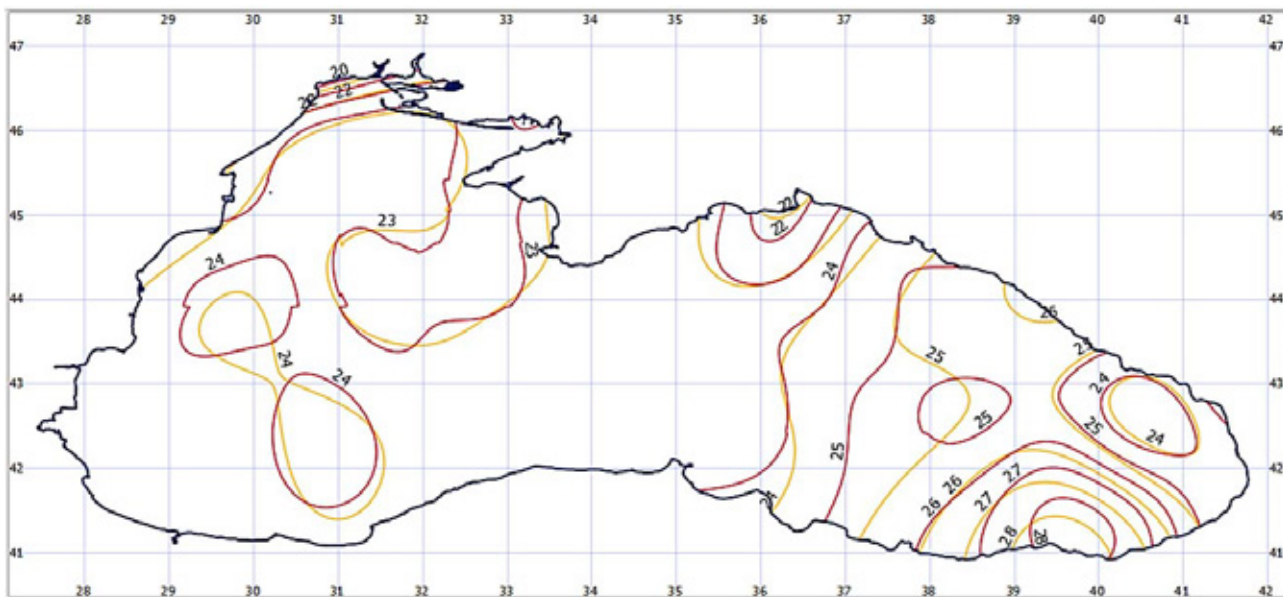


Рис. 3. Поля температуры поверхностных вод Чёрного моря за июль-август 1989 г., полученные методом регуляризованного сплайна с натяжением. Значение натяжения «tension»=10. Изолинии красного цвета – «segmax»=50, «npmin»=150 (rst1); жёлтого цвета – «segmax»=40, «npmin»=300 (rst2)

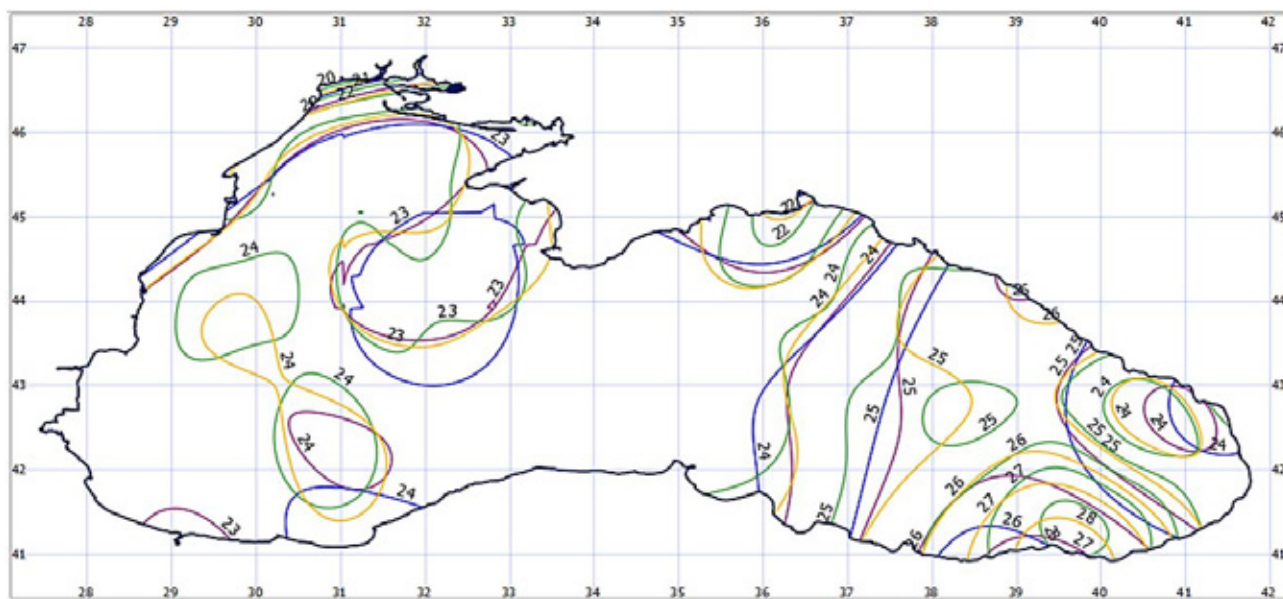


Рис. 4. Поля температуры поверхностных вод Чёрного моря за июль-август 1989 г., полученные методом регуляризованного сплайна с натяжением. Значения «segmax»=40, «npmin»=300. Изолинии синего цвета – «tension»=5 (rst3); фиолетового цвета – «tension»=7 (rst5); жёлтого цвета – «tension»=10 (rst2); зелёного цвета – «tension»=15 (rst4)

Для дальнейшего анализа и уменьшения погрешности процедуры интерполяции сплайном взяты значения «lambda_i» с минимальной среднеквадратической ошибкой при наименьшем смещении: шаг сплайна=1°, $\lambda=0,2$; шаг=2°, $\lambda=0,01$; шаг=3°, $\lambda=0,01$ (рис. 5). Поле поверхностной температуры, полученное при наибольшем шаге сплайна – 3°, показало зна-

чительное осреднение анализируемого параметра. Остальные поля показали результаты, близкие к результатам модулей «v.surf.rst» и «Кригинг».

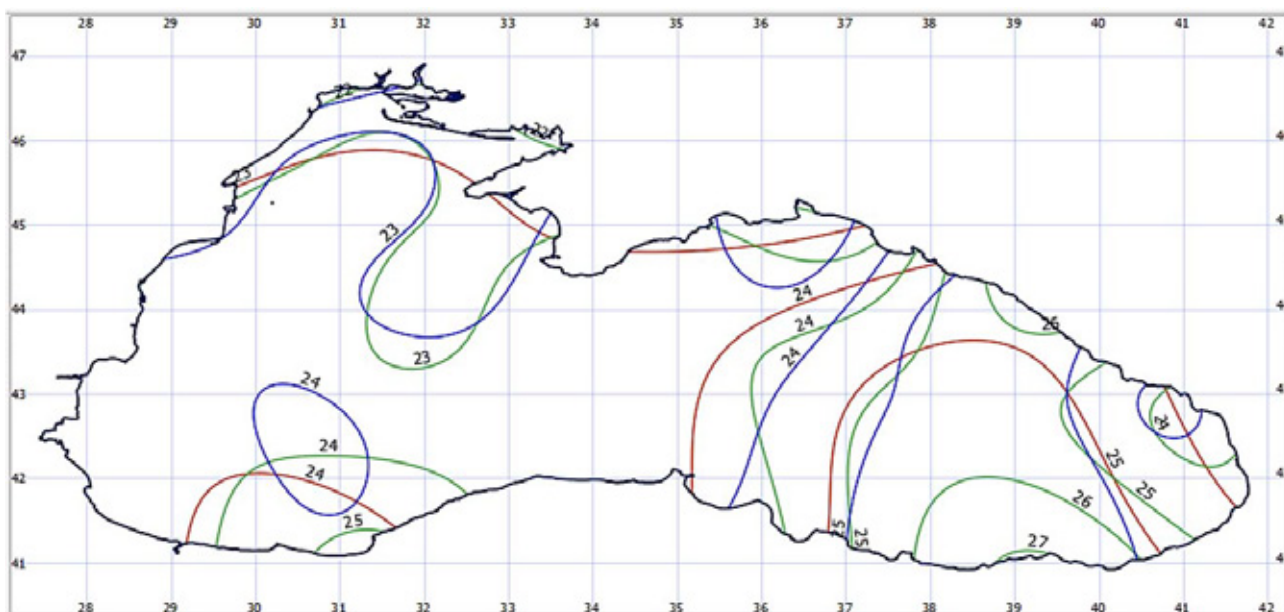


Рис. 5. Поля температуры поверхностных вод Чёрного моря за июль-август 1989 г., полученные методом бикубического сплайна с регуляризацией Тихонова.

Изолинии синего цвета – шаг сплайна = 1, $\lambda=0,2$ (bspline1); зелёного цвета – шаг сплайна = 2, $\lambda=0,01$ (bspline2); красного цвета – шаг сплайна = 3, $\lambda=0,01$ (bspline3)

Сравнение ошибок кросс-валидации для полей поверхностной температуры вод Чёрного моря, полученных методом кригинга и сплайнов. При сравнении невязок и среднеквадратических погрешностей обычного и универсального кригингов выявляется, что они аналогичны в обоих видах кригинга для соответствующих функций вариограмм (рис. 6).

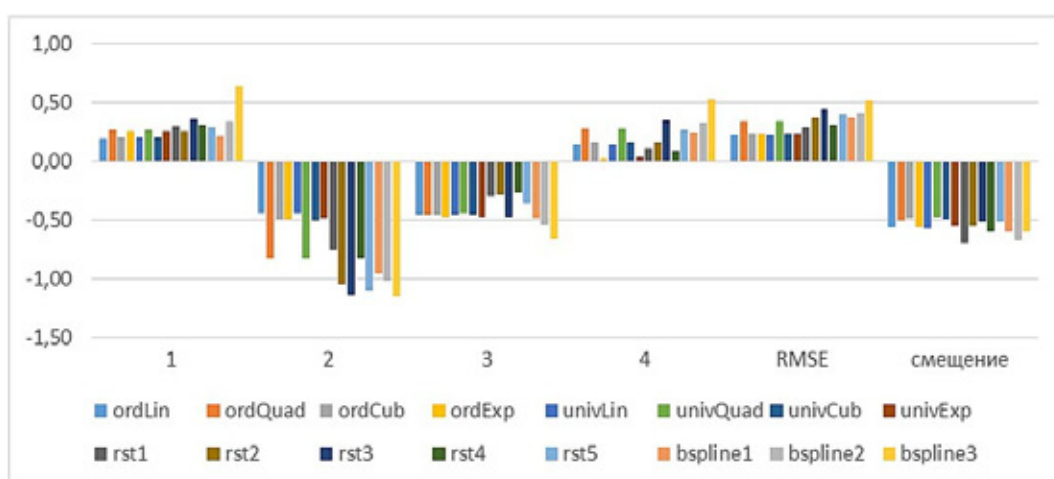


Рис. 6. Графики распределения невязок температур по станциям (1–4), использованным в процедуре кросс-валидации, а также среднеквадратическая ошибка (RMSE) и смещение полей, полученных методом кригинга (обычного «ordLin», «ordQuad», «ordCub», «ordExp» и универсального «univLin», «univQuad», «univCub», «univExp» с использованием линейной, квадратической, кубической и экспоненциальной моделей вариограмм), регуляризованного сплайна с натяжением («rst1» – «rst5», соответствующие им параметры см. на рис. 3 и 4) и бикубического сплайна с регуляризацией Тихонова («bspline1» – «bspline3», соответствующие им параметры см. на рис. 5) для массива за июль-август 1989 г.

Среднеквадратическая погрешность полей, полученных методом сплайн-интерполяции, немного выше, чем у полей, полученных методом кригинга, и не превышает $0,5^\circ$. Смещение (разница средней температуры между измеренным и полученными в результате интерполяции значениями) во всех методах практически идентична (около $-0,5^\circ$), что также говорит о приближенных друг к другу интерполяционных функциях.

Выводы. Сравнительный анализ полей, полученных различными методами интерполяции в QGIS показал, что все виды анализируемых функций позволяют получать поля с небольшой ошибкой, близкой к минимальной. Бикубический сплайн с регуляризацией Тихонова и регуляризованный сплайн с натяжением при подобранных параметрах регуляризации и натяжения дают результаты, близкие к результатам, получаемым методом кригинга.

Все сплайны обладают интерполяционными свойствами, однако могут использоваться и в сглаживающем варианте. Параметр сглаживания может быть задан индивидуально для каждой опорной точки, что реализовано в модулях ГИС QGIS «GRASS-геоалгоритмы» для регуляризованных сплайнов с натяжением и бикубических/билинейных сплайнов с регуляризацией Тихонова.

Возможность дополнительной настройки модулей кригинга и сплайнов с помощью множества параметров делают данные методы наиболее мощным инструментом интерполяции. Практические эксперименты показывают, что для ограниченного набора данных с неравномерным распределением опорных точек, наилучшие результаты при соответствующей настройке параметров дают обычный кригинг и сглаживающие варианты сплайнов, с соответствующим образом подобранным параметром сглаживания (параметр регуляризации Тихонова для бикубических сплайнов) или натяжения (в регуляризованных сплайнах с натяжением).

Из-за того, что очень часто анализируемые массивы данных характеризуются плохой пространственной структурой, в океанологии остро стоит вопрос о достоверности получаемых результатов. Используя для интерполяции несколько независимых модулей, QGIS позволяет провести как качественную (визуальную), так и количественную (методом кросс-валидации) оценку получаемых полей, используемых для описания пространственно-временной изменчивости параметров морской среды. Проанализированные в статье методы интерполяции в сочетании с возможностями статистических модулей и модулей управления базами данных в QGIS открывают широкие возможности для морских климатических исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демьянов В.В., Савельева Е.А. Геостатистика: теория и практика, под ред. Р.В. Артюняна. М.: Наука, 2010. 327 с.
2. Кошель С.М. Теоретическое обоснование структуры и функций блока моделирования рельефа в ГИС: диссертация. М., 2004. 119 с.
3. Кошель С.М., Мусин О.Р. Методы цифрового моделирования: кригинг и радиальная интерполяция. – Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации, 2001. № 2(29)–3(30). С. 23–24.
4. Новикова А.М., Новиков А.А. ГИС как инструмент хранения, обработки и визуализации климатических данных. – Материалы Научной конференции «Ломоносовские чтения» 2015 г. и Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2015», под ред. М.Э. Соколова, В.А. Иванова, Н.Н. Миленко, В.В. Хапаева, Н.В. Величко. Севастополь: ООО Экспресс-печать, 2015. С. 34–35.
5. Поротов Г.С. Математические методы моделирования в геологии. СПб., 2006. 223 с.
6. Matheron G. Splines and Kriging: their formal equivalence // Down to the earth statistics, D.F. Merriam (ed.), Academic Press, N.Y., Geology Contributions 8, 1981. Pp. 77–95.

7. *Mitasova, H., Mitas, L., and Harmon, R.* Simultaneous spline approximation and topographic analysis for lidar elevation data in open-source GIS. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 2005. № 2. Pp. 375–379.

8. *Neteler M., Mitasova H.* Open Source GIS: A GRASS GIS Approach: Third edition. New York: Springer, 2008. 420 p.

9. *Petrasova A., Harmon B., Petras V., Mitasova H.* Tangible Modeling with Open Source GIS. Springer International Publishing, 2015. 135 p.

A.M. Novikova¹, A.B. Polonskij², A.A. Novikov³

COMPARISON OF QGIS INTERPOLATION MODULES CAPABILITIES FOR MARINE CLIMATE RESEARCH ON DUTY WITH AN ARRAY OF LOW-SECURITY DATA

Abstract. *In the article the urgency of modern methods' active use in oceanographic data spatial analysis from the perspective of geo-information and geostatistical approaches is approved. There are analyzed the possibilities of some open GIS QGIS statistical modules for practical problems of data quality rapid assessment solution. The quality of QGIS interpolation modules is estimated representing methods of kriging and radial basis functions (splines) by using an array of low-security data.*

Key words: *QGIS, statistics modules, kriging, regularized spline with tension, bicubic spline interpolation with Tikhonov regularization.*

REFERENCES

1. *Dem'yanov V.V., Savel'eva E.A.* Geostatistika: teoriya i praktika [Geostatistics: Theory and Practice], pod red. R.V. Arutyunyana. Moscow: Nauka, 2010. 327 p.

2. *Koshel' S.M.* Teoreticheskoe obosnovanie struktury i funkcij bloka modelirovaniya rel'efa v GIS: dissertacija [Theoretical Study of the Structure and Functions of the Relief Modeling Unit in GIS: the dissertation]. Moscow, 2004. 119 p.

3. *Koshel' S.M., Musin O.R.* Metody cifrovogo modelirovaniya: kriging i radial'naya interpol'yaciya [Digital Modeling Methods: Kriging and Radial Interpolation]. – Informacionnyj byulleten' GIS-Associacii, 2001, № 2(29)–3(30), pp. 23–24 (in Russian).

4. *Novikova A.M., Novikov A.A.* GIS kak instrument hraneniya, obrabotki i vizualizacii klimaticheskikh dannyh [GIS as a tool for storage, processing and visualization of climate data]. – Materialy Nauchnoj konferencii «Lomonosovskie chteniya» 2015 g. i Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh «Lomonosov-2015», pod red. M.EH. Sokolova, V.A. Ivanova, N.N. Milenko, V.V. Hapaeva, N.V. Velichko. Sevastopol: OOO EHkspresspechat', 2015. Pp. 34–35.

5. *Porotov G.S.* Matematicheskie metody modelirovaniya v geologii [Mathematical methods of modeling in geology]. St. Petersburg, 2006, 223 p.

6. *Mitasova, H., Mitas, L., and Harmon, R.* Simultaneous spline approximation and topographic analysis for lidar elevation data in open-source GIS. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 2005. № 2. Pp. 375–379.

¹ FSBSI «Institute of natural and technical systems», Department of Oceanography Actual Problems, Sevastopol, 299011, Russia, researcher; e-mail: anelkapi@bk.ru.

² FSBSI «Institute of natural and technical systems», the Oceanographic Center, Sevastopol, 299011, Russia, head, professor; e-mail: apolonsky5@mail.ru.

³ Branch of M.V. Lomonosov Moscow State University in Sevastopol, Geography Department, Sevastopol, 299001, Russia, senior teacher; e-mail: a_novik@bk.ru.

7. Neteler M., Mitasova H. Open Source GIS: A GRASS GIS Approach: Third edition. New York: Springer, 2008. 420 p.

8. Petrasova A., Harmon B., Petras V., Mitasova H. Tangible Modeling with Open Source GIS. Springer International Publishing, 2015. 135 p.

УДК 528.852, 551.584.4

М.Ю. Грищенко¹, К.К. Чернулич²

СОПОСТАВЛЕНИЕ НАЗЕМНЫХ И КОСМИЧЕСКИХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ ОСТРОВА ВРАНГЕЛЯ

***Резюме.** В современных условиях в нашей стране многие отдалённые районы характеризуются малой плотностью метеорологических станций, что снижает точность синоптических прогнозов на территории, удалённые от метеостанций. В этой связи использование тепловых космических снимков для моделирования некоторых климатических параметров рассматривается авторами как перспективное направление науки. В статье представлены результаты сопоставления рассчитанных по тепловым космическим снимкам со спутников серии Landsat значений температуры земной поверхности и измеренных с помощью метеоприборов значений температуры приземного слоя атмосферного воздуха. Для рассмотренных сезонов показатели характеризуются выраженной линейной связью с высоким коэффициентом корреляции.*

***Ключевые слова:** Тепловые космические снимки, температура земной поверхности, температура атмосферного воздуха, остров Врангеля.*

Введение. Современный способ составления синоптических карт основывается на проведении климатического моделирования и интерполяции данных сети метеостанций. Минусами данного способа являются крайняя трудоёмкость и разная точность получаемых результатов: для областей, расположенных вблизи метеостанций, точность достаточно высокая, но при удалении от станций она снижается.

Таким образом, получение дистанционных и пространственно непрерывных данных о температуре воздуха было бы полезно для нашей страны, учитывая её географические особенности. Такую возможность даёт использование космических снимков в совокупности с разработкой метеорологических моделей.

Тепловые космические снимки имеют огромный потенциал для использования в географической науке, в том числе, в климатологии. На настоящий момент при применении к ним специальных методов обработки возможно получение значений температуры земной поверхности. Между температурой земной поверхности и температурой приземного слоя атмосферного воздуха существует сложная связь, суть которой ещё до конца не изучена, однако она может быть выражена математически с использованием эмпирических коэффициентов. Поиск таких зависимостей является в настоящее время актуальной задачей аэрокосмических методов географических исследований.

Целью работы является определение связи между температурой земной поверхности, рассчитанной по тепловым космическим снимкам, и температурой приземного слоя атмосферного воздуха, полученной по результатам наземных измерений.

Материалы и методы исследования. На территорию исследуемых островов имеется ряд наземных данных о температуре приземного слоя воздуха. На острове Врангеля распо-

¹ МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет; e-mail: m.gri@geogr.msu.ru.

² МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет; e-mail: chernulich.kk@gmail.com.

ложено 18 пунктов измерений, работавших с 2005 по 2015 год (в том числе государственная метеорологическая станция в бывшем пос. Ушаковское – ГМС). Все данные получены с приборов и станций, приведенных в таблице (табл. 1).

В соответствии с наземными измерениями подобраны космические снимки. В связи с основными требованиями к ним – высокое пространственное разрешение снимков в тепловом диапазоне и частая повторяемость съемки – наиболее подходящими являются снимки со спутников серии Landsat. Всего подобрано 11 снимков на остров Врангеля.

Таблица 1

Погрешности приборов в соответствии с типом датчиков и станций

Тип прибора	Точность прибора, °С
Термографы iButton DS1922L-F50	±1
термогигрографы ibutton DS1923-F5	±1
ГМС	± 0,2

Первый этап расчета значений температуры земной поверхности заключается в проведении радиометрической коррекции с целью перехода от собственного теплового излучения объектов, то есть «сырых» значений яркости, к спектральной плотности энергии излучения. Для этого используется стандартная формула для снимков серии Landsat, составленная разработчиками программы [Converting..., 2010; Science..., 2016; Srinivasan et al., 2013; U.S. Department... 2016; Лялько и др., 2014]:

$$CV_{R1} = DN * M_L + A_L \quad (1)$$

где CV_{R1} – спектральная плотность излучения на сенсоре, DN – «сырые» данные сенсора теплового инфракрасного диапазона, M_L – основной коэффициент пересчета (калибровочный коэффициент), A_L – дополнительный коэффициент пересчета (калибровочная константа, являющаяся значением яркости при минимальном DN). Коэффициенты M_L и A_L записаны в метаданных снимков.

Вторым этапом является проведение атмосферной коррекции снимков с целью компенсации влияния оптической плотности атмосферы. Коррекция для снимков теплового диапазона выполняется разными методами. Наиболее подходящей для данной работы является алгоритм, описанный в работах [Лялько и др., 2014; Converting..., 2010; Yang et al., 2011], где для пересчета используется следующая формула:

$$CV_{R2} = \frac{CV_{R1} - L\uparrow}{\varepsilon\tau} - \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon} L\downarrow \quad (2)$$

где $L\uparrow$ – спектральная плотность энергетической яркости восходящего излучения атмосферы в направлении сенсора, $L\downarrow$ – спектральная плотность энергетической яркости нисходящего излучения атмосферы в направлении поверхности Земли, τ – зональный коэффициент пропускания атмосферы, ε – излучательная способность земной поверхности.

Значения $L\uparrow$, $L\downarrow$ и τ для каждого снимка были получены с помощью Калькулятора параметров атмосферной коррекции НАСА [Atmospheric..., 2016]. В качестве исходных параметров использованы следующие данные: год, месяц, день; часы и минуты (по Гринвичу); широта и долгота центральной точки острова с указанием метода интерполяции профиля атмосферы в зависимости от координат; стандартная модель атмосферы; номера тепловых каналов спутников серии Landsat.

Для выбора стандартной модели атмосферы для изучаемой территории использована таблица, созданная для аналогичного определения подходящей модели при использовании модуля FLAASH в программном продукте ENVI [Atmospheric..., 2009]. Данный модуль является реализацией системы MODTRAN, встроенной в программу ENVI для проведения атмосферной коррекции.

Для острова Врангеля использованы снимки с июля по сентябрь, широта острова Врангеля равна 71°14' с.ш., таким образом, для данной территории подходит модель Mid-Latitude Winter. С помощью калькулятора параметров атмосферной коррекции НАСА получены значения $L\uparrow$, $L\downarrow$ и τ для каждого снимка, которые затем использовались при расчетах.

Излучательная способность ϵ для разных поверхностей известна из научных работ [Грищенко, 2015; Лялько и др., 2014]. Для выявления распределения объектов с разной излучательной способностью проведена контролируемая классификация снимков (рис. 1).

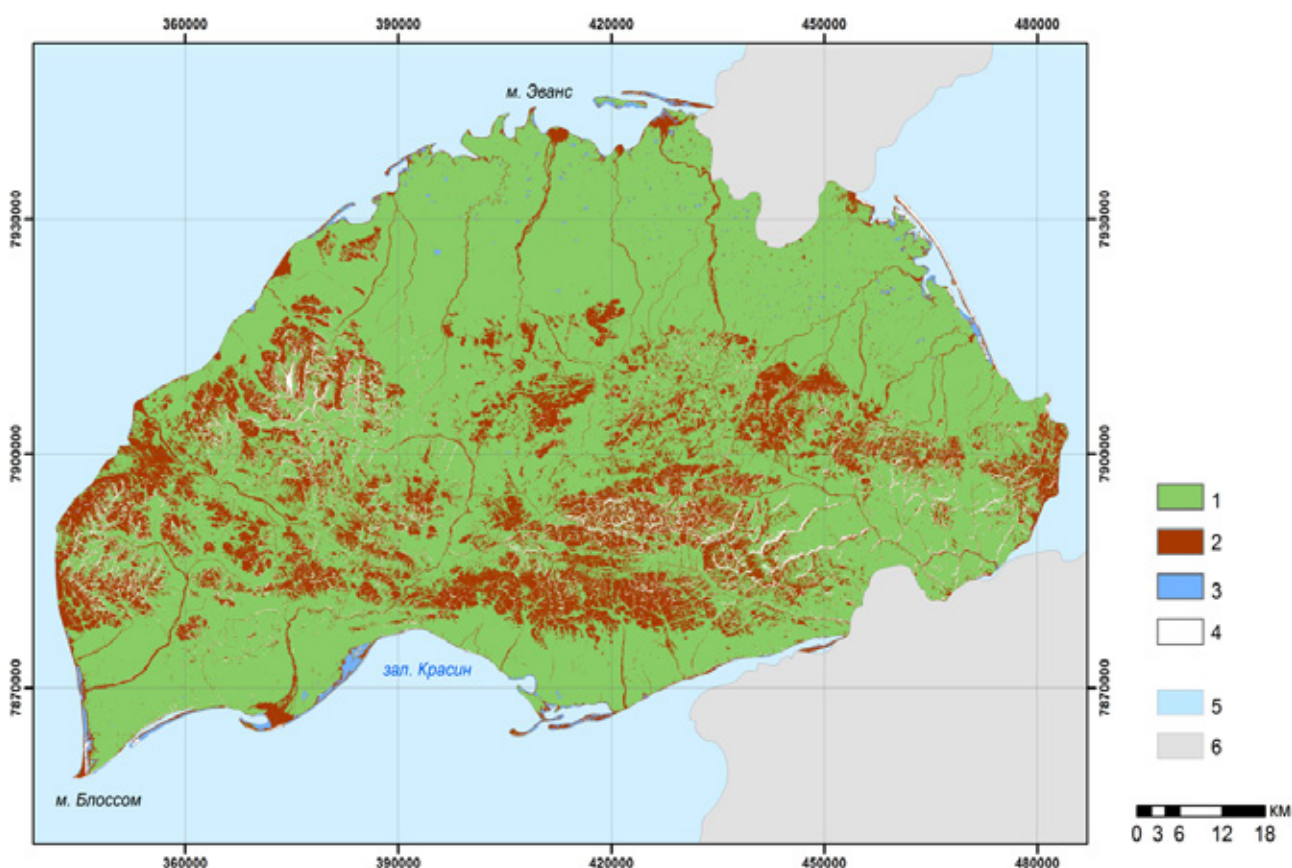


Рис. 1. Схема дешифрирования территории о. Врангеля по космическому снимку системы OLI за 07.08.2014. Типы поверхности: 1. Тундровая растительность; 2. Открытый грунт; 3. Поверхностные водоёмы; 4. Снежники. Маскированные участки: 5. Морские и океанические акватории; 6. Облачность

Третий этап расчёта температуры земной поверхности представляет собой переход от скорректированной спектральной плотности излучения непосредственно к значениям температуры поверхности. Для этого используется формула, полученная путём выражения температуры из формулы спектральной плотности энергетической светимости абсолютно чёрного тела Планка и адаптированная для съёмочных систем спутника Landsat 8 [Лялько и др., 2014; Converting..., 2010]:

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{CV_{R2}} + 1\right)} \quad (3)$$

где T – температура исследуемой поверхности (К); CV_{R2} – спектральная плотность излучения на сенсоре, рассчитанная с учетом влияния атмосферы; K_1, K_2 – калибровочные коэффициенты преобразования излучения в температуру. Коэффициенты рассчитываются отдельно для каждого сенсора и хранятся в метаданных снимков.

В итоге вышеописанных расчетов получены 15 полей распределения значений температуры земной поверхности, которые оказались репрезентативными как при оценке в региональном масштабе, так и при исследовании локальных участков.

Результаты. Расчёт значений температуры приземного слоя воздуха. Рассчитанные значения температуры земной поверхности и измеренные измерения температуры приземного слоя воздуха для рассматриваемой территории и сезонов имеют достаточно высокие коэффициенты корреляции: для раннелетнего и летнего периода этот показатель составляет 0,77 и 0,83 соответственно.

Так как исследуемые явления имеют выраженную линейную зависимость, построены две линии регрессии и получены их уравнения. Так как уравнения регрессии представляют собой среднеквадратическую точечную аппроксимацию значений, по ним полученные значения температуры земной поверхности пересчитаны в значения температуры воздуха. Пример одного из полученных графиков приведен ниже (рис. 2). Итоговые уравнения, используемые для пересчета, имеют следующий вид:

$$SAT = 0,8782 * T - 4,1923, \quad (4)$$

$$SAT = 0,929 * T + 0,0708, \quad (5)$$

где SAT – температура приземного слоя атмосферного воздуха, T – рассчитанная температура поверхности Земли. Уравнения приведены для раннелетнего (4) и летнего (5) периодов.

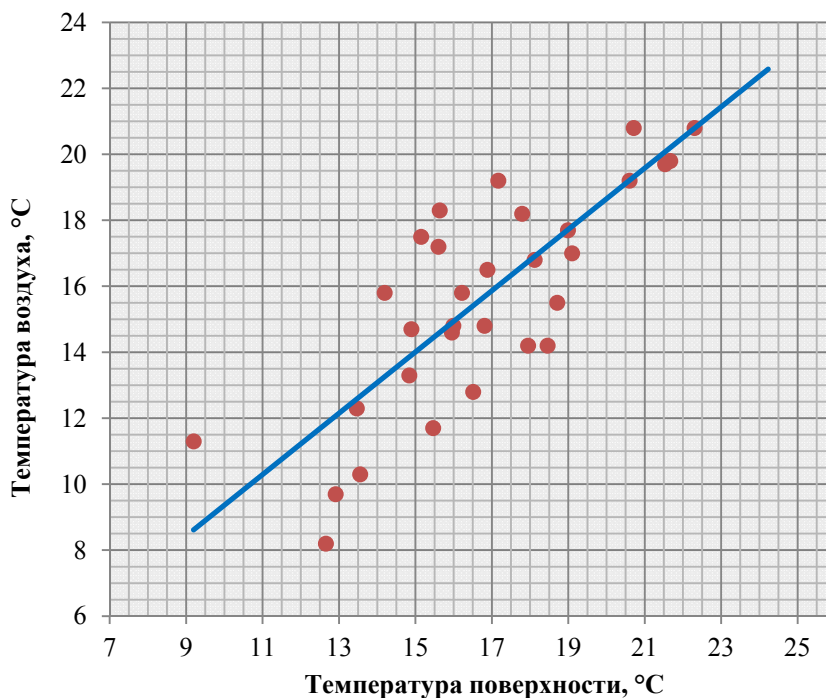


Рис. 2. Линия регрессии и исследуемые показатели для летнего периода на территорию острова Врангеля

В результате получено 15 полей распределения температуры приземного слоя воздуха, которые оформлены в виде карт. Пример одной из карт приведен на рисунке (рис. 3).

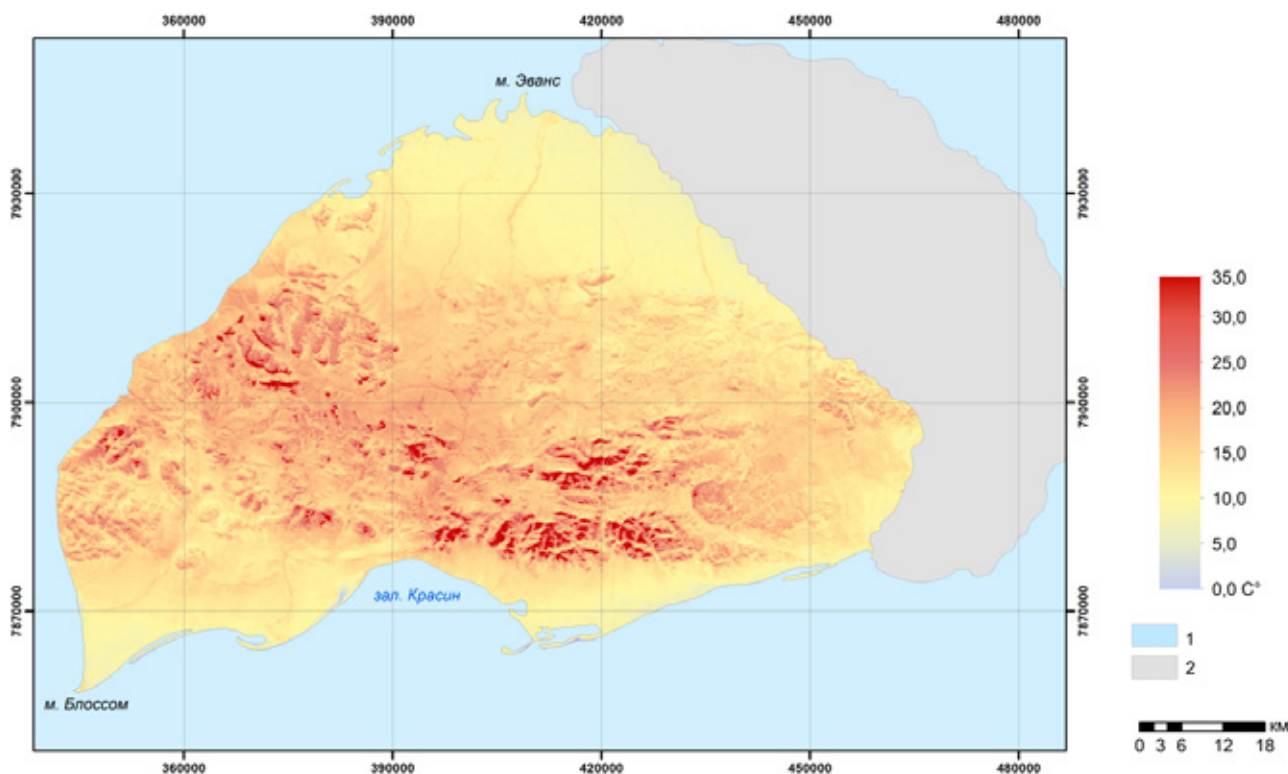


Рис. 3. Поле распределения температуры приземного слоя атмосферного воздуха на территорию о. Врангеля на 08.08.2014 по уравнению (2). Маскированные участки: 1. Морские и океанические акватории; 2. Облачность

Среднеквадратическое отклонение рассчитанных значений температуры воздуха от результатов наземных измерений составляет на раннелетний и летний периоды 1,35°C и 1,1°C соответственно.

Выводы. В ходе работы произведено сопоставление рассчитанных по тепловым снимкам значений температуры земной поверхности и наземных измерений приземного слоя атмосферного воздуха для территории острова Врангеля по снимкам со спутников серии Landsat.

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Рассчитанные значения температуры земной поверхности и наземные измерения для рассматриваемых территории и сезонов имеют выраженную линейную связь, что подтверждается высокими значениями коэффициентов корреляции и детерминации. Особенно репрезентативными являются результаты, полученные для летнего периода, так как при относительно большом количестве измерений (32 штуки) получен высокий коэффициент корреляции, равный 0,83.

2. Кроме этого, на основе сопоставления рассчитанных значений температуры поверхности и измеренных значений температуры приземного слоя воздуха установлено, что в первой половине июля на острове Врангеля воздух прогревается намного слабее, чем в следующие летние месяцы. В начале лета (в данном регионе это начало-середина июля) солнечная радиация интенсивно нагревает земную поверхность, но для активного теплообмена с приземным слоем воздуха этого еще не достаточно и вся поглощенная энергия расходуется на собственный нагрев. Поэтому данный период характеризуется более заметными различиями между температурой земной поверхности и температурой воздуха – в среднем до 10 °С, в то время как для летнего периода разница, как правило, варьирует в пределах 5 °С.

4. В ходе работы также удалось установить, что дифференциация температуры земной поверхности главным образом обусловлена неоднородностью растительного покрова. В местах, где на поверхности лежат открытые грунты, температура земной поверхности значительно выше, чем на участках, занятых растительностью. Даже различия в степени активности вегетации значительно влияют на значения температуры земной поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грищенко М.Ю. Анализ сезонной изменчивости поверхностного острова тепла Москвы по тепловым космическим снимкам // Геоинформационное картографирование в регионах России: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции (Воронеж, 10–12 декабря 2015 г.) / Воронежский государственный университет. – Воронеж: Научная книга, 2015. С. 29–36.
2. Лялько В.И., Филиппович В.Е., Станкевич С.А., Мычак А.Г., Титаренко О.В. и др. Влияние урбанизации на микроклимат городов (по материалам тепловых аэрокосмических съемок). Информационный отчет о НИР. Киев: ЦАКИЗ ИГН НАН Украины, 2014.
3. Atmospheric Correction Module: QUAC and FLAASH User's Guide // ENVI, Atmospheric Correction Module, Version 4.7, 2009.
4. Atmospheric Correction Parameter Calculator // NASA. [Электронный ресурс]. URL: <http://atmcorr.gsfc.nasa.gov/> (дата обращения 20.02.2016).
5. Converting Landsat TM and ETM+ thermal bands to temperature // The Yale Center for Earth Observation, 2010. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.yale.edu/ceo> (дата обращения 14.04.2012).
6. Science data users handbook: Landsat 7: Data products: Level 1G Product // NASA, 2011. [Официальный сайт НАСА]. URL: <http://www.yale.edu/ceo> (дата обращения 08.04.2016).
7. Srinivasan S. Using data from the Landsat 8 TIRS instrument to estimate surface temperature // Geohackers, 2013. [Электронный ресурс]. URL: <http://geohackers.in/2013/08/using-data-from-the-landsat-8-tirs-instrument-to-estimate-surface-temperature> (дата обращения 10.03.2015).
8. U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey: Landsat Missions: Using the USGS Landsat 8 Product // [Официальный сайт Геологической службы США]. URL: http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php (дата обращения: 25.04.2016).
9. Yang H., Zhang L.F., Zhang X., Fang C., Tong Q. Algorithm of emissivity spectrum and temperature separation based on TASI data // Journal of Remote Sensing. 2011. Vol. 15. No 6. Pp. 1242–1254.

M.Y. Grishchenko¹, K.K. Chernulich²

COMPARISON OF THE GROUND AND SATELLITE TEMPERATURE DATA, CASE OF WRANGELL ISLAND

***Abstract.** In modern times, in the country many remote areas are characterized by low density of weather stations, which reduces the accuracy of synoptic forecasts for territories remotest from the weather stations. In this regard, the use of thermal infrared satellite images for simulation of some climatic parameters is considered by the authors as a promising area of science. The article presents the results of comparing the land surface temperature values calculated from Landsat satellites images and ground-measured air temperature values. For the considered seasons the indicators are characterized by a pronounced linear relationship with a high correlation coefficient.*

***Key words:** Thermal infrared satellite images, land surface temperature, atmospheric air temperature, Wrangell island.*

REFERENCES

1. Grishchenko M.Y. Analiz sezonnoi izmenchivosti poverkhnostnogo octrova tepla Moskvy po teplovyim kosmicheskim snimkam // Geoinformatsionnoye kartografirovaniye v regionakh Ros-

¹ M.V. Lomonosov MSU, Faculty of Geography; e-mail: m.gri@geogr.msu.ru.

² M.V. Lomonosov MSU, Faculty of Geography; e-mail: chernulich.kk@gmail.com.

sii: materialy VII Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferencii (Voronezh, 10-12 dekabrya 2015 g.) / Voronezhskiy gosudarstvenniy universitet. [Analysis of the seasonal changes of the Moscow surface urban heat island based on thermal infrared satellite images // Geoinformation cartography in regions of Russia: Proceedings of VII Russian-wide research and practice conference (Voronezh, 10–12th of December 2015) / Voronezh state university] – Voronezh: Nauchnaya kniga, 2015. Pp. 29–36.

2. *Lyalko V.I., Filippovich V.Y., Stankevich S.A., Mychak A.G., Titarenko O.V. et al.* Vliyaniye urbanizatsii na mikroklimat gorodov (po materialam teplovykh aerokosmocheskikh syomok). Informatsionniy otchyot o NIR [The effect of urbanization on the city microclimate (using the materials of thermal infrared aerospace surveys). Research project information report]. Kiev: TSAKIZ IGN NAN Ukrainy, 2014.

3. Atmospheric Correction Module: QUAC and FLAASH User's Guide // ENVI, Atmospheric Correction Module, Version 4.7, 2009.

4. Atmospheric Correction Parameter Calculator // NASA. [Электронный ресурс]. URL: <http://atmcorr.gsfc.nasa.gov/> (дата обращения 20.02.2016).

5. Converting Landsat TM and ETM+ thermal bands to temperature // The Yale Center for Earth Observation, 2010. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.yale.edu/ceo> (дата обращения 14.04.2012).

6. Science data users handbook: Landsat 7: Data products: Level 1G Product // NASA, 2011. [Официальный сайт НАСА]. URL: <http://www.yale.edu/ceo> (дата обращения 08.04.2016).

7. *Srinivasan S.* Using data from the Landsat 8 TIRS instrument to estimate surface temperature // Geohackers, 2013. [Электронный ресурс]. URL: <http://geohackers.in/2013/08/using-data-from-the-landsat-8-tirs-instrument-to-estimate-surface-temperature> (дата обращения 10.03.2015).

8. U.S. Department of the Interior U.S. Geological Survey: Landsat Missions: Using the USGS Landsat 8 Product // [Официальный сайт Геологической службы США]. URL: http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php (дата обращения: 25.04.2016).

9. *Yang H., Zhang L.F., Zhang X., Fang C., Tong Q.* Algorithm of emissivity spectrum and temperature separation based on TASI data // Journal of Remote Sensing. 2011. Vol. 15. No 6. Pp. 1242–1254.

УДК 911.2:528.7:551.32

А.Д. Китов¹, В.М. Плюснин²

ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ НИВАЛЬНО-ГЛЯЦИАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ ХРЕБТА КОДАР (БАЗА ДАННЫХ)

Резюме. Работа представляет продолжение исследований авторов по картографированию нивально-гляциальных образований Южной Сибири и созданию соответствующих баз данных [Китов, Плюснин, 2008, 2011, 2012, 2015]. Рассматривается состояние оледенения с середины прошлого века до настоящего времени на разных известных этапах. Для хребта Кодар выделяются состояния оледенения: (1) по первым топографическим картам на начало 1960-х лет; (2) по данным Каталога ледников СССР (начало 1970-х); (3) по Карте ледников хребта Кодар 1976 г. (исследования ИГСиДВ АН СССР); (4) современное состояние по данным дистанционного зондирования Земли (комоснимки 2007–2015 гг. EROS, Quick Bird, Aster, Landsat). Атрибутивные таблицы представлены в формате типа WGI [WEBGEO, 2015]. Анализ данных разного временного состояния показывает динамику оле-

¹ Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН; e-mail: kitov@irigs.irk.ru.

² Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН; e-mail: plyusnin@irigs.irk.ru.

денения хребта Кодар с тенденцией сокращения ледников более чем в два раза. Уточнены координаты центров ледников, их площадь, форма, длина, ориентация и высотное расположение сохранившихся и деградировавших нивально-гляциальных образований. Полученные данные и картографические изображения гляциальных объектов уточняют и дополняют международные базы данных о ледниках.

Ключевые слова: ледники, хребет Кодар, базы данных, ГИС, дистанционное исследование Земли.

Введение. Изучение оледенения хребта Кодар (рис. 1) претерпело несколько этапов от первого косвенного упоминания о ледниках в 1883 г. до сомнений в существовании настоящих ледников и, наконец, их описание, и детальное картографирование [Пластинин, 1998]. В 1930 – 1950-е годы отрицалось наличие ледников [Суслов, 1954]. Но в 1958-59 гг. В.С. Преображенский [1960] впервые описал ледники хребта Кодар, положив начало их картографированию.

Первоначально исследования проводились натурными наблюдениями с использованием аэроснимков и топографических карт. Масштабные аэросъемки в СССР выполнялись в начале 1960-х для составления топографических карт масштабов 1:25000 – 1:200000. Съёмки 1963 года легли в основу составления каталога ледников на эту территорию. Поэтому первым этапом можно считать фиксацию нивально-гляциальных образований на топографических картах. Эти материалы представляют самостоятельный интерес и отображают значительно большее количество ледников, чем описаны В.С. Преображенским и в последующем включенных в Каталог ледников СССР с иной нумерацией (рис. 2).

Создание каталога ледников СССР [Каталог, 1972] следует считать вторым этапом детальной инвентаризации оледенения хребта Кодар. В каталоге в качестве названий были сохранены наименования ледников, данные В.С. Преображенским, но новая нумерация не соответствует первоначальной. В каталоге представлено 30 ледников (рис. 3). В основном это работы Института географии АН СССР и МГУ.

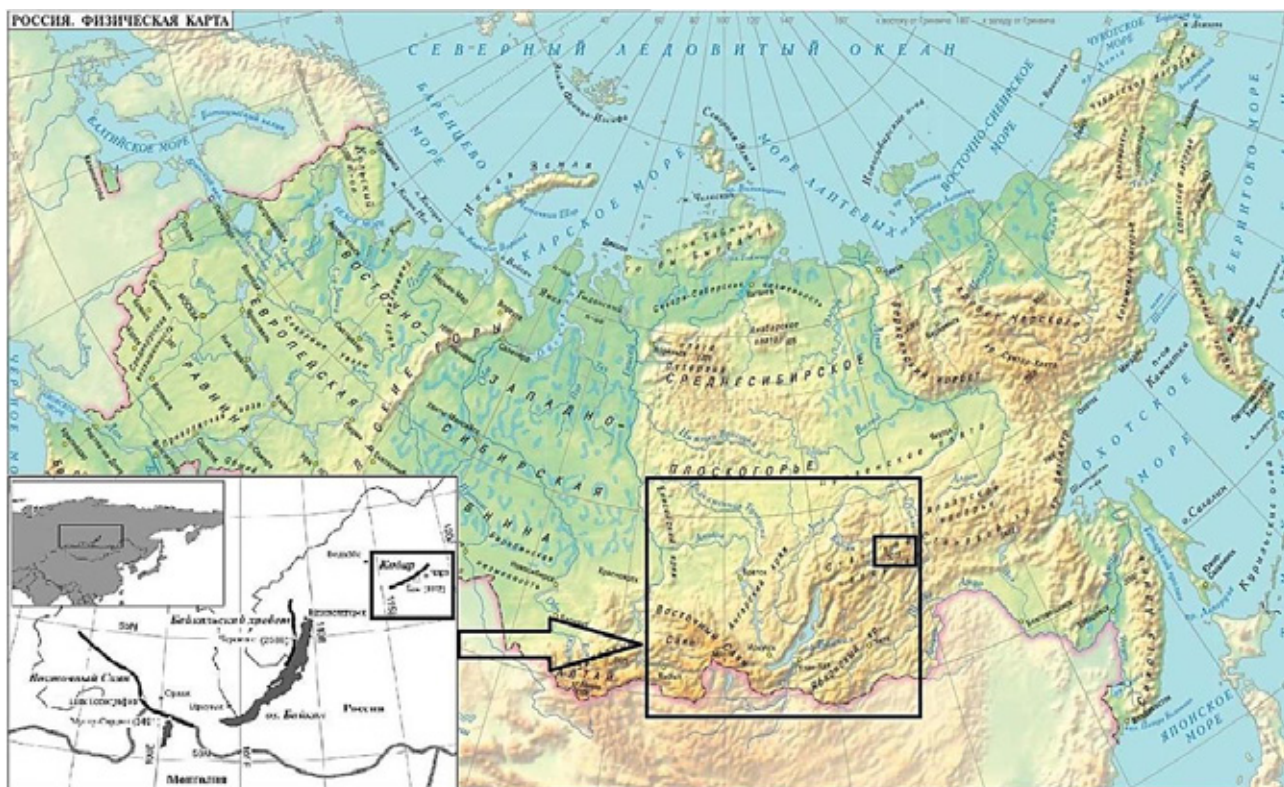


Рис. 1. Основные территории оледенения: Кодар, Байкальский и Баргузинский хребты, Восточный Саян. Ключевой участок – хребет Кодар

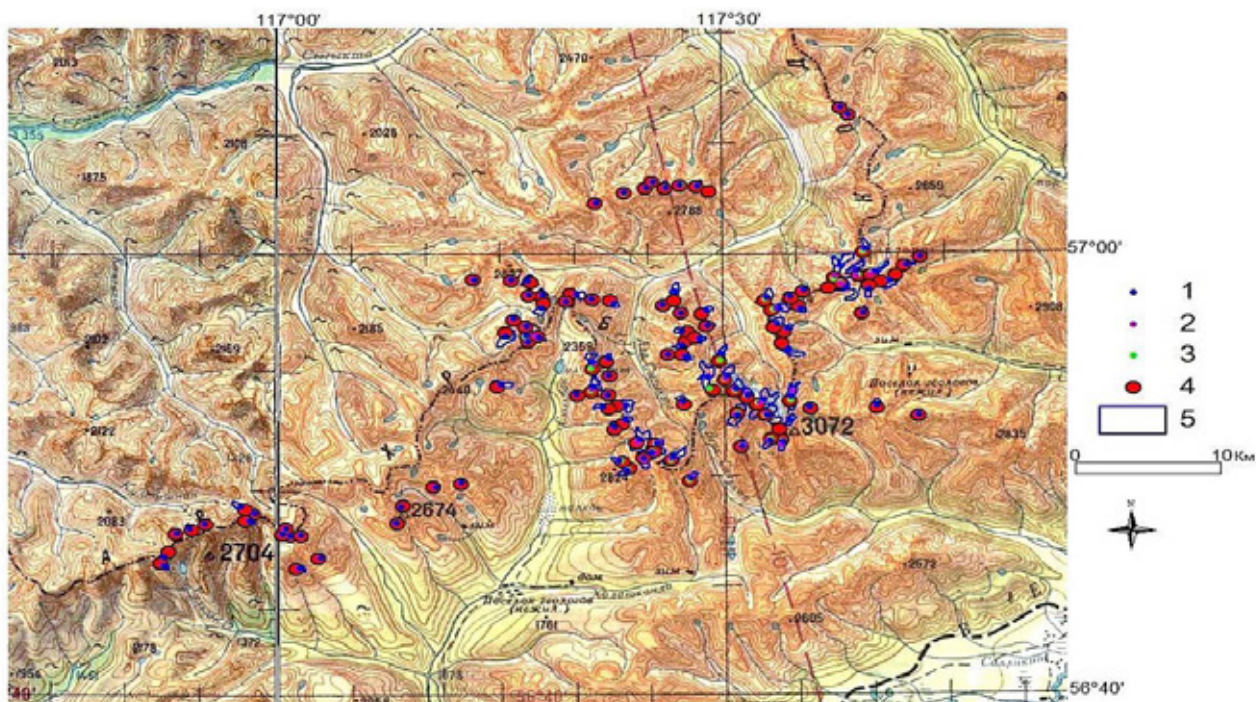


Рис. 2. Нивально-гляциальные образования хребта Кодар: 1–4 – центры ледников: 1 – по топокартам 1960-х; 2 – по данным Каталога ледников 1972 г.; 3 – по Карте ледников 1976 г.; 4 – по данным космосъемки (современное состояние); 5 – предполагаемые границы ледников по топокартам на начало 1960-х лет. Фон – топокарта М 1:500000 О-50-В, -Г

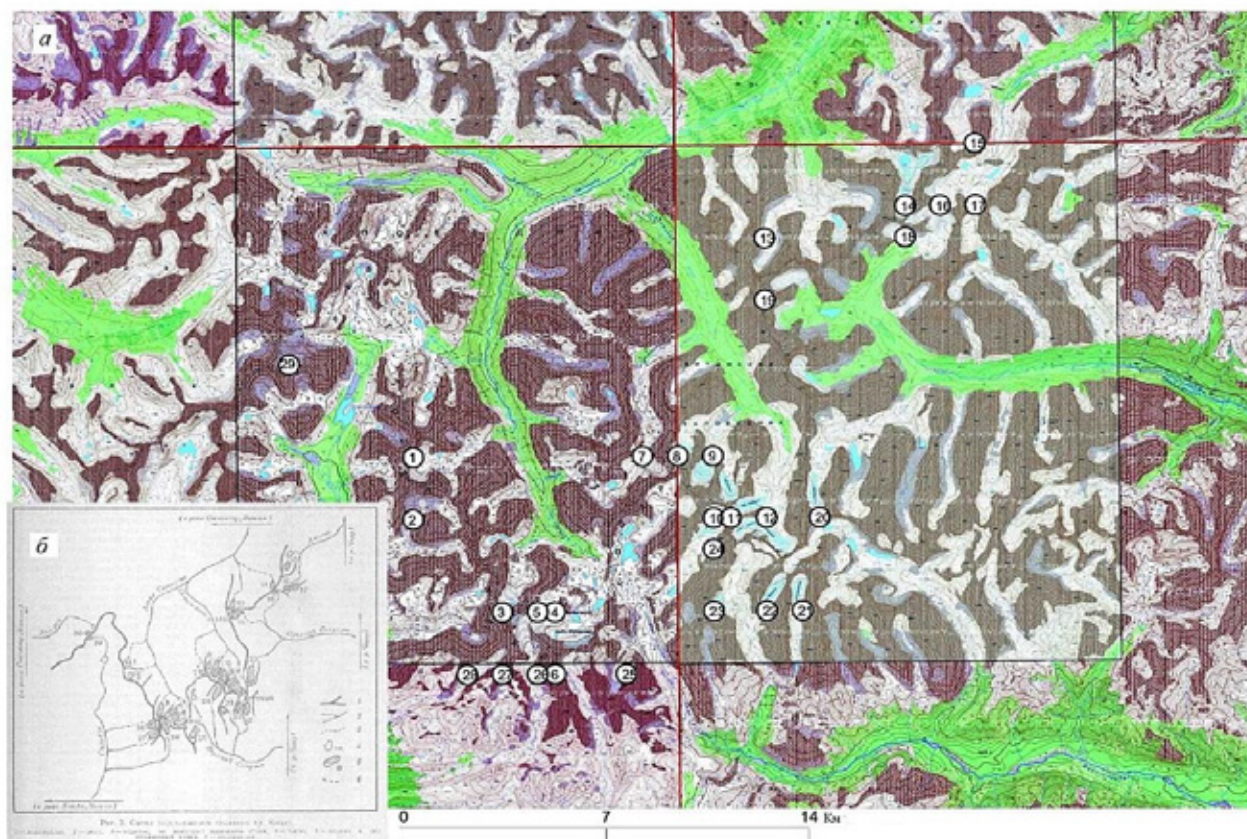


Рис. 3. Оледенение хребта Кодар: *a* – центры ледников с современной нумерацией по Каталогу ледников 1972 г. (координаты отмечены с не достаточной точностью и стилизовано, поэтому центр может не попадать на ледник); *б* – схема расположения ледников [Каталог, 1972]. Фон – топокарты ГТЦ М 1:50000

Третий этап пришелся на середину – конец 1970-х [Пластинин, 1998; Плюснин, 1979]. В основном это работы Института географии СО РАН (ранее ИГСиДВ АН СССР), отдельные сведения содержатся еще в нескольких публикациях [Голубев, 1976; Мерзлотоведение, 1981; Долгушин, Осипова, 1989]. Дополнительно к 30 известным было описано 7 ледников севернее основной группировки оледенения хребта, которые отображены на Карте ледников хребта Кодар м-ба 1:100000, составленной Л.А. Пластининым, В.М. Плюсниним и П.П. Рудаковым (не опубли., рис. 4).

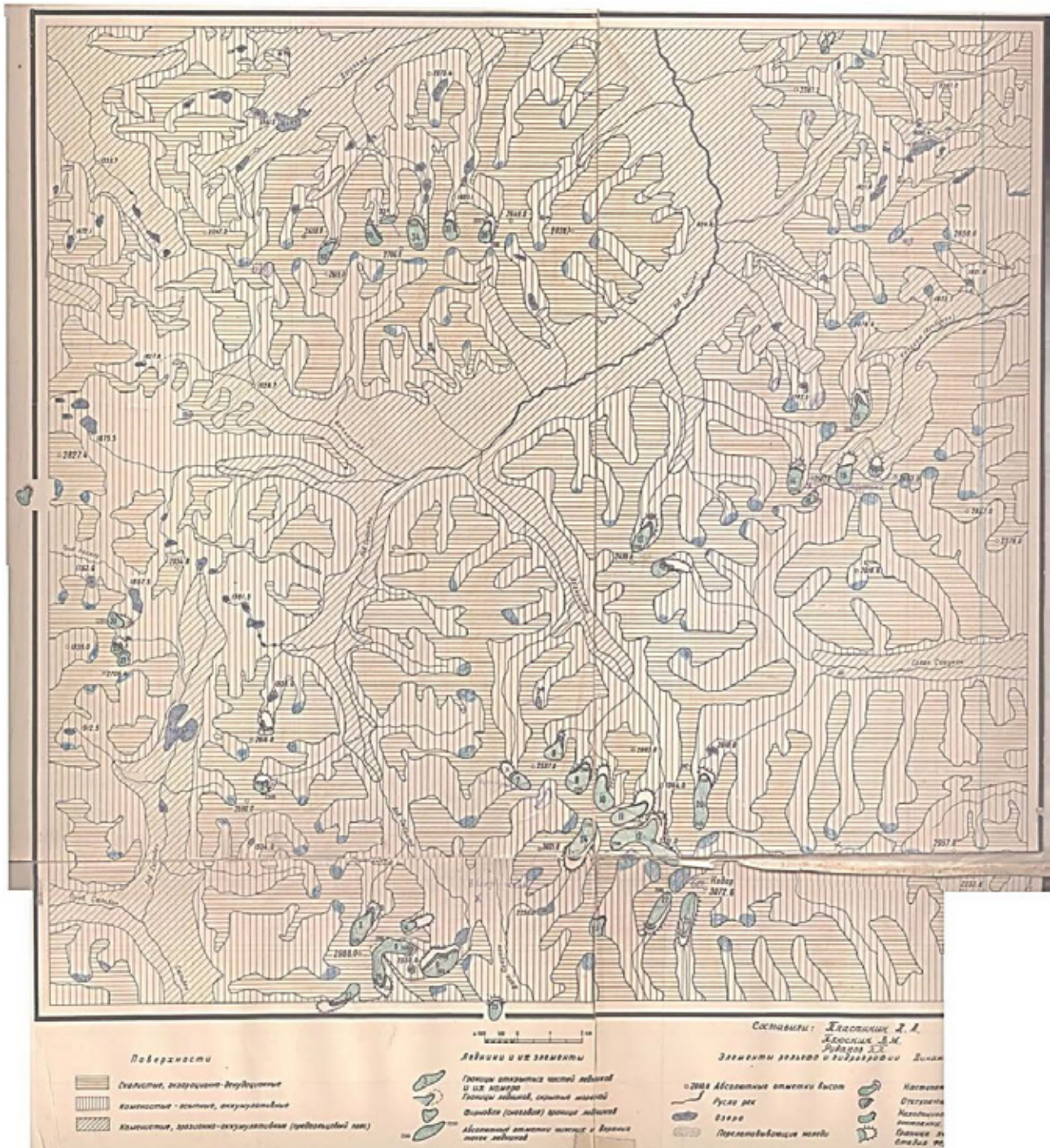


Рис. 4. Карта ледников хребта Кодар 1976 г.

Четвертый этап – современный, начиная с 2007 года [Поповнин, 2006; Коваленко, 2008; Осипов и др., 2008; Китов, Плюснин, 2008; Плюснин, Китов, 2010; Иванов, 2015; Stokes et., 2013; Stepanova et., 2015]. Наиболее детально исследовался ледник Азаровой [Shahgedanova

et., 2011; Коваленко, 2008]. Подробный обзор всей территории Кодара выполнен ЛИИ СО РАН [Osipov, Osipova, 2014, 2015]. Отдельно стоит отметить особенность современного этапа – использование геоинформационных систем (ГИС) для инвентаризации и мониторинга ледников на основе цифровой многоспектральной космической съемки, построение цифровых моделей местности (в том числе с использованием дронов, воздушного и наземного лазерного сканирования) и 3D-моделирования, а так же перевод баз данных (БД) в электронный вид. Первоначально перевод данных Каталога ледников СССР и создание соответствующего сайта Интернет было выполнено Институтом географии РАН [Котляков и др., 2015].

Материалы и методы исследований. Если на первых этапах инвентаризации ледников основным материалом были топографические карты и аэрокосмоснимки, а «Методика и применяемые приборы при измерительных работах были обычными (циркуль с постоянным раствором в 1 мм, палетка с размером сетки 1 мм²). Все измерения длин и площадей проводились дважды. Среднее из двух измерений округлялось с точностью до 0,1 км и 0,1 км²» [Каталог, 1972; Руководство, 1966]. То в настоящее время при инвентаризации ледников используются многоспектральные космоснимки с пространственным разрешением от 0,4 до 30 м, а основной измерительный и картографический инструмент – компьютер с соответствующим программным обеспечением для составления ГИС-проекта.

Для инвентаризации состояния оледенения за последние полвека и составления базы данных использовались космоснимки высокого разрешения EROS (разрешение 0,7 м), Quick Bird (0,6 м), Aster (2,5 м), среднего Landsat-7, -8 (15, 30 м) и топографические карты м-бов 1:200000 (растровая и векторная), 1:100000 (растровая), 1:50000 (растровая) с сайта Госгисцентра (ГГЦ).

Методика заключалась в следующем. Создавались объекты четырех временных срезов: (1) по топографическим картам, предположительно самый ранний период (1960-е годы); (2) по данным каталога СССР (их цифровое представление в международных БД, начало 1970-х); (3) по «Карте ледников хребта Кодар» (конец 1970-х); (4) по космоснимкам (современное состояние). Кроме этого использовалась цифровая модель рельефа SRTM-3» (разрешение 30 м, экстраполировано до 10 м). Все эти данные приведены к единой пространственной основе в проекции Гаусса-Крюгера (Пулково-1942 г., зона О-50, с центральным меридианом 117), векторные данные в десятичных градусах.

Каждый временной тематический срез представлен тремя типами векторных данных (ГИС-тем): точечные (центр нивально-гляциального образования, определяет координаты ледника); линейные (осевая линия объекта, определяет его длину); площадные (полигон, определяющий границу объекта, его площадь и периметр). Из полигональной темы рассчитывалась ее центральная точка.

Центральная линия, по возможности, проводилась от верхней до нижней границы ледника как можно ближе к осевой линии и центральной точке ледника. Соответственно эта ломаная линия имеет минимально 3 отметки – верх, центр, низ. Если ледник изгибается, то иногда добавлялось 1–2 промежуточные точки. У ледника сложной формы, центральная точка может не попадать на осевую линию и на тело ледника, например, как у ледника Советских географов, образующегося из двух каров. По результатам векторизации и анализа графических материалов формировалась атрибутивная таблица (БД), соответствующая формату WGI.

Для выделения первичного объекта (первого временного среза) формировалась суперпозиция всех разновременных и разномасштабных растровых и векторных топографических карт, и выделялась наибольшая возможная территория ледника, представленная этой интегральной топокартой. Иногда производилась незначительная реконструкция по космоснимку.

Второй временной срез представлен данными каталога ледников СССР и соответствующей схемой (см. рис. 3б). Это наиболее проблематичный тематический слой, так как данные в таблице даны с низкой точностью, нет картографического изображения ледников (представлена мелкомасштабная схема). Можно было бы изобразить ледники овалами площадью и длиной, определяемыми данными таблицы, но решено было генерализованно представить объекты по форме кара полигоном соответствующей длины и площади. Если учитывать максимальную и минимальную высотные границы ледника, то часто размер кара был не

достаточен для его размещения. Поэтому площадь приходилось подгонять под требуемую величину за счет бортов кара в пределах допустимых верхних и нижних изолиний рельефа. Ледник №29 не удалось векторизовать с необходимой площадью (требовалось 1,1 км², однако размер кара позволял разместить ледник величиной 0,24 км² с учетом его граничных условий по высоте). Длины ледников, как правило, были короче требуемой. Преимущественно, согласно высотным условиям (верхняя – нижняя границы), ледники приходилось размещать в нижней части кара, ниже характерного места, где располагались ледники на топокарте и других тематических материалах (космоснимках).

Третий временной срез соответствует карте ледников хребта Кодар 1976 г. (см. рис. 4). На ней ледники представлены генерализованно, а саму карту не удалось точно совместить с топокартой, поэтому векторизованные объекты пришлось смещать по месту с учетом геоморфологии кара и предыдущего состояния объекта, полученного по топографическим картам. Некоторые ледники имели отметки высшей и низшей границ, это использовалось для коррекции положения ледника по рельефу топокарты. Для уточнения использовалась карта из работы Л.А. Пластинина [1998].

Четвертый (современный) тематический срез составлен согласно дешифрированию космоснимков (2007–2015 гг.): Landsat-TM, Landsat-ETM+, Landsat-8, EROS, Quick Bird, Aster (рис. 5).

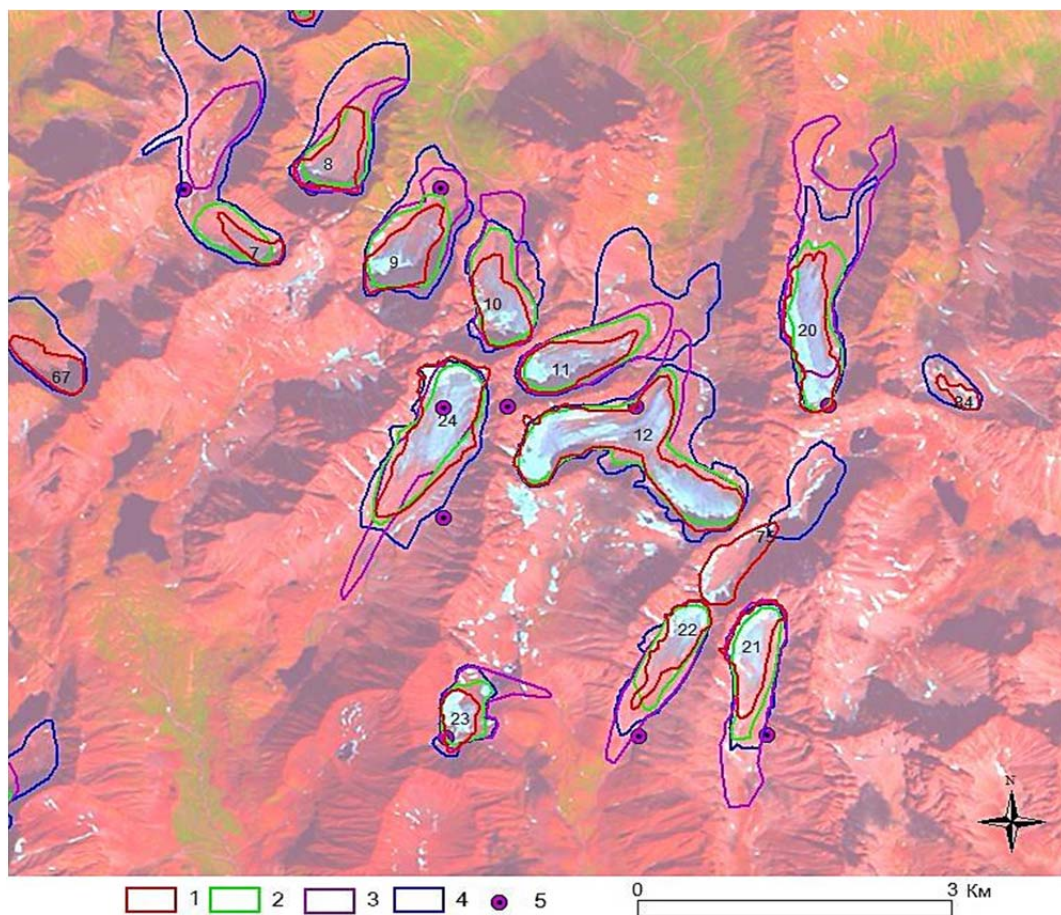


Рис. 5. Основной узел оледенения хребта Кодар на фоне космоснимка Landsat-8 авг.2014 г. Границы ледников (1-4): 1 – современное состояние по космосъемке (с указанием номера ледника в центре); 2 – по Карте 1976 г.; 3 – по данным Каталога ледников СССР 1972 г.; 4 – по топокартам 1960-х лет; 5 – центры ледников по координатам Каталога ледников СССР

Результаты исследований и их обсуждение. В результате ГИС-анализа параметров векторизованных нивально-гляциальных объектов, полученных по данным четырех временных периодов (см. рис. 2-5) были составлены БД и рассчитаны основные характеристики этих объектов: площадь, периметр, координаты центров (долгота, широта в десятичных гра-

дусах), длина, верхняя и нижняя границы и др. Основные характеристики ледников по БД Каталога ледников СССР 1972 г. представлены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики ледников хребта Кодар в формате WGI по Каталогу ледников СССР [WEBGEO, 2015]

ID	Num	Code	Glacier name	Lat	Long	Photo_type	Photo_year	Total area	Max_length	Max_elev	Mean_elev	Min_elev	Classifica
0	1	SU5D17201001	20	56.90	117.35	F	1963	0,6	1	2280	2130	1980	640110
1	2	SU5D17201002	28	56.88	117.35	F	1963	0,4	0,8	2320	2180	2040	640210
2	3	SU5D17201003	11	56.85	117.40	F	1963	0,7	1,9	2120	1990	1860	530110
3	4	SU5D17201004	ZABAIKALIETZ	56.85	117.43	F	1963	0,4	1	2400	2270	2140	640110
4	5	SU5D17201005	SYGYKTINSKIY	56.85	117.42	N/A	-	0,6	1	2580	2490	2400	530110
5	6	SU5D17201006	DMITRIYA KOLOSOV	56.83	117.43	N/A	-	0,8	1,5	2460	2360	2250	750110
6	7	SU5D17201007	5	56.90	117.48	F	1963	0,4	0,9	2200	2090	1980	640110
7	8	SU5D17201008	19	56.90	117.50	N/A	-	0,5	0,8	2320	2160	2000	640210
8	9	SU5D17201009	18	56.90	117.52	N/A	-	0,7	1,3	2300	2150	2000	530110
9	10	SU5D17201010	17	56.88	117.52	N/A	-	0,7	1,2	2400	2230	2060	640110
10	11	SU5D17201011	YEYVGENIYA TIMASH	56.88	117.53	N/A	-	0,7	1,6	2380	2210	2040	640110
11	12	SU5D17201012	SOVETSKIH GEOGRAFOV	56.88	117.55	N/A	-	1,4	2	2500	2300	2090	530110
12	13	SU5D17201013	22	56.97	117.55	N/A	-	0,7	1,4	2200	2020	1840	640110
13	14	SU5D17201014	25	56.98	117.63	N/A	-	0,4	1	2320	2210	2100	640110
14	15	SU5D17201015	27	57.00	117.67	N/A	-	0,6	1,2	2240	2120	2000	640110
15	16	SU5D17201016	26	56.98	117.65	N/A	-	0,3	0,7	2380	2280	2180	750110
16	17	SU5D17201017	23	56.98	117.67	N/A	-	0,3	0,7	2380	2240	2100	530210
17	18	SU5D17201018	24	56.97	117.63	F	1963	0,2	0,6	2440	2340	2240	640110
18	19	SU5D17201019	21	56.95	117.55	F	1963	0,7	1,4	2460	2350	2240	530110
19	20	SU5D17201020	N. AZAROV	56.88	117.58	N/A	-	1,3	2,1	2320	2160	2000	640110
20	21	SU5D17201021	OLIEGA JABLONSKOGO	56.85	117.57	F	1963	0,8	1,5	2600	2400	2200	630110
21	22	SU5D17201022	ALEXANDRA KAUFMANA	56.85	117.55	F	1963	0,6	1,3	2580	2390	2200	630110
22	23	SU5D17201023	4	56.85	117.52	F	1963	0,4	0,7	2540	2380	2220	750210
23	24	SU5D17201024	E.S. BOBINA	56.87	117.52	N/A	-	0,8	1,9	2700	2520	2340	630110
24	25	SU5D17201025	D.V. NIKITINA	56.83	117.47	F	1963	0,5	1,3	2380	2220	2060	640110
25	26	SU5D17201026	SYGYKTINSKIY	56.83	117.42	F	1963	0,8	1,7	2670	2440	2200	530110
26	27	SU5D17201027	13	56.83	117.40	N/A	-	0,5	1,2	2720	2500	2280	530210
27	28	SU5D17201028	12	56.83	117.38	N/A	-	0,6	1,4	2540	2220	1900	640210
28	29	SU5D17201029	6	56.93	117.28	N/A	-	1,1	0,4	2120	2080	2040	640110
29	30	SU5D17201030	30	56.93	117.28	N/A	-	0,3	0,8	2160	2090	2020	640110
Total								18,8	1,21	2400,333	2250,667	2100	

Примечание: Photo_type – А (есть аэросъемка) N/A – нет съемки; Photo_year – год аэросъемки.

Общая площадь – 18,8 км²; Средняя длина ледников – 1,21 км; средние верхняя, средняя и нижняя отметки соответственно – 2400, 2251 и 2100 м н.у.м.

Аналогичные БД были составлены на другие временные периоды (1960, 1976 и 2015 гг.). Для однозначной связи таблиц был введен сквозной идентификационный номер (ID), а так же номер ледника, отраженный в коде ледника (Code), но имеющий дробную часть, соответствующую буквенному имени ледника, например, ледник 29а, соответствует номеру 29,1. При разделении ледника в результате таяния, потребовалась нумерация нового ледника, например 33,0 и 33,1, соответствующие названиям № 33 (основная часть от прежнего ледника) и № 33а (вновь образовавшийся ледник из исходного).

По топокартам было выделено 107 нивально-гляциальных образований, интерпретируемых как ледники, общей площадью 52,8 км². Из них 30, первоначально описанных ледников занимали площадь – 26,5. По Каталогу ледников – 18,8. По реконструированным данным Каталога ледников – 17,9. По карте ледников 1976 г площадь уже 40 ледников составила 12,1, а исходных тридцати – 10,7. В настоящее время выделено 109 объектов, так как некоторые ледники, занимавшие несколько каров, разделились, сосредоточившись каждый в своем каре. Общая площадь всех нивально-гляциальных образований – 14,3, а площадь основных 30 ледников сократилась за полвека в два раза – 9,2 км² (табл. 2). Для оценки современного состояния был введен параметр «Тип ледника». Фактически это степень деградации: 1 – ледник; 2 – сохранившийся, но частично забронированный поверхностной мореной; 3 – существенно сократившийся; 4 – каменный глетчер; 5 – многолетний снежник (табл. 3).

Таблица 2

Динамика основных ледников хребта Кодар

Год	Площадь, км ²	Средний пе- риметр, км	Средняя верхняя граница, м н.у.м.	Средняя нижняя гра- ница, м н.у.м.	Средняя длина, км
1960	26,5	4,6	2463	2106	1,5
1972 по Каталогу	18,8	-	2400	2100	1,2
1972 по ГИС	17,9	4	2400	2100	1,2
1976	10,7	2,4	2392	2198	0,93
2015	9,2	2,4	2420	2194	0,86

Таблица 3

Некоторые характеристики современного состояния
42 нивально-гляциальных образований (2015 г.)

Glacier_name	ID	Num	Type	Area	Perimeter	Length	Max_elev	Min_elev	Long	Lat
20	0	1	2	0,130	1,569	0,572	2180	2040	117,355	56,911
28	1	2	2	0,099	1,249	0,353	2290	2160	117,355	56,894
11	2	3	1	0,390	3,306	1,461	2520	2110	117,404	56,855
ZABAİKALİETZ	3	4	1	0,142	1,598	0,488	2390	2260	117,426	56,854
SYGYKTINSKIY	4	5	1	0,340	2,567	0,997	2650	2420	117,424	56,849
DMITRIYA KOLOSOV	5	6	1	0,457	2,877	1,028	2490	2300	117,443	56,842
5	6	7	2	0,122	1,789	0,747	2490	2290	117,490	56,895
19	7	8	1	0,315	2,629	0,964	2340	2100	117,504	56,903
18	8	9	1	0,371	2,656	1,110	2360	2090	117,514	56,894
17	9	10	1	0,332	2,460	0,931	2400	2190	117,529	56,889
YEVGENIYA TIMASH	10	11	1	0,379	2,860	1,216	2400	2130	117,540	56,884
SOVETSKIH GEOGRAFOV	11	12	1	1,156	7,236	1,952	2520	2180	117,549	56,876
22	12	13	1	0,302	2,374	0,924	2180	1950	117,549	56,963
25	13	14	4	0,251	1,950	0,766	2300	2170	117,628	56,979
27	14	15	1	0,231	2,022	0,719	2300	2030	117,661	56,999
26	15	16	3	0,185	1,740	0,589	2300	2130	117,656	56,981
23	16	17	4	0,116	1,433	0,250	2300	2050	117,669	56,982
24	17	18	5	0,073	1,291	0,540	2390	2230	117,634	56,975
18a	109	18	4	0,096	1,205	0,438	2210	2110	117,621	56,972
21	18	19	3	0,161	2,185	0,509	2360	2250	117,557	56,955
N. AZAROVOI	19	20	1	0,526	3,959	1,624	2450	2130	117,577	56,887
OLİEGA JABLONSKOGO	20	21	1	0,345	3,072	1,250	2600	2340	117,568	56,858
ALEXANDRA KAUFMANA	21	22	1	0,279	2,994	1,262	2600	2360	117,556	56,858
4	22	23	1	0,160	1,628	0,603	2580	2320	117,522	56,852
E.S. BOBINA	23	24	1	0,812	4,551	1,785	2800	2440	117,519	56,878
D.V. NIKITINA	24	25	1	0,135	1,571	0,597	2450	2290	117,464	56,826
SYGYKTINSKIY	25	26	1	0,613	4,590	1,395	2750	2360	117,412	56,844
13	26	27	1	0,196	2,238	0,800	2600	2300	117,397	56,836
12	27	28	2	0,111	1,515	0,517	2200	2010	117,389	56,841
6	28	29	1	0,104	1,453	0,405	2260	2060	117,283	56,937
29a	29	29	1	0,094	1,250	0,377	2540	2390	117,284	56,932
30	30	30	1	0,141	1,928	0,420	2240	2030	117,281	56,943
31	31	31	1	0,203	2,012	0,619	2100	1840	117,221	56,979
32	32	32	2	0,076	1,437	0,579	1990	1875	117,392	57,044
33	33	33	1	0,185	2,081	0,769	2210	2060	117,416	57,048
33a	106	33	2	0,051	1,134	0,156	2090	2030	117,424	57,053
34	34	34	1	0,364	2,828	1,006	2280	2070	117,439	57,048
35	35	35	1	0,111	1,480	0,530	2140	2020	117,456	57,049
36	36	36	1	0,122	1,421	0,557	2300	2120	117,474	57,049
37	37	37	1	0,093	1,216	0,470	2090	1960	117,645	57,103
7a	84	7,1	3	0,056	0,932	0,337	2200	2040	117,498	56,917
38	38	38	5	0,036	0,780	0,240	2000	1840	117,636	57,108
Total				10,460	2,216	0,782	2353,333	2144,643		

Общая площадь этих образований $10,5 \text{ км}^2$, средний периметр – 2,2 км, средняя длина – 0,78 км, средние верхняя и нижняя отметки – 2353 и 2145 м н.у.м. Общая площадь даже больше в 1,5 раза ледников уменьшилась почти в 2 раза (см. табл. 1), средняя длина так же сократилась почти в 2 раза, верхняя граница опустилась на 47 м, а нижняя поднялась на 45 м.

По данным других исследователей [Osipov, Osipova, 2015] площадь открытой части ледников 1–14 плюс 33–36 в 2013 г. составляла $3,9 \text{ км}^2$, а по нашим расчетам их общая площадь – $5,4 \text{ км}^2$. В 2009 г по данным этих же авторов [Osipov, Osipova, 2014] открытая часть ледников 1–16, 19–27, 29–30 была $7,75 \text{ км}^2$. По нашим расчетам их общая площадь – $8,7 \text{ км}^2$. По результатам анализа [Stokes et., 2013] в 2010 г. площадь открытой части основных ледников 1–30 составляла – $6,62 \text{ км}^2$, на $2,58 \text{ км}^2$ меньше общей площади в 2015 г. по нашим данным (см. табл. 2).

Аналогичная картина наблюдается в других горных системах Восточной Сибири (Байкальский и Баргузинский хребты, южная часть Восточного Саяна). Так, например, северный ледник Перетолчина сократился с $0,68 \text{ км}^2$ (1906 г.) до $0,34 \text{ км}^2$ (2012 г.). Вся группа ледников массива Мунку-Сардык с начала 1960-х по 2006 г. сократилась с $2,62$ до $1,057 \text{ км}^2$ [Kitov et., 2015].

Выводы. Составление баз данных на основе ГИС-проектов по единой методике с использованием современной космической съемки и данных топографических карт прошлых лет, дополненных информацией со специальных гляциологических карт, позволяет проследить динамику оледенения за последние полвека и количественно ее представить. Общедоступные космоснимки среднего разрешения ($15\text{--}30 \text{ м}$) Landsat позволяют с достаточной точностью (порядка 5%) оценить состояние и размеры современного оледенения. Съёмка высокого разрешения ($0,5\text{--}2,5 \text{ м}$) позволяет уточнить границы нивально-гляциальных образований, степень бронирования поверхностными моренами, тип образования, морфологическую структуру и другие характеристики объектов.

По результатам анализа составленных БД за последние 50–60 лет, наблюдается сокращение размеров ледников почти в два раза, как по площади, так и по длине. Прослеживается смещение образований к верхней части кара с повышением нижней границы, а так же переход, преимущественно объектов в карах южной экспозиции, в состояние многолетних снежников и каменных глетчеров. Выявляются так же механизмы «самоорганизации» нивально-гляциальных образований, проявляющиеся в «самосохранении» посредством образования натечного льда в верхних крутых склонах кара и бронирования поверхностными моренами нижней пологой части ледника.

***Благодарности.** Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект 16-05-00902А «Механизмы самоорганизации геосистем Прибайкалья».*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Голубев Г.Н. Гидрология ледников. Л.: Гидрометиздат, 1976. 248 с.
2. Долгушин Л.Д., Осипова Г.В. Ледники. Серия «Природа мира». М.: Мысль, 1989. 447 с.
3. Иванов Е.Н. Динамика снежно-ледовых геосистем гор юга Восточной Сибири. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 2015. 125 с.
4. Каталог ледников СССР. Хребет Кодар. Т. 17, вып. 2, ч. 1. Л.: Гидрометиздат, 1972. 44 с.
5. Китов А.Д., Плюснин В.М. Особенности локальных гляциологических явлений в горных ландшафтах (на примере Байкало-Урумчинского трансекта). Материалы международной конференции InterCarto-InterGIS-14, Том 1. Саратов: Международная картографическая ассоциация, 2008. С. 130–137.
6. Китов А.Д., Плюснин В.М. Уточнение базы метаданных для инфраструктуры пространственных данных о ледниках. Материалы международной конференции InterCarto-InterGIS-17, Международная картографическая Ассоциация. Барнаул, 2011. С. 71–82.
7. Китов А.Д., Плюснин В.М. Создание и использование базы данных ледников Южной Сибири. Материалы международной конференции InterCarto-InterGIS-18. Смоленск: Изд-во СмолГУ, 2012. С. 143–148.

8. Китов А.Д., Плюснин В.М. Базы данных ледников Прибайкалья. Материалы международной конференции ИнтерКарто-ИнтерГИС–21. Краснодар: Изд-во Куб. ГУ, 2015. С. 318–332.
9. Коваленко Н.В. Режим и эволюция малых форм оледенения. М.: Изд-во МГУ, 2008. 207 с.
10. Котляков В.М., Хромова Т.Е., Носенко Г.А., Попова В.В., Чернова Л.П., Муравьев А.Я., Рототаева О.В., Никитин С.А., Зверкова Н.М. Современные изменения ледников горных районов России. М.: Тов-во научных изданий КМК, 2015. 288 с.
11. Мерзлотоведение: краткий курс. Под ред. В.А. Кудрявцева. М.: Изд-во МГУ, 1981. 240 с.
12. Пластинин Л.А. Дистанционно-картографическое изучение нивально-гляциальных комплексов горных районов Сибири (морфология и динамика ледников, снежников и наледей хребта Кодар в Забайкалье). Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 1998. 142 с.
13. Плюснин В.М. Аэрометоды в изучении и картографировании ледников Северного Забайкалья. Под ред. Л.А. Пластинина, Аэрокосмическая информация как источник ресурсного картографирования. Иркутск: Изд-во ИГСидВ, 1979. С. 125–135.
14. Плюснин В.М., Китов А.Д. Динамика нивально-гляциальных систем юга Восточной Сибири // Лед и снег. 2010. № 2. С. 5–11.
15. Поповнин В.В. Современная эволюция ледников Земли. Современные глобальные изменения природной среды. Т. 1. М.: Научный мир, 2006. С. 507–577.
16. Преображенский В.С. Кодарский ледниковый район. М.: Изд-во АН СССР, 1960. 64 с.
17. Руководство по составлению Каталога ледников СССР. Л.: Гидрометиздат, 1966. 154 с.
18. Суслов С.П. Физическая география СССР. Азиатская часть. 2-е изд. М.: Учпедгиз, 1954. 699 с.
19. Kitov A.D., Kovalenko S.N., Plyusnin V.M., Suvorov E.G. Modern changes of high altitude landscapes and glaciation in Southern Siberia (Russia) on the example of the East Sayan Mountains. *Environmental Earth Sciences*, 2015, vol. 74, iss. 3, p. 1931–1946. doi: 10.1007/s12665-015-4455-y.
20. Osipov E.Y., Osipova O.P. Mountain glaciers of southeast Siberia: current state and changes since the Little Ice Age. *Ann Glaciol*, 2014, 55 (66), p. 167–176. doi: 10.3189/2014AoG66A135.
21. Osipov E.Y., Osipova O.P. Glaciers of the Levaya Sygykta River watershed, Kodar Ridge, southeastern Siberia, Russia: modern morphology, climate conditions and changes over the past decades. 2015, vol. 74, iss. 3, p. 1969–1984. doi:10.1007/s12665-015-4352-4
22. Stepanova O.G., Trunova V.A., Zvereva V.V., Melgunov M.S., Fedotov A.P. Reconstruction of glacier fluctuations in the East Sayan, Baikalsky and Kodar Ridges (East Siberia, Russia) during the last 210 years based on high-resolution geochemical proxies from proglacial lake bottom sediments. *Environ Earth Sci.*, 2015, vol. 74, iss. 3, p. 2029–2040. doi: 10.1007/s12665-015-4457-9.
23. Stokes C.R., Shahgedanova M., Evans I.S., Popovnin V.V. Accelerated loss of alpine glaciers in the Kodar Mountains, south-eastern Siberia. *Glob Plan Change*, 2013, 101, p. 82–96. doi:10.1016/j.gloplacha.2012.12.010.
24. Shahgedanova M., Popovnin V., Aleynikov A., Stokes C.R. Geodetic mass balance of Azarova Glacier, Kodar mountains, eastern Siberia, and its links to observed and projected climatic change. *Ann Glaciol*, 2011, 52 (58), p. 129–137. doi: 10.3189/172756411797252275.
25. WEBGEO (2015) <http://www.webgeo.ru/index.php?r=47&id=38>.

A.D. Kitov¹, V.M. Plyusnin²

INVENTORY nival-glacial FORMATIONS of the Kodar RIDGE (DATABASE)

Abstract. The paper presents the continuing research of the authors on mapping the nival-glacial formations of Southern Siberia and the establishment of relevant databases. We consider the state of

¹ Sochava Institute of Geography SB RAS; e-mail: kitov@irigs.irk.ru.

² Sochava Institute of Geography SB RAS; e-mail: plyusnin@irigs.irk.ru.

glaciation from the middle of the last century up to the present time in various stages. Different glaciation states of Kodar Ridge were determined: (1) according to the first topographic maps at the beginning of 1960s years, (2) according to the Glacier Catalog of the USSR (in the early 1970s), (3) according to the Map of the glaciers of Kodar Ridge of the 1976 (research of the IGSFE Academy of Sciences of the USSR), and (4) the current state according to remote sensing of the Earth (space images of the 2007-2015 EROS, Quick Bird, Aster, Landsat). Attribute tables are presented in WEBGEO type format. Analysis of the data of different time state shows the dynamics of Kodar Ridge glaciation with the trend of glacier reduction by more than two times. We refined coordinates, area, shape, length, orientation and high-rise location of the preserved and degraded nival-glacial formations. The data and cartographic images of glacial objects specify and complete the international data base of glaciers.

Key words: Glaciers, Kodar Ridge, databases, GIS, remote sensing of the Earth.

REFERENCES

1. Golubev G.N. *Gidrologiy lednikov*, [Hydrology glaciers]. L.: Gidrometizdat, 1976. 248 p.
2. Dolgushin L.D., Osipov G.A. *Ledniki [Glaciers]*. Series «Priroda I mir». M.: Mysel, 1989. 447 p.
3. Ivanov E.N. *Dinamika snejno-ledovih geosistem gor yuga Vostochnoy Sibiri*, [Dynamics of snow and ice geosystems mountains south of Eastern Siberia]. Irkutsk: izd-vo IG SB RAS, 2015. 125 p.
4. *Katalog lednikov SSSR. Hrebet Rodar* [Catalogue of glaciers of USSR . Kodar Ridge], T. 17, iss. 2, part 1. L.: Gidrometizdat, 1972. 44 p.
5. Kitov A.D., Plyusnin V.M. *Osobennosti lokalnih gliytsyologicheskikh iavleniy v gornih landshaftah (na primere Baikalo-Urumchinskogo transekta)* [Features local glaciological phenomena in mountainous landscapes (the example of the Baikal-Urumqi transect)], *Materiali mejdunarodnoy konferencii InterCarto-InterGIS-14*. Saratov: Int. Cartogr. Assoc., 2008. Pp. 130–137.
6. Kitov A.D., Plyusnin V.M. *Utochnenie bazi metadannih dlia infrastrukturi prostranstvennih dannih o lednikah* [Clarification of metadata database for spatial data infrastructure of the glaciers], *Materiali mejdunarodnoy konferencii InterCarto-InterGIS-17*. Barnaul: International cartographic Association, 2011. Pp. 71–82.
7. Kitov A.D., Plyusnin V.M. *Sozdanie i ispolzovanie bazi dannih lednikov Ujnoy Sibiri* [Creating and using a database of South Siberia glaciers], *Materiali mejdunarodnoy konferencii InterCarto-InterGIS-18*. Smolensk: Izd-vo SmolGU, 2012. Pp. 143–148.
8. Kitov A.D., Plyusnin V.M. *Bazi dannih lednikov Pribaikaliy* [Databases Pribaikalye glaciers], *Materiali mejdunarodnoy konferencii InterCarto-InterGIS-21*. Krasnodar: izd-vo KubGU, 2015. Pp. 318–332.
9. Kovalenko N.V. *Rejim i evoluciya malih form oledeneniya* [Mode and evolution of small forms of glaciation]. M.: izd-vo MGU, 2008. 207 p.
10. Kotlyakov V.M., Khromova T.Y., Nosenko G.A., Popova V.V., Chernova L.P., Muraviev A.Y., Rototaeva O.V., Nikitin S.A., Zverkova N.M. *Sovremnnee izmeneniya lednikov gornih raionov Rossii* [Recent glacier changes in mountain regions of Russia]. M.: KMK Scientific Press, 2015. 288 p.
11. *Merzlotovedenie: kratkii kurs* [Permafrost: short course], Ed. Kudryavtsev VA. M.: MGU, 1981. 240 p.
12. Plastinin L.A. *Distancionno-kartograficheskoe izuchenie nivalno-glycialnih kompleksov gornih raionov Sibiri (morfologiy i dinamika lednikov, snejnikov i naledey hrehta Kodar v Zaboikalie)*. [Remote mapping study of nival-glacial complexes in mountain regions of Siberia (morphology and dynamics of glaciers, snowfields and icings of Kodar Ridge in Transbaikalia)]. Irkutsk: Izd-vo IrGTU, 1998. 142 p.
13. Plyusnin V.M. *Aerometrii v izuchenii io kartografirovanii lednikov Severnogo Zabaikaliy*, [Aerial methods in the study and mapping of the glaciers of the North Transbaikalia], Ed. Plastinin LA, *Atrokosmicheskay informaciy kak istochnik resursnogo kartografirovaniy* [Aerospace informatsiya as a source of resource mapping]. Irkutsk: Izd-vo IG SB RAS, 1979. Pp. 125–135.
14. Plyusnin V.M., Kitov A.D. *Dinavika nivalno-glycialnih system yuga Vostochnoy Sibiri* [Dynamics of nival-glacial systems of the south of Eastern Siberia] // *Led i sneg*. 2010. № 2. Pp. 5–11.

15. *Popovnin V.V.* Sovremennay evoluciy lednikov Zemli [Modern evolution of the Earth's glaciers], Sovremennye globalnye izmeneniya prirodnoy sredi [Today's global environmental changes]. T. 1. M.: Nauchnyy mir, 2006. Pp. 507–577.
 16. *Preobrazhenskiy V.S.* Kodarskiy lednikoviy raion [Kodar glacial area]. M.: Izd-vo AN SSSR, M., 1960, 64 p.
 17. Rukovodstvo po sostavleniyu Kataloga lednikov SSSR [Guidelines for the Catalogue of glaciers of USSR]. L.: Gidrometeoizdat, 1966. 154 p.
 18. *Suslov S.P.* Fizicheskaya geografiya SSSR. Aziatskaya chast [Physical geography of the USSR. The Asian part]. 2nd ed. M.: Uchpedgiz, 1954. 699 p.
 19. *Kitov A.D., Kovalenko S.N., Plyusnin V.M., Suvorov E.G.* Modern changes of high altitude landscapes and glaciation in Southern Siberia (Russia) on the example of the East Sayan Mountains. Environmental Earth Sciences, 2015, vol. 74, iss. 3, Pp. 1931–1946. DOI 10.1007/s12665-015-4455-y.
 20. *Osipov E.Y., Osipova O.P.* Mountain glaciers of southeast Siberia: current state and changes since the Little Ice Age. Ann Glaciol, 2014, 55 (66), p. 167–176. doi: 10.3189/2014AoG66A135.
 21. *Osipov E.Y., Osipova O.P.* Glaciers of the Levaya Sygkta River watershed, Kodar Ridge, southeastern Siberia, Russia: modern morphology, climate conditions and changes over the past decades. 2015, vol. 74, iss. 3, p. 1969–1984. doi:10.1007/s12665-015-4352-4
 22. *Stepanova O.G., Trunova V.A., Zvereva V.V., Melgunov M.S., Fedotov A.P.* Reconstruction of glacier fluctuations in the East Sayan, Baikalsky and Kodar Ridges (East Siberia, Russia) during the last 210 years based on high-resolution geochemical proxies from proglacial lake bottom sediments. Environ Earth Sci., 2015, vol. 74, iss. 3, p. 2029–2040. DOI 10.1007/s12665-015-4457-9.
 23. *Stokes C.R., Shahgedanova M., Evans I.S., Popovnin V.V.* Accelerated loss of alpine glaciers in the Kodar Mountains, south-eastern Siberia. Glob Plan Change, 2013, 101, Pp. 82–96. doi:10.1016/j.gloplacha.2012.12.010.
 24. *Shahgedanova M., Popovnin V., Aleynikov A., Stokes C.R.* Geodetic mass balance of Azarova Glacier, Kodar mountains, eastern Siberia, and its links to observed and projected climatic change. Ann Glaciol, 2011, 52 (58), p. 129–137. doi:10.3189/172756411797252275.
 25. WEBGEO (2015) <http://www.webgeo.ru/index.php?r=47&id=38>.
-

УДК 528.92

А.Н. Бешенцев¹

ИНФРАСТРУКТУРА ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА: РАЗМЕЩЕНИЕ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ

Резюме. В работе рассмотрена инфраструктура пространственных данных (ИПД) как особое географическое явление современного информационного общества. Выполнен географический анализ компонентов ИПД, предложены способы их картографирования. Представлена карта ИПД Байкальского региона и дана сравнительная оценка обеспеченности отдельных субъектов РФ информационными ресурсами.

Ключевые слова: инфраструктура пространственных данных, Байкальский регион, компоненты ИПД, картографирование.

Введение. Для организации информационного взаимодействия в нашей стране создается инфраструктура пространственных данных (ИПД) – информационно-телекоммуникационная

¹ Байкальский институт природопользования СО РАН, лаборатория геоинформационных систем, Улан-Удэ, 670047, Россия, заведующий, проф. РАН, докт. геогр. н.; e-mail: abesh@mail.ru.

система, обеспечивающая доступ населения и органов государственной власти к ресурсам пространственных данных, а также распространение и обмен данными в целях повышения эффективности их производства и использования [1]. Развитие ИПД является следствием информатизации территориальной деятельности общества и представляет собой особое географическое явление, которое характеризуется наличием специфических природных и антропогенных объектов, виртуальной географической среды и геоинформационных ресурсов, а также территориальных процессов взаимодействия пользователей и перемещения ресурсов в пределах освоенного околоземного пространства. Надёжное управление этим явлением современного информационного общества требует точной и оперативной инвентаризации информационных центров, телекоммуникационных магистралей, базовых пространственных объектов, геокодирования участников взаимодействия и т.п. Решение этих задач обеспечит картографическая регистрация компонентов ИПД и пространственно-временной анализ их развития. Кроме того, картографическая оценка природных и социально-экономических условий размещения ИПД позволит установить физико-географические особенности локализации её компонентов и выполнить прогнозное моделирование их проектирования.

Материал и методы исследований. Оценка размещения ИПД на территории Байкальского региона выполнена посредством картографического метода исследования на базе геоинформационной технологии. В качестве основных материалов использованы топографические и тематические карты, материалы интернет-провайдеров, материалы из открытых источников. Картографирование ИПД и выявление физико-географических особенностей размещения её компонентов выполнено в геоинформационной среде ArcGIS.

Теоретический анализ современного состояния ИПД позволяет сделать вывод, что она представляет собой территориально распределённую систему пользователей, массивов пространственных данных (ПД), программно-технических средств взаимодействия и информационных потоков между ними (рис. 1).

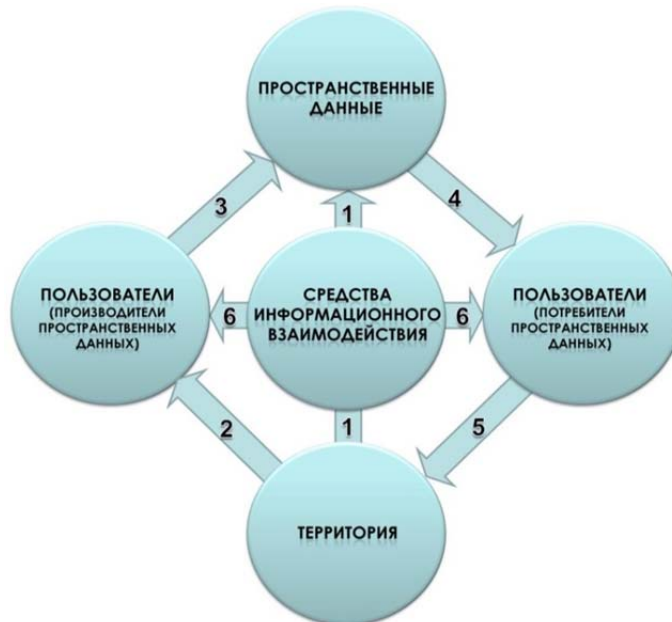


Рис. 1. Компоненты и информационные потоки ИПД.

Информационные потоки: – 1 автоматическое создание геоданных (метеостанции, посты мониторинга, спутники и т.п.); 2 полуавтоматическое создание геоданных (полевые работы и т.п.); 3 создание и публикация ПД (картографирование, ГИС, базы геоданных); 4 использование ПД (справочное, образовательное и т.п.); 5 решение территориальных задач (управление, реагирование на ЧС, хозяйственное освоение и т.п.); 6 информационный обмен

Пользователи. Размещение объектов ИПД во многом определяется заселённостью территории, а именно сосредоточением значительного количества субъектов, участвующих в процессе

создания, распространения и использования геоинформационных ресурсов. Таким образом, материально-виртуальной базой ИПД являются люди – субъекты информационного взаимодействия в лице активных пользователей, организаций, сообществ и государств. Именно от их экономической мотивации и активности по созданию и использованию ПД, внедрению средств информационного взаимодействия, строительству телекоммуникационных магистралей и зависит состояние ИПД и доступ населения к его составляющим. Каждый пользователь, включаясь в процесс создания-использование ПД, становится участником информационного взаимодействия и субъектом локальной, либо глобальной ИПД. Кроме того, регистрация своих координат с помощью приёмников глобального позиционирования, определяет любого пользователя как объект картографирования и позволяет создавать и публиковать индивидуальные пространственные данные.

Пользователи, ресурсы и средства информационного взаимодействия сосредоточены в населённых пунктах, причём объём и предметная специфика информационных ресурсов, а также количество средств информационного взаимодействия обусловлены количеством и деятельностью пользователей. Эта особенность пространственного размещения определяет крупные административные и экономические центры как системообразующие узлы ИПД. В этих населённых пунктах сосредоточены основные государственные и академические учреждения, органы управления территориальным развитием, они обладают высоким научным и производственным потенциалом, развитой инфраструктурой и технологическими инновациями. Наличие этих условий определяет такие населённые пункты как центры производства и потребления ПД и обеспечивает механизм связи и информационного взаимодействия посредством телекоммуникационных систем. Именно в крупных населённых пунктах формируется рынок информационных продуктов и услуг как экономическая основа современной ИПД.

Пространственные данные. Современное состояние ИПД позволяет сделать вывод, что её информационную основу составляют сайты субъектов, организаций и сообществ, а также тематические порталы (социальные, правительственные, ведомственные и т.п.), некоторые из них обеспечены картографическими сервисами и приложениями. Транзакционная активность любого ВЕБ-узла обусловлена актуальностью публикуемых ресурсов для решения широкого круга территориальных задач. Наибольшей востребованностью характеризуются базовые пространственные данные – цифровые и растровые топографические карты, цифровые модели рельефа, планы, космоснимки и т.п. На основании выборочного анализа сайтов географической тематики можно сделать вывод, что основной объём геоинформационных ресурсов опубликован в текстовых форматах и представляет физико-географические описания, научные и популярные статьи. Ресурсы в графических форматах (графики, диаграммы, карты, космоснимки и т.п.) составляют около 8%, ресурсы в геоинформационных моделях (векторные объекты, grid-покрытия и т.п.) – менее 1%. Как правило, все информационные ресурсы создаются на национальных языках пользователей конкретного региона и дублируются на английском языке, что обеспечивает к ним широкий доступ мирового сообщества.

Источниками ПД являются регистрируемые и описываемые географические объекты и процессы. В первую очередь это базовые пространственные объекты (БПО) – однозначно идентифицируемые пространственные объекты, отличающиеся устойчивостью пространственного положения во времени и служащие основой позиционирования иных пространственных объектов [2]. Пространственные данные о БПО являются основой для удостоверения местоположения и топологических связей других пространственных объектов. Все БПО представляют устойчивые физико-географические образования, однозначно регистрируются в аналоговых документах и информационных системах и характеризуются высокой позиционной точностью и наличием правовой защиты от искажения.

Размещение ПД осуществляется в территориально определённых национальных серверных зонах. Таким образом, по пространственному размещению ПД подразделяются на внутренние – размещённые на национальных серверах и являющиеся продуктом и собственника территории, так и внешними – производимыми и публикуемыми другими странами. Такое положение дел ставит вопросы об информационном суверенитете географической территории, и возможностью манипулирования мировым общественным мнением провоцирует возможность искажения образа в глазах мирового сообщества.

Полезность и востребованность ПД определяется их значением при решении конкретной территориальной задачи. Процесс «создание-использование геоинформационных ресурсов» осуществляется под влиянием требований пользователей: с одной стороны – как производителей ресурсов (форматы, классификации и т.п.), а с другой – как потребителей ресурсов (наглядность, обзорность, язык представления и т.п.).

Средства информационного взаимодействия представляют собой различного рода устройства ввода и вывода геоданных, программное обеспечение и микропроцессорное оборудование, которые объединены посредством телекоммуникационных магистралей, специальных каналов связи, коммуникационного оборудования и спутников связи.

Результаты исследований и их обсуждение. Региональная специфика ИПД определяется природными и социально-экономическими условиями занимаемого физико-географического пространства, масштабом и специализацией хозяйственных систем, сферами деятельности, уровнем развития технологий, количеством заинтересованных организаций и способами информационного представления деятельности. Особое положение занимают трансграничные территории, дифференцированные государственными рубежами. Информационные ресурсы на эти территории ограничены законодательными документами, имеют различную точность привязки, специальные форматы, не унифицированы, а иногда и противоречивы. Использование различных технических решений и отсутствие общей концепции строительства ИПД для таких территорий сдерживает развитие ИПД и её интеграцию в глобальное информационное пространство. Одной из таких геосистем является трансграничный бассейн оз. Байкал, на пространстве которого расположены территории четырёх субъектов России и значительная часть Монголии. Анализ информационной обеспеченности трансграничной российско-монгольской территории позволяет сделать вывод, что если для России приграничные территории являются периферией в информационном отношении, то для Монголии эта территория представляет информационный центр, характеризующий экономическую и социальную значимость региона (рис.2).

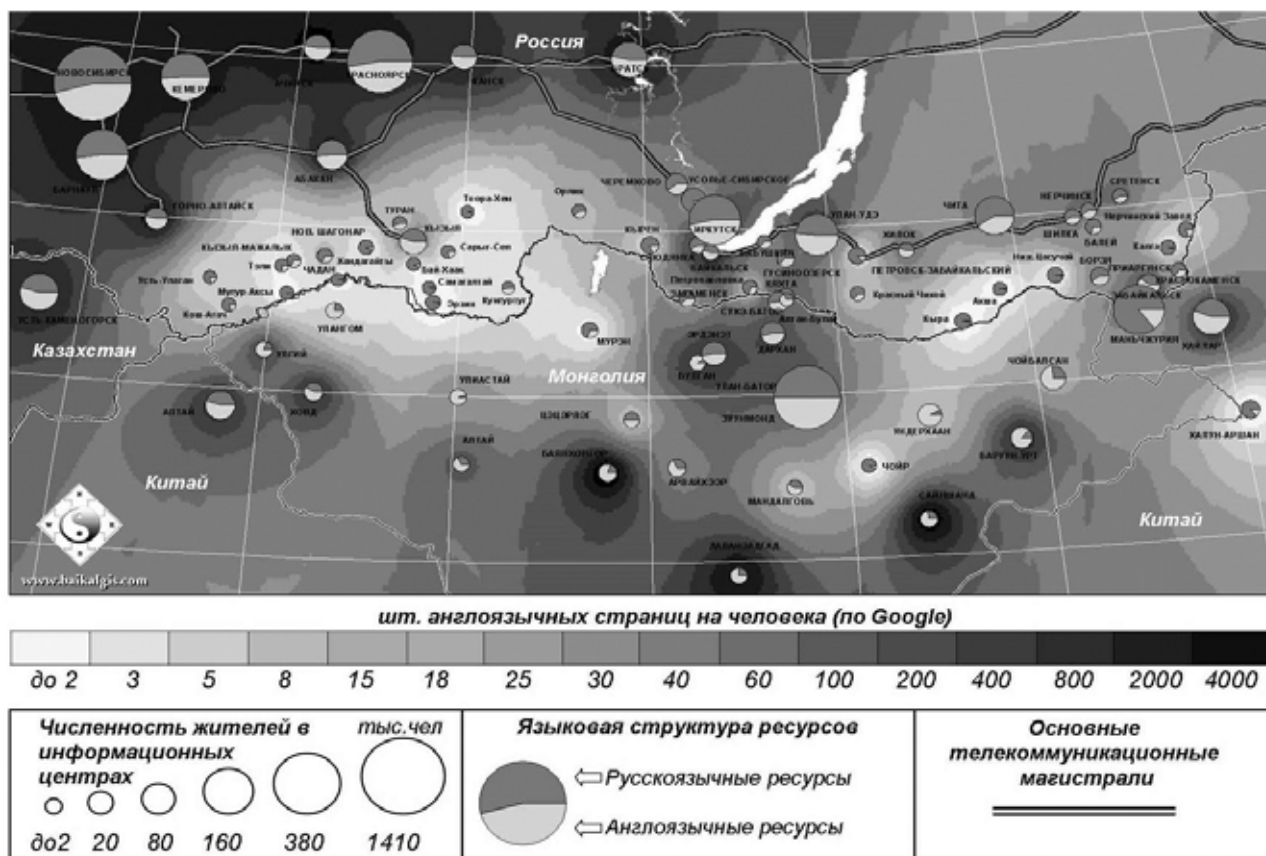


Рис. 2. Компоненты ИПД Байкальского региона

Территория неравномерно обеспечена информационными ресурсами и в этом аспекте можно выделить три участка.

1. Республика Тыва – низкий уровень обеспеченности информационными ресурсами (50–100 доменов), равномерная обеспеченность русскоязычными и англоязычными ресурсами (административной, исторической, географической тематики).

2. Республика Бурятия – высокий уровень обеспеченности информационными ресурсами (600–800 доменов), неравномерно, с максимумом в районе международного перехода и железной дороги (административной, экономической, исторической, географической тематики). Максимумы обеспеченности русскоязычными ресурсами экономических центров Дархан и Эрдэнэт свидетельствуют об активном хозяйственном взаимодействии с российскими субъектами. Максимумы обеспеченности англоязычными ресурсами этих же центров свидетельствует о высоком значении и интересе к этой территории мирового сообщества.

3. Забайкальский край – средний уровень обеспеченности ресурсами (300–450 доменов), равномерно вплоть до российско-китайской границы (административной, исторической, географической тематики). Низкий уровень обеспеченности англоязычными ресурсами.

Как объект картографирования ИПД представляет собой линейно-узловую пространственную структуру, которая дублирует сложившуюся селитебную и транспортно-коммуникационную инфраструктуру территории. Картографирование компонентов ИПД осуществляется на основе сложившегося масштабного ряда, установленной планово-высотной точности локализации объектов, традиционных способов картографического изображения, правил генерализации. При этом, актуальными являются вопросы картографирования качественно-количественных показателей этого явления, картометрической оценки отдельных характеристик, правил семиотического отображения картографируемых объектов.

Картографическая оценка пользователей, их образования, половозрастной состав и т.д. осуществляется по правилам картографирования населения. Основная масса пользователей сосредоточена в населённых пунктах – узлах ИПД, картографирование которых, в зависимости от масштаба, осуществляется либо способом значков, либо способом ареалов. Картографическая оценка обеспеченности пользователей и территорий геоинформационными ресурсами осуществляется с помощью способов картограмм, картодиаграмм, изолиний. Средства информационного взаимодействия отображаются точечными либо линейными знаками.

ПД, средства взаимодействия и телекоммуникационная инфраструктура, так или иначе, связаны с деятельностью социума, следовательно, картографическая оценка этих компонентов осуществляется посредством определения обеспеченности пользователей и территории информационными, электронными и коммуникационными составляющими ИПД по единицам территориально-административного деления. Картографирование обеспеченности населения средствами информационного взаимодействия осуществляется точечным способом, диаграммами, качественным либо количественным фоном. Обеспеченность населения и территории этим компонентом ИПД картографируется, как правило, с помощью картограмм и количественного фона по единицам территориально-административного деления. Например, при оценке геоинформационных ресурсов конкретной территории такой величиной будет среднее количество описывающих ресурсов (баз данных, страниц, доменов) на одного жителя, а при оценке средств информационного взаимодействия такой величиной будет среднее количество компьютеров с ВЕБ-доступом на одного жителя либо на 1 км² территории. Обеспеченность населения и территории этим компонентом ИПД картографируется, как правило, с помощью картограмм и количественного фона.

Выводы. При образовании трансграничных социально-экономических структур помимо продуктов производства в обмен вступают информационные продукты и услуги. Обмен информацией и другие виды информационной активности приграничных хозяйствующих субъектов являются основой успешного экономического и природоохранного взаимодействия. В этих условиях возникает необходимость формирования межгосударственной ИПД, обеспечивающей «информационное соседства», то есть такое состояние территории, при котором складываются

новые формы сотрудничества и взаимоотношений приграничных субъектов, характеризующиеся интеграцией пользователей, ресурсов, технологий, инфраструктуры и национальных интересов. Для этого необходима реализация первоочередных мероприятий такого соседства:

- создание общих телекоммуникационных узлов;
- разработка и внедрение единых принципов и правил организации баз пространственных данных;
- использование единой топографической основы и системы показателей (по предметным областям), единых форматов представления данных;
- равнодоступность субъектов к открытым информационным ресурсам и их правовое равенство;
- свободное вхождение в мировое информационное пространство и обеспечение национального информационного суверенитета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепция создания и развития инфраструктуры пространственных данных РФ распоряжение Правительства РФ от 21 августа 2006 г. № 1157-р.
2. ГОСТ Р 53339 2009 «Данные пространственные базовые. Общие требования». М.: Стандартинформ, 2009. 11 с.
3. ГОСТ Р 52438 2005 «Географические информационные системы. Термины и определения». М.: Стандартинформ, 2006. 11 с.

A.N. Beshentsev¹

SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE OF THE BAIKAL REGION: PLACEMENT AND MAPPING

***Abstract.** Spatial data infrastructure (SDI) is created for the organization of information exchange in the country. SDI is the information-telecommunication system that provides access to the public and government authorities to spatial data resources, as well as the dissemination and exchange of data in order to improve the efficiency of their production and use [1]. SDI development is the result of society territorial activities informatization and represents a specific geographical phenomenon, which is characterized by the presence of specific natural and man-made structures, the virtual geographical environment and geoinformation resources and territorial processes of users interaction and movement of resources within the near-earth space.*

Reliable management of this phenomenon of the modern information society requires accurate and timely inventory data centers, telecommunication highways, reference features, geocoding of interaction participants, etc. A cartographic registration of SDI components and spatio-temporal analysis of their development will provide solution to these problems.

In addition, mapping assessment of natural, social and economic conditions of accommodation SDI will establish physical and geographical features of the localization of its objects and will perform predictive modeling of their design.

Key words: *Spatial data infrastructure, Baikal region, SDI components, mapping.*

REFERENCES

1. Kontseptsiya sozdaniya i razvitiya infrastrukturyi prostranstvennyih dannyih RF rasporyazhenie Pravitelstva RF ot 21 avgusta 2006 g. [The concept of creation and development of

¹ Baikal Institute of Nature Management SB RAS, laboratory of geoinformation systems, Ulan-Ude, 670047, Russia, head, professor of RAS; e-mail: abesh@mail.ru.

spatial data infrastructure of the Russian Federation decree of the RF Government dated 21 August 2006] № 1157-р.

2. GOST R 53339 2009 «Dannyye prostranstvennyye bazovyye. Obschie trebovaniya» [«Spatial Data base. General requirements»]. M.: Standartinform, 2009. 11 p.

3. GOST R 52438 2005 «Geograficheskie informatsionnyye sistemy. Terminy i opredeleniya» [«Geographic information system. Terms and definitions»]. M.: Standartinform, 2006. 11 p.

УДК 004.4:519.6:574.5

А.А. Кадочников¹, О.Э. Якубайлик²

ПРОГРАММНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ БАСЕЙНА Р. ЕНИСЕЙ

***Резюме.** В работе рассматриваются вопросы формирования проблемно-ориентированной геоинформационной системы бассейна р. Енисей на основе междисциплинарных научных исследований. Создание системы, в которой будут собраны и систематизированы сведения о его речной сети, обеспечит возможность проведения анализа и моделирования гидрологических процессов, различных природных и природно-техногенных явлений, качественной и количественной оценки водных ресурсов, экологического состояния. Методической основой разработки является формируемая региональная система показателей устойчивого природопользования. Разработка создается в сервис-ориентированной парадигме на основе геопортальных технологий, средств интерактивной веб-картографии, системы распределенного хранения и обработки данных. Основное внимание в настоящей статье уделяется проблемам формирования программно-технологического обеспечения, особенностям реализации программных компонент веб-ГИС, вопросам эффективной обработки и представления геопространственных данных.*

***Ключевые слова:** геоинформационная система, бассейн р. Енисей, геопортал, геопространственные данные, веб-картография, веб-приложение, картографический сервис, тайловая подложка, веб-шаблон.*

Введение. Несмотря на то, что история ГИС насчитывает уже более полувека, интенсивное развитие геоинформационных технологий началось не более 20 лет назад, когда началось массовое использование персональных компьютеров и появились первые общедоступные полнофункциональные ГИС. Уже на первых этапах своего развития ГИС формировались как интегрированные программные комплексы, быстро реагирующие на изменения в области информационных технологий и ориентированные на решение широкого круга задач по обработке разнородной пространственной информации [1]. В последнее десятилетие, с развитием технологий Интернета «веб 2.0» – веб-сервисов и мешапов, асинхронной загрузки данных веб-страницей (AJAX), методов распространения информации на основе веб-синдикации (RSS, GeoRSS), сервисов кооперативного формирования данных пользователями, тегов, блогов и социальных сетей – начался новый этап эволюции ГИС, основанный на широком внедрении и использовании стандартов на пространственные данные, инфраструктуры пространственных данных [2–3]. Основные исследования и разработки связаны сегодня с технологиями создания распределенных ГИС – интерактивных онлайн-картографических сервисов и геопорталов, применении облачных вычислений и GRID-технологий для организации коллективного использования и обработки геопространственных данных [4–5]. В этом контексте геоинформационная система бас-

¹ Институт вычислительного моделирования СО РАН, Красноярск, 660036, Россия, Академгородок 50/44, научн. сотр., канд. техн. н.; e-mail: scorant@icm.krasn.ru.

² Институт вычислительного моделирования СО РАН, Красноярск, 660036, Россия, Академгородок 50/44, ст. научн. сотр., канд. физ.-мат. н.; e-mail: oleg@icm.krasn.ru.

сейна р. Енисей – программно-технологическое решение, основанное на последних достижениях в рассматриваемой предметной области, распределенная информационно-вычислительная система, формируемая на основе сервис-ориентированной парадигмы.

Актуальность исследований. Красноярский край отличается исключительным разнообразием и богатством природных условий и ресурсов, его территорию пересекает несколько природных зон: арктическая, тундра, тайга (большая часть), лесостепь и степь. По количеству рек, запасам водной энергии и длине водных путей Красноярский край занимает первое место в Российской Федерации. Основная часть его территории расположена в бассейне р. Енисей. Почти все реки края полноводны и играют важную хозяйственную роль в крае, многие пригодны для сплава и судоходства и обладают большими гидроэнергетическими ресурсами. Создание геоинформационной системы бассейна р. Енисей, в которой будут собраны и систематизированы сведения о его речной сети, обеспечит возможность проведения анализа и моделирования гидрологических и экологических процессов, различных природных и природно-техногенных явлений на территории Красноярского края, сформирует информационную основу для решения актуальных задач регионального управления.

Значимость создания комплексной геоинформационной системы бассейна р. Енисей также обусловлена существенными изменениями в структуре, составе и пространственном распределении гидробиологических и ихтиологических сообществ в р. Енисей, которые произошли за последние 30–40 лет. Зарегулирование стока, загрязнение бытовыми и промышленными отходами, последствия нерационального промысла привели к значительному сокращению запасов ценных видов рыб и ухудшению их воспроизводства.

Формирование проблемно-ориентированной базы данных по рассматриваемой теме и организация доступа к ее информационным ресурсам через Интернет на основе современных стандартов и сервисов придаст новый импульс региональным исследованиям и разработкам научных, отраслевых и образовательных организаций края как в области информационных и телекоммуникационных технологий, так и в естественных науках (география, геоэкология, гидробиология, метеорология, и проч.), предоставит возможность их использования для решения фундаментальных и практических региональных задач [6].

Используемые методы и подходы. Проектирование и разработка геоинформационной веб-системы бассейна р. Енисей ведется на основе современных подходов к созданию распределенных информационных систем, с учетом актуальных достижений и тенденций в рассматриваемой области науки и технологий. Предъявляемые к создаваемой системе требования позволяют ее охарактеризовать как современную сервис-ориентированную систему корпоративного уровня на основе облачных технологий [7, 8]. Для реализации поставленных задач используются стандартные и оригинальные специализированные JavaScript-библиотеки функций (фреймворки), которые работают во всех современных веб-браузерах, обладают необходимыми функциональными возможностями – от операций элементами объектной модели документа DOM до поддержки асинхронных HTTP-запросов (AJAX), обработки событий, визуальных эффектов (сочетание работы с тайме-рами JavaScript и стилями CSS), служебными функциями (поиск, обработка строк, и т.д.), и проч. [9, 10]. Построение сервис-ориентированных веб-приложений на основе специализированных фреймворков стало стандартом де-факто примерно с 2010 г., однако – это очень динамично развивающиеся технологии, исследования далеки от завершения, тем более – в области создания веб-ГИС, где готовые решения практически отсутствуют [11].

Геоинформационное обеспечение проекта базируется на современных международных стандартах – программных и пользовательских интерфейсах для получения и предоставления геопространственных данных на основе общепринятых стандартных протоколах OGC (WMS, WMTS, WFS, и проч.); ведущих программных библиотеках и компонентах свободных ГИС с открытым исходным кодом (MapServer, OpenLayers, GDAL/OGR, GeoExt, GeoWebCache, и проч.). Использование свободного программного обеспечения с открытым исходным кодом

обеспечивает гибкие возможности настройки и модернизации создаваемого программного кода, не говоря уже о бесплатности базового системного программного обеспечения [12, 13].

Уникальной отличительной особенностью геоинформационной веб-системы должен стать метод динамического формирования картографического представления данных на веб-сервере и возможности интерактивного картографического веб-интерфейса пользователя. Изображение карты, формируемое в окне стандартного веб-браузера, создается сервером как многослойная комбинация выбранного пользователем тематического набора данных и фоновой подложки на основе мультимасштабной карты, мозаики спутниковых снимков или стороннего сервиса (Яндекс. Карты, OpenStreetMap, 2ГИС, Google Maps, Росреестр, и проч.). Интерактивность интерфейса пользователя предусматривает возможность получения семантической (табличной) информации щелчком мыши по объекту на карте (рис. 1).

Визуализация данных по объектам интерактивной веб-карты. Программные инструменты создаваемой системы позволяют просматривать информацию во всплывающем окне в HTML-формате при запросе на веб-карте с помощью щелчка мыши. Информацию можно получить:

- по объектам отдельного слоя, размещенного в каталоге ресурсов системы;
- по объектам некоторых или всех слоев карты, зарегистрированной в каталоге;
- по координате с помощью информационного сервиса «адресный поиск».

Предусмотрено несколько режимов работы картографического веб-приложения. Базовый механизм предполагает использование универсальной формы информационного всплывающего окна, в котором вся атрибутивная информация по выбранному объекту слоя отображается в виде обычной таблицы, вне зависимости от ее содержания. Альтернативный метод визуализации данных по объектам карты использует систему шаблонов и внешних сервисов. Для его активации необходимо в метаданных слоя или карты указать необходимость использования шаблона или внешнего сервиса, настроить соответствующие параметры, создать и сохранить в метаданных используемый шаблон.

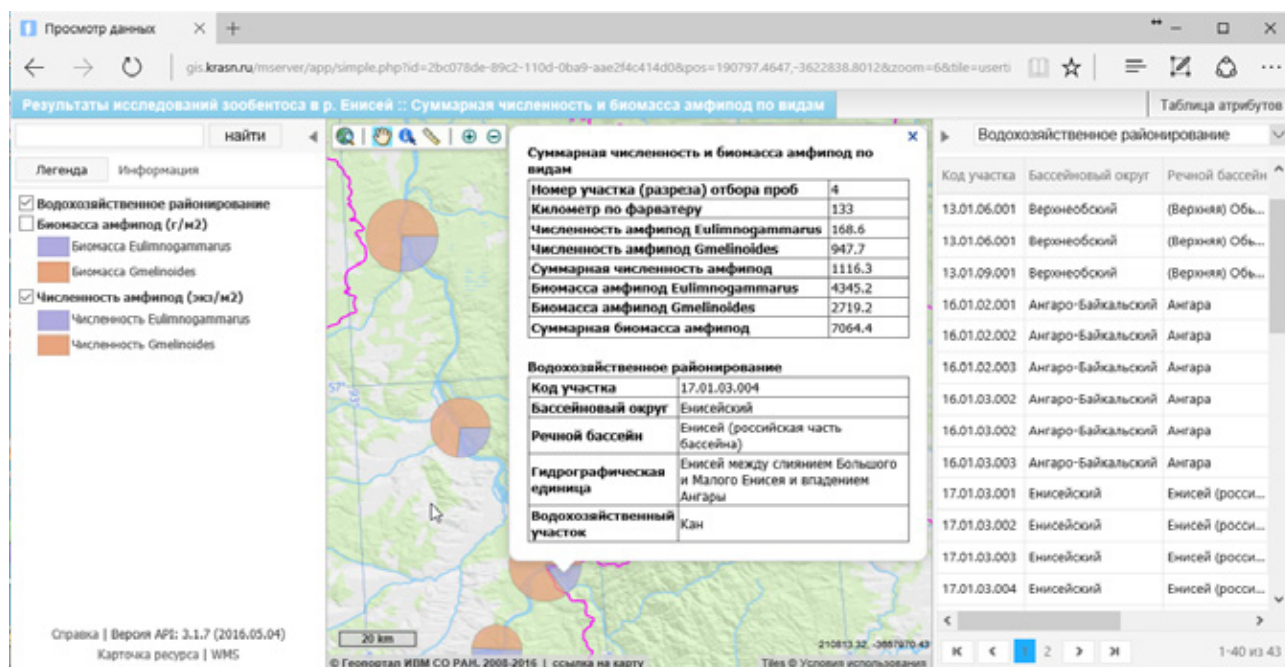


Рис. 1. Интерфейс пользователя геоинформационной веб-системы бассейна р. Енисей

Программная реализация подсистемы работы с шаблонами выполнена на основе компилирующего обработчика шаблонов с открытым исходным кодом TWIG, который обеспечивает эффективное сочетание статического HTML кода и динамического контента. Шабло-

ны позволяют изменять порядок и форму вывода атрибутивных данных по объектам в слоях карты, включая различное стилевое оформление – цвет, параметры шрифтов, и т.д. (рис. 2).

```

<table class=«infoMapTable»>
  {% for layer in 0..layers|length-1%}
    {% set ind = layers|length - loop.index%}
    {% if layers|length > 0%}
      {% if loop.first == false%}
        <tr><td>&nbsp;</td></tr>
      {% endif%}
      <tr><td><b>{{ layers[ind].title }}</b></td></tr>
    {% endif%}
    <tr><td>
      <table class=«infoTable»>
        {% for attr in layers[ind].attributes%}
          {% set di = loop.index-1%}
          <tr>
            <td width="70%"><b>{{ attr }}</b></td>
            {% for dt in layers[ind].data%}
              <td>{{ dt[di]|round(3, 'floor')}}</td>
            {% endfor%}
          </tr>
        {% endfor%}
        {% if layers[ind].attributes|length == 0%}
          <tr><td>Пустой результат</td></tr>
        {% endif%}
      </table>
    </td></tr>
  {% endfor%}
</table>

```

Рис. 2. TWIG-шаблон для отображения данных картографического веб-приложения

Еще один способ вывода информации основан на использовании (подключении) внешнего сервиса. В этом случае параметром слоя/карты является гиперссылка на сторонний скрипт с параметром, через который передается набор атрибутивных данных. Предполагается, что результатом работы такого скрипта является текст произвольного содержания в формате HTML. Указанный способ позволяет создавать сложные варианты ответа на запрос по карте, с применением других сторонних сервисов и баз данных. Скрипты могут запускаться как с сайта самого веб-приложения, так и с других сайтов и серверов в локальной и внешних сетях [14, 15].

Механизм работы программного блока для визуализации данных по объектам выглядит следующим образом. При выполнении информационного запроса по векторным объектам на веб-карте формируется массив атрибутивных данных по всем слоям карты (для которых существует такая возможность, определенная оператором системы) в виде индексированного или ассоциативного массива. Затем, в зависимости от настроек картографического веб-приложения, возможны два варианта:

- атрибутивная информация передается в виде массива в веб-приложение, где формируется HTML-код результата запроса;
- на основе массива атрибутивных данных формируется результат в HTML-формате и передается в веб-приложение.

В результате информация отображается в окне браузера пользователя в месте, определенном разработчиком. При отображении результата запроса во всплывающем окне у оператора существует дополнительная возможность, позволяющая управлять размером информационного окна, что бывает необходимо для некоторых атрибутивных данных. Они могут выбираться автоматически, с учетом предельных размеров окна, либо явно определяться дизайнером карты, который устанавливает минимальные и максимальные допустимые размеры ширины или высоты.

Формирование картографического изображения. Одной из особенностей разработки является способ построения картографического изображения на веб-сервере как комбинации геопространственных данных из различных источников, с возможностями тонкой настройки параметров. Основой для генерируемого картографического изображения являются векторные и растровые слои данных, зарегистрированные в каталоге ресурсов геоинформационной веб-системы. Они могут быть дополнены данными информационно-справочного типа – тайловыми подложками с топографической основой, мозаиками спутниковых изображений, цифровыми моделями рельефа, и проч. Также можно использовать данные сторонних картографических веб-сервисов – Яндекс. Карты, Google Maps, OpenStreetMap, 2ГИС, Росреестр, и т.д. [16-18]. Формируемая комплексная карта в результате представляет собой «слоеный пирог» данных, полученных из собственных ресурсов веб-системы и сторонних источников (рис. 3).

Разработанное программное обеспечение обеспечивает возможность представления картографической информации в виде комплексной карты на стороне клиентского веб-приложения с различными комбинациями тайловых подложек и тематических растровых данных (слоев): тематический слой может отображаться над тайловым слоем (преимущественно растровые данные и полигональные объекты: спутниковые снимки, растительность, гидрография, рельеф и т.п.), под тайловым слоем (преимущественно подписи, линейные и точечные объекты: населенные пункты, дороги, название объектов на карте, речная сеть и т.п.) и между двумя тайловыми слоями. Также предусмотрена возможность просмотра тематических данных в тайловом формате с другими тайловыми подложками из набора доступных на геопортале с ограничением по проекции выбранного слоя. Создан набор функций, связанных с преобразованием картографических проекций, который выполняется клиентским веб-приложением, с целью ускорения работы портала и уменьшении нагрузки на сервер; для этого используется специализированная библиотека, основанная на программном обеспечении с открытым исходным кодом Proj4JS. Перечисленные функциональные возможности востребованы в реализации различных веб-ГИС приложений. В частности, в рамках настоящего проекта по созданию геоинформационной веб-системы бассейна р. Енисей предполагается использовать представленные решения для визуализации данных по речной сети и результатам вычисления водосборных бассейнов притоков р. Енисей [19–20].

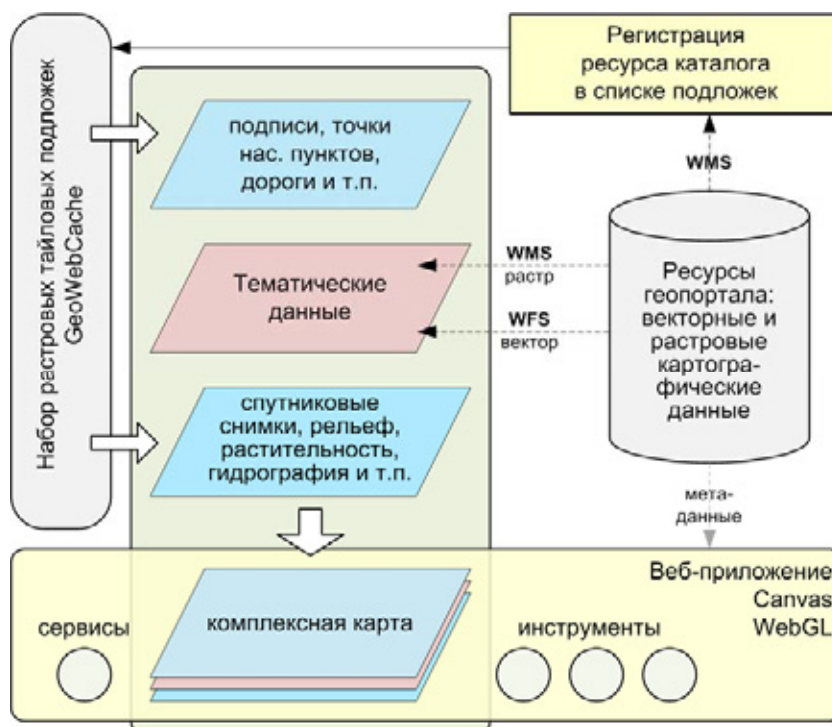


Рис. 3. Комбинация пространственных данных при формировании картографического изображения геоинформационной веб-системы

Визуализация веб-карты на стороне клиента в веб-браузере пользователя возможна в двух режимах: в виде растрового или векторного изображения; она основана на функциональных возможностях JavaScript-библиотеки OpenLayers. В случае с векторными изображениями вся информация по тематическому слою размещается на стороне клиента веб-браузера – это приводит к мгновенной реакции системы на запросы пользователя, но накладывает ограничения на размеры информации, т.к. современные веб-браузеры не могут обрабатывать многомегабайтные слои геоданных. Выбор режима представления данных осуществляет дизайнер карты, в зависимости от сложности, объема отображаемых исходных пространственных данных.

Растровые тематические слои пространственных данных предусматривают вывод информации не только по цвету пикселя, но и по описанию (классу в легенде) объектов, которое было задано оператором при создании тематической карты (классификации). Такой инструмент расширяет возможности при отображении карт температур, почв, растительности, различных разностных спектральных индексов, других тематических карт> построенных на основе обработки данных дистанционного зондирования (рис. 4).

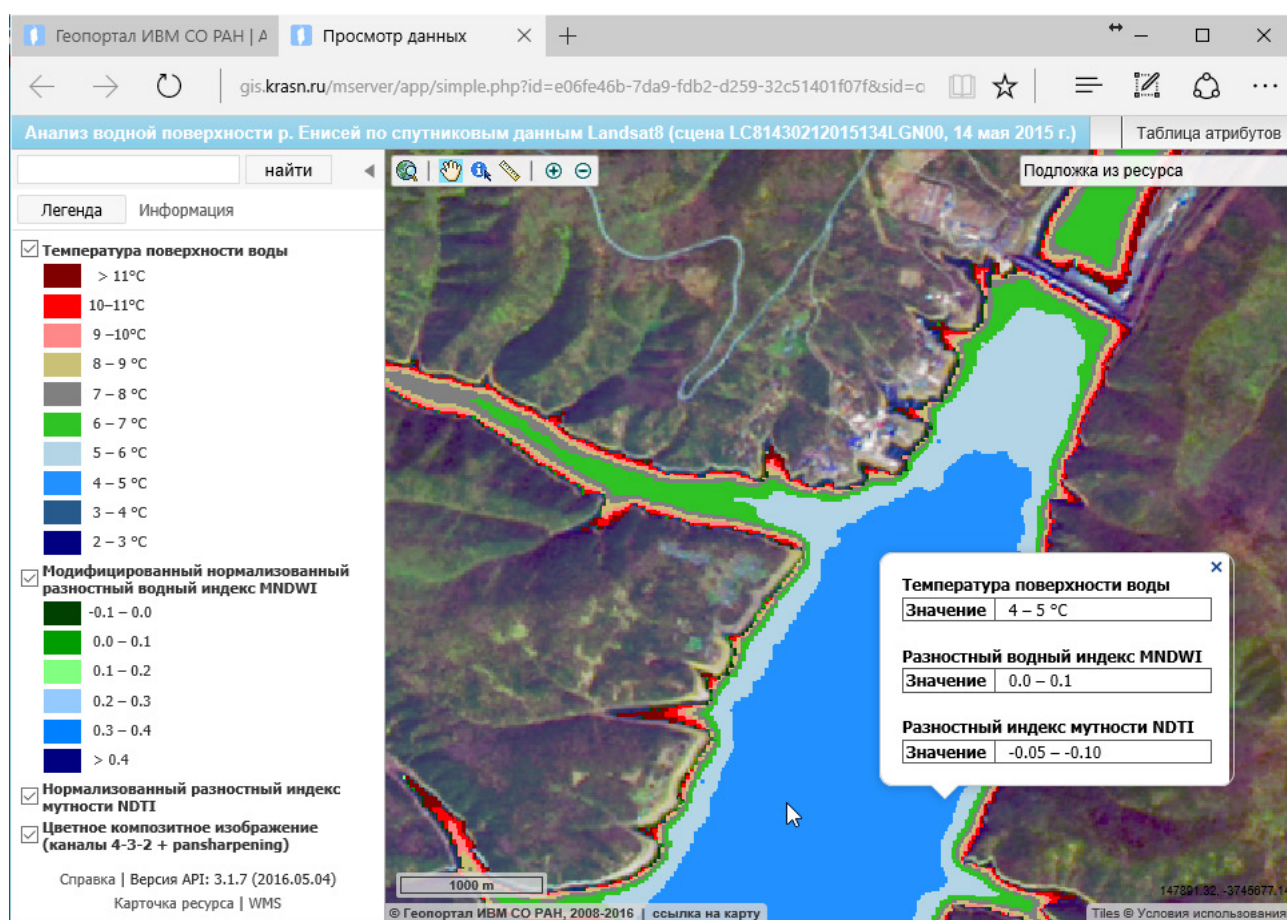


Рис. 4. Веб-интерфейс визуализации результатов анализа характеристик водной поверхности р. Енисей по спутниковым данным Landsat

Выводы. История создания региональных геоинформационных систем в значительной степени связана с прогрессом Интернет-технологий, методами распространения геоданных через компьютерную сеть. Проблемно-ориентированные онлайн-ГИС первого поколения (начало 2000-х) имели ограниченные возможности, как правило, не предлагая ничего кроме визуализации заранее подготовленных карт. Современный уровень программно-технологического обеспечения систем рассматриваемого класса основан преимущественно на достижениях последних 10 лет – это современные методы построения веб-приложений на основе методов асинхронного обмена данными AJAX и других технологий «веб 2.0», использо-

вания DHTML для динамического изменения контента, внедрения технологий создания веб-системы на основе специальных программных инструментов – JavaScript-фреймворков, стандартов Open Geospatial Consortium (OGC) обмена пространственными данными через Интернет, онлайн-картографических сервисов и геопорталов, и т.д. Проектирование и разработка рассматриваемой веб-ГИС ведется на основе указанных подходов. Ее создание повысит уровень доступности информационных ресурсов по бассейну р. Енисей для научно-образовательного сообщества, поможет интенсифицировать междисциплинарные исследования значительной части территории Сибири на основе принципов устойчивого развития.

***Благодарности.** Работа выполнена при финансовой поддержке гранта 16-47-240517 Российского фонда фундаментальных исследований и Красноярского краевого фонда поддержки научной и научно-технической деятельности.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Remote Sensing Handbook – Three Volume Set. Ed. By Prasad S. Thenkabail // CRC Press, Taylor & Francis Group, 2016, 2200 pages. ISBN 9781482218015.
2. Geospatial Services and Applications for the Internet. Editors: Sample, J.T., Shaw, K., Tu, S., Abdelguerfi, M. // Springer-Verlag US, 2008. – 179 p., DOI 10.1007/978-0-387-74674-6.
3. Songnian Li, Suzana Dragicevic, Bert Veenendaal. Advances in Web-based GIS, Mapping Services and Applications. CRC Press, 2011. ISBN: 978-0-415-80483-7.
4. Кадочников А.А., Якубайлик О.Э. Сервис-ориентированные веб-системы для обработки геопространственных данных // Вестник НГУ. Информационные технологии. 2015. Т. 13. № 1. С. 37–45.
5. Berrick S., Leptoukh G., Farley J., Rui H. Giovanni. A web service workflow-based data visualization and analysis system. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 2009. Vol. 47 (1). Pp. 106–113.
6. Андрианова А.В., Якубайлик О.Э. Геоинформационная веб-система для обеспечения гидробиологического мониторинга на примере зообентоса р. Енисей // Вычислительные технологии. 2016. Т. 21. № 1. С. 5–14.
7. Пиньде Фу, Цзюлинь Сунь. Веб-ГИС: Принципы и применение // Издательство Дата+, 2013. 356 с.
8. Zhao P., Di L. (Eds.) Geospatial Web Services: Advances in Information Interoperability. // IGI-Global, Hershey, 2011.
9. Якубайлик О.Э., Попов В.Г. Технологии для геоинформационных Интернет-систем // Вычисл. технологии. 2009. Т. 14. № 6. С. 116–126.
10. Yakubailik O., Kadochnikov A., Tokarev A. Applied software tools and services for rapid web GIS development // 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015. www.sgem.org, SGEM2015 Conference Proceedings, Book 2. Vol. 1. Pp. 487–494. DOI: 10.5593/SGEM2015/B21/S8.060.
11. Yang C., Raskin R., Introduction to distributed geographic information processing research // International Journal of Geographical Information Science 2009. vol. 23 (5). Pp. 553–560.
12. Кадочников А.А., Попов В.Г., Токарев А.А., Якубайлик О.Э. Формирование геоинформационного Интернет-портала для задач мониторинга состояния природной среды и ресурсов // Журнал СФУ. Серия: Техника и технологии. 2008. Т. 1. № 4. С. 377–386.
13. Якубайлик О.Э. Геоинформационная Интернет-система мониторинга состояния природной среды в зоне действия предприятий нефтегазовой отрасли // Вестник СибГАУ. 2010. Т. 1. № 27. С. 40–45.
14. Kiehle C., Greve K., Heier C. Requirements for next generation spatial Data Infrastructures standardized Web based geoprocessing and Web service orchestration. Transactions in GIS 2007. vol. 11 (6). Pp. 819–834.

15. Якубайлик О.Э., Гостева А.А., Ерунова М.Г., Кадочников А.А., Матвеев А.Г., Пятаев А.С., Токарев А.В. Разработка средств информационной поддержки наблюдений за состоянием окружающей природной среды // Вестник КемГУ. 2012. № 4/2(52). С. 136–142.

16. Кадочников А.А., Якубайлик О.Э. Разработка программных средств сбора и визуализации данных наблюдений для геопортала Института вычислительного моделирования СО РАН // Вестник НГУ. Информационные технологии. 2014. Т. 12. № 4. С. 23–31.

17. Кадочников А.А., Матвеев А.Г., Пятаев А.С., Токарев А.В., Якубайлик О.Э. Программный комплекс «Геопортал ИВМ СО РАН». // Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014612492 от 26 февраля 2014 г.

18. Кадочников А.А. Программа обработки и презентации данных для информационно-аналитических систем «КАРТТЕМ» // Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015613206 от 10 марта 2015 г.

19. Metz M., Mitasova H., Harmon R. Efficient extraction of drainage networks from massive, radar-based elevation models with least cost path search, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 2011. Vol. 15, pp. 667-678. DOI: 10.5194/hess-15-667-2011.

20. Casas A., Benito G., Thorndycraft V.R. and Rico M. The topographic data source of digital terrain models as a key element in the accuracy of hydraulic flood modelling. *Earth Surf. Process. Landforms*, 2006, 31. pp. 444-456. DOI: 10.1002/esp.1278.

A.A. Kadochnikov¹, O.E. Yakubailik²

SOFTWARE AND TECHNOLOGIES FOR GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM OF YENISEI RIVER BASIN

Abstract. *The work considers the questions of formation of problem-focused geoinformation system of the Yenisei river basin based on interdisciplinary scientific studies. The creation of a system, in which are collected and systematized information about its river network, will provide an opportunity for analysis and modeling of hydrological processes various natural and man-made phenomena, qualitative and quantitative assessment of water resources, ecological status. Methodological basis of development is a regional system of indicators for sustainable environmental management. Development is created in the service-oriented paradigm on the basis of geoportal technologies, interactive web mapping, distributed storage and data processing. The focus in this article is paid to the problems of software design and technological support, the characteristics of software components implementation of the web GIS, the effective processing and presentation of geospatial data.*

Key words: *geographic information system, Yenisei river basin, geoportal, geospatial data, web mapping, web application, map service, tiled background, web template.*

Acknowledgement. *The study was supported by grant no. 16-47-240517 from Russian Foundation for Basic Research and Krasnoyarsk Regional Fund of Support of Scientific and Scientific-technical activities.*

REFERENCES

1. Remote Sensing Handbook – Three Volume Set. Ed. By Prasad S. Thenkabail // CRC Press, Taylor & Francis Group, 2016, 2200 pages. ISBN 9781482218015.

¹ Institute of Computational Modeling of SB RAS, Krasnoyarsk, 660036, Russia, researcher; e-mail: scorant@icm.krasn.ru.

² Institute of Computational Modeling of SB RAS, Krasnoyarsk, 660036, Russia, senior researcher, associate professor; e-mail: oleg@icm.krasn.ru.

2. Geospatial Services and Applications for the Internet. Editors: Sample, J.T., Shaw, K., Tu, S., Abdelguerfi, M. // Springer-Verlag US, 2008. – 179 p., DOI 10.1007/978-0-387-74674-6.
3. *Songnian Li, Suzana Dragicevic, Bert Veenendaal*. Advances in Web-based GIS, Mapping Services and Applications. CRC Press, 2011. ISBN: 978-0-415-80483-7.
4. *Kadochnikov A.A., Yakubailik O.E.* Service-oriented web applications for spatial data processing // Bulletin of Novosibirsk State University. Information Technologies. 2015. Vol. 15. № 1. Pp. 37–45. (In Russian).
5. *Berrick S., Leptoukh G., Farley J., Rui H. Giovanni*. A web service workflow-based data visualization and analysis system. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing 2009. Vol. 47 (1). Pp. 106–113.
6. *Andrianova A.A., Yakubailik O.E.* Geographic information web system providing the hydrobiological monitoring on the example of Yenisei river zoobenthos // Comput. Technologies. 2016. Vol. 21, No. 1. Pp. 5–14. (In Russian).
7. *Fu P, Sun J*, Web GIS: Principles and Applications // Redlands, CA, ESRI Press, 2010.
8. *Zhao P., Di L.* (Eds.) Geospatial Web Services: Advances in Information Interoperability. // IGI-Global, Hershey, 2011.
9. *Yakubailik O.E., Popov V.G.* Technologies for Internet Geographic Information Systems // Comput. Technologies. 2009. Vol. 14, No. 6. Pp. 116–126. (In Russian).
10. *Yakubailik O., Kadochnikov A., Tokarev A.* Applied software tools and services for rapid web GIS development // 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015. www.sgem.org, SGEM2015 Conference Proceedings, Book 2. Vol. 1. Pp. 487–494. DOI: 10.5593/SGEM2015/B21/S8.060.
11. *Yang C., Raskin R.*, Introduction to distributed geographic information processing research // International Journal of Geographical Information Science 2009. vol. 23 (5). Pp. 553–560.
12. *Kadochnikov A.A., Popov V.G., Tokarev A.V., Yakubailik O.E.* Implementation of Internet GIS Portal for Environment and Natural Resources Monitoring Tasks // Journal of Siberian Federal University. Engineering and Technologies. 2008. Vol. 1. No. 4. Pp. 377–386. (In Russian).
13. *Yakubailik O.E.* Geoinformation Internet system for environmental monitoring in the productive activity area of oil and gas industry enterprises // Vestnik SibGAU. 2010. No. 1(27). Pp. 40–45. (In Russian).
14. *Kiehle C., Greve K., Heier C.* Requirements for next generation spatial Data Infrastructures standardized Web based geoprocessing and Web service orchestration. Transactions in GIS 2007. vol. 11 (6). Pp. 819–834.
15. *Yakubailik O.E., Gosteva A.A., Erunova M.G., Kadochnikov A.A., Matveev A.G., Pyataev A.S., Tokarev A.V.* Developing information support tools for observations of the environment state // Bulletin of Kemerovo State University. 2012. № 4/2(52). Pp. 136–142. (In Russian).
16. *Kadochnikov A.A., Yakubailik O.E.* Development of software tools for acquisition and visualization of observations data for geoportal ICM SB RAS // Bulletin of Novosibirsk State University. Information Technologies. 2015. Vol. 15. N 1. Pp. 37–45. (In Russian).
17. *Kadochnikov A. Matveev A. Pytaev A. Tokarev O. Yakubailik.* The software complex «Geoportal ICM SB RAS». // Federal Service for Intellectual Property (ROSPATENT). State registration certificate of Computer Programs № 2014612492 from 26.02.2014.
18. *Kadochnikov. A.A.* The software for processing and presentation of data for information-analytical system «KARTTEM» // Federal Service for Intellectual Property (ROSPATENT). State registration certificate of Computer Programs № 2015613206 from 10.03.2015.
19. *Metz M., Mitasova H., Harmon R.* Efficient extraction of drainage networks from massive, radar-based elevation models with least cost path search, Hydrol. Earth Syst. Sci., 2011. Vol. 15, pp. 667–678. DOI: 10.5194/hess-15-667-2011.
20. *Casas A., Benito G., Thorndycraft V.R. and Rico M.* The topographic data source of digital terrain models as a key element in the accuracy of hydraulic flood modelling. Earth Surf. Process. Landforms, 2006, 31. pp. 444–456. DOI: 10.1002/esp.1278.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОД НЕВСКОЙ ГУБЫ

Резюме. Авторами разрабатывается методика геоинформационного картографирования и формирования базы данных для оценки экологической обстановки морской акватории Невской губы, формирующейся под влиянием сложного комплекса взаимодействующих природных и антропогенных процессов. Созданная информационная база может постоянно обновляться и позволяет объединить на основе единых принципов формализации и структурирования данных значительный объём результатов научных исследований. Данные информационной базы и использование инструментария новейших ГИС-технологий позволили построить модели и составить серию карт распространения различных загрязнителей и оценить экологическую обстановку в акватории Невской губы.

Ключевые слова: Экологическое состояние, загрязняющие вещества, гидрохимические показатели, база геоданных, моделирование геополей.

Введение. Невская губа представляет собой наиболее западный участок Финского залива, западная граница которого проходит по створам комплекса защитных сооружений Санкт-Петербурга от наводнений, а восточная ограничена рукавами «псевдодельты» реки Невы. С открытой частью Финского залива Невская губа сообщается двумя проливами: Северными и Южными воротами, где построен комплекс защитных сооружений.

Как объект эколого-географического исследования, Невская губа находится под большим антропогенным воздействием, особенно в районах интенсивного загрязнения акватории минеральными и органическими примесями, нефтью и нефтепродуктами. Уровненный режим Невской губы связан с особенностями атмосферной циркуляции над Балтийским морем и Финским заливом. Характер гидрологических процессов, а также гидробиологический режим находятся под определяющим влиянием стока реки Невы. Средние скорости течений составляют в северной части губы 6–8 см/с, а в южных частях акватории 1–5 см/с. [Суетова, Ушакова, 2002].

В экологическом состоянии акватории Невской губы можно выделить три периода. Первый – с 70-х по начало 90-х годов, когда вследствие проведения гидротехнических работ по намыву городских территорий отмечался высокий уровень загрязнения прибрежных районов взвесью. Второй – с начала 90-х годов по 2004 год, когда экологическое состояние акватории постепенно улучшается. Третий период, с 2005 по 2008 год, связан с реализацией проекта «Морской фасад». Последний период можно считать самым неблагоприятным для акватории: интенсивность и масштабы загрязнения водной среды взвесью намного превосходят наблюдавшиеся ранее, экологическое состояние акватории в целом ухудшилось [Марков, Григорьева и др., 2013,]. Проблема состоит и в том, что в транзитной зоне Невской губы проводятся гидротехнические работы, где скорости течений значительно выше, чем в мелководных прибрежных районах, а также в том, что в 2006 году большая часть извлекаемого грунта сваливалась в Невской губе, несмотря на запрет свалки в акваторию, а с лета 2007 года грунт сваливается вдоль северного побережья Невской губы.

Целью данного исследования является картографирование и анализ различных гидрохимических показателей воды в акватории Невской губы. Работа проводилась в несколько этапов:

- анализ исходной информации;

¹ Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова; e-mail: korshenko58@mail.ru.

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики; e-mail: alik@geogr.msu.ru.

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики; e-mail: la.ushakova@mail.ru.

- создание базы данных;
- моделирование геополей и составление карт;
- географический анализ акватории Невской губы на основе составленных карт и статистических материалов.

Материалы и методы исследования. Исходные материалы. В качестве исходных материалов использовались данные мониторинга, полученные в результате выполнения регулярных наблюдений в рамках государственной программы мониторинга морской среды, которые представляются в ГОИН на основании нормативных документов Росгидромета (Приказ No156, 2000). Дополнительно были использованы материалы исследований морской среды Северо-Западного филиала ФГБУ «НПО «Тайфун» Росгидромета (г. Санкт-Петербург) и других профильных организаций.

На акватории Невской губе к востоку от Комплекса Защитных Сооружений (КЗС) от наводнений до устья реки Нева мониторинг осуществляется на 23 станциях, включая:

- Ежемесячные наблюдения на 1 станции акватории Морского Торгового порта – станция 1 категории.
- Ежемесячные наблюдения на 1 станции устья р. Невы.
- Наблюдения в навигационный период с мая по октябрь на 16 станциях в открытой части Невской губы от устья реки Невы до Комплекса Защитных Сооружений от наводнений (КЗС).
- Наблюдения в период с мая по октябрь на акватории Южной Курортной Зоны на 3 станциях.
- Наблюдения в период с мая по октябрь на акватории Северной Курортной зоны на 1 станции.
- Наблюдения в период с мая по октябрь в районе пос. Ольгино в зоне Северной станции аэрации на 1 станции.

Отбор проб воды и химический анализ проводились в соответствии с «Руководством по химическому анализу морских вод» (РД 52.10.243-92) за исключением биохимического потребления кислорода (БПК 5), проводившегося в соответствии с «Методикой выполнения измерений биохимической потребности в кислороде после пяти дней инкубации (БПКполн) в поверхностных, пресных, подземных (грунтовых), питьевых, сточных и очищенных водах» (РД 52.24.420-2006). Содержание нефтяных углеводородов определялось ИК – фотометрическим методом; фенола – методом хроматографии; СПАВ (синтетических поверхностно-активных веществ) для Невской губы методом экстракционно-фотометрическим; хлорорганических пестицидов – газохроматографическим методом; металлов – методом атомно-абсорбционной спектроскопии фильтрованных проб воды. Химические анализы выполнялись в лаборатории гидрохимии Аналитической лаборатории (центра), аккредитованной на техническую компетентность Росстандартом и зарегистрированной в государственном реестре с номером РОСС RU.0007.510422. В Невской губе и в курортной зоне мелководного района Восточной части Финского залива расчет ИЗВ производили с учетом БПК 5 (ПДК = 3 мгО 2/л). Принимая во внимание пресноводный характер Невской губы, при расчете ИЗВ использовались значения ПДК для поверхностных вод суши.

Создание базы данных. База пространственных данных содержит два блока: базовый и блок показателей гидрохимического состояния акватории Невской губы. Вся информация, содержащаяся в этих блоках, хранится в двух форматах – это формат шейп-файлов (shape-files) и формат базы геоданных (file geodatabase). Эти данные представляют собой исходные материалы, на основе которых будут создаваться тематические карты.

Базовый блок включает основные векторные данные, которые служат источниками и топографической основой при создании карт. Это железные дороги, автодороги, гидрографические объекты, города и поселки городского типа (ПГТ), рельеф и растительность. В качестве дополнительных характеристик в базовый блок входят данные о размещении некоторых отдельных объектов, таких как морские торговые порты. С такими объектами часто связано скопление загрязняющих веществ, нефтяных разливов, а, следовательно, и ухудшение экологического состояния акватории в данном месте.

Блок показателей гидрохимического состояния акватории Невской губы содержит важные гидрохимические характеристики. В качестве основной единицы базы данных использовалась информация о станциях мониторинга. Структурно можно выделить основную часть, представляющую общую информацию о станции – ее официальное название, пространственное положение, категория. Вторая часть относится непосредственно к измерениям, полученным в рамках мониторинга – дата и время отбора, глубина, использованный инструмент отбора и обработанные гидрохимические показатели. Важной характеристикой является легкая расширяемость базы, позволяющая ежегодно пополнять информацию и проводить анализ изменения гидрохимических показателей не только в пространстве, но и во времени.

В качестве основного метода пространственного анализа было решено использовать моделирование геополей гидрохимических показателей, отображающих пространственное распределение того или иного показателя на акватории Невской губы по сезонам и по годам. Данный метод позволяет выявить не только пространственные особенности распределения очагов загрязнения, но и на основе обработки построенных полей оценить изменение во времени.

Для создания геополей различных показателей на акваторию Невской губы использовался модуль Spatial Analyst программного обеспечения ArcGIS v. 10.1 компании ESRI. При построении геополей применялся метод IDW (Inverse Distance Weighted). Параметры построения геополей определялись с учетом специфики картографируемого показателя и пространственного охвата исследуемой территории. Пример построенной интерполированной поверхности представлен на рис. 1.

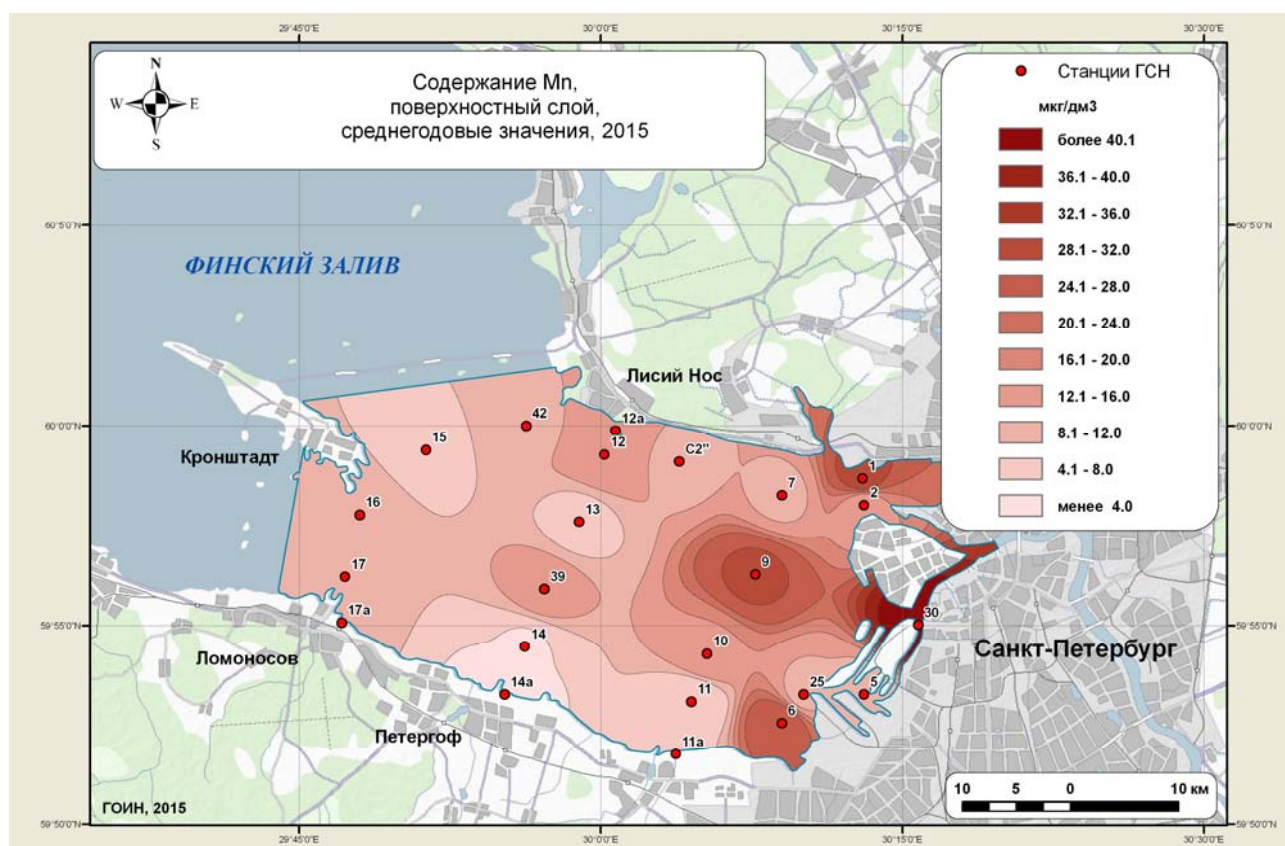


Рис. 1. Содержание марганца (Mn) в поверхностном слое

Построение геополей различных загрязнителей на основе разработанной базы геоданных является основным этапом при исследовании эколого-географического состояния Невской губы. На основе построенных геополей проводятся дальнейшие аналитические расчеты.

Результаты исследований и их обсуждение. В результате исследования создана серия аналитических карт, позволяющая проследить динамику изменения показателей за опре-

деленный отрезок времени. Аналитические карты создавались по отдельным гидрохимическим показателям за каждый сезон на 2014 год:

- биохимическое потребление кислорода (БПК 5), мг/л;
- содержание магния (Mn), мкг/дм³;
- содержание меди (Cu), мкг/дм³;
- содержание нитратов (N-NO₃), мкг/дм³;
- содержание нитритов (N-NO₂), мкг/дм³;
- содержание общего азота (Ntotal), мкг/дм³;
- содержание оксида кремния (SiSO₄), мкг/дм³;
- содержание оксида свинца (PbO), мкг/дм³;
- содержание синтетически поверхностно-активных веществ (СПАВ), мкг/дм³;
- содержание фосфатов (P-PO₄), мкг/дм³;
- содержание цинка (Zn), мкг/дм³;
- концентрация щелочности (Alk), мг-экв/дм³.

Полученные карты по количественным характеристикам представляют собой вид графических изображений на единой общегеографической основе и определяют степень распространения каждого из показателей на акватории Невской губы.

Вышеперечисленные показатели морской среды являются основой для общего анализа эколого-географического состояния вод. Для того, чтобы определить качество вод акватории Невской губы необходимо использовать расчетные значения индекса загрязненности вод (ИЗВ), которые позволяют отнести воды исследуемого района к определенному классу чистоты. Значения данного индекса представлены в таблице ниже (табл. 1).

Правила расчета индекса загрязненности вод определены «Методическими Рекомендациями по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям». Для морских вод при расчете индекса используют четыре параметра – это концентрация трех значительных загрязнителей, среднее содержание которых в воде исследуемой акватории в наибольшей степени превышало предельно-допустимую концентрацию (ПДК).

Таблица 1

Классы качества вод по значениям ИЗВ

Класс качества вод		Диапазон значений ИЗВ
Очень чистые	I	ИЗВ < 0,25
Чистые	II	0,25 < ИЗВ ≤ 0,75
Умеренно загрязненные	III	0,75 < ИЗВ ≤ 1,25
Загрязненные	IV	1,25 < ИЗВ ≤ 1,75
Грязные	V	1,75 < ИЗВ ≤ 3,00
Очень грязные	VI	3,00 < ИЗВ ≤ 5,00
Чрезвычайно грязные	VII	ИЗВ > 5,00

Четвертым обязательным параметром является содержание растворенного в воде кислорода [Ежегодник ГОИН, 2014]. Общая формула для вычисления ИЗВ выглядит следующим образом:

$$ИЗВ = \sum_{i=1}^4 \frac{C_i}{ПДК_i} \div 4$$

где C_i – концентрация трех значительных загрязнителей, среднее содержание которых превышало ПДК.

В разных участках акватории Невской губы загрязнение может проявляться в разной степени с учетом наличия или отсутствия основных загрязняющих источников.

Для расчета ИЗВ необходимы показатели предельно допустимых концентраций (ПДК) для каждого из гидрохимических характеристик. «ПДК представляет максимальную концентрацию вредного вещества, при которой в водоеме не возникает последствий, снижающих его рыбохозяйственную ценность. Экспериментально ПДК устанавливается по наиболее чувствительному звену трофической цепи водоема». Определение дано по документу «Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения», утвержденного приказом Руководителя Федерального агентства по рыболовству А.А. Крайнего №20 от 18 января 2010 г., зарегистрированного Министерством юстиции 9 февраля 2010 г.

В результате расчета ИЗВ прослеживается, что данный индекс меняет свои значения каждый сезон. При этом практически все элементы, содержащиеся в акватории Невской губы, имеют показатели, которые в несколько раз превышают допустимую норму. К таким элементам относятся, в первую очередь, нитраты (превышают норму в 15–20 раз), оксид кремния (в 10–15 раз) и тяжелые металлы (цинк – в 10–15 раз, марганец – 8–10 раз и медь – в 5–6 раз). Для расчета ИЗВ в основном использовались именно вышеперечисленные элементы. Самые высокие значения на каждый сезон индекс имеет в точке С 2 – это Северная станция аэрации. Индекс колеблется от 13,7 до 11,75. Как известно, те воды, которые имеют значение индекса больше 5, относятся к классу чрезвычайно загрязненных вод. В данной же точке индекс больше чем в 2 раза превышает значение класса чрезвычайно загрязненных вод. Это связано с огромными выбросами как очищенных, так и без очистки сточных вод. Учитывая направление течения воды в акватории (вода поступает в губу с северо-запада на юго-восток), то все загрязненные воды точки С 2 идут по течению и максимум загрязнения становится не только в точке С 2, но и смещается к юго-востоку. В данной точке очень высока концентрация нитратов. Это связано со сбросом коммунально-бытовых отходов в акваторию. В данной точке все показатели превышают ПДК (рис. 2).

Также очень высокие значения индекс имеет в районе Морского торгового порта (станция 5). ИЗВ колеблется от 10,8 до 9,09. Основными загрязняющими веществами здесь являются тяжелые металлы, такие как цинк, медь и марганец. Данные вещества поступают в воду в результате технических работ, следствием которых является образование глинистых взвесей, в которых и содержатся тяжелые металлы. Причиной большой концентрации тяжелых металлов является также и наличие чугунолитейного Кировского завода рядом с портом (рис. 2).

При пространственном анализе гидрохимического состояния вод Невской губы были выявлены основные места скопления повышенных концентраций различных веществ. В первую очередь, одним из самых основных «пунктов притяжения» загрязняющих веществ оказалась Северная станция аэрации – одно из трех крупнейших канализационных очистных сооружений города. Существует несколько показателей, которые на протяжении всех трех сезонов оставались сконцентрированными именно в этой зоне Невской губы – это биохимическое потребление кислорода, нитриты, нитраты, содержание общего азота, а также содержание цинка. Главными загрязнителями являются тяжелые металлы и нитраты. Все воды данной станции относятся к классу «чрезвычайно грязные».

Следующим очагом развития повышенных концентраций является Морской торговый порт. Здесь наибольшими загрязнителями являются цинк, содержание общего азота, магний, биогенные вещества, нитриты, нитраты и медь. Большую роль при загрязнении тяжелыми металлами в данном месте играет наличие чугунолитейного завода, огромные выбросы которого поступают в поверхностный слой акватории. Также причиной загрязнений может стать постоянный ход морских и речных судов, в результате которых образуются шлейфы различных загрязнений. Различные строительные мероприятия близ акватории могут наносить весомый ущерб экологии. Например, постройка причалов, в ходе которой образуется огромное облако пыли, которое может содержать большое количество тяжелых металлов. Воды района Морского торгового порта также относятся к классу вод «чрезвычайно грязные».

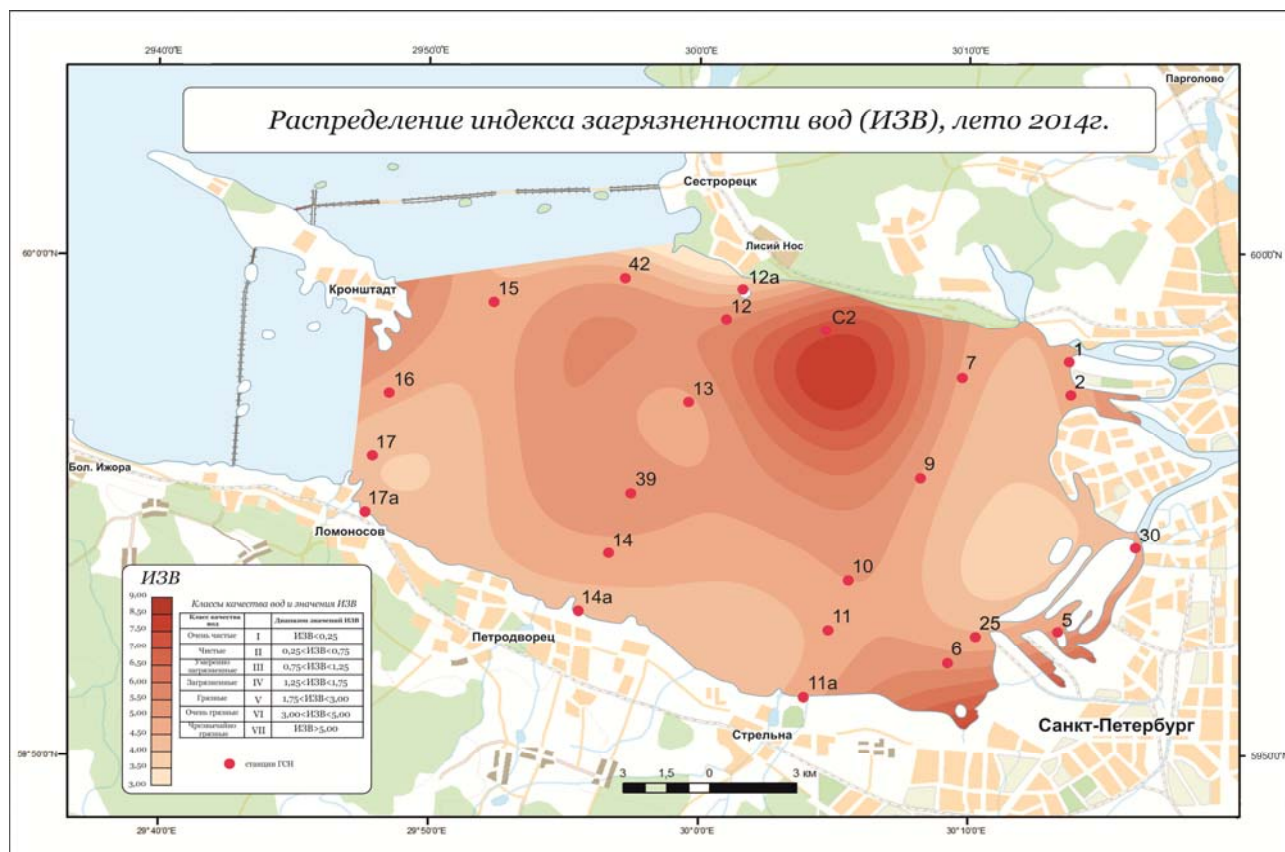


Рис. 2. Индекс загрязнения вод, лето 2014 года

Класс вод «чрезвычайно грязные» относится и к району конструкций защитных сооружений (КЗС) преимущественно для весеннего и летнего периода. В полосе шириной около 5 км, примыкающей к защитным сооружениям, наблюдается пониженный водообмен. В данных зонах происходит концентрирование как живых (фитопланктон), так и мертвых (мусор) взвесей. В периоды ясной и безветренной погоды здесь происходит «цветение» воды (это обуславливают высокие значения БПК 5).

Класс вод, относящийся к «очень грязным» занимают участки Южного курортного района и центральная часть Невской губы. Эти участки менее подвержены замедленному водообмену. Воды этих участков не взаимодействуют с теми загрязненными водами, которые переносятся течением с Северной станции аэрации и с Морского торгового порта.

Выводы. В результате проделанной работы создана база данных в программной среде ArcGIS 10.1 с набором векторных и растровых тематических слоев, которую можно обновлять в интерактивном режиме и создавать новые карты для последующего анализа. Создана серия из 36 аналитических карт распределения различных загрязняющих веществ в акватории Невской губы за весенний, летний и осенний периоды, а также карты ИЗВ на эти же периоды. По созданным картам были выявлены основные очаги загрязнений акватории и проанализированы причины, которые могли повлиять на плохую экологическую ситуацию. В процессе исследования был рассчитан индекс загрязненности вод, который позволил отнести воды исследуемого района к определенному классу чистоты.

Составленные карты и проведенный анализ позволяют сделать вывод, что экологическое состояние Невской губы на 2015 г. неудовлетворительное. Главной причиной такого состояния является антропогенная деятельность, последствия которой отрицательно сказались на экологическом состоянии акватории. Невская губа отделена от Финского залива конструкциями защитных сооружений. Поэтому акватория Невской губы является самостоятельным водным объектом, в котором происходят процессы, характерные конкретно для

данного участка. Например, самоочищение вод происходит очень медленно. Цветение воды, или эвтрофикация является причиной чрезмерного поступления азота в воду.

В акваторию поступает огромное количество различных коммунально-бытовых отходов, отходов, связанных с гидротехнической деятельностью. Основными источниками загрязнения являются заводы и строительные мероприятия, в результате которых акватория загрязняется, в первую очередь, тяжелыми металлами и нитратами. Загрязнение активно происходит от Морского торгового порта, связанное с добычей, перегрузкой и транспортировкой нефти.

По индексу загрязненности вод (ИЗВ), качество вод в Невской губе на 2015 год оценивается как «очень грязные» и «чрезвычайно грязные». Это дает повод серьезно задуматься о срочном принятии мер по улучшению экологического состояния акватории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2014. – Под ред. Коршенко А.Н. Москва: «Наука», 2014. 200 с.

2. Марков А.В., Григорьева О.В., Саидов А.Г., Жуков Д.В., Мочалов В.Ф. Оценка экологического состояния акватории морского порта Санкт-Петербурга с помощью программного комплекса тематической обработки материалов аэрокосмической съемки. // Геоматика. 2013. № 3. С. 17–21.

3. Сутова И.А, Ушакова Л.А. Эколого-географическое картографирование Финского залива Сб. Материалы Международной конференции ГИС для устойчивого развития территорий. Интеркарто 8. Хельсинки-Санкт-Петербург, 2002. С. 322–326.

4. <http://www.oceanography.ru/> – Государственный океанографический институт (дата обращения 25.02.16 г.).

A.N. Korshenko¹, A.R. Alyautdinov², L.A. Ushakova³

MODELING AND ANALYSIS OF SPATIAL HYDROCHEMICAL STATE OF NEVA BAY WATERS

Abstract. *As the object of ecological and geographical research, the Neva Bay is under great anthropogenic impacts, especially in areas of intensive pollution of the waters of mineral and organic impurities, oil and oil products. Level mode the Neva Bay is associated with features of the atmospheric circulation over the Baltic Sea and the Gulf of Finland. The nature of hydrological processes and hydro chemical regime are under the determining influence of the flow of the Neva River and other rivers, locations of the industrial facilities.*

The main objective of research – developing methods of geoinformation mapping and creation of a database for the evaluation of the environmental state of sea Neva Bay, formed under the influence of a complex set of interacting natural and anthropogenic processes. A database can be constantly updated and allows you to combine significant amount of research results on the basis of uniform principles of formalization and structuring of data. These information base and implementation the newest tools of GIS technologies allow to build models and create a series of maps spread of different pollutants and to assess the environmental state in the Neva Bay.

Key words: *Ecological state, contaminants, hydro chemical indicators, geodatabase, geoprocessing, modeling.*

¹ Zubov State Oceanographic Institute, The Faculty of Geography, Department of Cartography and Geoinformatic; e-mail: korshenko58@mail.ru.

² Lomonosov Moscow State University, The Faculty of Geography, Department of Cartography and Geoinformatic; e-mail: alik@geogr.msu.ru.

³ Lomonosov Moscow State University, The Faculty of Geography, Department of Cartography and Geoinformatic; e-mail: la.ushakova@mail.ru.

REFERENCES

1. Kachestvo morskikh vod po gidrohimicheskim pokazatelyam. [The quality of sea water by hydrochemical indicators.] Ezhegodnik 2014. – Pod red. Korshenko A.N. Moskva: «Nauka», 2014. 200 p.
2. Markov A.V., Grigor'eva O.V., Saidov A.G., Zhukov D.V., Mochalov V.F. Ocenka ekologicheskogo sostoyaniya akvatorii morskogo porta Sankt-Peterburga s pomoshch'yu programmnoy kompleksa tematicheskoy obrabotki materialov aehrokosmicheskoy s»emki. [Assessment of the ecological state of the waters of the sea port of St. Petersburg with the help of software complex thematic processing of materials for Aerospace Survey.] // Geomatika. 2013. № 3. Pp. 17–21.
3. Suetova I.A., Ushakova L.A. EHkologo-geograficheskoe kartografirovaniye Finskogo zaliva [Ecological and geographical mapping of the Gulf of Finland] Sb. Materialy Mezhdunarodnoy konferencii GIS dlya ustojchivogo razvitiya territorij. Interkarto 8. Hel'sinki-Sankt-Peterburg, 2002. Pp. 322–326.
4. <http://www.oceanography.ru/> – Gosudarstvennyj okeanograficheskij institut [State Oceanographic Institute] (data obrashcheniya 25.02.16 g.).

УДК 556.18:528.94

И.Д. Рыбкина¹, Н.Ю. Курепина², Н.В. Стоящева³, М.С. Губарев⁴

ГЕОИНФОРМАЦИОННО-КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДОБЕСПЕЧЕННОСТИ В ЦЕЛЯХ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ

Резюме. Предложена методика геоинформационно-картографического моделирования потенциальной водобеспеченности регионов Западной Сибири в целях водохозяйственной безопасности и устойчивого развития территорий. Осуществлено формирование базы пространственно-распределенных данных, их аналитическая обработка и картографическая интерпретация. С помощью наложения тематических слоев гидрологической, социально-экономической и водохозяйственной информации выполнены расчеты удельной водобеспеченности и определены территории с разным уровнем потенциальной обеспеченности водными ресурсами. В указанных территориях рассчитана численность проживающего населения. Сделан вывод о возможности применения данной методики для оценки степени опасности водохозяйственной ситуации в муниципальных образованиях регионов Западной Сибири.

Ключевые слова: водоресурный потенциал, водобеспеченность, водопользование, геоинформационно-картографическое моделирование, безопасность.

Введение. Изучение вопроса, связанного с водобеспеченностью и ее картографированием, обусловлено необходимостью решения актуальных водохозяйственных проблем регионов России в целях их устойчивого развития. При этом устойчивость понимается нами как рациональное использование водных ресурсов и их сохранение для поддержания экологического равновесия территорий, а водохозяйственная безопасность регионов оценивается с позиций водоресурсной обеспеченности муниципальных образований.

Дефицит водных ресурсов в России воспринимается весьма скептически, наша страна богата водными ресурсами и нехватка пресных вод грозит лишь небольшой части ее территорий. Однако такая близорукая точка зрения, как считают эксперты [Данилов-Данильян,

¹ ИВЭП СО РАН, г. Барнаул; e-mail: irina.rybkina@mail.ru.

² ИВЭП СО РАН, г. Барнаул; e-mail: nyukurepina@mail.ru.

³ ИВЭП СО РАН, г. Барнаул; e-mail: stoyash@mail.ru.

⁴ ИВЭП СО РАН, г. Барнаул; e-mail: mailkal@iwep.ru.

Гельфан, 2015], может в долгосрочной перспективе привести к чрезвычайным ситуациям. Потенциальную опасность и риск водопользования уже сегодня испытывают, в первую очередь, те территории, для которых характерна ситуация водного стресса. Это относится, прежде всего, к территориям с катастрофически низкой и очень низкой водообеспеченностью в расчёте на одного жителя – менее 1,0–2,0 тыс. м³/чел. в год [Shiklomanov, 2000; Данилов-Данильян, Лосев, 2006].

Геоинформационно-картографическое моделирование позволяет дифференцировать исследуемую территорию по уровню водоресурсного потенциала, выделить муниципальные образования с низкими показателями водообеспеченности и рассчитать численность населения, проживающего в зоне потенциальной опасности и риска водопользования.

Материалы и методы исследований. В методическом отношении оценка и прогноз водообеспеченности, водохозяйственной безопасности регионов всегда связаны с такими проблемами, как недостаток гидрологической информации, различия условий формирования и использования водных ресурсов, трудности совмещения физико-географических, административно-территориальных и водохозяйственных границ, разнородность анализируемой информации. Эти и другие сложности выполнения расчетов снижают качество проводимых оценок в регионах.

Геоинформационные технологии позволяют решать проблемы, связанные с обработкой геоданных, предоставляя широкий спектр возможностей их использования, например, при различных вариантах обработки векторных и растровых данных, автоматизированном расчете количественных характеристик объектов, сравнительном анализе географических объектов путем наложения (оверлей) различных тематических слоев и т.д. Для формирования тематической базы пространственно-распределенных данных, создания ГИС-проекта, выполнения комплекса аналитических операций с разнородными данными и картографического моделирования предлагается использовать программный продукт компании ESRI ArcGIS *.

В целях оценки водообеспеченности и водохозяйственной безопасности регионов геоинформационно-картографическое моделирование выполнялось в границах физико-географических провинций Западной Сибири [Винокуров, Цимбaley, 2006] с учетом существующего административно-территориального деления субъектов и современного водохозяйственного районирования. В рамках ландшафтно-бассейнового подхода на территории Западной Сибири выделены 83 провинции, 81 водохозяйственный участок в бассейнах рек и озер в границах 15 субъектов РФ (включая ХМАО и ЯНАО) (рис. 1).

Важным этапом геоинформационно-картографического моделирования является создание и наполнение, а затем и аналитическая обработка комплекса тематических показателей базы пространственно-распределенных данных, концептуальная схема которой представлена на рисунке 2. Так, для оценивания потенциальной обеспеченности поверхностными водными ресурсами были проанализированы данные ГГИ векторного слоя гидрологических постов за период наблюдений (с 1891 до 2006 гг.). Оценка проводилась по данным постов, ближайших по расположению к местам пересечения рекой границ ландшафтных провинций. В случае их отсутствия или удаленности от границ провинций использовалась информация по модулю речного стока (л/с * км²) с карты «Средний многолетний сток рек» [Атлас СССР..., 1983], которая предварительно была оцифрована и привязана к исследуемым географическим объектам.

Для моделирования водообеспеченности подземными водами использовались картографические данные по среднемноголетнему модулю подземного стока (л/с * км²) зоны интенсивного водообмена [Атлас гидрогеологических..., 1983], материалы оценки ресурсов пресных и маломинерализованных подземных вод южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна [Ресурсы..., 1991], а также имеющиеся результаты геолого-разведочных работ, которые были проведены в регионах за последние годы.

С использованием геоинформационно-картографического моделирования для каждой физико-географической провинции Западной Сибири произведены расчеты: объемов суммарного и транзитного речного стока (млн м³ в год), подземного стока (млн м³ в год), а также удельные показатели водообеспеченности на жителя (тыс. м³ / чел. в год).

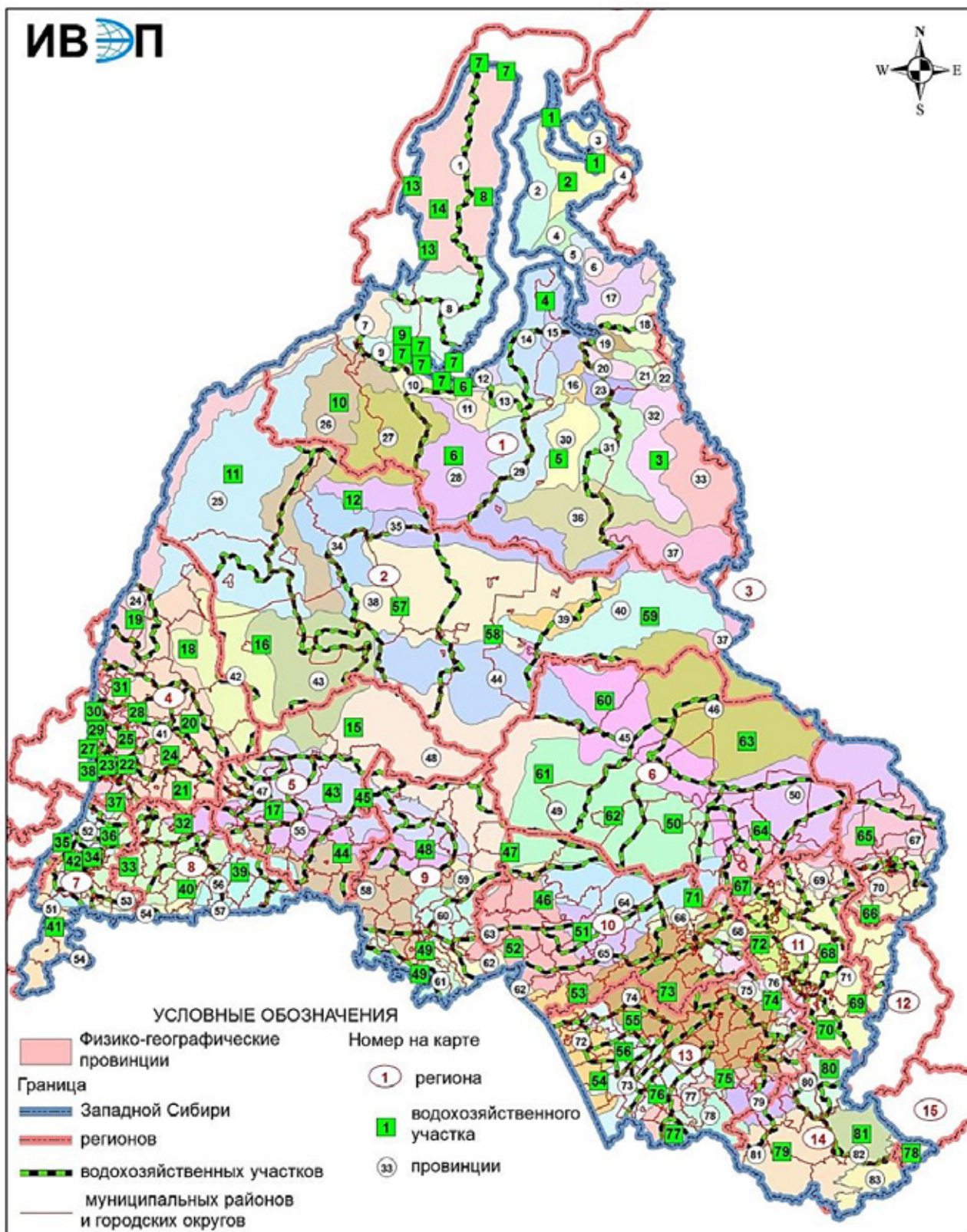


Рис. 1. Физико-географические провинции, водохозяйственные участки и муниципальные образования Западной Сибири

Регионы: 1 – Ямало-Ненецкий автономный округ, 2 – Ханты-Мансийский автономный округ – Югра (Тюменская область), 3 – Красноярский край, 4 – Свердловская область, 5 – Тюменская область, 6 – Томская область, 7 – Челябинская область, 8 – Курганская область, 9 – Омская область, 10 – Новосибирская область, 11 – Кемеровская область, 12 – Республика Хакасия, 13 – Алтайский край, 14 – Республика Алтай, 15 – Республика Тыва.

Водохозяйственные участки: 1 – острова Карского моря (15-05-00-100), 2 – реки бассейна Карского моря, 3 – р. Таз (15-05-00-001), 4 – бассейн Карского моря (15-04-00-002), 5 – р. Пур (15-04-00-001), 6 – р. Надым (15-03-00-001), 7 – острова Карского моря в пределах внутренних морских вод и территориального моря РФ, прилегающего к береговой линии гидрографической единицы 15.02.03 (вкл. о-в Белый, (15-02-03-100), 8 – реки западного участка (15-02-03-003), 9 – р. Обь от г. Салехард до устья (15-02-03-002), 10 – р. Обь без р. Сев. Сосьва (15-02-03-001), 11 – Сев. Сосьва (15-02-02-001), 12 – р. Мал. Обь и р. Обь без р. Иртыш (15-02-01-001), 13 – острова Карского моря (15-01-00-100), 14 – реки бассейна Карского моря (15-01-00-001), 15 – р. Иртыш без рек Тобол и Конда (14.01.07.001), 16 – р. Конда (исток, устье, 14-01-06-001), 17 – р. Тобол от впадения р. Исеть (14-01-05-026), 18 – р. Тавда от истока до устья (14-01-05-025), 19 – р. Сосьва от истока до в/п д. Морозково (14-01-05-024), 20 – р. Тура от впадения р. Тагил (14-01-05-023), 21 – р. Пышма от Белоярского г/у до устья без р. Рефт от истока до Рефтинского г/у (14-01-05-022), 22 – р. Рефт от истока до Рефтинского г/у (14-01-05-021), 23 – р. Пышма от истока до Белоярского г/у (14-01-05-020), 24 – р. Ница от слияния рек Реж и Нейва до устья (14-01-05-019), 25 – р. Реж (без р. Аять от истока до Аятского г/у) и Нейва (от Невьянского г/у) до их слияния (14-01-05-018), 26 – р. Аять от истока до Аятского г/у (14-01-05-017), 27 – р. Нейва от истока до Невьянского г/у (14-01-05-016), 28 – р. Тагил от г. Нижний Тагил до устья (14-01-05-015), 29 – р. Тагил от истока до г. Нижний Тагил без р. Черная (14-01-05-014), 30 – р. Черная от истока до Черноисточинского г/у (14-01-05-013), 31 – р. Тура от истока до впадения р. Тагил (14-01-05-012), 32 – р. Исеть от впадения р. Теча до устья без р. Миасс (14-01-05-011), 33 – р. Миасс от г. Челябинск до устья (14-01-05-010), 34 – р. Миасс от Аргазинского г/у до г. Челябинск (14-01-05-009), 35 – р. Миасс от истока до Аргазинского г/у (14-01-05-008), 36 – р. Теча (исток, устье, 14-01-05-007), 37 – р. Исеть от г. Екатеринбург до впадения р. Теча (14-01-05-006), 38 – р. Исеть от истока до г. Екатеринбург (14-01-05-005), 39 – р. Тобол от г. Курган до впадения р. Исеть (14-01-05-004), 40 – р. Тобол от впадения р. Уй до г. Курган (14-01-05-003), 41 – р. Тобол от границы РФ до впадения р. Увелька (14-01-05-002), 42 – р. Увелька (исток-устье, 14-01-05-001), 43 – р. Иртыш без р. Ишим (14-01-04-001), 44 – р. Ишим (от границы с Респ. Казахстан до устья) (14-01-03-002), 45 – бассейн оз. Б. Уват до г/у Б.Уват в истоке р. Вертенис (14-01-03-001), 46 – р. Омь (исток, устье, 14-01-02-001), 47 – р. Иртыш без рек Омь и Оша (14-01-01-003), 48 – р. Оша (исток, устье) (14-01-01-002), 49 – р. Иртыш (граница с Казахстаном, 14-01-01-001), 50 – р. Обь от впадения р. Чулым до впадения р. Кеть (13.01.05.001), 51 – водные объекты между бассейнами оз. Чаны и р. Омь (13-02-00-006), 52 – оз. Чаны и впадающие в него реки и др. водные объекты (13-02-00-005), 53 – бассейн оз. Тополиное и р. Бурла (13-02-00-004), 54 – южнее бассейна р. Бурла без бассейнов озер Кучукского и Кулундинского (13-02-00-003), 55 – оз. Кулундинское и впадающие в него реки (13-02-00-002), 56 – оз. Кучукское и впадающие в него реки (13-02-00-001), 57 – р. Обь (13-01-11-002), 58 – р. Обь без р. Вах (13-01-11-001), 59 – р. Вах (13-01-10-001), 60 – Обь на участке от Васюган (13-01-09-001), 61 – р. Васюган (от истока до устья, 13-01-08-001), 62 – р. Обь без р. Кеть (13-01-07-001), 63 – р. Кеть (13-01-06-001), 64 – р. Чулым (устье, 13-01-04-003), 65 – р. Чулым (исток и среднее течение, 13-01-04-002), 66 – р. Чулым (13-01-04-001), 67 – р. Томь (13-01-03-004), 68 – р. Томь (13-01-03-003), 69 – р. Томь без р. Кондома (13-01-03-002), 70 – р. Кондома (13-01-03-001), 71 – р. Обь без рек Иня и Томь (13-01-02-007), 72 – р. Иня (13-01-02-006), 73 – р. Обь без р. Чумыш (13-01-02-005), 74 – р. Чумыш (13-01-02-004), 75 – р. Обь без р. Алей (13-01-02-003), 76 – р. Алей (среднее течение и устье, 13-01-02-002), 77 – р. Алей (приграничная часть бассейна, 13-01-02-001), 78 – бессточная территории между бассейнами рек Обь, Енисей и границей РФ с Монголией (13-01-01-200), 79 – р. Катунь (от истока до устья, 13-01-01-003), 80 – р. Бия (от истока до устья, 13-01-01-002), 81 – бассейн оз. Телецкое (13-01-01-001).

Физико-географические провинции: 1 Североямальская; 2 Юрибейская; 3 Северогыданская; 4 Гыданская; 5 Верхтанамская; 6 Танамская; 7 Мессояхская; 8 Горно-тундровая Урала; 9 Щучинская; 10 Усть-Обская; 11 Салехардская; 12 Усть-Надымская; 13 Усть-Ныдская; 14 Североненецкая; 15 Верхненыдская; 16 Усть-Пурская; 17 Усть-Нгарская; 18 Верхлукьяхская; 19 Усть-Газовская; 20 Северохетская; 21 Сидоровская; 22 Южнохетская; 23 Верхненгарская; 24 Горно-гаежная Урала; 25 Северососьвинская; 26 Нижнеобская; 27 Полуийская; 28 Надымская; 29 Южноненецкая; 30 Тарко-Салесская; 31 Часельская; 32 Усть-Худосейская; 33 Среднетазовская; 34 Белогорская; 35 Нулетовская; 36 Пякупур-Толькинская; 37 Верхнетазовская; 38 Сургутская; 39 Аганская; 40 Вахская; 41 Туринская; 42 Тавдинско-Кондинская; 43 Кондинская; 44 Юганская; 45 Обь-Тымская; 46 Кетско-Тымская; 47 Среднеиртышская; 48 Тобольская; 49 Васюганская; 50 Чулымская; 51 Горно-степная Урала; 52 Горно-лесостепная Урала; 53 Зауральская; 54 Тобол-Убаганская; 55 Ашлыкская; 56 Северопредтургайская; 57 Южнопредтургайская; 58 Ишимская; 59 Северобарабинская; 60 Западнобарабинская; 61 Теке-Кызылкакская; 62 Южнобарабинская; 63 Барабинская; 64 Верхнеомская; 65 Во-

сточнобарабинская; 66 Вьюновская; 67 Североприаргинская; 68 Кузнецкая межгорно-котловинная; 69 Южноприаргинская; 70 Назаровская; 71 Кузнецко-Алатауская; 72 Кулундинская; 73 Южноприа-лейская; 74 Верхнеобская; 75 Предсалаирская; 76 Салаирская; 77 Предалтайская; 78 Северо-Западная Алтайская; 79 Северо-Алтайская; 80 Северо-Восточная Алтайская; 81 Центрально-Алтайская; 82 Во-сточная Алтайская; 83 Юго-Восточная Алтайская.



Рис. 2. Концептуальная схема базы данных на территорию Западной Сибири

Удельная потенциальная водообеспеченность рассчитывалась как отношение среднесуточных возобновляемых водных ресурсов к численности проживающего в пределах провинции населения [Водные ресурсы..., 2008]. По величине потенциальной водообеспеченности можно судить в целом о состоянии водных ресурсов в естественных условиях их формирования (например, в границах природных зон и ландшафтных провинций), давать сравнительную характеристику отдельных субъектов и регионов, анализировать динамику водообеспеченности за определенный период времени.

В целом оценить водохозяйственную безопасность регионов представляется возможным через ранжирование субъектов по степени потенциальной опасности и риска водопользования. Под ранжированием понимается определение численности и площади субъекта, попадающей в разные категории удельной водообеспеченности с учетом убывания значений среднесуточных показателей поверхностного и подземного стока. Наивысшую степень водохозяйственного неблагополучия имеют категории «катастрофически низкая» и «очень низкая». Категории водообеспеченности заимствованы в работе [Shiklomanov, 2000]: катастрофически низкая (менее 1,0 тыс. м³/чел. в год), очень низкая (1,01–2,0 тыс. м³/чел. в год), низкая (2,01–5,0 тыс. м³/чел. в год), средняя (5,01–10,0 тыс. м³/чел. в год), высокая (10,01–20,0 тыс. м³/чел. в год) и очень высокая (более 20,0 тыс. м³/чел. в год).

Результаты исследований и их обсуждение. В среде ГИС с использованием географической основы масштаба 1:1 000 000 (фонд ИВЭП СО РАН) была сформирована тематическая база пространственно-распределенных данных, создан проект, разработана серия оригинальных геоинформационно-картографических водоресурсных и водохозяйственных моделей на территорию Западной Сибири, проведен комплексный анализ водообеспеченности природных ландшафтов и выполнена оценка субъектов РФ по степени проявления опасности и риска водопользования. Одним из результатов научно-исследовательской работы стала карта водохозяйственной безопасности административно-территориальных образований (субъектов) Западной Сибири (рис. 3) с аналитическим сопровождением к ней и рекомендациями.

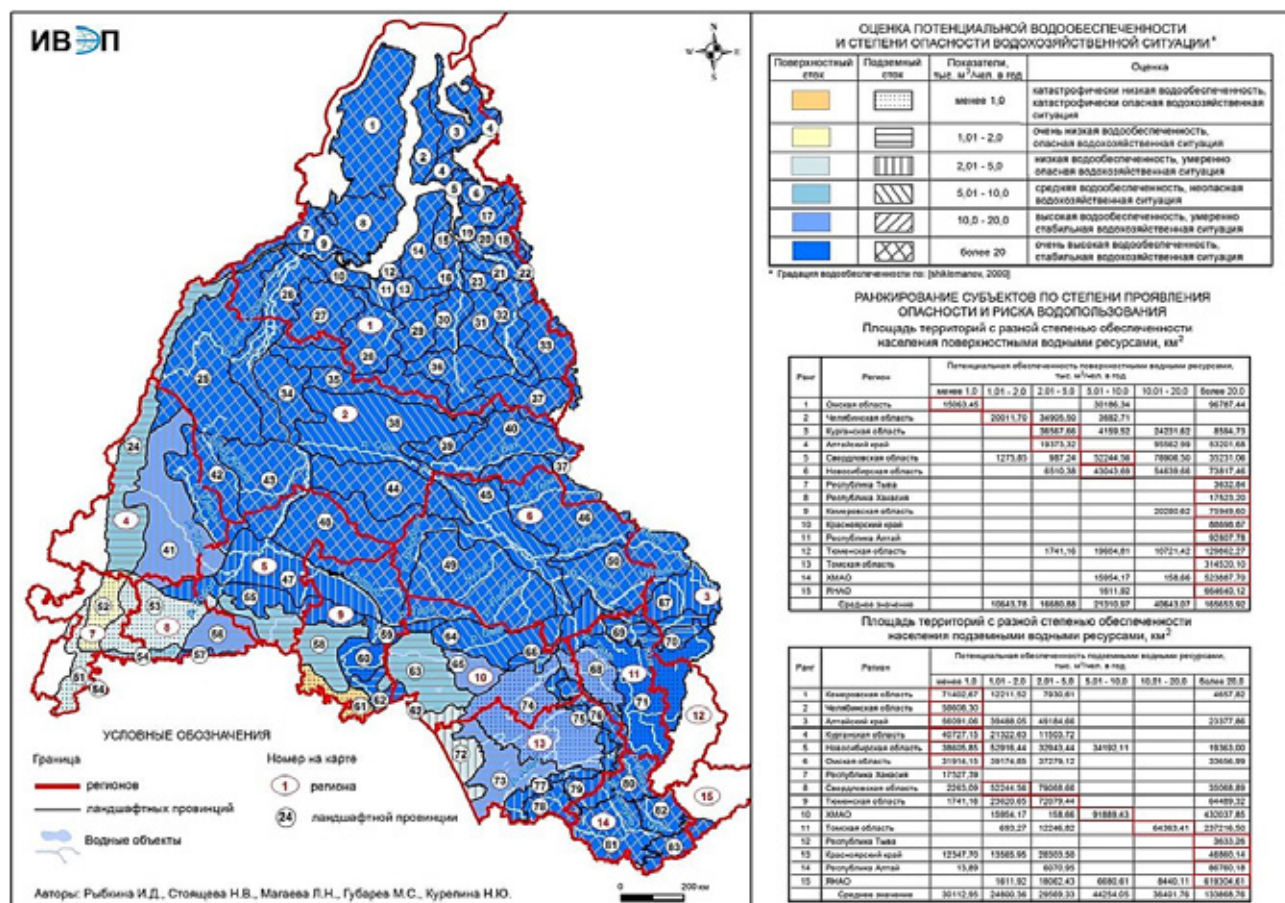


Рис. 3. Оценка административно-территориальных образований (субъектов РФ) Западной Сибири по степени проявления опасности и риска водопользования

Основу карты составляют показатели ранжирования субъектов РФ по потенциальной водообеспеченности и степени опасности водохозяйственной ситуации: фоновую – поверхностного стока, штриховую – подземного стока. Отображаемые водные объекты генерализованы в соответствии с содержанием и назначением карты. Информативность модели увеличивается за счет таблиц, дополняющих картографическое изображение:

- оценки потенциальной водообеспеченности и степени опасности водохозяйственной ситуации с показом условного обозначения оценочных рангов и их количественных и качественных характеристик;
- ранжирования субъектов по степени проявления опасности и риска водопользования: площади территорий с разной степенью обеспеченности населения поверхностными водными ресурсами;
- площади территорий с разной степенью обеспеченности населения подземными водными ресурсами.

По результатам расчетов потенциальной обеспеченности поверхностными водными ресурсами (объемов среднесуточного стока в расчете на одного жителя) выделились ландшафтные провинции, для которых общий речной сток имеет катастрофически низкие и очень низкие уровни и составляет менее 1,0–2,0 тыс. м³/чел. в год. Это Теке-Кызылкакская провинция (0,73 тыс. м³/чел. в год) и горно-лесостепная провинция Урала (1,08 тыс. м³/чел. в год).

Низкой обеспеченностью (2,01–5,0 тыс. м³/чел. в год) поверхностными водами характеризуются Зауральская, Уральская горно-степная и Кулундинская провинции. Средней водообеспеченностью (5,01–10,0 тыс. м³/чел. в год) отличаются Ишимская, Тобол-Убаганская, горно-таежная Урала и Барабинская провинции. Высокую и очень высокую водообеспеченность имеют все остальные провинции Западной Сибири. При этом на территории 13 провинций отсутствует постоянное население, в связи с чем, значение водообеспеченности для них отсутствует.

Обеспеченность подземными водными ресурсами характеризуют следующие цифры. Катастрофически низкая – для жителей девяти ландшафтных провинций: Западнобарабинская, горно-лесостепная Урала, Кузнецко-Алатауская, Тобол-Убаганская, Зауральская, Кузнецкая межгорно-котловинная, Верхнеобская, горно-степная Урала, Теке-Кызылкакская (до 1 тыс. м³/чел. в год). Очень низкую обеспеченность (1,0–2,0 тыс. м³/чел. в год) имеют жители еще девяти провинций (Южнобарабинская, Ишимская, горно-таежная Урала, Барабинская, Северопредтургайская, Назаровская, Южноприаргинская, Вьюновская, Южноприалейская).

Низкая водообеспеченность (2,01–5,0 тыс. м³/чел. в год) отмечается в Североприаргинской, Кулундинской, Усть-Обской, Восточнобарабинской, Ашлыкской, Туринской, Южнопредтургайской, Предсалаирской, Предалтайской, Верхненыдской, Северо-Алтайской, Северобарабинской, Среднеиртышской провинциях. Средняя водообеспеченность – в Обь-Тымской, Усть-Надымской, Верхнеомской и Сургутской провинциях. В остальных провинциях регистрируется высокая и очень высокая обеспеченность ресурсами подземных вод, за исключением тех провинций, в которых постоянное население отсутствует.

По нашим расчетам, в условиях катастрофически низкой и очень низкой обеспеченности поверхностными водными ресурсами проживает 1678,22 тыс. чел. в Челябинской области, 130,51 тыс. чел. на территории Омской области и 0,76 тыс. чел. в Новосибирской области. Порядка 1058,32 тыс. жителей Курганской и Свердловской области, Алтайского края имеют низкую обеспеченность ресурсами речного стока.

По обеспеченности подземными водными ресурсами ситуация еще более напряженная. Катастрофически низкую и очень низкую обеспеченность ресурсами подземных вод имеют 3022,37 тыс. жителей Свердловской области, 2451,61 тыс. – Кемеровской области, 2340,93 тыс. чел. – в Челябинской, 2041,76 тыс. – Новосибирской, 1481,59 тыс. – Омской области, 1438,13 тыс. – Алтайского края, 741,34 тыс. – Курганской области. Умеренно опасной водохозяйственной обстановкой характеризуются части территорий Тюменской и Томской областей, в которых проживает 1669,84 тыс. чел. – население регионов, по условиям обеспеченности относящееся к категории с низкой степенью обеспеченности подземными водами.

Однако при расчетах удельных показателей с учетом и поверхностных, и подземных вод только 130,5 тыс. жителей Западной Сибири катастрофически низко обеспечены суммарными водными ресурсами. Очень низкой суммарной водообеспеченностью характеризуются 1678,2 тыс. чел., низкой – 1477,2 тыс. жителей.

Выводы. Предложенная методика геоинформационно-картографического моделирования позволяет выполнить оценку потенциальной водообеспеченности и степени опасности водохозяйственной ситуации в муниципальных образованиях Западной Сибири.

В целом результаты оценки показали, что в условиях катастрофически низкой потенциальной обеспеченности водными ресурсами (менее 1,0 тыс. м³/чел. в год) в Западной Сибири проживает около 130,5 тыс. человек, очень низкой потенциальной водообеспеченности (1,0–2,0 тыс. м³/чел. в год) – 1678,2 тыс. чел., низкой (2,0–5,0 тыс. м³/чел. в год) – 1477,2 тыс. жителей Обь-Иртышского бассейна, что суммарно составляет около 15% общей численности населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас гидрогеологических и инженерно-геологических карт СССР. Карта естественных ресурсов подземных вод СССР (подземного стока зоны интенсивного водообмена). М., 1983. [Электронный ресурс]: http://www.hge.pu.ru/mapgis/subekt/obzorniye/ig_atlas/est_res.pdf.
2. Атлас СССР. Карта «Средний многолетний сток рек». М.: Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР, 1983. 260 с.
3. *Винокуров Ю.И., Цимбалей Ю.М.* Региональная ландшафтная структура Сибири: монография / Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т вод. и экол. проблем; Мин-во образования и науки РФ, ГОУ ВПО «Алт. гос. ун-т», Геогр. фак. Барнаул: Изд-во АГУ, 2006. 95 с.
4. Водные ресурсы России и их использование / под ред. И.А. Шикломанова. СПб.: Государственный гидрологический институт, 2008. 600 с.
5. *Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С.* Потребление воды: экологические, экономические, социальные и политические аспекты. М.: Наука, 2006. 221 с.
6. *Данилов-Данильян В.И., Гельфан А.Н.* Водная безопасность // Федеральный справочник № 29. Национальная безопасность России. Вып. 2. Реализация стратегических национальных приоритетов, региональное и международное сотрудничество. М., 2015. С. 269–276. [Электронный ресурс]: <http://federalbook.ru/projects/bezopasnost/2.html>.
7. Ресурсы пресных и маломинерализованных подземных вод южной части Западно-Сибирского артезианского бассейна / сост.: И.М. Земскова, Ю.К. Смоленцев, М.П. Полканов и др. М.: Недра, 1991. 262 с.
8. *Shiklomanov I.A.* The dynamics of river water inflow to the Arctic Ocean // The Freshwater Budget of the Arctic Ocean. Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 2000. Pp. 281–297.

I.D. Rybkina¹, N. Yu. Kurepina², N.V. Stoyashcheva³, M.S. Gubarev⁴

GEOINFORMATION-CARTOGRAPHIC MODELING OF WATER AVAILABILITY FOR WATER SECURITY AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF TERRITORIES

Abstract. *The study of problem associated with water availability and its mapping is due to the need to solve urgent water problems of the Russian regions for their sustainable development. At the same time, sustainability is understood as rational use of water resources and their conservation to maintain the ecological balance of territories, and water security of regions is evaluated from the standpoint of water supply to municipalities.*

The shortage of water resources in Russia is perceived skeptically since our country is rich in water resources and the scarcity of fresh water threatens only a small part of its territory. However, the experts consider [Danilov-Danilyan, Galfan, 2015] that such a myopic point of view can lead in the long term to emergencies. The potential danger and risk of water use are already typical for the areas, which experience water stress. These are the territories with extremely low water availability per capita, less than 1.0-2.0 thousand m³/person/year [Shiklomanov, 2000; Danilov-Danilyan, Losev, 2006].

Geoinformation-cartographic modeling allows to differentiate the area under study according to water resource potential, to identify municipalities with low water availability and to estimate the population living in the area of potential danger and risk of water use.

Key words: *water potential, water availability, water use, geoinformation-cartographic modeling, security.*

¹ IWEP SB RAS, Barnaul; e-mail: irina.rybkina@mail.ru.

² IWEP SB RAS, Barnaul; e-mail: nyukurepina@mail.ru.

³ IWEP SB RAS, Barnaul; e-mail: stoyash@mail.ru.

⁴ IWEP SB RAS, Barnaul; e-mail: mailkal@iwep.ru.

REFERENCES

1. Atlas gidrogeologicheskikh i inzhenerno-geologicheskikh kart SSSR. Karta estestvennykh resursov podzemnykh vod SSSR (podzemnogo stoka zony intensivnogo vodoobmena) [Atlas of hydrogeological and engineering-geological maps of the USSR. Map of natural resources of underground waters of the USSR (underground runoff of the zone of intensive water exchange)]. M., 1983. [Elektronnyj resurs]: http://www.hge.pu.ru/mapgis/subekt/obzorniye/ig_atlas/est_res.pdf.
 2. Atlas SSSR. Karta «Srednij mnogoletnij stok rek» [Atlas of the USSR. Map «Average long-term runoff of the rivers»]. M.: Glavnoe upravlenie geodezii i kartografii pri Sovete Ministrov SSSR, 1983. 260 p.
 3. Vinokurov Yu.I., Cimbalej Yu.M. Regional'naya landshaftnaya struktura Sibiri [Regional landscape structure of Siberia]: monografiya / Ros. akad. nauk, Sib. otd-nie, In-t vod. i ehkol. problem; Min-vo obrazovaniya i nauki RF, GOU VPO «Alt. gos. un-t», Geogr. fak. Barnaul: Izd-vo AGU, 2006. 95 p.
 4. Vodnye resursy Rossii i ih ispol'zovanie [Water resources of Russia and their use] / pod red. I.A. Shiklomanova. SPb.: Gosudarstvennyj gidrologicheskij institut, 2008. 600 p.
 5. Danilov-Danil'yan V.I., Losev K.S. Potreblenie vody: ehkologicheskie, ehkonomicheskie, social'nye i politicheskie aspekty [Water consumption: ecological, economic, social and political aspects]. M.: Nauka, 2006. 221 p.
 6. Danilov-Danil'yan V.I., Gel'fan A.N. Vodnaya bezopasnost' // Federal'nyj spravochnik № 29. Nacional'naya bezopasnost' Rossii. Vyp. 2. Realizaciya strategicheskikh nacional'nykh prioritetov, regional'noe i mezhdunarodnoe sotrudnichestvo [Water security // Federal reference No. 29. National security of Russia. Iss. 2. Implementation of strategic national priorities, regional and international cooperation]. M., 2015. S. 269–276. [Elektronnyj resurs]: <http://federalbook.ru/projects/bezopasnost/2.html>.
 7. Resursy presnykh i malomineralizovannykh podzemnykh vod yuzhnoj chasti Zapadno-Sibirskogo artezianskogo bassejna [Resources of fresh and low-mineralized groundwater in the south of West Siberian artesian basin] / sost.: I.M. Zemskova, YU.K. Smolencev, M.P. Polkanov i dr. M.: Nedra, 1991. 262 p.
 8. Shiklomanov I.A. The dynamics of river water inflow to the Arctic Ocean // The Freshwater Budget of the Arctic Ocean. Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 2000. Pp. 281–297.
-

УДК 581.5+004.9

А.П. Михайлович¹, В.В. Фомин², С.Г. Шиятов³

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ВЫСОКОГОРНОЙ ДРЕВЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПО ДАННЫМ ФОТОМОНИТОРИНГА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС

Резюме. Разработана методика обработки повторных ландшафтных фотографий и представления ее результатов для дальнейшего анализа пространственно-временной динамики древостоев в верхнем пределе произрастания древесной растительности на Полярном Урале

¹ Уральский государственный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Физико-технологический институт, кафедра физических методов и приборов контроля качества, Екатеринбург, 620002, Россия, ст. преподаватель; e-mail: anna.mikhailovich@gmail.com.

² Уральский государственный лесотехнический университет, Институт леса и природопользования, лаборатория ГИС-технологий в области наук о лесе и экологии, Екатеринбург, 620100, Россия, профессор; e-mail: fomval@gmail.com.

³ Институт экологии растений и животных УрО РАН, лаборатория дендрохронологии, Екатеринбург, 620144, Россия, профессор; e-mail: stepan@ipae.uran.ru.

(горный массив Рай-Из). С ее помощью возможно решение ряда задач, которые возникают при использовании повторных ландшафтных фотоснимков: формирование у пользователя целостного представления исследуемой территории; получение дополнительных качественных и количественных характеристик участков местности, автоматизированное аннотирование наземных фотоизображений, создание тематических карт или картосхем с использованием данных, полученных при анализе повторных ландшафтных фотоснимков.

Ключевые слова: Повторные ландшафтные фотографии, верхняя граница леса, пространственно-временная динамика, картосхема, Полярный Урал.

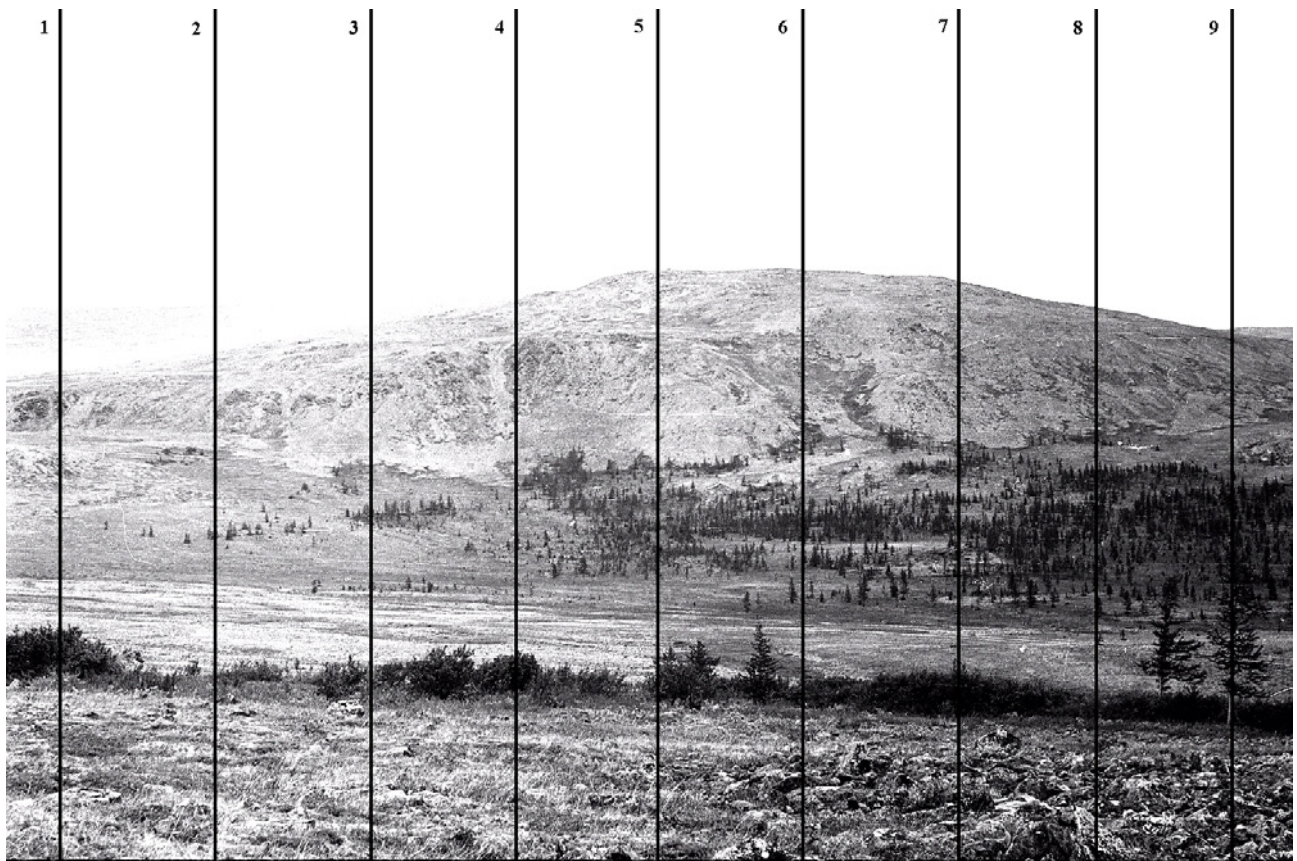
Введение. Повторные ландшафтные фотографии широко используются при проведении исследований в области лесной экологии и лесном хозяйстве, в основном, в качестве иллюстраций изменений, которые произошли на исследуемом участке местности за определенный период (Hall, 2001; Нестеров, Сарычев, 2006; Сарычев, 2006; Фомин и др., 2007; Фомин и др., 2008а; Фомин, 2009; Hendrick, Copenheadver, 2009; Webb, Boyer, Turner, 2010). Однако ландшафтные фотографии могут рассматриваться как объективный и наглядный источник данных о местности, так как являются вместительными и относительно дешевыми хранилищами большого объема информации (Dahdouh-Guebas, Koedam, 2008), которую нужно уметь извлекать для дальнейшего анализа.

Процедура извлечения информации из ландшафтных фотоснимков сопряжена с рядом сложностей, обусловленных недостатками, присущими этому источнику данных. Эти недостатки могут затруднять автоматизированный анализ и получение количественных характеристик отображенных на фотографии объектов. К ним можно отнести: изменение масштаба в пределах снимка, большое разнообразие объектов и освещенности (Фомин и др., 2008б; Фомин, Михайлович, 2013). Необходимо также отметить, что на фотоснимок попадает фрагмент ландшафта, который виден из точки фотосъемки в определенном направлении. При отсутствии информации о местоположении фотографа в момент фотосъемки и направлении оптической оси фотоаппарата достаточно трудно сформировать целостное представление об изучаемом пространстве даже при наличии множества фотографий.

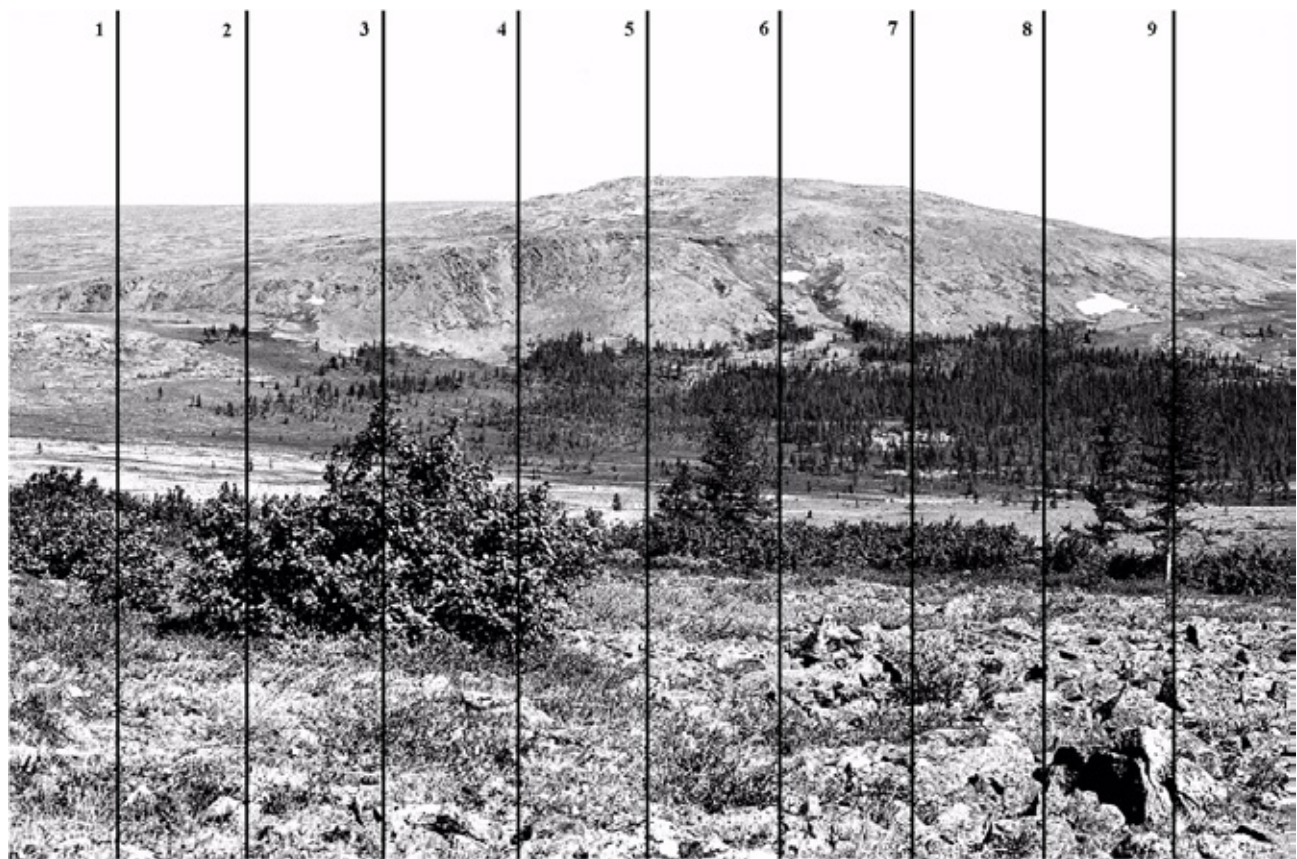
Перед исследователем при работе с ландшафтными изображениями, как правило, стоят следующие задачи: 1) формирование целостного представления об изучаемой территории в виде совокупности взаимосвязанных ландшафтных снимков; 2) создание тематических картосхем с использованием повторных ландшафтных фотоснимков; 3) аннотирование ландшафтных фотоснимков; 4) получение количественных характеристик снимков и объектов, отображенных на них, с использованием автоматизированных алгоритмов обработки и анализа изображений. Разработанная методика позволяет решить первые три из них.

Материалы и методы исследований. При создании методики использованы повторные ландшафтные фотоснимки, сделанные С.Г. Шиятовым за период с 1962 по 2004 г. на горном массиве Рай-Из (Полярный Урал, Россия). На исследуемой территории произрастают редкостойные лиственничные древостои (*Larix sibirica* Ledeb.). Подробная характеристика района исследований описана ранее (Шиятов и др., 2005; Фомин, 2009). Архив повторных фотографий насчитывает несколько тысяч фотографий.

Фрагмент территории, отображенный на фотоснимке, можно представить на карте в виде сектора с областями видимости. Правую и левую сторону сектора ограничивают прямые, исходящие из точки фотосъемки. Конфигурация дальней (от наблюдателя стороны) определяется в результате проведения анализа видимости по цифровой модели рельефа в геоинформационной системе (ГИС). На рис. 1 приведены две фотографии юго-восточного макросклона Рай-Из (Красный камень), сделанные в 1962 и 2004 годах. На рис. 2 приведены две картосхемы с сектором с областями видимости, на который нанесены условные знаки, характеризующие древесную растительность в шестидесятых годах XX и начале XXI веков. Вертикальные линии на снимках (рис. 1) соответствуют лучам, исходящим из точки фотосъемки (рис. 2). Расстояние между вертикальными линиями соответствует примерно 10% ширины большего снимка. Величина угла между лучами составляет 10% от величины угла сектора. Нанесение вертикальных линий и лучей сделано для удобства перенесения информации со снимка на карту.

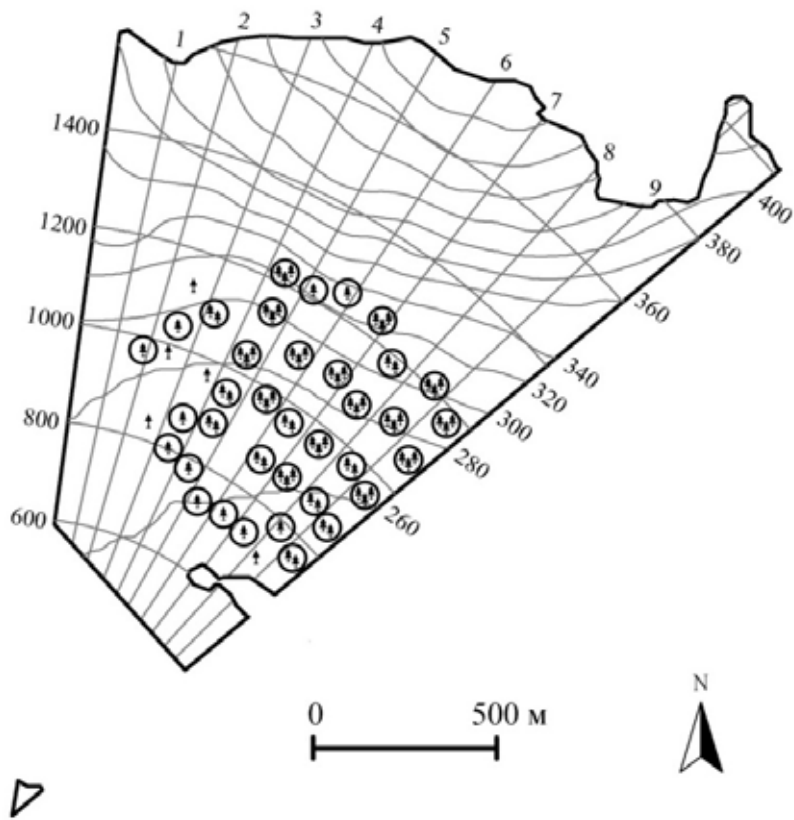


(a)

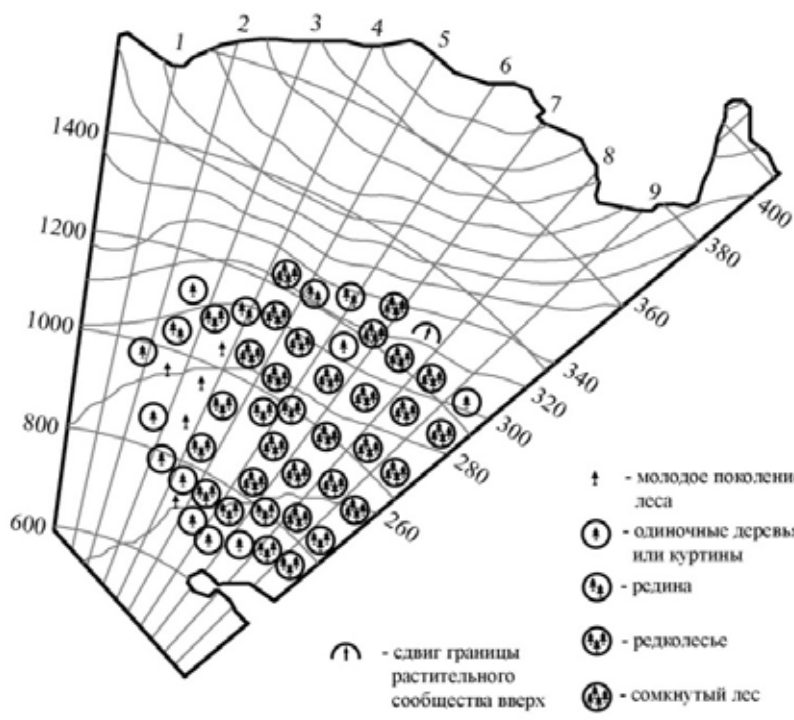


(б)

Рис. 1. Ландшафтные снимки, сделанные С.Г. Шиятовым с точки съемки № 54 в 1962 (а) и 2004 (б) гг. Вертикальные линии нанесены на снимки для облегчения идентификации участков местности и древесной растительности



(a)



(б)

Рис. 2. Картограммы, характеризующие древесную растительность в 1962 (а) и 2004 (б) гг. на участке склона горного массива Рай-Из, который виден на фотоснимках, сделанных с точки фотосъемки № 54

Источниками данных об участке местности, изображенном на снимке, могут быть геоинформационные слои, полученные в результате применения функций и моделей ГИС. В данном исследовании были использованы следующие функции и модели ГИС ARC/INFO: уклон (slope) и экспозиция склона (aspect), функция расчета буферного расстояния (buffer) от точки, модель расчета топографического индекса влажности СТИ (Evans, 2003).

Кроме фотографий, в работе использовались такие пространственные данные, как цифровая модель рельефа (пространственное разрешение 10 м); векторный слой с точками фотосъемки; векторный линейный слой с изолиниями высот; векторный точечный слой с отметками высот; линейный слой речной сети, спектрально-зональный аэроснимок высокого пространственного разрешения 2003 г. Аэроснимок был ортотрансформирован с помощью программного обеспечения ERDAS Imagine (ERDAS Inc., США). На его основе был создан векторный точечный слой, в котором точками обозначено местоположение деревьев.

Результаты исследований и их обсуждение. Представление на карте сектора с областями видимости, которые соответствуют фрагментам местности, отображенным на снимке, открывает возможности для решения проблемы формирования у исследователя целостного представления изучаемого района с помощью ландшафтных фотографий. Точка фотосъемки и сектор дают информацию об ориентации фотоснимка. Кроме того, топологическое наложение секторов, соответствующих разным фотоснимкам, позволяет определить какие элементы ландшафта и объекты, например, древесная растительность видны на разных фотографиях. Возможность рассмотреть объекты на разном удалении от наблюдателя с разных ракурсов дает исследователю дополнительную (по сравнению с просмотром одиночного снимка) информацию для анализа изменений, которые можно оценить с использованием одновременных повторных фотографий.

На ландшафтном снимке отображены участки местности, находящиеся на разном удалении от наблюдателя, поэтому содержащаяся на нем информация относится к разным пространственным масштабам. Например, на дальнем плане фотоснимка можно установить факт смещения верхней границы леса и изменения густоты древостоев, а на ближнем плане – оценить особенности возобновления древесной растительности.

Для решения задачи получения дополнительных данных о местности, отображенной на снимке, а также его автоматизированного аннотирования предлагается использовать пространственные данные и результаты моделирования в ГИС с последующим их наложением на сектор с областями видимости. В результате топологического наложения слоев, характеризующих экспозицию, уклон, влажность участков местности на слой – сектор с областями видимости, можно получить набор количественных характеристик, а также поставленных им в соответствие шаблонов фраз, которые могут быть использованы при подготовке аннотации к снимку.

На рис. 2 приведены результаты одного из вариантов переноса информации со снимка на карту. Он состоит в нанесении условных знаков, которые характеризуют древесную растительность или изменения, которые произошли в экотоне верхней границы древесной растительности: отсутствие или наличие молодого поколения древесных растений, изменение густоты, продвижение растительности вверх по склону. Полученные таким образом картосхемы являются первым необходимым элементом для создания тематических карт или картосхем всей исследуемой территории на основе анализа повторных ландшафтных фотоснимков.

Выводы. Разработанная методика анализа и представления наземных фотоснимков направлена на решение следующих задач использования повторных ландшафтных снимков:

- формирования у исследователя целостного представления об изучаемом пространстве;

- проблемы получения дополнительных данных о местности, создания и аннотаций к ландшафтными снимкам;
- проблемы создания тематических карт или картосхем с использованием повторных ландшафтных фотоснимков.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (государственные задания высшим учебным заведениям и научным организациям в сфере научной деятельности) № 2001 и гранта РФФИ № 15-04-05857а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нестеров Ю.А., Сарычев В.С. Фотомониторинг ландшафтов Среднерусской лесостепи // Вестник ВГУ, Серия: География. Геоэкология, 2006. № 1. С. 53–63.
2. Сарычев В.С. Фотомониторинг состояния популяции Шиверекии подольской *Schivereckia podolica* Andrз. в заповеднике «Галичья Гора» // Экологические исследования в заповеднике «Галичья Гора». 2006. Вып. 1. С. 33–42.
3. Сарычев В.С., Нестеров Ю.А. Фотографическое наследие В.Н. Хитрово // Вестник ВГУ. Серия: География. Геоэкология. 2007. № 2. С. 123–125.
4. Фомин В.В. Климатогенная и антропогенная динамика древесной растительности во второй половине XX века. Екатеринбург: ИЭРиЖ УрО РАН, 2009. 150 с.
5. Фомин В.В., Попов А.С., Низаметдинов Н.Ф., и др. Морфофизиологическая и автоматизированная оценка состояния сосновых древостоев в зоне действия атмосферных промышленных загрязнений [Morphophysiological and automated assessment of pine stands in the zone of atmospheric industrial pollution] // Лесной вестник. 2007. № 8. С. 75–79.
6. Фомин В.В., Капралов Д.С., Попов А.С., Крюк В.И. Автоматизированная оценка состояния деревьев с использованием системы анализа изображений // Лесной журнал. 2008. № 1. С. 24–30.
7. Фомин В.В., Михайлович А.П., Попов А.С. и др. Метрологические аспекты анализа изображений // Измерительная техника. 2008. № 2. С. 25–28.
8. Фомин В.В., Михайлович А.П. Экологический фотомониторинг естественных и антропогенных ландшафтов // Аграрный вестник Урала. 2013. № 11 (117). С. 16–21.
9. Шиятов С.Г. Динамика древесной и кустарниковой растительности в горах Полярного Урала под влиянием современных изменений климата. [Dynamics of tree and shrub vegetation in the mountains of the Polar Urals under the influence of contemporary climate change.] Екатеринбург: ИЭРиЖ УрО РАН, 2009. 216 с.
10. Шиятов С.Г., Терентьев М.М., Фомин В.В. Пространственно-временная динамика лесотундровых сообществ на Полярном Урале // Экология. 2005. № 2. С. 1–8.
11. Evans J. Compound Topographic Index // <http://arcscripsts.esri.com/details.asp?dbid=11863>, 2003.
12. Dahdouh-Guebas F., Koedam N. Long-term retrospection on mangrove development using transdisciplinary approaches: A review // Aquatic Botany. 2008. V. 89. Pp. 80–92.
13. Hall F. C. Ground-Based Photographic Monitoring // General Technical Report PNW-GRT-503 U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station – Portland. 2001. Pp. 1–40.
14. Hendrick L.E., Copenheadver C.A. Using Repeat Landscape Photography to Assess Vegetation Changes in Rural Communities of the Southern Appalachian Mountains in Virginia, USA // Mountain Research and Development. 2009. V. 29. № 1. Pp. 21–29.
15. Webb R. H., Boyer D. E., Turner R. M. Repeat photography: methods and applications in the Natural Sciences. Washington, Covelo, London: IslandPress, 2010. 338 p.

ANALYSIS OF THE WOODY VEGETATION DYNAMICS IN THE AREA OF TREE LINE ECOTONE ON THE BASIS OF PHOTO MONITORING DATA AND USING GIS

Abstract. *A method of processing and presentation of the repeated landscape photographs for analysis of spatio-temporal dynamics of woody vegetation in tree line ecotone the Polar Urals (mountain Rai-Iz) was developed. It is intended to solve problems with the use of such photographs so as to help the researcher to gain an integral representation of the space under study, obtain additional information about the region of interest, create and update annotation to photographs, and develop thematic maps using repeated landscape photography.*

Key words: *repeated landscape photographs, woody vegetation, spatio-temporal dynamics, cartographic signs, Polar Ural.*

Acknowledgement. *The study was supported by The Ministry of Education and Science of the Russian Federation (project 2001) and Russian Foundation for Basic Research (project 15-04-05857a).*

REFERENCES

1. Nesterov Yu.A., Sarychev V.S. Fotomonitoring landshaftov Srednerusskoj lesostepi [Russian Central Forest-Steppe landscapes Fotomonitoring] // Vestnik VGU, Seriya: Geografiya. Geoekologiya, 2006. № 1. Pp. 53–63.
2. Sarychev V.S. Fotomonitoring sostoyaniya populyacii SHiverekii podol'skoj Schivereckia podolica Andrz. v zapovednike «Galich'ya Gora» [Fotomonitoring population status Shiverekii Podolsk Schivereckia podolica Andrz. in reserve «Galichya Mountain»] // Ehkologicheskie issledovaniya v zapovednike «Galich'ya Gora». 2006. Vyp. 1. Pp. 33–42.
3. Sarychev V.S., Nesterov Yu.A. Fotograficheskoe nasledie V. N. Hitrovo [Photographic heritage VN Khitrovo] // Vestnik VGU. Seriya: Geografiya. Geoekologiya. 2007. № 2. Pp. 123–125.
4. Fomin V.V. Klimatogennaya i antropogennaya dinamika drevesnoj rastitel'nosti vo vtoroj polovine XX veka. [Climatogenic and anthropogenic dynamics of woody vegetation in the second half of the XX century]. Ekaterinburg: IEHRiZH UrO RAN, 2009. 150 p.
5. Fomin V.V., Popov A.S., Nizametdinov N.F., i dr. Morfofiziologicheskaya i avtomatizirovannaya ocenka sostoyaniya osnovnyh drevostoev v zone dejstviya atmosferynyh promyshlennyh zagryaznenij // Lesnoj vestnik. 2007. № 8. Pp. 75–79.
6. Fomin V.V., Kapralov D.S., Popov A.S., Kryuk V.I. Avtomatizirovannaya ocenka sostoyaniya derev'ev s ispol'zovaniem sistemy analiza izobrazhenij [Automated assessment of the trees using an image analysis system] // Lesnoj zhurnal. 2008. № 1. Pp. 24–30.
7. Fomin V.V., Mihajlovich A.P., Popov A.S. i dr. Metrologicheskie aspekty analiza izobrazhenij [Metrological aspects of image analysis] // Izmeritel'naya tekhnika. 2008. № 2. Pp. 25–28.
8. Fomin V.V., Mihajlovich A.P. Ekologicheskij fotomonitoring estestvennyh i antropogennyh landshaftov [Environmental fotomonitoring natural and man-made landscapes] // Agrarnyj vestnik Urala. 2013. №11 (117). Pp. 16–21.

¹ Ural Federal University, Physics and Technological Institute, chair of physics methods and quality control methods, Yekaterinburg, 620002, Russia, senior lecturer; e-mail: anna.mikhailovich@gmail.com 119991, Russia.

² Ural State Forest Engineering University, Institute of Forest and Natural Resource Management, GIS-Technologies Research Laboratory in Forest Sciences and Ecology, Yekaterinburg, 620100, Russia, professor; e-mail: fomval@gmail.com.

³ Institute of Plant and Animal Ecology UB RAS, Laboratory of Dendrochronology, Yekaterinburg, 620144, Russia, professor; e-mail: stepan@ipae.uran.ru.

9. *Shiyatov S. G.* Dinamika drevesnoj i kustarnikovej rastitel'nosti v gorah Polyarnogo Urala pod vliyaniem sovremennyh izmenenij klimata. Ekaterinburg: IEHRiZH UrO RAN, 2009. 216 p.
 10. *Shiyatov S.G., Terent'ev M.M., Fomin V.V.* Prostranstvenno-vremennaya dinamika lesotundrovyyh soobshchestv na Polyarnom Urale [Spatio-temporal dynamics of forest-tundra communities in the Polar Urals] // *Экология*. 2005. № 2. Pp. 1–8.
 11. *Evans J.* Compound Topographic Index // <http://arcscripsts.esri.com/details.asp?dbid=11863>, 2003.
 12. *Dahdouh-Guebas F., Koedam N.* Long-term retrospection on mangrove development using transdisciplinary approaches: A review // *Aquatic Botany*. 2008. V. 89. Pp. 80–92.
 13. *Hall F. C.* Ground-Based Photographic Monitoring // General Technical Report PNW-GRT-503 U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station – Portland. 2001. Pp. 1–40.
 14. *Hendrick L.E., Copenheadver C.A.* Using Repeat Landscape Photography to Assess Vegetation Changes in Rural Communities of the Southern Appalachian Mountains in Virginia, USA // *Mountain Research and Development*. 2009. V. 29. № 1. Pp. 21–29.
 15. *Webb R. H., Boyer D. E., Turner R. M.* Repeat photography: methods and applications in the Natural Sciences. Washington, Covelo, London: IslandPress, 2010. 338 p.
-

УДК 630*43

А.С. Плотникова¹, Д.В. Ершов², П.П. Шуляк³

МЕТОД ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ОСНОВЕ ЗАКОНА ПУАССОНА

Резюме. В статье описан метод оценки вероятности возникновения лесных пожаров с использованием закона Пуассона распределения дискретной случайной величины. В качестве параметра (λ), оценивающего распределение, используется среднее число пожаров в день для каждого класса пожарной опасности в заданный временной интервал. Так, параметр λ вычислялся независимо для весеннего, летнего и осеннего интервалов. Исходными данными для статистического анализа являются многолетние ежедневные данные расчета классов пожарной опасности по условиям погоды и карта очагов пожаров по спутниковым данным. В результате исследования получена база данных значений вероятности возникновения одного и более пожара. Валидация полученных значений вероятности проводилась по данным о пожарах 2013-го года на территории Иркутской области. Была определена ежедневная средневзвешенная оценка вероятности возникновения пожара, которая демонстрирует рост числа детектируемых пожаров по мере увеличения её значений. В тоже время, ряд пожаров возникает в дни с небольшими значениями прогнозируемой вероятности. Выдвинута гипотеза, объясняющая детектирование пожаров при низких значениях вероятности.

¹ Федеральное государственное учреждение науки Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов Российской академии наук (ЦЭПЛ РАН), 117997 Москва, ул. Профсоюзная, д.84/32; e-mail: alexandra@ifi.rssi.ru.

² Федеральное государственное учреждение науки Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов Российской академии наук (ЦЭПЛ РАН), 117997 Москва, ул. Профсоюзная, д.84/32; e-mail: ershov@ifi.rssi.ru.

³ Федеральное государственное учреждение науки Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов Российской академии наук (ЦЭПЛ РАН), 117997 Москва, ул. Профсоюзная, д.84/32; e-mail: pavel@ifi.rssi.ru.

Ключевые слова: *вероятность возникновения лесного пожара, закон Пуассона, применение спутниковых данных о пожарах.*

Введение. В Центре по проблемам экологии и продуктивности лесов (ЦЭПЛ РАН) на протяжении последних лет проводятся исследования и адаптация различных подходов к оценке вероятности возникновения лесных пожаров. Одним из таких исследований было использование в 2011 году детерминированно-вероятностного подхода Томского государственного университета, базирующегося на положениях теории вероятностей и физико-математических моделях сушки и зажигания лесных горючих материалов (Гришин, Фильков, 2005; Кузнецов, Барановский, 2009).

Детерминированно-вероятностный подход учитывает влияние погодных условий, человеческого фактора на возможность возгораний в лесу и вероятность воспламенения лесных горючих материалов вследствие молниевых разрядов. Вероятность возникновения пожара определяют три составляющие – антропогенная, природная и вероятность по метеоусловиям (Барановский и др., 2003).

Для нахождения вероятности пожара по метеоусловиям вместо физико-математической модели сушки лесных горючих материалов, проводилась статистическая оценка предельных значений индексов пожарной опасности, при которых начинают возникать лесные пожары. Этот подход выбран ввиду отсутствия на федеральном уровне фактических данных, позволяющих настроить параметры физико-математической модели для различных лесорастительных условий России (Подольская и др., 2011).

Полученные с помощью модифицированного детерминированно-вероятностного подхода оценки вероятности возникновения пожаров на территорию всей России сравнивались с фактической горимостью лесов в 2010 году. В результате сравнения 73.5% лесных пожаров спрогнозировано с различной степенью вероятности, из которых 48.2% соответствовали вероятности более 0.8. Однако в отдельные дни пожароопасного сезона количество пожаров, для которых не была дана оценка вероятности их возникновения, достигала 40%. Это связано в основном с отсутствием данных по пожарам за предыдущий многолетний период наблюдения.

Следующим исследуемым подходом к оценке вероятности возникновения лесных пожаров стал метод, основанный на использовании закона Пуассона распределения дискретной случайной величины. Изучением вопроса применимости закона Пуассона в исследовании динамики суточного числа лесных пожаров ранее занимался Г.Н. Коровин (Коровин и др., 1984). Его исследования включали выбор множества законов распределения, исходя из следующих соображений. Источники огня в лесу вызывают пожар с некоторой вероятностью независимо друг от друга. При таких условиях число пожаров можно считать распределенным по биномиальному закону. Считая вероятность очень малой, а количество источников огня большим и, пользуясь теоремой о сходимости биномиального закона распределения к пуассоновскому, было получено, что закон Пуассона может быть адекватным для приближения эмпирического распределения. Помимо закона Пуассона были исследованы распределения Пуассона-Линдли и отрицательное биномиальное. Отрицательное биномиальное распределение и распределение Пуассона-Линдли употребляются, когда эмпирическая дисперсия больше эмпирического среднего настолько, что гипотеза об адекватности закона Пуассона отвергается.

Территориальным (или пространственным) уровнем оценки динамики суточного числа лесных пожаров для авиационной охраны рассматривались авиаотделения, для наземной – лесохозяйственные предприятия. По результатам исследований Г.Н. Коровина для выбранного территориального уровня наилучшее приближение дало отрицательное биномиальное распределение, наименее удовлетворительное – распределение Пуассона. Распределение Пуассона-Линдли в большинстве случаев имело лучшее приближение, чем пуассоновское, но худшее, чем отрицательное биномиальное. Распределение Пуассона хорошо аппроксимировало эмпирическое распределение суточного числа пожаров в условиях низкой горимости.

Была исследована возможность оценки вероятности возникновения лесных пожаров по закону Пуассона для внутри сезонного (весна, лето, осень) временного интервала определе-

ния среднего числа пожаров в день. Правдоподобие гипотезы о распределении случайной величины по закону Пуассона было подтверждено нахождением математического ожидания и дисперсии, значения которых оказались близкими (Гмурман, 2003).

Выбор закона Пуассона обусловлен тем, что задача нахождения вероятности возникновения пожаров удовлетворяет всем условиям его применения: число испытаний велико; вероятность появления события в каждом испытании очень мала; события происходят независимо друг от друга; события происходят с постоянной интенсивностью в одинаковых промежутках времени (период оценки) или на одинаковых отрезках пространства (ячейки регулярной сети). Применительно к задаче определения вероятности возникновения пожаров испытанием является день, событием – возникновение пожара.

Материал и методы исследований. Была исследована территория Иркутской области, которая располагается в Центральной Сибири и характеризуется разнообразными лесорастительными условиями, наземными и авиационными уровнями охраны лесов от пожаров, а также зонами космического мониторинга (Плотникова и др., 2014).

В качестве объекта исследований выступают очаги лесных пожаров, зарегистрированные спектрометрией MODIS на спутниках TERRA и AQUA за период с 2006 по 2012 годы и содержащиеся в базах данных Информационной системы дистанционного мониторинга (ИСДМ Рослесхоз) (Барталев и др., 2010). По каждому пожару доступна информация о географических координатах очага возгорания и дате обнаружения.

Вторым информационным источником исходных данных для проведения исследования являются данные метеонаблюдений (температура воздуха, осадки, и др.) и производные от них классы пожарной опасности по условиям погоды (Нестеров, 1961; Вонский, Жданко, 1976). Временной ряд данных метеонаблюдений со всех метеостанций Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) доступен в ИСДМ с 2006 года. Пространственными единицами оценки вероятности возникновения пожаров рассматриваются ячейки регулярной сети размером $1^\circ \times 1^\circ$.

Закон Пуассона является аппроксимацией отрицательного биномиального закона распределения дискретной случайной величины:

$$P_m = \frac{\lambda^m}{m! * e^\lambda}, \quad (1)$$

где P_m – вероятность возникновения пожаров, λ – параметр распределения Пуассона, m – число пожаров в день. Параметр распределения λ определяется как среднее число пожаров в день для каждого класса пожарной опасности (КПО). Вычисляется параметр λ в рамках временного интервала оценочного периода путем нахождения отношения числа возникших при определенном КПО пожаров к числу дней того же КПО. Нахождение среднего числа пожаров в день проводится по всем КПО, следовательно, для каждого класса пожарной опасности находится свое значение вероятности возникновения пожаров. Переменная m моделируется как прогнозируемое число пожаров в день (от нуля до бесконечности). Таким образом, при помощи закона Пуассона вычисляется вероятность возникновения того или иного числа пожаров в день.

Оценка вероятности возникновения лесных пожаров базируется на ретроспективном статистическом анализе многолетних метеорологических наблюдений погоды и спутниковых данных о пожарах. На основе данных о среднесуточной температуре воздуха для каждой ячейки регулярной сети определялись даты начала и конца весеннего, летнего и осеннего периодов. Начало весеннего и конец осеннего периодов определялись устойчивым переходом среднесуточной температуры через отметку $+5$ градусов Цельсия. Границы между периодами «весна» – «лето» и «лето» – «осень» устанавливались при устойчивом переходе среднесуточной температуры через отметку в $+10$ градусов.

Метеоданные в ИСДМ-Рослесхоз поставляются по метеостанциям, поэтому сначала были найдены даты периодов для метеостанций. Далее даты границ периодов с метеостанций пространственно интерполировались с целью определения среднего значения для каждой ячейки сети. Ежедневные данные классов пожарной опасности, зафиксированные на метеостанциях, аналогично датам границ периодов интерполировались и находились средние значения КПО на территории ячеек сети.

Подготовка данных по пожарам включала проведение пространственной идентификации очагов пожаров относительно ячеек сети и периодов вегетационного сезона (весна, лето и осень). Для каждого лесного пожара также определялся КПО в день его обнаружения. По всем периодам вегетационного сезона вычислялось число дней и лесных пожаров относительно классов пожарной опасности. На рис. 1 приводится блок-схема подготовки исходных данных и расчета вероятности возникновения пожаров. На основе подготовленных наборов данных рассчитывался параметр λ и вероятность возникновения лесного пожара для каждого класса пожарной опасности.

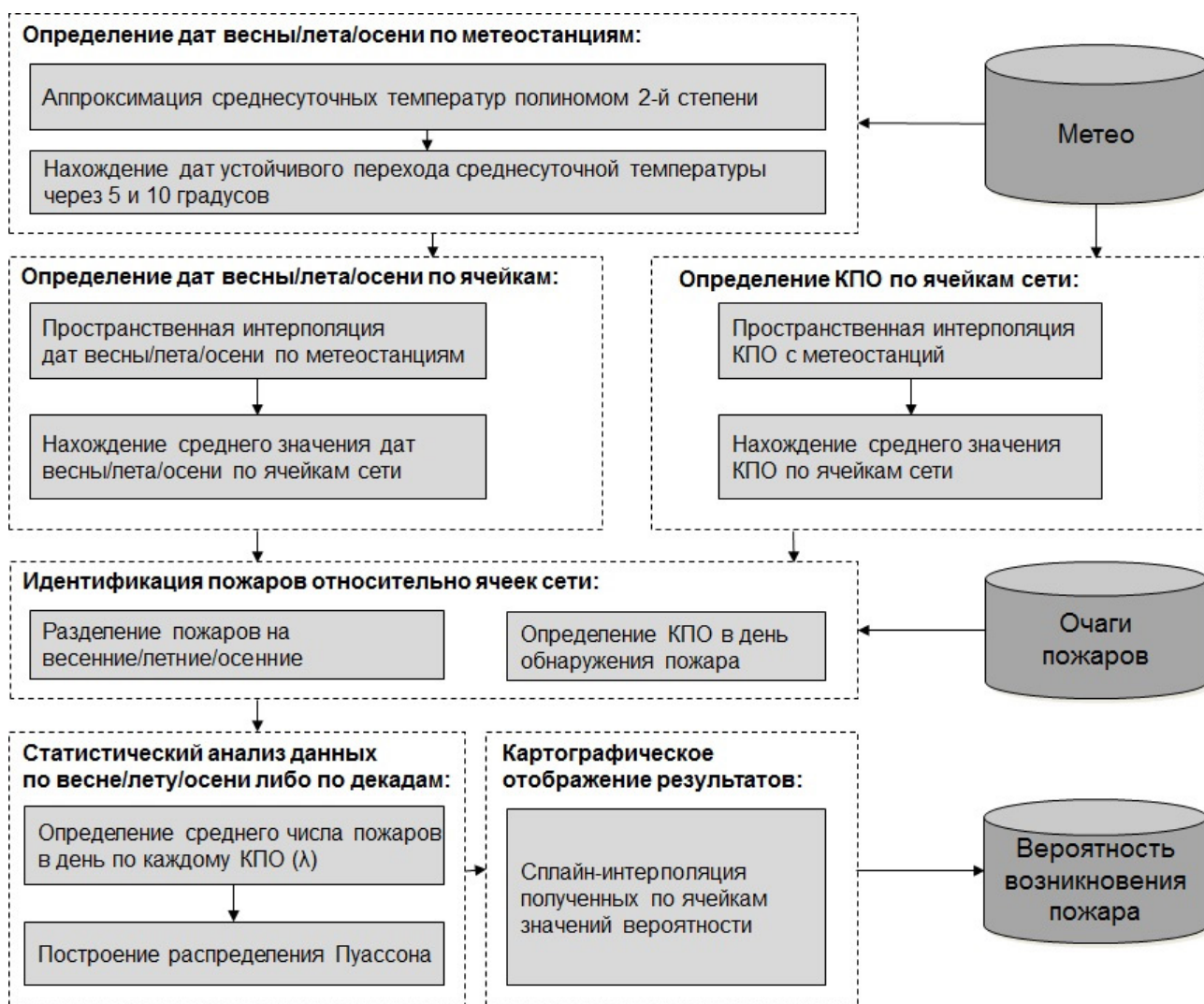


Рис. 1. Блок-схема подготовки исходных данных и расчета вероятности

Результаты исследований и их обсуждение. В результате исследования получена база данных значений вероятности одного и более пожара по ячейкам сети для всех классов пожарной опасности. Сравнение полученных значений вероятности проводилась с привлечением детектированных по спутниковым данным пожаров 2013-го года на территории Иркутской области. Каждый пожар был сопоставлен с вероятностью из базы данных в соответствии с днем обнаружения. Дальнейший сравнительный анализ проводился по дням. Была

определена средневзвешенная вероятность возникновения пожара для каждого дня по всем ячейкам регулярной сети Иркутской области.

Рассмотрим один день весеннего периода 2013-го года. Произошедшие в этот день на территории области пожары имеют различные вероятности возникновения. Для определения средневзвешенной оценки вероятности было найдено отношение суммы пожаров за день к сумме произведений числа пожаров на вероятность их возникновения. Результаты расчетов, проведенных по дням весеннего сезона 2013 года, представлены на диаграмме рис. 2. Как видно, по мере роста значений вероятности возникновения пожаров наблюдается увеличение числа их детектирования (Тренд 1). Однако на графике присутствует ряд пожаров, произошедших в дни с небольшими значениями вероятности, формирующих тренд 2.

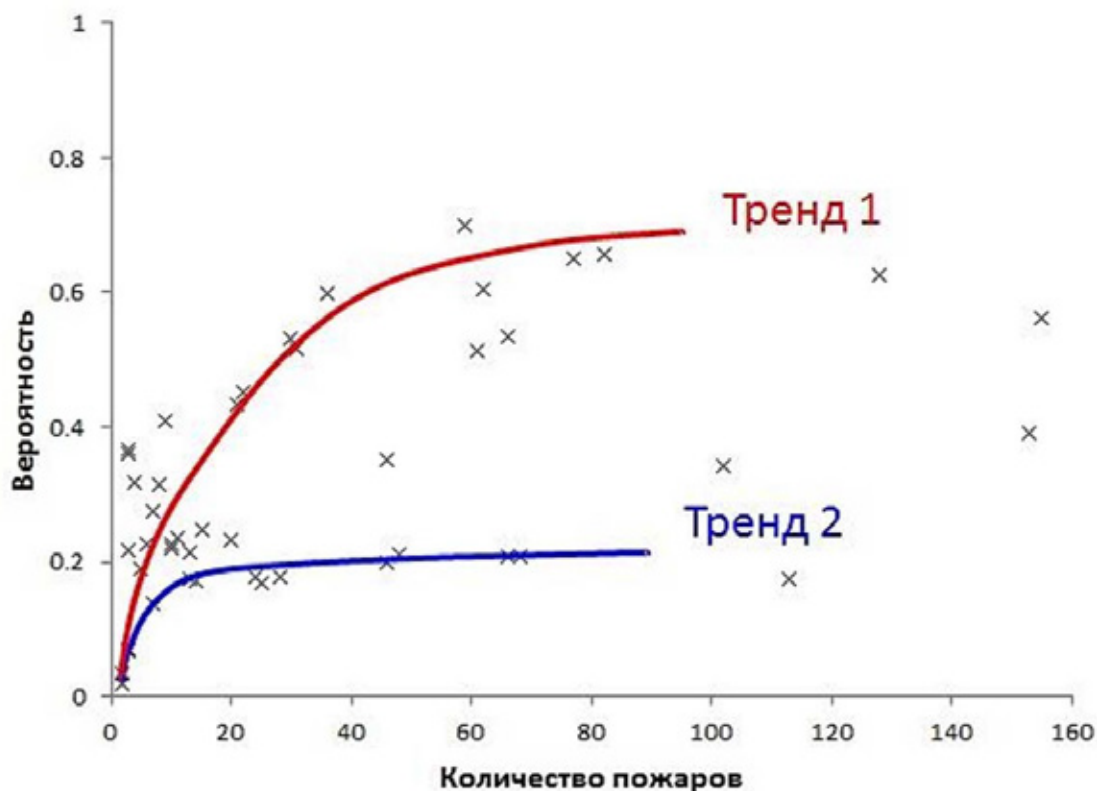


Рис. 2. Зависимость числа пожаров в день от вероятности их обнаружения

Выводы. Метод оценки вероятности возникновения пожаров по закону Пуассона может применяться при прогнозировании пожаров на территории Иркутской области. Детектирование пожаров при низких значениях вероятности можно объяснить двумя причинами. Во-первых, недостаточность статистической выборки по пожарам за исследуемый период (2006-2012 гг.). Необходимо расширить анализируемый временной интервал. Во-вторых, при определении размера ячейки регулярной сети не учитывались пожарные режимы территории.

На территорию одной ячейки могли попасть области с различными: антропогенной нагрузкой, классом природной пожарной опасности, а также уровнями охраны лесов от пожаров. Учет пожарных режимов территории при оценке вероятности возникновения пожаров требует дополнительного исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барановский Н.В., Гришин А.М., Лоскутникова Т.П. Информационно-прогностическая система определения вероятности возникновения лесных пожаров // Вычислительные технологии. 2003. № 2. С. 16–26.

2. *Барталев С.А., Ершов Д.В., Коровин Г.Н., Котельников Р.В., Лупян Е.А., Щетинский В.Е.* Основные возможности и структура информационной системы дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства (ИСДМ Рослесхоз) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2010. Т.7. № 2. С. 97–105.
3. *Вонский С.М., Жданко В.А.* Принципы разработки метеорологических показателей пожарной опасности в лесу. Методические рекомендации. Л.: ЛенНИИЛХ, 1976. 47 с.
4. *Гмурман В.Е.* Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высш.шк., 2003. 479 с.
5. *Гришин А.М., Фильков А.И.* Прогноз возникновения и распространения лесных пожаров: Монография. Кемерово: Изд-во Практика, 2005. 202 с.
6. *Коровин Г.Н., Покрывайло В.Д., Солодовникова Н.И.* Анализ и моделирование статистической структуры поля горимости лесов, ЛенНИИЛХ, 1984.
7. *Кузнецов Г.В., Барановский Н.В.* Прогноз возникновения лесных пожаров и их экологических последствий. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. 301 с.
8. *Нестеров В.Г.* Вопросы современного лесоводства. М.: Сельхозгиз, 1961.
9. *Плотникова А.С., Ершов Д.В., Шуляк П.П.* Использование закона Пуассона для оценки вероятности возникновения лесных пожаров на территории Иркутской области // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли: материалы международной науч. конф. Красноярск: Сиб.федер. ун-т, 2014. С. 237–241.
10. *Подольская А.С., Ершов Д.В., Шуляк П.П.* Применение метода оценки вероятности возникновения лесных пожаров в ИСДМ-Рослесхоз // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. № 1. С. 118–126.

A.S. Plotnikova¹, D.V. Ershov², P.P. Shulyak³

METHOD OF FOREST FIRES PROBABILITY ASSESSMENT WITH POISSON LAW

***Abstract.** The article describes the method for the forest fire burn probability estimation on a base of Poisson distribution. The λ parameter is assumed to be a mean daily number of fires detected for each Forest Fire Danger Index class within specific period of time. Thus, λ was calculated for spring, summer and autumn seasons separately. Multi-annual daily Forest Fire Danger Index values together with EO-derived hot spot map were input data for the statistical analysis. The major result of the study is generation of the database on forest fire burn probability. Results were validated against EO daily data on forest fires detected over Irkutsk oblast in 2013. Daily weighted average probability was shown to be linked with the daily number of detected forest fires. Meanwhile, there was found a number of fires which were developed when estimated probability was low. The possible explanation of this phenomenon was provided.*

***Key words:** risk of forest fire, Poisson law, use of satellite data on fires.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Baranovskiy N.V., Grishin A.M., Loskutnikova T.P.* Informazionno-prognosticheskaya sistema opredelenia veroiatnosti vozniknovenia lesnih pogarov [Information-prediction system of determination of forest fires probability] // Vichislitelnie tehnologii. 2003. № 2. Pp. 16–26.

¹ Center for forest ecology and productivity Russian Academy of Sciences, Moscow, 117997, Russia, Profsouznaya str., 84/32, Ph.D, researcher; e-mail: alexandra@ifi.rssi.ru.

² Center for forest ecology and productivity Russian Academy of Sciences, Moscow, 117997, Russia, Profsouznaya str., 84/32, Ph.D, Deputy Director; e-mail: ershov@ifi.rssi.ru.

³ Center for forest ecology and productivity Russian Academy of Sciences, Moscow, 117997, Russia, Profsouznaya str., 84/32, researcher; e-mail: pavel@ifi.rssi.ru.

2. *Bartalev S.A., Ershov D.V., Korovin G.N., Kotelnikov R.V., Tshetinski V.E.* Osnovnie vozmozhnosti i structura informazionnoy sistemy distanzionnogo monitoringa lesnih pogarov Federalnogo agentstva lesnogo hoziaystva (ISDM Rosleshoz) [The main functionalities and structure of the Forest Fire Satellite Monitoring Information System of Russian Federal Forestry Agency (SMIS-Rosleshoz)] // *Sovremennye problemy distanzionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2010. T.7. № 2. Pp. 97–105.
 3. *Vonskiy S.M., Gdanko V.A.* Prinziipy razrabotki meteorologicheskikh pokazateley pogarnoy opasnosti v lesu [Development of meteorological fire danger rating in the forest]. *Metodicheskie rekomendazii*. L.: LenNEELH. 1976. 47 p.
 4. *Gmurman V.E.* Teoria veroyatnostey i matematicheskaya statistika [Probability theory and mathematical statistics]. M., Vysch.shk., 2003. 479 p.
 5. *Grishin A.M., Filkov A.E.* Prognoz vozniknoveniya i rasprostraneniya lesnix pogarov [The forecast of forest fires occurrence and spread]. Monografiya. Kemerovo: izd-vo Praktika, 2005. 202 p.
 6. *Korovin G.N., Pokryvaylo V.D., Solodovnikova N.E.* Analiz i modelirovaniye statisticheskoy struktury polia gorimosti lesov [Analysis and modeling of the statistical structure of burning forests field]. LenNEELH, 1984.
 7. *Kuznetsov G.V., Baranovskiy N.V.* Prognoz vozniknoveniya lesnix pogarov i ih ekologicheskix posledstiy [Forest fires and their environmental effects occurrence forecast]. Novosibirsk: izd-vo SO RAN, 2009. 301 p.
 8. *Nesterov V.G.* Voprosy sovremennogo lesovodstva [Questions of contemporary forestry]. M.: Selhozgiz. 1961.
 9. *Plotnikova A.S., Ershov D.V., Shulyak P.P.* Ispolzovanie zakona Puassona dlia ozenki veroyatnosti vozniknoveniya lesnih pogarov na territorii Irtutskoy oblasti [Using Poisson law for forest fires probability assessment on the Irkutsk region]. *Regionalnye problemy distanzionnogo zondirovaniya Zemli: materialy megdunarodnoy nauch.konf. Krasnoyarsk: Sib.feder.un-t, 2014. Pp. 237–241.*
 10. *Podolskaya A.S., Ershov D.V., Shulyak P.P.* Primeneniye metoda ozenki veroyatnosti vozniknoveniya lesnih pogarov v ISDM-Rosleshoz [Forest fire occurrence probability assessment: method and approach in Russian remote monitoring information system (ISDM-Rosleskhöz)]. *Sovremennye problemy distanzionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2011. T.8. № 1. Pp. 118–126.
-

УДК 630*43(571.621)

В.А. Глаголев¹, Р.М. Коган²

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗА ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЕСЕННЕ-ОСЕННИХ ПОЖАРОВ ТРАВЫ

***Резюме.** Травяные пожары являются одним из факторов, определяющих экологическое состояние территорий распространения луговой и степной растительности, саван и редколесий. Они также наносят большой вред лесным насаждениям в регионах России, где распространено такое явление, как весеннее и осеннее выжигание травы (сельхозпалы), поскольку являются одним из источников огня, в основном, антропогенного происхождения.*

В работе описана геоинформационная система прогноза травяных пожаров, которая включает определение временных периодов проведения сельхозпалов; ежедневное определение степени высыхания травяных горючих материалов; расчет ежедневной пожарной опасности по условиям погоды и выделение дней, в которых возможно возникновение пожаров травы по метеорологическим условиям; расчет вероятности возникновения травяных пожаров по природным и антропогенным факторам; ежедневный расчет скорости распро-

¹ Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН; e-mail: glagolev-jar@yandex.ru.

² Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН; e-mail: koganrm@mail.ru.

странения кромки травяных пожаров; расчет времени распространения травяного пожара до ближайшего участка леса.

Система имеет практическую значимость и может быть использована для разработки противопожарных рекомендаций и мероприятий по сохранению лесной и нелесной растительности.

Ключевые слова: пожар, трава, прогноз, геоинформационная система.

Введение. Анализ закономерностей возникновения и распространения травяных пожаров является предметом многолетних исследований в странах, где они являются одним из основных природно-антропогенных эколого-экономических рисков, например, в Австралии. В России горение нелесной растительности может происходить не только в степной и лесостепной, но и лесной и в лимитрофной (расположенных между ними) зонах. Этому способствуют природные условия и антропогенные факторы, связанные с выжиганиями сухой травы, так называемые сельхозпалы, в осенний и весенний периоды. Пожары травы наносят значительный ущерб растительным экосистемам, они могут быть причиной возникновения лесных и торфяных пожаров и наносить материальный ущерб предприятиям и населению. Трудность их мониторинга и ликвидации связана с тем, что эти территории не закреплены за федеральными противопожарными организациями и тушением пожаров должны заниматься муниципальные и частные структуры.

Отечественные и зарубежные системы прогноза возникновения и распространения пожаров, основанные на математических моделях аналитического типа или на экспериментально-статистических математических моделях, созданы, в основном, для лесных пожаров [Барановский, 2007; Доррер, 2008; Телицын, 2002].

Наиболее известная модель распространения нелесных пожаров на лугах и пастбищах, которой пользуются в разных странах, предложена МакАртуром [McArthur, 1966]. Она разработана на основе природных условий юго-восточной Австралии. Система прогноза нелесных пожаров, которые могут являться причиной перехода огня на лесной фонд, для территории России не создана. Поэтому целью данного исследования является разработка метода оценки и прогноза вероятности возникновения травяных пожаров на примере южной части Дальнего Востока и геоинформационной системы для ее реализации.

Материалы и методы исследования. Для выполнения пространственных прогнозов возникновения травяных пожаров и расчета скорости их распространения необходимы ежедневные фактические и прогнозные метеорологические данные, сведения о пожарах нелесной растительности и ее состоянии в различные временные периоды; местоположение антропогенных источников огня.

Расчет вероятности возникновения и распространения травяных пожаров включает следующие этапы:

1. Определение временных периодов проведения сельхозпалов
2. Ежедневное определение степени высыхания травяных горючих материалов в периоды проведения сельхозпалов
3. Расчет ежедневной пожарной опасности по условиям погоды и определение дней, в которых возможно возникновение пожаров травы по метеорологическим условиям
4. Расчет вероятности возникновения травяных пожаров по природным и антропогенным факторам
5. Ежедневный расчет скорости распространения кромки травяных пожаров
6. Расчет времени вероятного распространения травяного пожара до ближайшего участка леса.

Сезон травяных палов может быть определен по фактическим среднесезонным данным, либо по периодам вегетации. Нами предложено использовать предвегетационный, вегетационный и поствегетационные периоды, которые совпадают с датами устойчивого перехода через пороговые температуры: 0, +5, +10, +15 °С.

Для определения степени высыхания растительности в начале пред – и в конце поствегетационного периодов применяется допущение о том, что вся трава находится в состоянии ветоши, и в сухие дни (суточное количество осадков в предыдущий, текущий и последующий дни лежит в интервале 0 – менее 3 мм) количество сухого углерода приближается к 100%. В остальное время, для ежедневного определения состояния вегетации травы и степени ее высыхания, предлагается использовать величину вегетационного индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный относительный индекс растительности, который вычисляется по формуле:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}, \quad (1)$$

где: *NIR* – отражение в ближней инфракрасной области спектра; *RED* – отражение в красной области спектра [McArthur, 1966; Verhulst, 2010]. Расчет NDVI базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках спектральной кривой отражения сосудистых растений. В красной области спектра лежит максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений, а в инфракрасной области находится область максимального отражения клеточных структур листовой пластины. Для корректировки значений данного индекса в случае покрытия территорий облаками и тенями от облаков предлагается использовать спутниковую информацию 1–6 каналов спутника MOD09GQK [Пугачева, 2008]. Обработка многоканальных снимков производится с помощью ГИС GRASS 6.0 и ENVI 4.8, в которых осуществляется расчет индекса и конвертация из формата HDF в формат GeoTIFF.

Расчет фактических ежедневных показателей климатической пожарной опасности проводится по методике [Нестеров, 1968], в которой учитываются основные факторы погоды, влияющие на степень высыхания растительности: температура воздуха и точки росы, количество осадков. Расчет комплексного метеорологического показателя (P_i) производится по формуле:

$$P_i = \begin{cases} L_i(t_i, \tau_i), & \text{при } x_i > 3 \text{ мм/сут.} \\ L_i(t_i, \tau_i) + P_{i-1}, & \text{при } x_i \leq 3 \text{ мм/сут.} \end{cases}, \quad (2)$$

где t_i , τ_i температура в 13–15 ч. местного времени, $^{\circ}\text{C}$; x_i – суточное количество осадков, мм/сут.; i , $i-1$ – индекс текущего и предыдущего дней.

Низший метеорологический порог возникновения пожаров растительности на каждой территории определяется эмпирическим путем. Например, для муссонных областей Дальнего Востока России он равен (или превышает) 300 единиц метеорологического показателя, поскольку при этом возможно воспламенение растительности I класса пиронологической опасности, к которому относится сухая и мертвая трава (ветошь) [Современное..., 2009].

Прогноз вероятности возникновения пожаров проводится по модифицированной детерминированно-вероятностной модели А.И. Филькова и Н.В. Барановского [Фильков, 2005; Барановский, 2007]:

$$F_{i,j}(B) = \begin{cases} F_{i,j}(C) [(F_{i,j}(N)F_{i,j}(B/N) + F_{i,j}(M)F_{i,j}(B/M))] & \text{при } R_N \leq R_{кр} \\ F_{i,j}(C) [(F_{i,j}(D)F_{i,j}(B/D) + F_{i,j}(M)F_{i,j}(B/M))] & \text{при } R_N > R_{кр}. \end{cases}, \quad (3)$$

где: i – день прогноза; j – номер операционно-территориальной единицы (ОТЕ); $F_{i,j}(B)$ – вероятность возникновения пожаров растительности; $F_{i,j}(C)$ – вероятность возгорания травя-

ной растительности при определенном значении комплексного метеорологического показателя; $F_{i,j}(N)$, $F_{i,j}(D)$ – вероятность появления антропогенного источника огня от ближайших населенных пунктов или железных и автомобильных дорог; $F_{i,j}(B/N)$, $F_{i,j}(B/D)$ – вероятность возгорания вследствие появления антропогенного источника огня; $F_{i,j}(M)$ – вероятность появления природного источника (молний); $F_{i,j}(B/M)$ – вероятность возгорания вследствие появления природного источника огня, молний; R_N – расстояние от ОТЕ до ближайшего населенного пункта. События N , D и M образуют полную группу несовместных событий, которые рассчитываются по частотным характеристикам [Глаголев, 2015].

Вероятность $F_{i,j}(C)$ горимости растительности в j -ом участке по погодным условиям в i -ый день (событие C) равна единице, если показатель P_i равен или превышает $P_{кр}$, либо вычисляется по формуле:

$$F_{i,j}(C) = \begin{cases} \frac{P_i}{P_{кр}}, & \text{при } P_i < P_{кр} \\ 1, & \text{при } P_i \geq P_{кр} \end{cases}, \quad (4)$$

где P_i – значение комплексного показателя в i -ый день, $P_{кр}$ – минимальное значение комплексного показателя, при котором возможно появление пожаров на данном участке, которое определяется пирологическими свойствами растительности.

Для расчета скорости распространения травяного пожара (w , м/с) использован метод МакАртура (mk4) для луговых территорий [McArthur, 1966]:

$$w = 0.26e^{5.011g(c+0.001)-23.6+0.028r-0.226\sqrt{rh}+0.633\sqrt{v}}, \quad (5)$$

где: c – содержание сухой травы,%; rh (*relative humidity*) – относительная влажность воздуха,%; v – скорость ветра, м/с.

Влажность воздуха (rh) рассчитывается по температуре воздуха (t_i) и точки росы (τ_i):

$$rh_i = 0.01e^{\frac{\tau_i a - \tau_i t_i a - b a t_i - 1}{b + t_i \quad b + t_i \quad b + \tau_i}}, \quad (6)$$

где: a , b – константы, равные 17,27 и 237,7 соответственно.

Расчет времени «добегания» травяного пожара до ближайшей лесной территории определяется исходя из скорости распространения горения и расстояния до леса.

Результаты исследования и их обсуждение. Способность к возгоранию определяется свойствами самой травы (однолетняя, многолетняя, период вегетации, степень высыхания, соотношение ветоши и вегетирующей травы, плотность проводников горения), а также условиями погоды, в определенные периоды играющими решающую роль в инициировании и пространственно-временном развитии пожаров.

Травяные растения проходят следующие фенологические фазы: всходы, весеннее отращивание, кущение, образование укороченных побегов и розеток, ветвление, выход в трубку, колошение, бутонизация, цветение, плодоношение и отмирание побегов.

Наиболее пожароопасными являются фазы отмирания и переход растительности в состояние ветоши, которое заканчивается к началу зимнего периода, и период от отмирания побегов и до появления всходов и весеннего отращивания. Особенностью горения травяных материалов именно в эти периоды являются [Ковалев, 2016]:

– они становятся легковоспламеняющимся и быстрогорящим проводниками огня. При этом возрастает роль погодных условий, поскольку они влияют на степень высушивания вегетирующих растений и ветоши;

– горение травяных горючих материалов отличается от других природных пожаров скоростью распространения, большими размерами горельников, способностью изменять направление и преодолевать такие препятствия, как дороги, водотоки и противопожарные минерализованные полосы;

– трава как проводник горения быстрее, чем другая растительность реагирует на изменение климатических, сезонных и ежедневных погодных условий;

– как особый вид топлива она более доступна для возгорания, чем горючие материалы, характерные для лесной, кустарниковой или смешанных типов растительности;

– травяная растительность быстро реагирует на изменение влажности воздуха в течение суток. Так, очень сухая трава может поглощать влагу из воздуха в течение ночи и быстро терять ее рано утром в сухую и ветреную погоду, т. е. находиться в состоянии пожарной зрелости в течение всего дневного периода суток с максимумом в период самой высокой дневной температуры;

– наряду с традиционно учитываемыми для всех видов растительных горючих материалов погодными факторами: температура, влажность воздуха, количество осадков, их интенсивность, скорость ветра, влияние последнего многократно увеличивается. Ветер и особенно его порывы могут изменять степень высыхания вследствие увеличения продуваемости травы, скорость и направление пожара, а также переход его из низового в верховой;

– идеальные условия для пожаров травы, наряду с сухой погодой, возникают на сухой почве, что определяет пролонгированность ее пожароопасного сезона по сравнению с другими видами растительности;

– особенности рельефа могут привести к проблемам предсказания поведения пожаров, особенно при ветреной погоде, поскольку ветер более неустойчив и не предсказуем на крутых возвышенностях.

Перечисленные особенности травяных горючих материалов учтены при разработке геоинформационной системы прогноза их возникновения и распространения на лесные территории в условиях муссонного климата средних широт.

Проектируемая система состоит из пяти блоков: сбор и обработка первичных данных наземного и дистанционного мониторинга (I); хранение фактических, прогнозных и расчетных данных (II); определение пожароопасности нелесных участков (III); расчет скорости распространения травяных пожаров (IV); регламентация лесоохранных мероприятий для федеральных, муниципальных и частных организаций (V) (рис. 1).

Блок I «Сбор и обработка первичных данных наземного и дистанционного мониторинга»

Метеорологические данные представляют Интернет-службы: ГУ Гидрометцентра РФ (<http://meteoinfo.ru>); ИКИ РАН (<http://meteo.infospace.ru>); Научно-производственного центра «Мэп-Мейкер» (<http://gismeteo.ru>). Метеорологические элементы включают массив ежедневных метеоданных и синоптических прогнозов: сведения о дневной температуре воздуха $t, ^\circ\text{C}$ и точки росы $\tau, ^\circ\text{C}$, направление и скорость ветра v , м/с, суточном объеме осадков x , мм/сут., и их интенсивности int .

Информация о фенологическом состоянии нелесной растительности и местоположении пожаров может быть получена по спутниковым снимкам с космического аппарата TERRA, передающего MODIS информацию в 36-ти спектральных каналах с разрешением 250, 500, 1000 м на пиксель. Снимки находятся в общем доступе на сайте NASA <http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov>. Для распознавания снимков используется алгоритм, разработанный NASA под названием MODIS – MOD14 (Thermal Anomalies – Fires and Biomass Burning). Российский аналог сайта представлен на сайте ИСДМ-Рослесхоз (<http://aviales.ru>), на котором размещены данные спутникового мониторинга пожаров растительности на всей территории России.

Данные снимков, полученные в красном (620–670 нм) и ближнем инфракрасном (841–876 нм) каналах (продукт MOD09GQK), позволяют рассчитать вегетационный индекс NDVI, представляющий собой количественный показатель фотосинтетически активной биомассы.



Рис. 1. Архитектура геоинформационной системы прогноза возникновения и распространения травяных пожаров

Сведения об антропогенных объектах включают данные о местоположении населенных пунктов и о количестве проживающих жителей, размещении автомобильных, железнодорожных, охотничьих и туристических маршрутов, которые возможно получить, используя статистические сборники и федеральные отчеты транспортной доступности.

Блок II «Хранения фактических, прогнозных и расчетных данных»

Для хранения массива данных в системе используется авторские базы метеорологических данных (БМД) и сведений о лесных и нелесных пожарах растительности (БДПР), созданные в реляционной СУБД MySQL 5 и ГИС MapInfo Professional 8.5. Более подробно структура и реализация БМД представлена в работе [Глаголев, 2014].

Особенностью реализации БДПР является учет местоположения пожаров растительности по указанию номеров операционных территориальных единиц (ОТЕ) или координат центра горельника. Для идентификации ОТЕ используется нерегулярная сеть, содержащая кварталы участковых лесничеств лесного фонда и регулярная сеть, с заданным размером (0,25x 0,25 км, либо 2,5x2,5 км), наложенная на территорию нелесного фонда. Состояние растительных горючих материалов в ОТЕ фиксируется таблицей «NDVI», содержащей значения индекса NDVI в каждом пикселе спутникового снимка на каждый день пожароопасного сезона.

Для отнесения пожара к нелесной территории можно воспользоваться соотношением площади нелесной и лесной части горельника по данным дистанционного зондирования Земли, при этом нелесная площадь должна преобладать над лесной в пределах 70–100%. При указании местоположения пожара растительности производится декомпозиция горельника в совокупность номеров ОТЕ.

В базе данных растительности (БДПР) каждая таблица присоединена к одноименному векторному слою ГИС. В центре логической структуры находится таблица «ОТЕ». Местоположение пожара указывается с помощью атрибутов *долгота* и *широта*, либо атрибута *idОТЕ*, который может принимать одно или более значений, разделенных запятой.

Пространственные данные векторных слоев связаны «один-ко-одному» с атрибутивной информацией посредством географического ключа *mapinfo_id* инструментальной ГИС.

БЛОК III «Определение пожароопасности нелесных участков»

Алгоритм определения пожароопасности нелесных участков основан на модели прогноза возникновения пожаров растительности по природно-антропогенным факторам, по которой появление пожаров зависит от наличия двух совместных событий: погодных условий, способствующих высыханию травы и наличия источника огня природного (сухие грозы) или антропогенного происхождения от жителей населенных пунктов или прибывших по дорожной сети. Расчет проводится по формулам (3) и (4).

БЛОК IV «Расчет скорости распространения травяных пожаров»

Расчет проводится по формуле (5). Содержание сухой травы (*c*) на участках нелесного фонда принимаем за 100% в период устойчивого перехода температуры от 0 до +5 °С. В другие периоды содержание сухой травы в ОТЕ определяется по значениям индекса NDVI, который рассчитывается в каждом пикселе спутникового снимка по формуле (1). Благодаря особенности отражения в данных областях спектра природные объекты, не связанные с растительностью, могут быть исключены, поскольку имеют фиксированные значения: – 0.5 – искусственные материалы (бетон, асфальт); – 0,25 – вода; – 0.05 – снег и лед; 0 – облака; 0.025 – открытая почва; от 0.5 до 0.7 – разряженная растительность; от 0,7 до 1 – густая растительность. В случае если в ОТЕ содержит пиксели со значениями от 0.5 до 0.7, то *c* принимается равным 50%; от 0.7 до 1 – 0%.

БЛОК V «Регламентация лесоохранных мероприятий»

В данном блоке представлены противопожарные рекомендации и мероприятия в виде электронных отчетов (документы, таблицы, карты), отправляемые муниципальным и частным организациям:

1. Определение нелесных участков с высокой пожароопасностью (вероятность возникновения пожаров от 0,5 до 1)§
2. Выявление дат с высокой пожарной опасностью, во время которых в определенных ОТЕ возможна наибольшая вероятность возникновения нелесных пожаров;
3. Определение времени вероятного распространения травяного пожара до границ лесного фонда и мест создания защитных полос вдоль лесного фонда.

Выводы. Таким образом, разработанная геоинформационная система прогноза возникновения и распространения травяных пожаров имеет практическую значимость и может быть использована для осуществления противопожарных рекомендаций и мероприятий на территории субъектов РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барановский Н.В. Математическое моделирование наиболее вероятностных сценариев и условий возникновения лесных пожаров: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. Томск, 2007. 19 с.

2. Глаголев В.А. Создание баз данных для оценки и прогноза пожарной опасности растительности по природно-антропогенным условиям // Региональные проблемы. 2014. Т. 17. № 2. С. 78–83.
3. Глаголев В.А., Коган Р.М. Система пожарного мониторинга лесных участков Еврейской автономной области // Технологии техносферной безопасности: научный интернет журнал. 2015. Вып. 5 (63). С. 1–9. <http://ipb.mos.ru/ttb/2015-5/2015-5.html>.
4. Доррер Г.А. Динамика лесных пожаров. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. 404 с.
5. Ковалев Б.И., Ковалев Р.Б. Пожарная опасность растительных горючих материалов, взаимная модификация техносферных и природных пожаров // Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении, лесном хозяйстве и экологии: доклады VI Всероссийской конференции. М.: ЦЭПЛ РАН, 2016. С 28–32.
6. Нестеров В.Г. Использование температуры точки росы при расчете показателя горимости леса / В.Г. Нестеров, М.В. Гриценко, Т.А. Шабунина // Гидрология и метеорология. 1968. № 9. С. 102–104.
7. Пугачева И.Ю., Шевырногов А.П. Изучение динамики NDVI посевов сельскохозяйственных культур на территории Красноярского края и республики Хакасия // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса. 2008. Т. 5. № 2. С. 347–351.
8. Современное состояние лесов российского Дальнего Востока и перспективы их использования. Хабаровск: ДальНИИЛХ, 2009. 470 с.
9. Телицын Г.П., Карпов А.И., Попович С.В. Программный комплекс для моделирования процессов распространения и тушения лесных пожаров // Охрана лесов от пожаров в современных условиях: международная практическая конференция. Хабаровск, 2002. С. 151–153.
10. Фильков А.И. Детерминированно-вероятностная система прогноза лесной пожарной опасности: автореф. дис.... канд. физ.-мат. наук. Томск, 2005. 24 с.
11. McArthur A.G. Weather and grassland fire behavior // Leaflet 100. Forestry and Timber Bureau. Commonwealth of Australia, 1966.
12. Verhulst N., Govaerts B. The normalized difference vegetation index (NDVI) Green-Seeker™ handheld sensor: Toward the integrated evaluation of crop management. Part A: Concepts and case studies. Mexico: D.F.; CIMMYT, 2010. 14 p.

V.A. Glagolev¹, R.M. Kogan²

GEOINFORMATION SYSTEM FORECAST AND DISTRIBUTION OF SPRING-AUTUMN GRASS FIRES

***Abstract.** An analysis of the emergence and spread of grass fires is a matter for many years of research in the countries where they are one of the major natural and man-made environmental and economic risks. Burning non-forest vegetation in Russia can occur not only in the steppe and forest-steppe, and forest and limitrophe (located between them) areas. This is facilitated by the natural conditions and human factors associated with the burning of dry grass, so called agriculture fell, in autumn and spring. Fires cause significant damage to the grass plant ecosystems. They may be the cause of occurrence of forest and peat fires and cause material damage to businesses and population. Monitoring and elimination of grass fires is a difficult problem because firefighting should engage municipal and private entities*

Patterns of burning herbs are different from forest and peat fires, but model for predicting forest fires are mainly developed in Russia.

¹ Institute of Complex Analysis of Regional Problems FEB RAS; e-mail: glagolev-jar@yandex.ru.

² Institute of Complex Analysis of Regional Problems FEB RAS; e-mail: kogarm@mail.ru.

Therefore, the aim of this study is to develop a method for assessing and forecasting the potential for grass fires on the example of the southern part of the Far East and the geographic information system for its implementation.

Key words: fire, grass, forecast, Geographic information system.

REFERENCES

1. *Baranovskiy N.V.* Matematicheskoe modelirovanie naibolee veroyatnostnykh stsenariiev i usloviy vozniknoveniya lesnykh pozharov. Avtoref. dis.... kand. fiz.-mat. nauk [Mathematical modeling of the most probable scenarios and conditions of forest fires. Author's abstract of Candidate of Physico-Mathematical Sciences]. Tomsk, 2007. 19 p.
2. *Glagolev V.A.* Sozdanie baz dannykh dlya otsenki i prognoza pozharnoy opasnosti rastitelnosti po prirodno-antropogennym usloviyam [Creating a database for the evaluation and prediction of fire danger of vegetation on the natural and man-made conditions]. *Regionalnyie problemyi*. 2014. T. 17. № 2. Pp. 78–83.
3. *Glagolev V.A., Kogan R.M.* Sistema pozharnogo monitoringa lesnykh uchastkov Evreyskoy avtonomnoy oblasti [Fire Monitoring System woodlots Jewish Autonomous Region]. *Tehnologii tehnosfernoy bezopasnosti: nauchnyiy internet zhurnal*. 2015. №. 5 (63). Pp. 1–9. <http://ipb.mos.ru/ttb/2015-5/2015-5.html>.
4. *Dorrer G.A.* Dinamika lesnykh pozharov [The dynamics of forest fires]. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2008. 404 p.
5. *Kovalev B.I., Kovalev R.B.* Pozharnaya opasnost rastitelnykh goryuchikh materialov, vzaimnaya modifikatsiya tehnosfernykh i prirodnnykh pozharov [Fire danger of vegetable fuels, mutual modification technospheric and wildfires]. *Aerokosmicheskie metodyi i geoinformatsionnyie tehnologii v lesovedenii, lesnom hozyaystve i ekologii: dokladyi VI Vserossiyskoy konferentsii*. Moscow: TsEPL RAN, 2016. Pp. 28–32.
6. *Nesterov V.G., Gritsenko M.V., Shabunina T.A.* Ispolzovanie temperatury tochki rosyi pri raschete pokazatelya gorimosti lesa [Using the dew point temperature in the calculation of the forest of burning]. *Gidrologiya i meteorologiya*. 1968. № 9. Pp. 102–104.
7. *Pugacheva I. Yu., Shevyirnogov A.P.* Izuchenie dinamiki NDVI posevov selsko-hozyaystvennykh kultur na territorii Krasnoyarskogo kraia i respubliki Hakasiya [Studying the dynamics of NDVI of agricultural crops in the Krasnoyarsk Territory and the Republic of Khakassia]. *Sovremennyye problemyi distantsionnogo zondirovaniya zemli iz kosmosa*. 2008. T. 5. № 2. Pp. 347–351.
8. *Sovremennoe sostoyanie lesov rossiyskogo Dalnego Vostoka i perspektivy ih ispolzovaniya* [The current state of forests in the Russian Far East and the prospects for their use]. Khabarovsk: DalNIILH, 2009. 470 p.
9. *Telitsyyn G.P., Karpov A.I., Popovich S.V.* Programmnyiy kompleks dlya modelirovaniya protsessov rasprostraneniya i tusheniya lesnykh pozharov [Software for modeling of processes, and the extinguishing of forest fires]. *Ohrana lesov ot pozharov v sovremennykh usloviyakh: mezhdunarodnaya prakticheskaya konferentsiya*. Khabarovsk, 2002. Pp. 151–153.
10. *Filkov A.I.* Determinirovanno-veroyatnostnaya sistema prognoza lesnoy pozharnoy opasnosti. Avtoref. dis.... kand. fiz.-mat. nauk [Deterministic and probabilistic system of forest fire danger forecast. Author's abstract of the Candidate of Physico-Mathematical Sciences]. Tomsk, 2005. 24 p.
11. *McArthur A.G.* Weather and grassland fire behavior // Leaflet 100. Forestry and Timber Bureau. Commonwealth of Australia, 1966.
12. *Verhulst N., Govaerts B.* The normalized difference vegetation index (NDVI) Green-Seeker™ handheld sensor: Toward the integrated evaluation of crop management. Part A: Concepts and case studies. Mexico: D.F.; CIMMYT, 2010. 14 p.

О.А. Плисенко¹

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ В ГИС ДЛЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА РЕЛЬЕФА

Резюме. В статье дается краткий обзор технологии разработки интегрированной с геоинформационной системой (ГИС) экспертной системы для предметной области геоморфологического анализа. Рассматривается слабоструктурированная задача распознавания характерных структурных линий поверхности рельефа. Для решения задачи предлагается использовать метод полной интеграции и проектирование системы на основе диаграмм UML. Дается обоснование применения описанной технологии и особенности реализации интеграции экспертных систем с ГИС. Приведены примеры построения диаграмм UML, пространства состояний задачи и реализации экспертных правил на языке CLIPS.

Ключевые слова: интегрированная экспертная система, геоинформационная система, CLIPS, пространство состояний, структурные элементы рельефа.

Введение. Интеллектуальные, основанные на знаниях методы широко используются в современных геоинформационных системах. Главное преимущество использования таких методов состоит в том, что эвристически обработанная информация, представленная в виде декларативного знания, приводит к меньшим вычислительным и когнитивным требованиям к решению задачи, и существенно сокращает пространство поиска оптимальных решений. Использование экспертных систем интегрированных в ГИС обусловлено с одной стороны, разнообразием и сложностью данных в ГИС, с другой – наличием большого числа экспертных задач при использовании таких систем.

Пространственные аналитические инструменты в большинстве современных промышленных ГИС поддерживают функции выполнения пространственных запросов, пространственный анализ близости, топологический анализ соседства, наложение карт и гео статистический анализ. Кроме того, современные ГИС предлагают инструменты для управления векторными и растровыми базами данных на реляционной и объектно-ориентированной платформах.

Однако если говорить о существующих промышленных ГИС, то можно выделить три главных препятствия объединения систем основанных на знаниях с современными ГИС платформами: наследуемая вычислительная основа на базе булевой логики, ограниченная встроенная аналитическая и моделирующая функциональность, и практическое отсутствие средств представления знаний и алгоритмов их обработки.

В силу перечисленных причин, интегрированные интеллектуальные системы на базе ГИС представляют собой наиболее перспективное направление развития геоинформационных технологий.

Методы объединения интеллектуальных систем с ГИС могут быть классифицированы по степени интеграции: слабосвязанные, сильно связанные и встроенные системы. В слабо связанных системах информацией между ГИС и отдельными основанными на знаниях системами передается через совместное использование файлов уровня приложения. Слабо связанные интегрированные системы имеют один недостаток – скорость передачи данных между модулем экспертной системы и ГИС намного ниже, чем у аналогичных сильно связанных и интегрированных системах.

В сильно связанных системах функции базы знаний встраиваются как закодированные модули в рабочую платформу ГИС, которые могут быть разработаны на языке данной платформы. Пакеты ГИС (например, программное обеспечение ArcGIS), как правило, обеспечи-

¹ Кафедра автоматизированных систем обработки информации и управления инженерно-физического факультета Адыгейского государственного университета; e-mail: plisenko_olji@fromgu.com.

вают собственную среду разработки ArcGIS Engine (на базе языка ArcObjects), представляющую собой набор ГИС-компонентов и средств разработки, позволяющую как создать собственное ГИС-приложение «с нуля», так и добавлять ГИС-функциональность в существующий программный продукт. Для встраивания в само приложение ArcGIS функций и модулей других приложений используется .NET интерфейс и скриптовый язык Python. В качестве примера можно привести основанную на технологии COM экспертную систему для выбора подходящей картографической проекции карты в ArcGIS. Преимущество этого подхода состоит в том, что он эффективно расширяет функциональность ГИС, таким образом, утилиты экспертной системы могут эффективно интегрироваться с интерфейсом пользователя.

Во встроенных системах, ГИС и компоненты интеллектуальных систем связываются с помощью совместно используемой памяти и общего интерфейса. Например, коммерческий пакет IDRISI Andes включает модуль нечеткой классификации, который использует Байесовский вывод и теорию доказательств Демпстер-Шафера для построения требуемых комбинаций модулей.

Интегрированные интеллектуальные системы включают как классические компоненты экспертных систем, такие как база знаний и база данных, так и компоненты, характерные для ГИС. Для решения проблемы их взаимодействия и обеспечения целостности процесса проектирования и разработки вводится концепция интегрированных информационных моделей. Концепция базируется на многоуровневой семантической модели знаний, включающей в себя семантику предметных моделей объектов и задач; семантику их формальных моделей; семантику алгоритмов и программ; семантику связей предметных моделей с формальными моделями и формальных моделей с алгоритмами и программами.

Целью работы является разработка экспертной системы пространственного анализа рельефа и выделения структурных элементов, таких как структурные линии и элементарные поверхности.

Материалы и методы исследований. Для целей нашей работы выбран метод полной интеграции, характеризующийся тем, что этапы проектирования интегрированных экспертных систем включаются в полный цикл проектирования всей системы, часто в качестве расширения и дополнения стандартных, характерных в целом для информационных систем. Таким образом, при разработке интегрированной экспертной системы разрабатываются модели предметной области, модели взаимодействия программных компонентов, модели базы данных, модели базы знаний и т.д.

Элементы морфологической структуры, выраженные в рельефе в виде линий, широко распространены и имеют большое значение для анализа поверхности рельефа с помощью цифровых электронных карт и цифровых моделей рельефа. К ним относятся бровки, шовные линии, тальвеги, ребра, гребни, водораздельные линии и берега, линии максимальных и минимальных уклонов. Структурные линии представляют собой геоморфологические границы главных анализируемых единиц поверхности рельефа Земли – элементарных геоморфных поверхностей [Симонов, 1998].

Теоретической базой для выделения и классификации структурных линий поверхности рельефа являются методы геоморфологического анализа. В большинстве зарубежных работ (например, [Minar, Evans, 2008]) для определения большинства структурных линий (за исключением килевых, которые часто присутствуют на картах явно в виде русел рек, каналов и т.д.) используется интуитивный подход, основанный на визуальном анализе изолинейных карт, профильных материалов и т.п. Такой подход, не обеспеченный теоретическим синтезом, зачастую дает абсолютно разные результаты на одном и том же участке поверхности у разных исследователей [Ласточкин, 2002].

Попытку строгого математического определения элементов поверхности рельефа и минимизации субъективных факторов в процессе их выделения в отечественной геоморфологии предпринял А.Н. Ласточкин, развив общую теорию геосистем в своих работах и создав методику геоморфологического картографирования шельфа и континентального склона. Однако, не смотря на строгую классификацию и определение элементов поверхности рельефа, в

том числе и структурных линий, большинство операций по их выделению и типизации выполняется вручную экспертами, имеющими опыт как работы с различными картами, так и работы на местности (выполнения геодезических съемок и т.д.).

Текстологический анализ литературных источников, описывающих данную методику, показал, что для выделения элементов на определенных этапах используются различные современные цифровые материалы, полученные путем компьютерных вычислений (с помощью ГИС и других программных продуктов). Однако, универсальной технологии автоматизированного трассирования структурных линий не существует.

Задача выделения всех видов структурных линий согласно методике А.Н. Ласточкина и А.Г. Зинченко с точки зрения ее формализации является средне структурированной. Среди этапов существуют как слабо формализованные, так и этапы, которые полностью можно автоматизировать с помощью вычислительных методов. Кроме того, предметная область включает понятия с размытыми определениями (например, «округлые формы рельефа», «слабо вытянутые формы рельефа» [Ласточкин, 2002] и т.д.), а для выработки окончательного решения о принадлежности элемента к конкретному типу часто используют богатый эмпирический опыт, выраженный в сравнении с подробно описанными, наблюдаемыми на местности элементами рельефа. Выделение структурных линий поверхности рельефа помимо строгого математического описания, включает описание методов ручной обработки картографических материалов (например, «применение приема отыскания оси параболы для слабовытянутых округлых форм» [Зинченко, Ласточкин, 2001]). Все эти наблюдения приводят к необходимости решения задачи интеллектуальными методами и методами экспертных систем.

Решение указанной задачи с точки зрения его реализации на ЭВМ требует визуального представления пространственных данных и результатов моделирования, включения сложных вычислительных алгоритмов обработки больших массивов пространственной информации, использования систем управления пространственными базами данных. Таким образом, становится очевидным необходимость разработки интеллектуальной геоинформационной системы с интегрированной экспертной системой.

В качестве визуального средства проектирования геоинформационной системы и интегрированной экспертной системы используется унифицированный язык моделирования UML (Unified Modeling Language), представляющий собой систему обозначений, основанную на диаграммах. UML удобен, т.к. он широко распространен в промышленной разработке программного обеспечения в качестве стандартного метода проектирования. UML поддерживает полный цикл проектирования для объектно-ориентированных систем (ООП). В свою очередь экспертная система является частью геоинформационной системы, предназначенной для анализа и обработки модели рельефа в 2D и 3D пространствах, разрабатываемой с помощью современных программных средств, ориентированных именно на ООП. Поэтому логичным является подход, представляющий предметную область экспертной системы, базу знаний в свете объектно-ориентированной парадигмы. Это позволяет безболезненно интегрировать экспертную систему в ГИС. Кроме того преобразование, например, диаграмм состояний прецедентов в производственные правила типа «ЕСЛИ.. ТО..» является интуитивно понятным [Felfernig et al., 2000].

Для формирования базы знаний экспертной системы в основном использовались текстологические методы извлечения знаний. В качестве основных источников были взяты работы А.Н. Ласточкина, работы отечественных геоморфологов в области геоморфологического анализа территории и построения ее оценки, также работы зарубежных авторов.

Для реализации экспертной системы был выбран язык разработки CLIPS так, как он, во-первых, располагает встроенным объектно-ориентированным языком COOL и средствами, позволяющими комбинировать правила и объекты, что соответствует выбранной парадигме проектирования и разработки программной системы в целом. Во-вторых, исполняющая система CLIPS может выступать в качестве внедренного приложения, т.е. программа на CLIPS может быть скомпилирована и скомпонована с программой на языке C/C++, которая будет вызывать CLIPS – фрагменты как подпрограммы, что позволяет внедрять функции искусственного интеллекта в компоненты больших программных комплексов.

Результаты исследований и их обсуждение. Рассмотрим основные понятия предметной области. Выделение структурных элементов поверхности рельефа, основывается на анализе распределения в пространстве основных морфологических параметров как функций двух плановых координат $H(x,y)$ [Ласточкин, 2002]. К основным понятиям предметной области относятся.

1) *Элементарная поверхность (грань)* – главный площадной (в 3D-поверхностный) выделяемый элемент. Является неделимым и однородным по относительному положению по высоте, углам наклона и горизонтальной кривизне. Ее ограничением служат, отражающие структуру земной поверхности линейные (структурные линии) и точечные элементы (характерные точки).

2) *Структурные линии (скелетные, инвариантные, характерные, отличительные, ребра)* – линии, трассируемые по точкам с экстремальными и нулевыми значениями основных геоморфологических параметров, а также с простыми разрывами последних и разрывами функций при их стремлении к «+» и «-» бесконечности. Представляют границы основных выделяемых единиц – элементарных поверхностей. Включают 7 типов: гребневые, килевые, максимальных уклонов, минимальных уклонов, выпуклых перегибов, морфоизографы.

3) *Характерные точки (отличительные точки)* – точки пересечения структурных линий, точки с экстремальными значениями $H(x,y)$ на изометрических положительных и отрицательных формах ЗП (вершины), точки с экстремальными значениями $H(x,y)$ на положительных и отрицательных изгибах гребневых и килевых линий (вершины ундуляций).

4) *Точки трассировки СЛ* – точки с экстремальными и нулевыми значениями основных геоморфологических параметров, а также с простыми разрывами последних и разрывами функций при их стремлении к «+» и «-» бесконечности.

На основе проведенного текстологического анализа обобщенной методики геоморфологического картографирования была разработана модель предметной области.

На рисунке 1 представлен фрагмент модели предметной области, реализованный в виде диаграммы классов UML.

Рассмотрим понятие «элементарная поверхность». На диаграмме сущность «элементарная поверхность» изображена в виде класса, объекты которого имеют такие атрибуты как «уклон», «горизонтальная кривизна», «вертикальная кривизна», «форма в профиле», «форма в плане», «тип поверхности», «тип поверхности по кл. Ласточкина». Объекты класса «элементарная поверхность» являются составными. Они включают объекты классов «структурная линия» и «характерная точка», которые геометрически являются границами элементарной поверхности. Для этих объектов используется классификация А.Н. Ласточкина.

Особое значение для построения экспертной системы имеет сущность «Точки трассировки СЛ», так как именно на основе этих точек выделяются структурные линии и затем элементарные поверхности. Точки трассировки СЛ могут быть получены как непосредственно с электронной карты, так и рассчитаны по ее объектам. Например, водотоки, составляющие речную сеть, уже представляют собой килевые линии, т.е. точки, представляющие в векторном виде водотоки, являются точками трассировки килевой структурной линии, также можно интерпретировать линии обрывов. Точки трассировки таких структурных линий как морфоизографы, склоновые гребневые и килевые линии получим путем математической обработки горизонталей (сначала строим математическую модель горизонтали путем аппроксимации ее сплайном, затем находим точки с максимальной, минимальной и нулевой кривизной).

На диаграмме сущность «Точки трассировки линии» представляет собой класс, объекты которого имеют атрибут «тип линии», представляющий собой тип линии к которой принадлежит данная точка. Значение данного атрибута определяется на этапе получения данной точки. В результате экспериментов было определено, что существующий список типов точек нужно расширить следующим образом: среди точек перегиба склона нужно выделить точки, в которых форма склона меняется от выпуклой к вогнутой, и точки, в которых от выпуклой (вогнутой) форма переходит в прямолинейную. Для удобства обработки значения данного атрибута кодируются численными значениями.

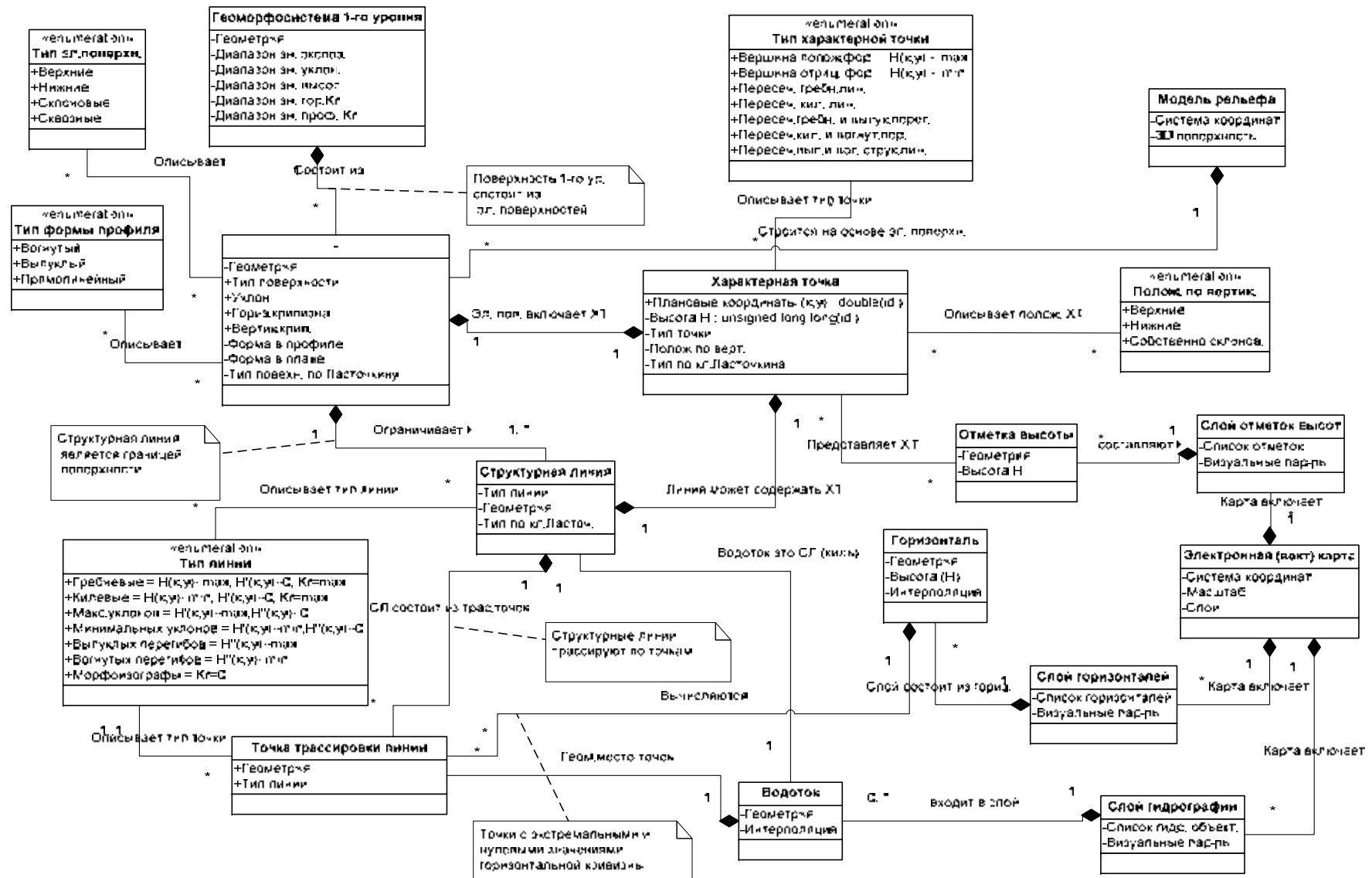


Рис. 1. Фрагмент модели предметной области автоматизированной системы выделения и классификации элементов трехмерной геометрической поверхности рельефа

Из приведенного фрагмента видно характерное разделение предметной области программной системы на две части: первая описывает понятия предметной области, используемые базой знаний экспертной системы, вторая – понятия, связанные с используемыми моделями и методами ГИС. Так понятия «элементарная поверхность», «структурная линия», «точка трассировки» и т.п. включают атрибут «геометрия», который представляет собой математическую модель описываемой сущности. Еще одним примером является понятие «водоток», которое включает атрибут «аппроксимация» (аппроксимированная модель 2D кривой линии). Кроме того, включены понятия: «электронная карта», «слой горизонталей», «слой гидрографии» и т.п., описывающие модель компоновки и отображения исходных данных. Данные сущности не используются непосредственно базой знаний, однако являются «поставщиками» исходных данных. Подобная структура предметной области позволяет описать правила применения и взаимосвязь моделей программной системы и базы знаний. Программная интеграция обеспечивает поддержку передачи данных между вычислительными модулями на основе единого коммуникационного интерфейса, также представленного сущностями предметной области.

На рисунке 2 представлена диаграмма видов деятельности, описывающая последовательность решения задачи выделения структурных линий поверхности рельефа с помощью экспертной системы. Из диаграммы видно, что исходными материалами являются слои электронной карты. Именно такой источник данных был выбран по следующим причинам:

1) часть объектов на карте без предварительной обработки представляют собой либо характерные точки, либо структурные линии;

2) как правило, данные на электронных картах в некоторой степени генерализованы, т.е. очищены от незначачих деталей;

3) имеется возможность восстановления и описания исторического рельефа, а следовательно восстановления процесса изменения форм рельефа и определения рельефообразующих процессов.

Кроме того, если необходимо повысить точность или учесть даже незначительные детали поверхности рельефа, достаточно построить в автоматизированном режиме в любой современной ГИС изолинейное представление поверхности по более точным данным, например, полученным со спутника. Ошибки, возникающие в данном случае, соизмеримы с ошибками аппроксимации и лежат в допустимом диапазоне. Значимыми для вычислений являются слои гидрографии, горизонталей, отметок высот, обрывов, осыпей.

Этапы, требующие математических вычислений и позволяющие однозначно определить структурные элементы (например, такие как, точки трассировки и характерные точки), вынесены за границы экспертной системы и выполняются в режиме анализа и расчета 2D электронной карты. На вход экспертной системы поступает поле точек. Поле включает рассчитанные и полученные напрямую с электронной карты точки трассировки структурных линий и характерные точки. Для каждой точки с помощью диаграммы Вороного строится список соседних точек. Так как поле точек может быть очень большим и включать много объектов, то для их обработки экспертной системой используется метод «скользящего окна».

То есть последовательно обрабатываются небольшие фрагменты поля точек, пока не будет обработано все поле. База знаний экспертной системы должна включать правила, распознающие среди рабочих точек структурные элементы. Таким образом, экспертная система должна возвращать основной системе распознанные элементы. В отличие от классических, на данном этапе разрабатываемая экспертная система не включает подсистему объяснений. При дальнейшем развитии интегрированной ГИС предполагается решить данный вопрос.

На следующем этапе с помощью диаграммы состояний UML были проанализированы пространства состояний основных операций экспертной системы для построения набора правил и построения базы знаний.

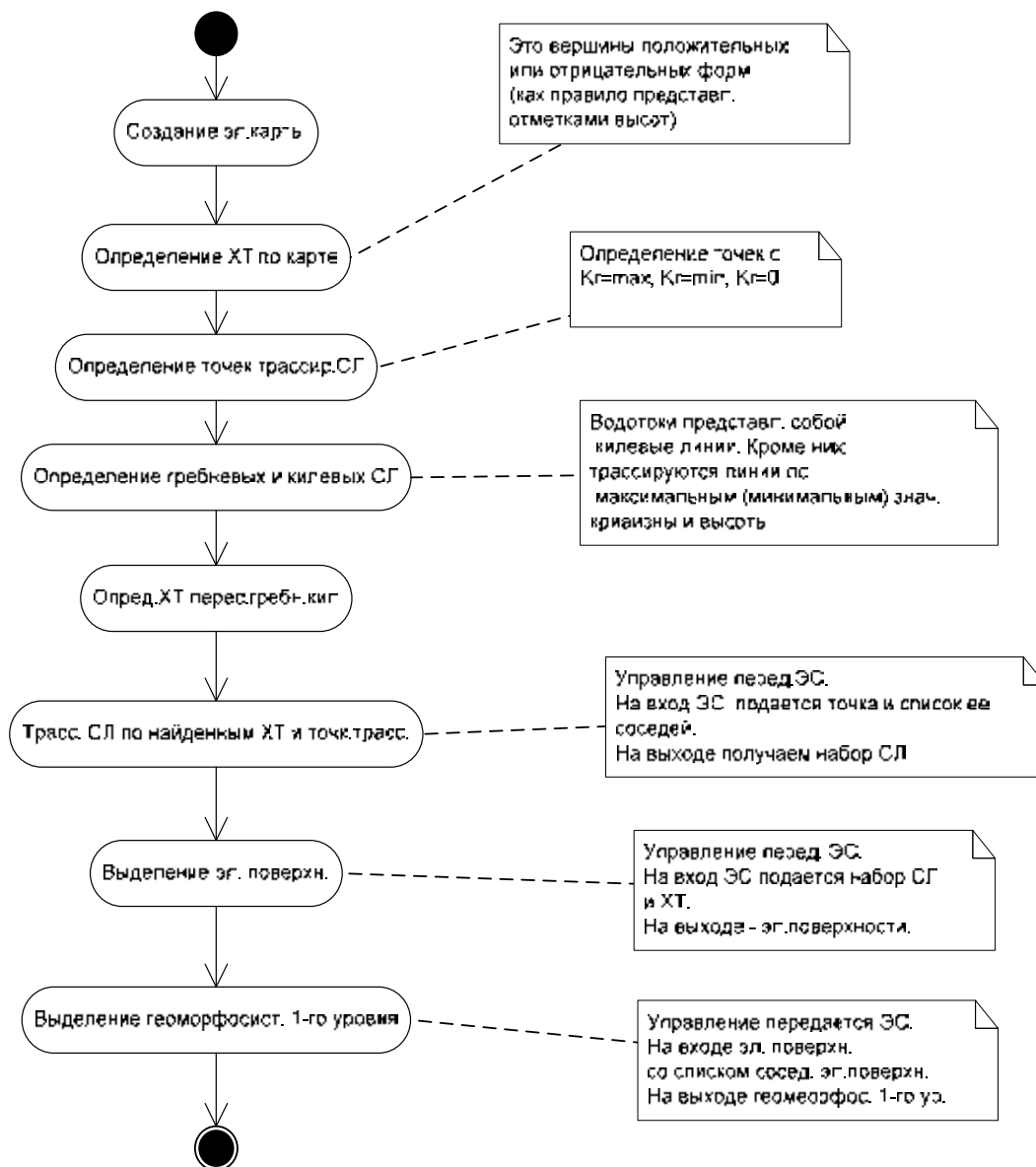


Рис. 2. Диаграмма видов деятельности

Рассмотрим фрагмент базы знаний для выделения структурных линий. После выполнения соответствующих этапов вычислений системы, набор точек трассировки структурных линий и их отношения соседства графически может быть представлен в виде поля точек и диаграммы Вороного (см. рис. 3), а на рисунке 4. представлено пространство состояний для выделения склоновых структурных линий. В процессе реализации проекта были разработаны базовые схемы пространства состояний для каждого блока правил и первичные алгоритмы дерева вывода.

Полученные диаграммы дают ясное понимание задачи, позволяют проанализировать функционирование создаваемой интегрированной ГИС, обеспечивают стандартизацию представления структуры программы и данных. Создание и модификация подобных диаграмм являются наглядной «двумерной» документацией к решаемой задаче.

В настоящее время порождающие правила обычно реализуются в форме правил, манипулирующих с символическими структурами, а не строками символов. В результате алфавит канонической символической системы заменяется словарем символов или атомов и простой грамматикой формирования символических структур. Таким образом, словарь описания символических структур состоит из трех подмножеств:

- N – имен объектов предметной области;
- P – имен свойств, которые рассматриваются в качестве атрибутов объектов;
- V – допустимых значений атрибутов.

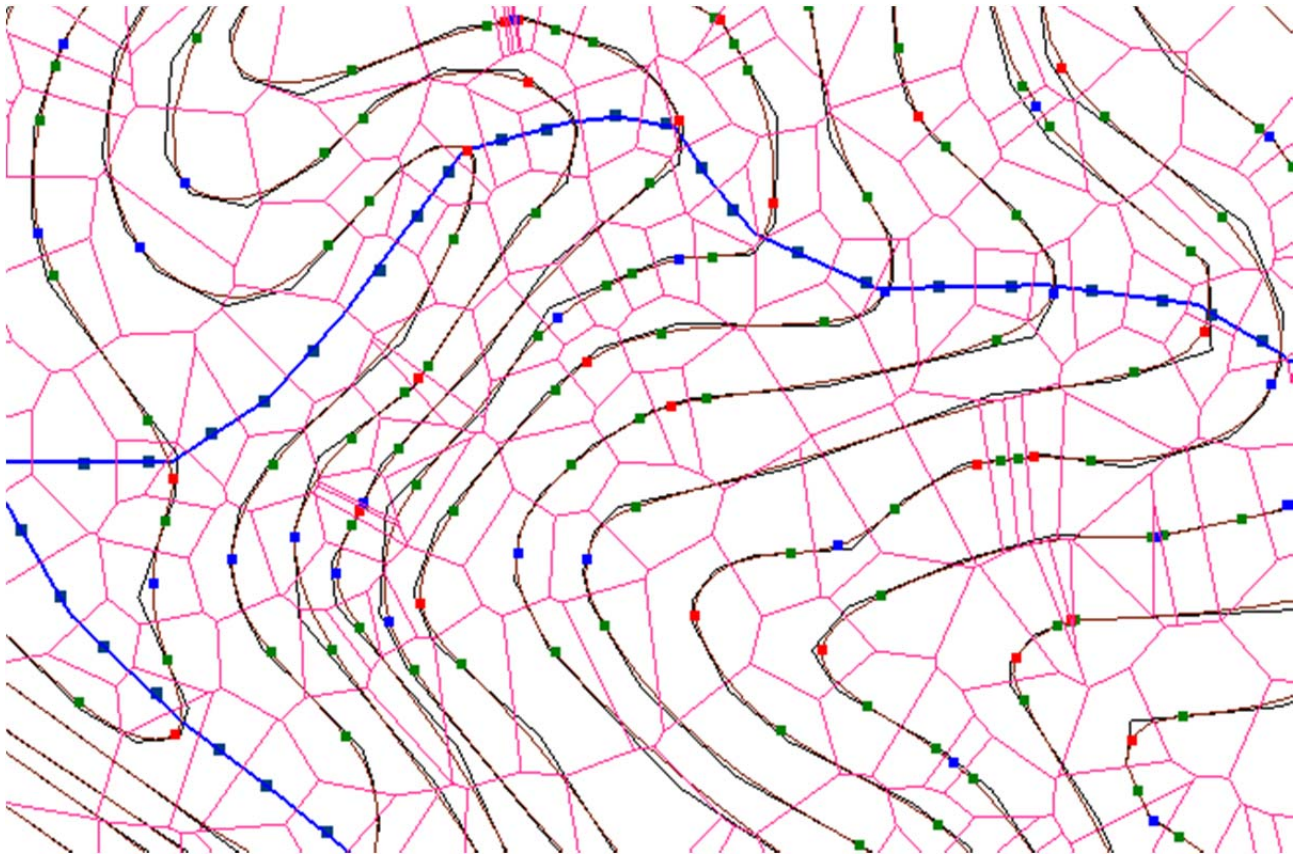


Рис. 3. Поле точек трассировки структурных линий и их отношения соседства, представленные в виде Диаграммы Вороного

Используемая грамматика имеет вид триад «объект»-«атрибут»-«значение». Триада (v, π, ϖ) существует, если $v \in N$, $\pi \in P$, $\varpi \in V$. Представленная синтаксическая форма обобщается в том случае, когда нужно для некоторого объекта v представить n вариантов пар «атрибут»- «значение» $(\pi_1, \varpi_1), \dots, (\pi_n, \varpi_n)$. В таком случае они объединяются в вектор:

$$(v, \pi_1, \varpi_1, \dots, \pi_n, \varpi_n).$$

Аналогичный синтаксис фактов имеет язык CLIPS. Синтаксическое представление правил в продукционной системе имеет следующий вид:

$$P_1, \dots, P_m \rightarrow Q_1, \dots, Q_n,$$

которое интерпретируется следующим образом:

ЕСЛИ предпосылки P_1 и ... и P_m верны, ТО выполнить действия Q_1 и ... и Q_n .

Предпосылки представляются в виде вектора «объект»-«атрибут»-«значение». Перечень предпосылок в правиле представляет собой образец вектора, которому должно соответствовать состояние рабочей памяти.

На рисунке 5 приведены правила 1–3 диаграммы пространства состояний, участвующие в цикле распознавания.

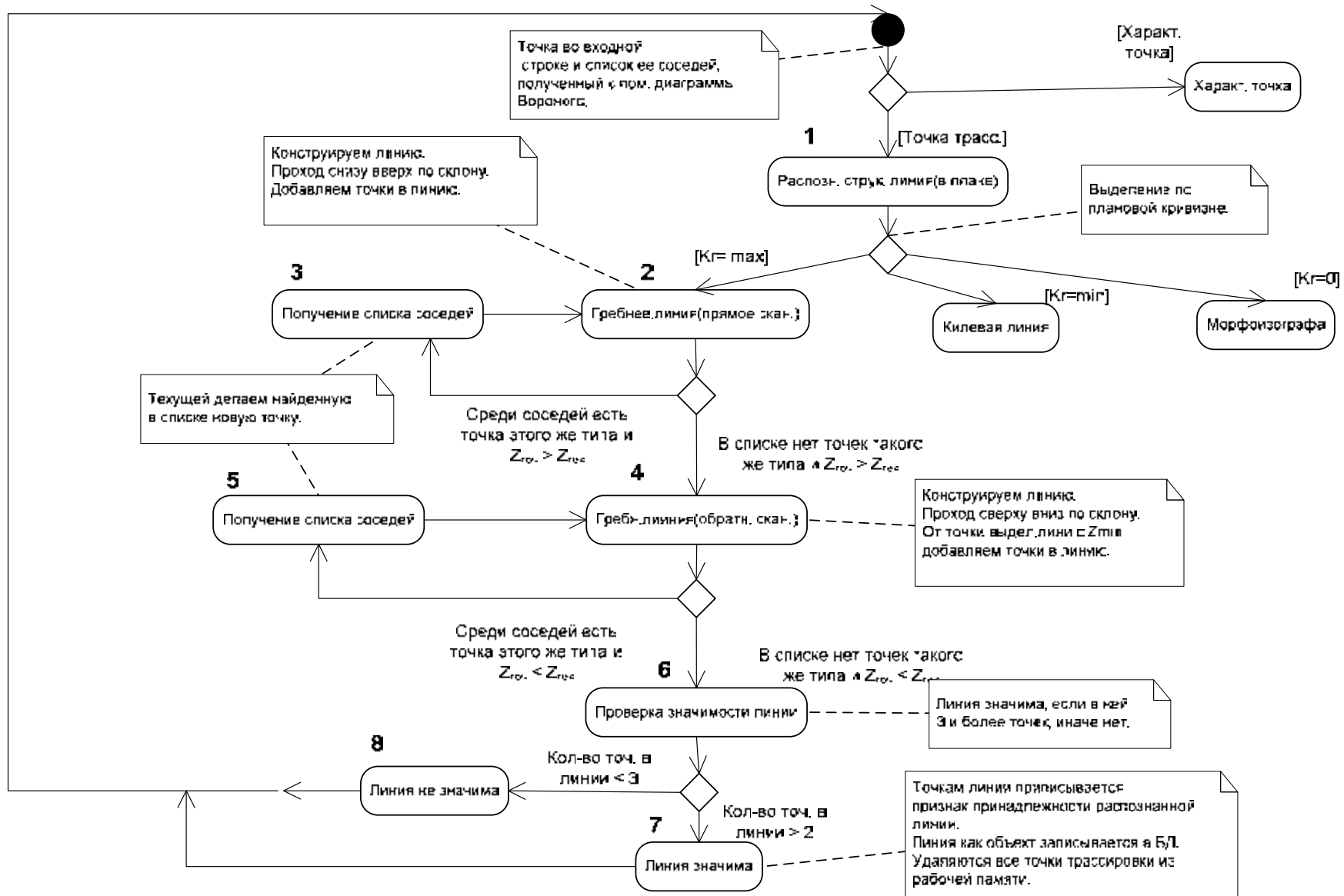


Рис. 4. Пространство состояний для выделения склоновых гребневых линий

```

;=====
; Правила выделения структурных склоновых линий
;=====
(open "expdebug.txt" fdebug "w")

; Получаем новую точку
(defrule MAIN::get-begin-point "In beginning get first point from list"
  (state (action recogn_slop_line) (cicle begin)) ; Если состояние (действие = распознавание структурных
  (recognition_lines (type_object nothing) (cycle begin)) ; и состояние распознав. линий (тип объекта =
  =>
  (bind ?adr (GetNewPoint 1)) ; Вызов ф-ии языка С, добавляющую точку трассировки в рабочую память
  (bind ?adr1 (GetNeighbor ?adr:id) ; Вызов ф-ии языка С, добавляющей соседние точки в рабочую память
  (format fdebug "Point num= %d, type = %d" (send ?adr get-num) (send ?adr get-p_type))
  (modify recognition_lines (cycle continue)
  (modify ?adr (status 0)) ; делаем первую точку активной
)

; Распоз. гребневая линии
(defrule MAIN::recogn_slope_ridge
  (state (action recogn_slop_line) (cycle begin)) ; Если состояние (действие = распознавание структурных
  (recognition_lines (type_object nothing) (cycle begin)) ; и состояние распознав. линий (тип объекта =
  (?ins<- (object (is-a specialpoint) (status 0) (p_type 6) (used 0))) ; есть специальная точка со ста:
  =>
  (make-instance [ridge_line] of Curve (line_type 6) (count 1)) ; Создаем новый объект СЛ
  (modify state (action recogn_slop_line)) ; Модифицируем состояние
  (modify recognition_lines (type_object slope_ridge) (cycle forward))
)

; Прямое сканир. гребневой линии
(defrule MAIN::slope_ridge_scan_fw
  (state (action recogn_slop_line)) ; Если состояние (действие = распознавание структурных линий)
  (recognition_lines (type_object slope_ridge) (or (cycle continue) (cycle forward))))
  (?ins<- (object (is-a specialpoint) (status 0) (p_type 6))) ; есть специальная точка со статусом 0
  (?ins1<- (object (is-a specialpoint) (status 1) (p_type 6) (< point:z ?ins:point:z) (used 0)))
  =>
  (send ?ins set-status 1) ; делаем текущую точку не активной
  (insert$ [ridge_line]:sp_points ?ins) ; вставляем текущ. точку в линию
  (send [ridge_line] set-count (+ [ridge_line]:count 1)) ; увеличиваем счетчик точек
  (send ?ins1 set-status 0) ; делаем соседнюю точку активной
  (do-for-all-instances (?sp) (= ?sp:status 1) (delete_instance ?sp)) ; удаляем все неактивные точки
  (modify recognition_lines (cycle get_neighbor))
)

```

Рис. 5. Определение правил для состояний 1–3 диаграммы пространства состояний на языке CLIPS

Выводы. По классификации Г.В. Рыбиной, полная интеграция является самым высоким уровнем и заключается в соединении лучших качеств компонентов систем, основанных на знаниях, и информационных систем. Полная интеграция ведет к созданию совершенно новых систем с новыми возможностями, так как все компоненты находятся в одной системе с унифицированной структурой для моделирования фактов и правил и однородной обработкой данных и знаний [Рыбина, 2010].

Использование экспертной системы как составной части ГИС для распознавания структурных элементов рельефа предполагает, что в состав классических компонентов ГИС интегрируется прежде всего машина логического вывода экспертной системы. При этом наиболее эффективным алгоритмом вывода, учитывающим сложность и объем пространственных данных, является сетевой алгоритм логического вывода Rete.

Использование ИГИС при геоморфологических исследованиях позволяет решать проблему единообразного подхода к экспертному выделению значимых для анализа элементов поверхности рельефа, максимально исключив субъективные факторы. Кроме того позволяет объединить различные этапы обработки цифровых пространственных данных и увеличить скорость их обработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зинченко А.Г., Ласточкин А.Н. Методика геоморфологического картографирования шельфа и континентального склона Российской Федерации (применительно к задачам Госгеолкарты-100) / под ред. Б.Г. Лопатина. ЗАО «Геоинформмарк». М., 2001. С. 34.
2. Ласточкин А.Н. Системно-морфологическое основание наук о Земле (Геотопология, структурная география и общая теория геосистем). СПб.: Изд-во НИИХ СПбГУ, 2002. С. 762.
3. Рыбина Г.В. Теория и технология построения интегрированных экспертных систем: монография. М.: Научтехлитиздат, 2008. С. 482.
4. Симонов Ю.Г. Морфометрический анализ рельефа. Москва-Смоленск: Изд-во СГУ, 1998. С. 272.
5. Alexander Felfernig, Gerhard E. Friedrich, Dietmar Jannach. UML as domain specific language for the construction of knowledge – based configuration systems // International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering. 2000. Vol. 10, No. 4. Pp. 449-469.
6. Jozef Minar, Ian S. Evans. Elementary forms for land surface segmentation: The theoretical basis of terrain analysis and geomorphological mapping / *Geomorphology* 95(2008). Pp. 236–259. URL: www.elsevier.com/locate/geomorph.

О.А. Plisenko¹

USE OF EXPERT SYSTEMS IN GIS FOR THE SPACE ANALYSIS OF THE RELIEF

Abstract. *The article provides a short review of technology of development of the expert system integrated with a geographic information system (GIS) for subject domain of the geomorphological analysis. The semistructured problem of identification of the indicative structural lines of a surface of a relief is considered. To solve the problem, a method of the complete integration and the system projection on the basis of UML diagrams are used. The publication gives grounds for application of the described technology and feature of realization of expert system integration with GIS. Examples of creation of UML diagrams, state space of the problem and implementation of expert rules in the CLIPS language are given.*

Key words: *the integrated expert system, geoinformation system, CLIPS, state space, building blocks of a relief.*

REFERENCES

1. Zinchenko A.G., Lastochkin A.N. Metodika geomorfologicheskogo kartografirovaniya shelfa i kontinentalnogo sklona Rossiyskoy Federatsii (primenitelno k zadacham Gosgeolkarty-100) [Technique of geomorphological mapping of the shelf and continental slope of the Russian Federation (relating to problems of Gosgeolkarty-100)] /pod red. B.G. Lopatina. ZAO «Geoinformmark». M., 2001. 34 p.
2. Lastochkin A.N. Sistemno-morfologicheskoe osnovanie nauk o Zemle (Geotopologiya, strukturnaya geografiya i obschaya teoriya geosistem) [The systemic morphological basis of the Earth's sciences (Geotopology, Structural Geography and the General Theory of Geosystems)]. SPb.: Izd-vo NIIKh SPbGU, 2002. 762 p.
3. Rybina G.V. Teoriya i tekhnologiya postroeniya integrirovannykh ekspertnykh sistem: monografiya [The theory and technology of creation of the integrated expert systems: monograph]. M.: Nauchtekhlitizdat, 2008. 482 p.
4. Simonov Yu.G. Morfometricheskii analiz relyefa [Morphometric analysis of a relief]. Moskva-Smolensk: Izd-vo SGU, 1998. 272 p.

¹ Department of Automated Information Processing Systems and Control of Engineering – Physical Faculty of the Adyghe State University; e-mail: plisenko_olji@fromru.com.

5. Alexander Felfernig, Gerhard E. Friedrich, Dietmar Jannach. UML as domain specific language for the construction of knowledge – based configuration systems // International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering. 2000. Vol. 10, No. 4. Pp. 449-469.

6. Jozef Minar, Ian S. Evans. Elementary forms for land surface segmentation: The theoretical basis of terrain analysis and geomorphological mapping / Geomorphology 95(2008). Pp. 236–259. URL: www.elsevier.com/locate/geomorph.

УДК 551.4

A.I. Zhironov¹, S. F. Boltramovich², M. N. Kalygin³

GEOMORPHOLOGICAL RISKS ASSESSMENT BASED ON SYSTEM-MORPHOLOGICAL APPROACH

Abstract. *Studies of risks remain among the most claimed issues of geology and geomorphology. The system-morphological approach developed by A.N. Lastochkin provides a new promising basis for this. We studied slopes of the ridge Aibga, Western Caucasus, to assess geomorphological risks in the area of construction of the mounting ski facilities for Winter Olympics, 2014. The first step of study is a compilation of an analytical map, which covers all morphological elements of the area. Then we studied current geologic and geomorphological processes and estimated risks associated with them. The last step is the assessment of risks related to certain characteristics of exposed rocks and to possible tectonic movements. These morphological, geological and engineering parameters are combined within an integrated score of geomorphological risks, which is presented on the appropriate map.*

Key words: *System-morphological approach, geomorphic risks, geohazards, assessment, mapping, Aibga Ridge.*

Introduction. It is well known that the assessment of geomorphic risks is an important part of various engineering and environmental studies. Many Russian geomorphologists contributed a lot to the development of geomorphic risks' theory and practice: Yu.P. Seliverstov ([Seliverstov, 1993]; [Likhachyova and Timofeev, 2004]) et al. Geomorphologists from St. Petersburg State University have developed a new system-morphological approach that substantially helps in resolving many engineering-geomorphic issues.

Methods. The system-morphological approach is developing by Alexander Lastochkin [Lastochkin, 1991]. The paradigm is as follows: from the morphological studies to the dynamics of relief. According to this concept, the geomorphic risk is the probability of activation of an adverse geomorphic event, which can harm the economy and population. The geomorphic risks emerge from both geomorphic conditions and morphological parameters. The geomorphic conditions can be divided into: 1) existing topography, 2) climatic and other geographic conditions, 3) endogenous (tectonic and lithological) conditions that determine the probability and intensity of hazardous geomorphic processes. Morphological parameters are responsible for the probability of activation of an adverse geomorphic event. This approach can bring perfect results even in hard-to-reach and geomorphologically complicated areas.

In order to evaluate the geomorphic risks, first you need to compile an analytical map, which comprises all the relief elements: linear (structural lines), point (characteristic points), and areal (elementary

¹ Saint Petersburg State University, Institute of Earth sciences, department of geomorphology, St. Petersburg, 199178, Russia, Professor, Doctor of Education, Candidate of Geographical Sciences; e-mail: zhironov84@mail.ru.

² Saint Petersburg State University, Institute of Earth sciences, department of geomorphology, St. Petersburg, 199178, Russia, Assistant professor, Candidate of Geographical Sciences; e-mail: boltramovich@mail.ru.

³ Saint Petersburg State University, Institute of Earth sciences, department of geomorphology, St. Petersburg, 199178, Russia, Postgraduate student; e-mail: kalyginmisha@yandex.ru.

surfaces). This map allows choosing representative elementary surfaces for the further field engineering-geomorphic investigations. The latter give us the necessary data about key geomorphic processes and their peculiarities within the territory of interest. Next, you do the final operation: interpolation and extrapolation of the data, taking into account the morphological parameters of all the elementary surfaces identified.

Assessment and mapping. Mapping of geomorphic risks and geohazards. As an example of the implementation of this technology, we will consider the case of the geomorphic risks assessment in the area of Krasnaja Polyana (Western Caucasus) – slope of the ridge Aibga where the mountain ski ways for the Sochi Olympic Games have been constructed later. This giant slope has a height of approximately 1,800 meters. It is very uneven, i.e. geomorphologically complicated, with utterly varying steepness and exposure of individual parts.

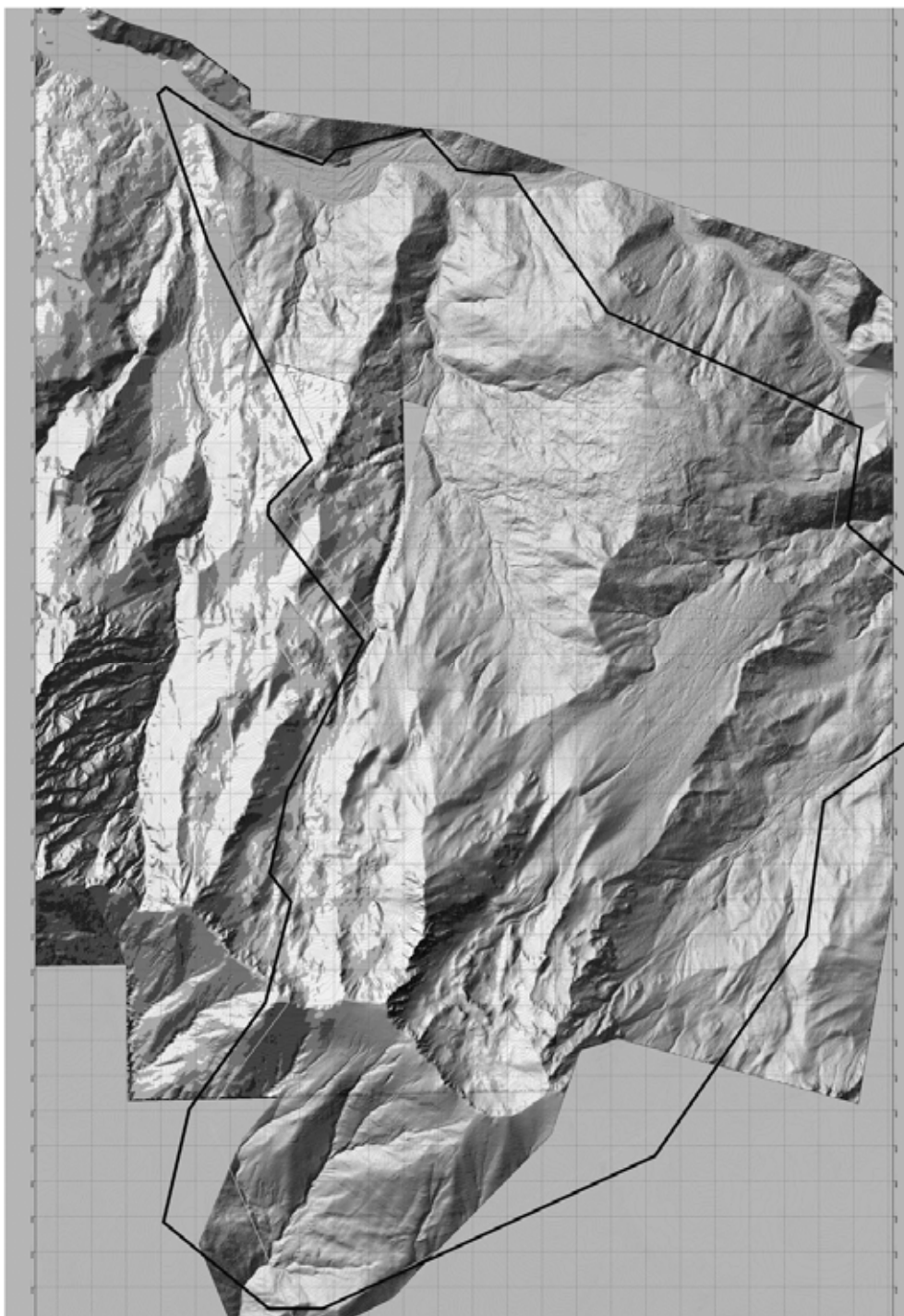


Fig. 1. 3D model of topography with the border of examined area

That territory has a humid climate of the temperate zone. The leading relief-forming processes are gravitational and fluvial ones. The detailed data on the structure of loose cover on the slopes were absent – that is why we had to rely only on morphological studies and field investigations.

We carried out the following operations to assess and to map geomorphic risks and geohazards of the territory:

Compilation of the Map of structural lines based on the topographic map and remote shooting data.

Morphological analysis of the area: altitudes and gradients, vertical and horizontal curvature, different exposures (Fig. 2).

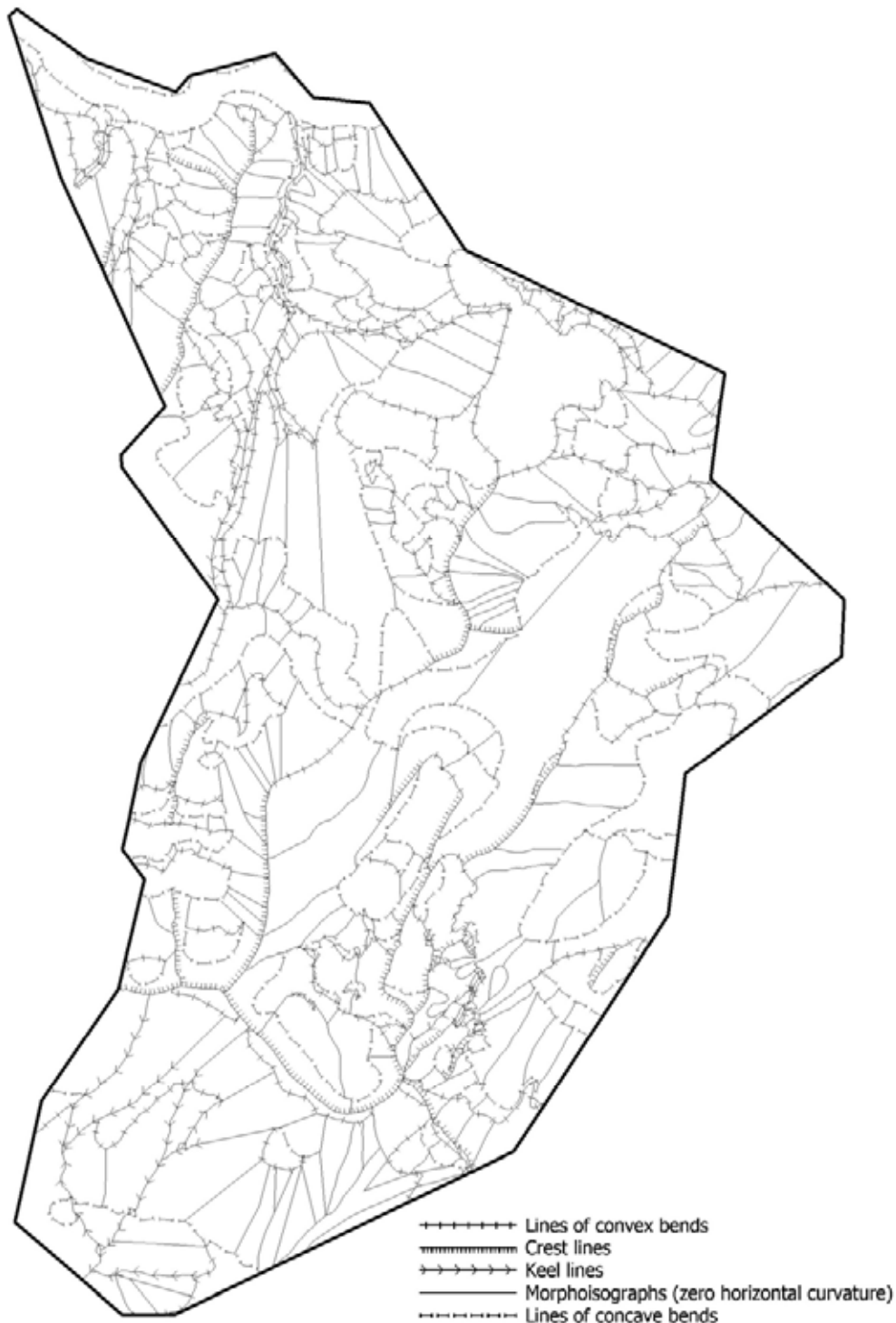


Fig. 2. Scheme of structural lines

Classification of the elementary surfaces identified and, as a result, compilation of the Analytical geomorphic map.

Field engineering investigation to study hazardous geologic and geomorphic processes of the area.

Compilation of the Map of geologic and geomorphic zoning: we outlined five zones with their specific sets of climatic conditions, geological processes and morphological parameters.

Six-point hazard assessment of geologic and geomorphic processes (see below).

Assessment of geohazards that are related to characteristics of exposed rocks (five categories: from rocky to loose) and to possible tectonic activation (estimated by the density of faults) of the area studied. Loose rocks that are situated within zones of faults are more likely to be hazardous.

Compilation of the Map of geomorphic risks and geohazards calculated for every elementary surface – based on their morphological parameters and defined geologic and geomorphic risks.

Assessment of geologic and geomorphic risks. Six-point hazard assessment for the Aibga area included geomorphic processes as follows:

Relatively safe – nival-denudation, structural-denudation, eluvial, and alluvial accumulative processes.

Low hazard – accumulation-colluvial, eluvial-landslide, and proluvial-accumulative processes.

Moderate (low-to-medium) hazard – nival-solifluction, solifluction, talus, avalanche-gravity, and alluvial-proluvial accumulative processes.

Medium hazard – nival-talus, erosion solifluction, collapse-talus, landslide, and alluvial-proluvial accumulation-erosion processes.

High hazard – nival-collapse, solifluction erosion, solifluction landslide, collapse, transit-landslide, accumulative landslide, and alluvial-proluvial erosion processes.

Extreme hazard (catastrophic) – alluvial-proluvial erosion and landslides processes.

The geomorphic risks were additionally specified within every elementary surface according to its location and morphology. The negative factors, which increased the degree of hazard, related to the definite vertical and horizontal curvature of the elementary surface, its steepness and position with respect to both superposed and subjacent surfaces. This additional sum could be up to 1.75 points of hazard more. Finally, the matrix of the basic and additional points was done and, on its basis, the Map of geomorphic risks and geohazards (Fig. 3) was compiled.

Conclusions:

We believe that the main advantages of this technique are as follows:

Clear and single division of the territory into the areal elements; risks' assessment tied to these elements.

Taking into account of the strong correlation between morphological parameters of relief elements and hazardous geologic and geomorphic processes.

Exogenous conditions, which are hydraulically and climatically determined, are included in the consideration by means of geomorphic zoning (altitudinal belts).

Endogenous conditions are included in the consideration by means of taking into account of risks related to characteristics of exposed rocks and to possible tectonic activation.

All abovementioned points let us tell about a new multipurpose technique, based on the system-morphological approach, of the assessment of georisks and geohazards.

Results obtained during this project were successfully utilized while designing of the mountain skiing center Roza-Khutor where many important events of Winter Olympics, 2014 took their place.

***Acknowledgements.** The authors are extremely grateful to their teacher Alexander N. Lastochkin as well as to Grigory B. Fyodorov, Natalia I. Shavel and Polina S. Vakhrameeva who contributed a lot to this work. The authors wish to thank Gosstroy of Russian Federation for the appreciation of this work.*

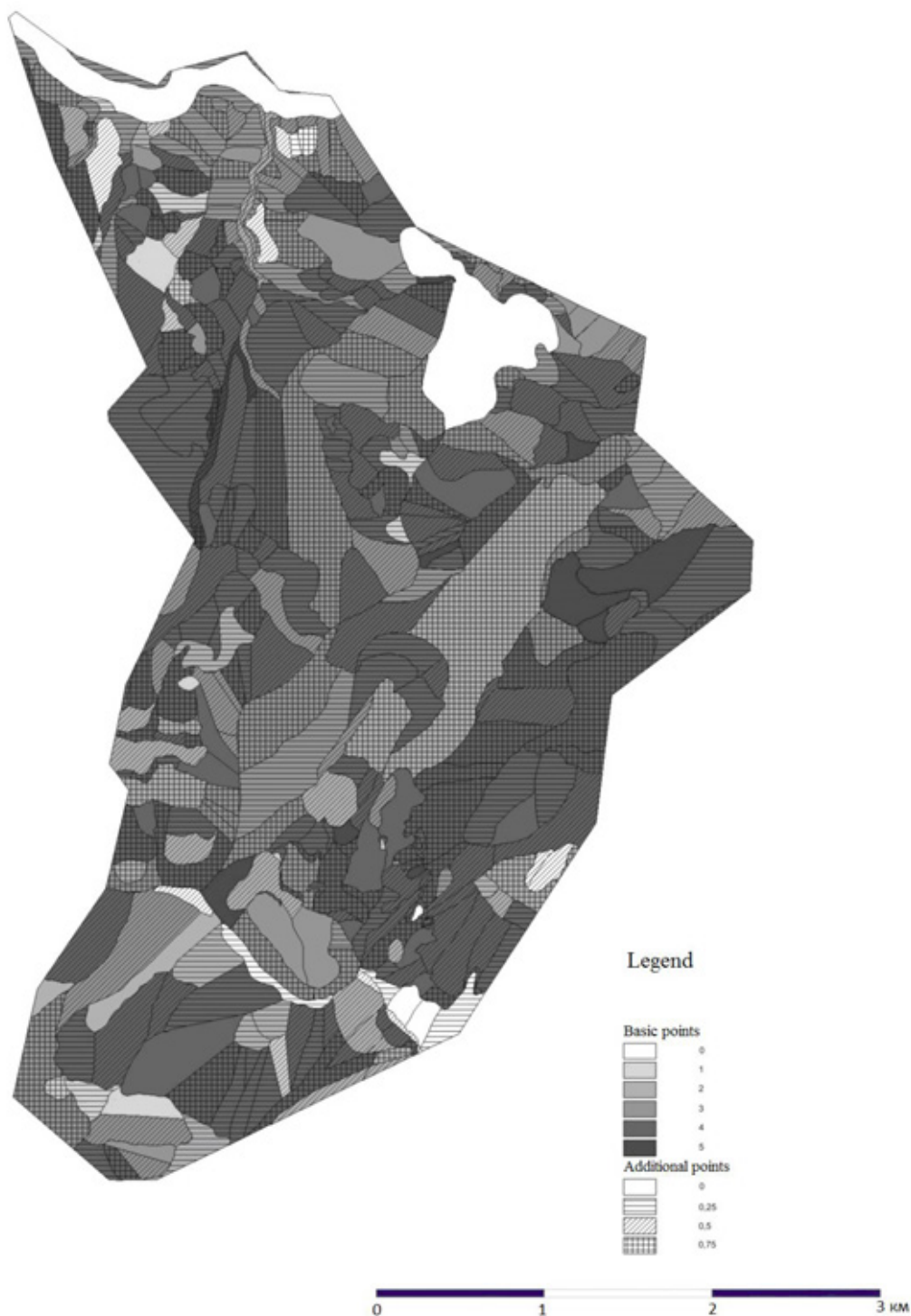


Fig. 3. Map of geomorphic risks and geohazards (Aibga area)

REFERENCES

1. *Lastochkin A.N.* Relief zemnoy poverhnosti (Printsiipy i metody staticheskoy geomorfologii). [The Earth's surface relief (Principles and methods of statical geomorphology)]. L., Nedra, 1991. 340 p.
2. *Likhachyova E.A., Timofeev D.A.* Ekologicheskaya geomorfologiya [Environmental geomorphology]. M., MediaPress, 2004. 240 p.
3. *Seliverstov Yu. P.* Geoekologiya gorniyh kotlovin [Geoecology of mountain basins]. L., LSU, 1993. 292 p.

И.С. Воскресенский¹, А.А. Сучилин²

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ГИС ДЛЯ РЕГИОНАЛЬНОГО ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКИ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ТРАСС МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

***Резюме.** Комплекс форм рельефа и система рельефообразующих процессов вдоль трасс основных трубопроводов выступают как один из ведущих компонентов природных ландшафтов (морфолитогенной основы ландшафта) и неотъемлемой частью инженерно-геологической среды (геологической среды и инженерно-геологических процессов). Последовательное применение ГИС в геоморфологическом районировании позволяет заложить основы для разработки практических рекомендаций для безопасного строительства и эксплуатации трубопроводов, рационального использования земель, мероприятий по инженерной безопасности объектов и прогнозирования динамики рельефа и окружающей среды.*

***Ключевые слова.** ГИС, картография, геоморфология, геопространственная информация.*

Введение. Для оценки воздействия строительства магистральных трубопроводов на окружающую среду, необходим комплексный анализ территории трассы трубопровода, что подразумевает организацию геоинформационной системы (ГИС).

ГИС – совокупность аппаратно-программных средств и алгоритмических процедур, предназначенных для сбора, ввода и хранения, математико-картографического моделирования и образного представления геопространственной информации [1].

В работе рассматривается западная часть трубопровода «Восточная Сибирь – Тихий океан» (ВСТО).

Постановка проблемы. Организация в среде ГИС геопространственной информации, ее фиксации и паспортизации объектов трубопровода. Анализ и оценка территории в части возможных неблагоприятных природных процессов по материалам исследований прилегающих окрестностей к трассе трубопровода. Аккумуляция и группировка характеристик объектов в реляционной базе данных (БД), связанных друг с другом топологией и атрибутивной информацией, что позволяет проводить географический анализ и геоморфологическое районирование на современной картографической подложке, включая данные дистанционного зондирования (ДДЗ).

Материалы и методы исследований. Прежде всего – это топографическое обеспечение трассы картографическими материалами различного масштаба для проектируемых трубопроводов, включая различные формализованные геоморфологические характеристики и их производные в виде отдельных тематических слоев ГИС.

В рамках рассматриваемого проекта, базовую картографическую основу составляют листы карт (проекция Гаусса-Крюгера, Пулково-42) масштаба 1:100000 по линии прохождения трассы, а на отдельные участки листы карт ГосГисЦентра (ГГЦ) более крупного масштаба, которые находятся в свободном доступе сети Internet [<http://loadmap.net/>].

¹ МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра геоморфологии и палеогеографии; e-mail: isvoskresensky@rambler.ru.

² МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики; e-mail: asuhov308@gmail.com.

Все растровые картографические источники были трансформированы в единую СК проекта в формате GeoTiff (включая метаданные изображения), согласно выбранным характерным контрольным точкам, в зависимости от состояния изображения источника, путем регистрации координат в углах рамки листа текущей карты, используя математический аппарат аффинных, проективных или полиномиальных преобразований. В случае отсутствия координат в углах рамок крупномасштабных карт, они определялись аналитически, опираясь на принятую разграфку и номенклатуру карт или используя другие методы восстановления координат.

После чего, растровые картографические материалы подложки были формализованы в векторный формат в виде отдельных базовых слоев топографической карты, согласно принятой классификации, а именно:

- Рельеф – основные и дополнительные горизонталы, отметки высот, курган, обрыв и т.п.;
- Гидрография – реки, каналы, озера и водохранилища, отметки уреза воды и т.п.;
- Транспортная сеть – автострады, шоссе, железные дороги, грунтовые дороги и т.п.;
- Растительность;
- Населенные пункты – точечные и площадные объекты и т.п.;
- Коммуникации – линии ЛЭП, связи и т.п.;
- Границы – областей, района и т.п.;
- Топонимы объектов.

Аналогичную процедуру претерпели доступные геоморфологические картографические источники на изучаемую территорию, они были формализованы в векторный формат, а их характеристики, согласно легенде, записаны в БД, как правило, это карты 1:500000 – 1:200000 масштаба. Назначение их – показать закономерность распространения форм рельефа различного генезиса и возраста, их зависимость от особенностей геологического строения и тектоники, восстановление истории развития рельефа.

В целом необходимо отметить, что геоинформационное обеспечение включает пять основных «шагов», соответствующих последовательности операций по геоморфологическому районированию:

- сбор и систематизация информации по географическому положению, орографической, экзогенных, эндогенных и антропогенных условий рельефообразования;
- систематизация и обработка данных о морфологии и генезисе рельефа, морфометрические и картометрические измерения и расчеты, о скорости рельефообразующих процессов, древнем рельефе, истории формирования рельефа, физико-механических свойствах коренных пород, результатах комплексного литологического анализа рыхлых отложений и т.п.;
- определение границ геоморфологических районов по типизации рельефа, по морфологии и генезису;
- определение границ геоморфологических подрайонов по интенсивности денудации и аккумуляции, типу денудации и аккумуляции, типу субстрата;
- определение границ геоморфологических участков по соотношению процессов денудации и аккумуляции (динамическая фаза).

Первоначально необходимо было дать оценку современному состоянию исследуемой территории прохождения трассы трубопровода. Используя аккумулярованные в БД характеристики, а также производные карты сформированные в среде ГИС (например, карта углов наклона, построенная на основе значений горизонталей и формирования цифровой модели рельефа-ЦМР), была составлена сводная геолого-геоморфологическая таблица современного состояния форм рельефа, разбитая на отдельные фрагменты, шагом составляющим около 70 км. по длине прохождения исследуемого участка трассы (табл.1).

Характеристики современного геоморфологического состояния территории исследований дополнили атрибутивную часть БД в виде паспорта объекта, согласно километровой градации прохождения участков трассы, что послужило базовой информацией при составлении прогнозной карты неблагоприятных явлений.

Сводная геолого-геоморфологическая таблица современного состояния форм рельефа

№ п/п	КМ трассы	Трасса рельеф междуречья долины склоны	НП Геология	Опасные процессы склоновые эрозия карст заболачивание	Прогноз строительство эксплуатация
1	2	3	4	5	6
1	0–70 км р. М. Тира (исток) – р. Кута (междуречье л.пр. Еловая и Сухая)	Возвышенное сопочно-останцовое расчлененное плато [550-750] – [300-500] $h_{отн}=100-180$ м $h_{отн}$ межд. = 40-100 м Междуречья (ПВ ПМ) волнистые с пологовыпуклыми вершинами и пологовогнутыми седловинами с отдельными останцовыми сопками; склоны пологие, редко средние; Склоны пологие и средние выпукловогнутые (в ниж. и средней части); долины асимметричные, с нешироким днищем и низким (до 40 м) террасоувалом; Реки Ленского бассейна транзитные, активно врезающиеся в нижних течениях, аккумуляция в верхнем и среднем течении долин на склонах и днищах; аккумулярующий бассейн Н. Тунгуски	Ордовикская система средний отдел чертовская, криволицкая свиты $O_2\delta r$ O_2k_2 Ордовикская система нижний отдел устькутская свита O_1uk терригенно-карбонатные породы. Кембрийская система средний отдел-верхний отдел верхоленская свита нерасчлененная ϵ_{2-3VI} терригенно-карбонатные породы в днищах долин	Склоновые массивно смещенные по типу солифлюкционно-конжелифлюкционные, обвально-осыпные задернованные (в нижних течениях притоков р. Кута (0-5 км) верховья рр. Дулисьма и Усьма (40-45) сезонное пучение, термокарст, термоэрозия на выположенных поверхностях междуречий и пологих склонах долин	Активизация процессов умеренная, проявления карста ограничены
2	70–165 км р. Б. Тира – р. М. Тира (исток)	Возвышенная пологоволнистая пологая расчлененная равнина [500-700] – [400-500] $h_{отн} = [100-200]$ $h_{отн}$ межд = [40-60] Междуречья пологоволнистые с отдельными вершинами и неглубокими седловинами с четкими бровками ПВПМ. Склоны средние и пологие, редко крутые (р. В. Бочакта и притоки – 95-110 км; р. Мал. Тира – 145 км). Густота менее 1 км/1 км ² . Долины асимметричные с пологовогнутыми днищами и низкими террасоувалами, ущельеобразные, каньонообразные (р. В. Бочакта и притоки – 95-110 км; р. Мал. Тира – 145 км). Реки, поймы и склоны транзитные	Ордовикская система средний отдел чертовская, криволицкая, макаровская O_{2-3mk} свиты $O_2\delta r$ O_2kr Ордовикская система нижний отдел устькутская свита O_1uk терригенно-карбонатные породы	Солифлюкционно-конжелифлюкционные редко обвально-осыпные задернованные термокарст и термоэрозия ограничено, оврагообразование редко на бровках террас. Заболачивание на низких террасоувалах. Карст ограничен	Активизация умеренная, мелкоблоковое оползание. Термокарсти термоэрозия на пологих и средних склонах в нижней части, донная и боковая эрозия

1	2	3	4	5	6
3	165–240 км р. Телячиха – р. Б. Тира	Возвышенная расчлененная останцово-сопочная равнина [500-700] – [220-560] хотн = 100-400 хотн межд = [40-200] Пологоволнистые с сопками и седловинами; Склоны крутые и средние на бортах долин; Пологие и средние внутри междуречий; Асимметричные долины; Низкие и средние террасовалы; Редко каньонообразные (р. Тира и притоки Лены в низовьях)	Ордовикская система средний отдел чертовская, криволуцкая, макаровская свиты O ₂₋₃ mk O ₂ ġr O ₂ kr терригенно-карбонатные породы. Ордовикская система нижний отдел усть-кутская свита O ₁ uk терригенно-карбонатные породы. Кембрийская система средний отдел-верхний отдел верхоленская свита нерасчлененная C ₂₋₃ vl терригенно-карбонатные породы	Солифлюкционно-конжелифлюкционные; обвальнo-осыпные, в т.ч. задернованные; боковая и донная эрозия; оврагообразование; термокарст и термоэрозия ограничено; заболачивание днищ долин в верхних течениях – редко (180-190 и 210-215 км); карст ограничен	Активизация обвальнo-осыпных процессов и солифлюкционно-конжелифлюкционных процессов; термоэрозия; мелкоблоковые оползни.
4	240–325 км р. Рассоха – р. Телячиха	Холмисто-увалистая слаборасчлененная равнина [450-500] – [250-350] хотн = 80-120 хотн межд = [40-80] пологоволнисто-седловинные междуречья; широкие вогнутые котловинные днища с низкими террасовалами – асимметричные профили Долины рек (до 200 км) Густота расчленения 1,1-1,3 км/км ² Склоны пологовогнутые в нижней части Р. Рассоха (325), р. Захаровка (315), р. Чембаловка (305), р. Емельяновка (295), р. Бабошкина (285), р. Сухая (275), р. Салтыковка (255) В средних частях бассейнов на удалении от р. Лель 5-10 км – котловинные расширения, как участки локального накопления	Ордовикская система средний отдел макаровская свита O ₂₋₃ mk терригенно-карбонатные породы. Ордовикская система верхний отдел подвошинская свита O ₃ pd терригенные породы – в виде «нашлепок» между рр. Сухая и Рассоха (275-325)	Дефлюкционно-конжелифлюкционные процессы; оврагообразование; эрозия боковая пойм и низких террасовалов; пучение сезонное; карст на склонах и днищах долин; редко заболачивание днищ долин и низких частей склонов (р. Захаровка 315 км)	Активизация термоэрозии, термокарста, заболачивание, солифлюкция Карст ограниченный, опасен ???

<p>5</p>	<p>325–430 км р. Б. Степаниха – р. Рассоха</p>	<p>Холмисто-грядово-увалистая расчлененная равнина Грядово-холмистая густо расчлененная (1,1-1,3 км/км²) [400-560] – [200-400] (max = 600) хотн = 100-200 хотн межд = [40-120] Холмисто-седловинные широкие днища и террасоувлы выпукло-вогнутые Б. Степаниха Долины рек Ичера (390 км), пр. Рассоха (385 км), Глубокая (365 км), Пилюда (350 км) Долины рек вскрывают породы илгинской свиты верхнего кембрия (Є₃il)</p>	<p>Ордовикская система верхний отдел подвошинская свита O₃pd – терригенные породы Ордовикская система средний отдел криволуцкая, макаровская свиты O₂₃mk O₂kr терригенно-карбонатные породы Ордовикская система нижний отдел усть-кутская свита O₁uk терригенно-карбонатные породы Кембрийская система верхний отдел илгинская свита Є₃il терригенно-карбонатные породы (в долинах крупных рек)</p>	<p>Дефлюкционно-конжелифлюкционные процессы; оврагообразование редко на террасоувалах; эрозия боковая пойм и низких террас</p>	<p>Активизация термоэрозии и термокарста, заболачивание в днищах долин, пучение, солифлюкция Карст в днищах долин крупных рек, карст на склонах и редко на междуречьях Карст ограниченный, опасен ???</p>
<p>6</p>	<p>430–545 км р. Б. Степаниха – р. Пеледуй – «Талакан»</p>	<p>Равнина расчлененная; г. Тай-Юрях 492 м [430-470] – [250-300] до 130-180 в междуречьях хотн = 20-100 м Грядово-холмисто-западинные с ложбинами Крупные ущелья – 40-100 м Пологие – по междуречьям преобладают; крутые – долины рек (Пеледуй – 500 км; ??? – 530 км; Мулисьма – 465 км) Междуречье р. Мулисьма – у р. Степаниха абс. выс. возрастают до 550-600 м а отн. до 150-200 м. Кольцевая структура примерно 540-550 км трассы, диаметр 10-11 км; вал – 437 м, днище 385 м. Точка на р. Куртах – 560 км, диаметр 7–9 км, вал – 500 м, днище – 400 м, высота 100 м, хотн = 55 м, диаметр 5–6 км, заболочена.</p>	<p>Кембрийская система верхний-средний отделы, нижний отдел (Є₁ и Є₂₋₃) карбонатные и терригенно-карбонатные породы до 500 км и терригенно-карбонатные породы 440-500 км.</p>	<p>Дефлюкционно-конжелифлюкционные процессы, обвально-осыпные, оврагообразование в бортах долин,</p>	<p>Активизация карстовых процессов просадки повсеместно в днищах малых долин и на седловинах</p>

Для решения задач пространственного анализа в ГИС имеется набор специальных оверлейных функций, позволяющих:

- проводить различные пространственные и атрибутивные выборки, на основе SQL-запросов делать операции оверлея, т.е. наложением двух и более слоев с созданием производных объектов;
- обобщение данных – процедура создания атрибутов новых объектов на основе отношений атрибутов исходных объектов;
- строить буферные зоны и зоны охвата;
- определить перекрытие областей;
- определить внутренние области;
- объединить области;
- определить линию пересечения областей и т.п.

Основное назначение функций состоит в построении новых объектов, т.е. участков территорий (полигонов), однородных согласно выбранному критерию или группы критериев. Функции ГИС позволяют дать комплексную оценку территории под определенные задачи, проводить районирование, ранжирование и кластеризацию, а при анализе разновременных данных оценить динамику развития явления и дать качественный прогноз.

Анализируя пространственную информацию функциями оверлея, было проведено районирование территории с выявлением возможных опасных природных процессов на прилегающих территориях, как следствие прокладки нитки трассы на этапах строительства и эксплуатации.

Геоморфологическое районирование рельефа трасс магистральных трубопроводов выполняется на первом этапе оценки воздействия магистрального трубопровода на природную среду. Цель районирования заключается в показе неповторимости и индивидуальности рельефа в пределах геоморфологического района или единиц более низкого (подрайона, участка) или более высокого (областей и провинций) таксономических рангов. Оно создает научную основу для выработки конкретных практических рекомендаций по рациональному использованию земель и прогнозом изменений природной среды. Комплекс форм рельефа и система рельефообразующих процессов выступают как один из ведущих компонентов природных ландшафтов (морфолито-генной основы ландшафта) и неотъемлемой частью инженерно – геологической среды. Выделение морфологических и генетических типов рельефа позволяет оценить сходство в строении и единство в развитии рельефа пространственно разобщенных территорий.

Геоморфологическое районирование коридоров трасс магистральных трубопроводов в последние годы выполнено авторами для территорий Русской равнины, равнинных территорий Западной и Восточной Сибири. Эти трубопроводные системы представляют собой сложный комплекс инженерных сооружений. Объекты, входящие в комплекс оказывают различное воздействие на динамическое состояние рельефа (динамические фазы денудации, аккумуляции и динамического равновесия) и интенсивность (скорость) рельефообразующих процессов. Имея протяженность в первые тысячи километров, магистральные трубопроводы располагаются в пределах равнин с различными морфологическими и генетическими типами рельефа, историей и динамикой развития, современными и древними рельефообразующими процессами.

Морфологические, генетические и возрастные характеристики форм и комплексов форм рельефа и прогноз его изменения отражаются на карте геоморфологического районирования, основных типов рельефа и динамики современных геоморфологических процессов масштаба 1:500000 – 1:200000 (1: 100000). Основанием для проводимого районирования и типизации рельефа служат общие геоморфологические схемы. Однако, как правило, они дополняются региональными материалами, позволяющими детализировать и конкретизировать геоморфологическую характеристику территории и прогноз воздействия.

При районировании флювиального эрозионно-денудационного рельефа, осложненного карстовыми, мерзлотными формами, по типам рельефообразующих процессов и их интенсивности основывается, прежде всего, на наиболее разработанных вопросах оценки и прогноза: овражной эрозии, русловой эрозии, криогенных процессов, склоновых процессов и др. [Рыжов, 2003; Тржицинский и др., 1969] Это позволяет при геоморфологическом районировании с достаточной сте-

пенью вероятности прогнозировать активизацию опасных геологических процессов и явлений. С меньшей степенью вероятности оценивается возможность возникновения рельефообразующих процессов, связанных с функционированием техногенной системы магистрального трубопровода. Наибольшую сложность вызывает оценка изменений в почвенном и растительном покрове при механическом и физико-химическом воздействии при изменениях рельефа и рельефообразующих процессов, т.е. изменениях морфолитогенной основы ландшафта.

Оценки и прогноза динамического состояния (динамической фазы) рельефа произведена по анализу современных морфологических показателей днищ долин рек (уклонов, порядков водотоков, транспортирующей способности, ширины днищ и т.п.) и склонов долин и междуречий (уклоны, длина и т.п.). Впервые она была применена при оценке трассы при пересечении Северо-Сахалинской равнины.

Региональные вопросы геоморфологического районирования равнин рассматриваются на примере территории юга Восточной Сибири в основном Лено-Ангарского плато.

В соответствии со схемой геоморфологического районирования [Геоморфологическое районирование, 1980] трасса магистрального трубопровода проходит в пределах геоморфологической области Лено-Ангарское плато геоморфологической провинции Среднесибирское плоскогорье. Разделение на геоморфологические районы и подрайоны (рис. 1) проведено как части геоморфологической области, имеющей наиболее простое и постоянное сочетание близких по морфологии (возвышенная расчлененная равнина, плато) и генезису (флювиальный, карстовый) форм рельефа в пределах всей территории района.



Рис. 1. Геоморфологическое районирование

В основании геоморфологического районирования и выделения геоморфологических районов и подрайонов положены материалы мелкомасштабных исследований, опубликованные в литературе. Во всех геоморфологических районах господствуют комплексы форм рельефа характерные для флювиального рельефа возвышенной расчлененной равнины. К ним относятся: – приводораздельные вершинные поверхности междуречий (ПВПМ), имеющие преимущественно грядово-холмистую морфологию; долины рек с комплексом террас, слившихся в наклонные поверхности террасоувалов; комплексом склонов различной крутизны с преобладанием склонов пологих и средней крутизны (до 15–20 град.). В северо-восточной части ТНП имеют широкое распространение формы покрытого и открытого (редко) карста. С проявлением карста связано распространение форм рельефа обусловленных процессами оползания и отседания. Оценка факторов формирования рельефа под воздействием комплекса процессов карста, оползания и отседания, выполненная С.М. Большаковым (1970) и С.М. Шваревым (1993), предполагает широкое распространение комплекса форм рельефа, которые сформированы в неоген – плейстоцене и формируются по настоящее время. Широкое распространение имеют формы рельефа и рельефообразующие процессы, связанные с криогенными условиями. К ним относятся термокарст и термоэрозия, главным образом в северной части трассы. Повсеместное распространение имеют склоны средней крутизны и пологие с конжелифлюкционным и медленносолифлюкционным типами смещения склонового чехла, характерными для областей развития многолетнемерзлых пород (ММП).

Рельеф в пределах данной территории находится в различных динамических фазах. На схеме районирования выделены (рис. 2):

- участки с преобладающей активной эрозией и денудацией, для которых характерен преимущественно вынос продуктов эрозии и денудации за пределы трассы; – участки, где эрозия и денудация преобладают над процессами склоновой и аллювиальной денудации;
- участки динамического равновесия преимущественного транзита и локального накопления материала, сносимого склоновыми процессами в долины рек и выносимого водными потоками за пределы трассы;
- участки преимущественной аккумуляции в днищах долин рек и у подножья склонов в пределах ТМТ.



Рис. 2. Фрагмент карты динамического состояния рельефа

Для выделенных геоморфологических районов и типов рельефа характерно сочетание участков, находящихся в различных динамических фазах. В целом для ТМТ преобладают отрезки, где сочетаются участки, где эрозия и денудация преобладают над процессами склоновой и аллювиальной денудации и участки динамического равновесия преимущественного транзита и локального накопления материала, сносимого склоновыми процессами в долины рек и выносимого водными потоками за пределы ТМТ. На основании вышесказанного составляется прогноз (табл. 2).

Таблица 2

Прогноз развития неблагоприятных и опасных процессов и явлений

№ п/п	КМ трассы	Неблагоприятные и опасные процессы и явления		Этап строительства		Этап эксплуатации	
		Некриогенные	Криогенные	Некриогенные	Криогенные	Некриогенные	Криогенные
1	0–70	Обвальнo-осыпные (редко); конжелифлюкционные; эрозия боковая и донная; карст	Термокарст; термоэрозия; пучение	Конжелифлюкция	Активизация: термокарст; термоэрозия; солифлюкция быстрая	Конжелифлюкция; эрозия; карст	Термокарст; термоэрозия; пучение сезонное
2	70–165	Конжелифлюкция; эрозия; оврагообразование; заболачивание; карст	Термокарст; термоэрозия; пучение сезонное	Активизация: мелкоблочное оползание; эрозия донная и боковая	Активизация: термокарст; термоэрозия; солифлюкция	Конжелифлюкция; эрозия; карст	Термокарст; термоэрозия; пучение сезонное
3	165–240	Обваально-осыпные; конжелифлюкция; эрозия; оврагообразование; заболачивание; карст	Термокарст; термоэрозия; пучение сезонное	Активизация: оврагообразование, заболачивание	Активизация: термокарст; термоэрозия; солифлюкция быстрая	Конжелифлюкция; эрозия; карст; заболачивание; оврагообразование	Термокарст; термоэрозия; пучение сезонное
4	240–325	Конжелифлюкция; эрозия боковая; заболачивание; карст	Термокарст; термоэрозия; пучение сезонное	Активизация: эрозия, заболачивание, мелкоблочное оползание	Активизация: термокарст; термоэрозия; солифлюкция быстрая	Эрозия; заболачивание; карст	Термокарст; термоэрозия; пучение сезонное
5	325–430	Эрозия; оврагообразование; конжелифлюкция; карст	Термокарст; термоэрозия; пучение сезонное	Активизация: эрозия, заболачивание, мелкоблочное оползание	Активизация: термокарст; термоэрозия; солифлюкция быстрая	Эрозия; заболачивание; карст	Термокарст; термоэрозия; пучение сезонное
6	430–545	Обваливание; осыпание; конжелифлюкция; карст; заболачивание	Термокарст; термоэрозия; пучение сезонное	Активизация: эрозия, заболачивание, мелкоблочное оползание	Активизация: термокарст; термоэрозия; солифлюкция быстрая	Эрозия; заболачивание; карст	Термокарст; термоэрозия; пучение сезонное

Результаты исследований и обсуждение. На основе анализа пространственной информации сгруппированной в БД ГИС, была дана оценка территории и составлена прогнозная карта, таблица неблагоприятных природных процессов, а порою и опасных явлений на территории прохождения трубопровода.

Кроме того, если есть необходимость, непосредственно из оболочки ГИС содержание паспорта можно вывести на экран или печать, послать его по E-mail адресу. Паспорт содержит про-

фессиональное описание объекта, его пространственное размещение, фото и видео материалы, ссылки на источники и т.п. Файлы паспортов объектов содержат ID-номер объекта и хранятся в отдельной папке. Данная организация хранения паспорта объекта, позволяет автономно ознакомиться с материалами оценки территории, редактировать характеристики объекта и т.п.

Выводы. Применение ГИС позволяет проводить дальнейшие геолого-геоморфологические исследования, опираясь на сгруппированные материалы в БД, добавлять новые параметры объектов непосредственно в «полевых» условиях, получать по запросу характеристику имеющихся объектов, проводить необходимое моделирование, и т.п.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берлянт А.М. Картографический словарь. М.: Научный мир, 2005.
2. Большаков С.М. К геоморфологии карста и оползней южной части Сибирской платформы с. 239–249 В кн. Проблемы геоморфологии и неотектоники платформенных областей Сибири том III «Наука» Сибирское отделение. Новосибирск, 1970.
3. Геоморфологическое районирование СССР. Москва: «Высшая школа», 1980. 343 с.
4. Рыжов Ю.В. Оценка овражной эрозии юга Восточной Сибири Известия РГО. 2003. № 1. С. 70–77.
5. Тржцинский Ю.Б., Будз М.Д., Зарубин Н.Е. Оползни, сели, термокарст в Восточной Сибири и их инженерно-геологическое значение. Москва: Наука, 1969. С. 136.
6. Шварев С.В. Развитие мерзлотных и карстовых процессов на трассе Усть-Кут – Киренск-Непа Транспортное строительство. 1993. № 4. С. 7–10.

I.S. Voskresensky¹, A.A. Suchilin²

GIS-BASED REGIONAL GEOMORPHOLOGICAL ZONING FOR ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL IMPACT OF MAJOR PIPELINES

Abstract. The combination of landforms and paragenesis of contemporary land-forming processes along the major pipelines comprise both the «morpholithogenic basis of natural landscapes» and the essential component of techno-natural system (geological environment and geological engineering processes). Sequential reasoning with GIS and the specialized geomorphologic zoning lay down the foundation for working out the practical recommendations for safe construction and exploitation of pipelines, rational land use, actions for engineering object security and forecasts of relief and environment dynamics.

Key words: GIS, cartography, geomorphology, geospatial information.

REFERENCES

1. Berlyant A.M. Kartograficheskij slovar' [Cartographic Dictionary]. M.: Nauchnyj mir, 2005.
2. Bol'shakov S.M. K geomorfologii karsta i opolznej yuzhnoj chasti Sibirskoj platformy [By karst geomorphology and landslide south of the Siberian Platform] p. 239–249 V kn. Problemy geomorfologii i neotektoniki platformennyh oblastej Sibiri tom III «Nauka» Sibirskoe otdelenie. Novosibirsk, 1970.
3. Геоморфологическое районирование СССР [Geomorphological regionalization of the USSR]. Moskva: «Vysshaya shkola», 1980. 343 p.

¹ Moscow State University, faculty of geography, department of geomorphology and paleogeography; e-mail: isvoskresensky@rambler.ru.

² Moscow State University, faculty of geography, department of cartography and geoinformatics; e-mail: asuhov308@gmail.com.

4. Ryzhov Yu.V. Ocenka ovrazhnoj ehrozii yuga Vostochnoj Sibiri [Evaluation of gully erosion south of Eastern Siberia] Izvestiya RGO. 2003. № 1. Pp. 70–77.
 5. Trzheinskij Yu.B., Budz M.D., Zarubin N.E. Opolzni, seli, termokarst v Vostochnoj Sibiri i ih inzhenerno-geologicheskoe znachenie [Landslides, mudslides, thermokarst in East Siberia and their engineering-geological significance]. Moskva: Nauka, 1969. 136 p.
 6. Shvarev S.V. Razvitie merzlotnyh i karstovyh processov na trasse Ust'-Kut – Kirensk – Nepa [Development of cryogenic and karst processes on the route Ust-Kut – Kirensk-Nepa] Transportnoe stroitel'stvo. 1993. № 4. Pp. 7–10.
-

УДК 504.064.2+910.27+528.855

Л.Н. Трофимец¹, Е.А. Паниди²

МЕТОДЫ ГЕОМОРФОМЕТРИИ, ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ И ГИС ПРИ ИЗУЧЕНИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОНУКЛИДА ⁴⁰К В ПОЧВЕ РАСПАХИВАЕМЫХ СКЛОНОВ, ОСЛОЖНЕННЫХ ЛОЖБИННОЙ СЕТЬЮ

Резюме. Радиоизотоп ⁴⁰К на распахиваемых склонах вовлекается в эрозионный процесс. Применение космических снимков сверхвысокого разрешения, ГИС, методов геоморфометрии и традиционных агрохимических исследований позволили выявить приуроченность участков повышенной радиоактивности почвы по ⁴⁰К к вогнутым частям склонов, пониженной – к выпуклым. Повышенное содержание в почве радиоизотопа может быть связано как с повышенным содержанием гумуса, так и с повышенным содержанием глинистой фракции. Показана перспективность использования всех перечисленных методов при изучении латерального распределения изотопа ⁴⁰К в почвах агроценозов.

Ключевые слова: радиоизотоп ⁴⁰К, геоморфометрия, профильная кривизна, космические снимки, агрохимические анализы.

Введение. Естественные радионуклиды, имеющие природное происхождение, присущи в тех или иных количествах всем природным объектам нашей планеты. Поступление естественных радионуклидов антропогенного происхождения в агроэкосистемы связано с применением минеральных удобрений и мелиорантов. На долю ⁴⁰К, источником которого являются калийные удобрения, приходится около 0,012% от всего количества калия в почвах [Рихванов, 1997]. За период с 1990 года по настоящее время внесение минеральных удобрений на поля России и, в частности, на поля Орловской области, сократилось с 181 кг/га в год в 1990 г. до менее чем 70 кг/га в год в последние годы (при норме не менее 100 кг/га в год). Очевидно, что увеличение объемов внесения минеральных удобрений в ближайшей перспективе в стране является неизбежным, а разработка методов оценки потребности в мелиоративных мероприятиях и контроля их результатов является важнейшей задачей в составе обеспечения устойчивого развития агроценозов.

В связи с этим, основной целью настоящей работы явилось выяснение влияния рельефа на распределение радионуклида естественного происхождения ⁴⁰К. Для достижения цели в ходе исследования были поставлены и решены три основные задачи. Первая – обобщить имеющийся авторский экспериментальный полевой материал по естественному радионуклиду ⁴⁰К. Вторая – выяснить особенности распределения ⁴⁰К в почве пахотного склона, осложненного древними ложбинами стока. Третья – выяснить возможности методов дистанционного зонди-

¹ Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, факультет естественных наук, кафедра географии, г. Орел, 302026, Россия, канд. геогр. н.; e-mail: trofimec_l_n@mail.ru.

² Санкт-Петербургский государственный университет, институт наук о Земле, кафедра картографии и геоинформатики, Санкт-Петербург, 199178, Россия, канд. тех. н.; e-mail: panidi@ya.ru, e.panidi@spbu.ru.

рования, ГИС и геоморфометрии при изучении влияния рельефа на латеральное распределение радионуклида ^{40}K . Поскольку ^{40}K в почву поступает в том числе и с калийными удобрениями, то выявление особенностей накопления радионуклида в элементах рельефа позволит прогнозировать накопление радионуклида как в почве, так и в растительной продукции в условиях интенсификации сельскохозяйственного производства в современной России. В данном исследовании рассматривается экспериментальный полигон, расположенный в бассейне верхней Оки (бассейн реки Сухая Орлица, Орловский район Орловской области РФ).

Постановка проблемы. Вопросы изучения и мониторинга трансформации загрязнителей в почвенном веществе на распахиваемых склонах становятся особенно актуальными в условиях изменения климата. Известно, что структура современной эрозионной сети формировалась тысячами [Алифанов и др., 2010; Трофимец и др., 2014, 2015]. Карты масштаба 1:10000, используемые при решении задач землепользования, отражают эрозионную сеть позднеледникового возраста. Вместе с тем, в период талого и ливневого стока эрозионную работу (и перемещение почвенного материала) осуществляют микроложбины, которые неразличимы на картах указанного масштаба. Микроложбины, наряду с современными ручьями, действующими в период высокого стока, и не всегда совпадающими с тальвегами древних ложбин, преобразуют склоновую поверхность и перераспределяют загрязняющие вещества, поступающие на ее поверхность.

Материалы и методы. Авторы настоящего исследования ранее адаптировали радиоцезиевый метод к изучению эрозионных процессов на распахиваемых склонах [Трофимец и др., 2014; Panidi et al., 2015]. В настоящей работе ключевым предметом исследования является естественный радионуклид ^{40}K . В случае получения положительного заключения об эффективности применения методов дистанционного зондирования, геоморфометрии и ГИС-средств при решении поставленных в исследовании задач, будет положено начало разработке количественных методов расчета запаса естественных радионуклидов в почвах агроценозов. Последнее является актуальным для современной России в условиях интенсификации мелиоративного преобразования склоновых поверхностей, осложненных ложбинным рельефом.

Пробы почвы отбирались из слоя 0–20 см (пахотный горизонт, принятый в качестве расчетного при мониторинге радиоактивного загрязнения почв на сети Центров химизации и сельскохозяйственной радиологии России). Точки отбора проб фиксировались с помощью GNSS-приемников (GPS-приемников). В качестве вспомогательных использовались материалы топографической съемки. Пробы подвергались радиологическому и, частично, агрохимическому анализу. Точки отбора совмещались с топографической картой и космическими снимками сверхвысокого разрешения (в данном случае использованы снимки, открыто опубликованные в Google Earth), которые использовались в качестве картографической основы. Методами геоморфометрии [Шарый, 2016] рассчитывались некоторые морфометрические показатели рельефа. В частности, профильная кривизна рассчитывалась общеизвестным способом [Evans, 1972; Krcho, 1973]. Морфометрические показатели сопоставлялись со значениями активности ^{40}K в точках отбора почвенных проб.

Результаты. На рис. 1 приведен фрагмент космического снимка, на котором распознаются древние ложбины стока и положение ручьев, действующих в период талого и дождевого стока. Активность ^{40}K на участке распахиваемого склона (рис. 1) изменяется в большом диапазоне: от 10 до 1100 Бк/кг. Результаты исследования причин такой вариабельности активности радионуклида представлены в данной работе.

Повышенная активность ^{40}K в тальвегах микроложбин, пересекаемых трансектами 9121 и 9122 (соответственно, 866 и 639 Бк/кг) в средней и нижней части склона приурочена к зонам аккумуляции (вогнутый склон), пониженная, в верхней части склона, в пределах трансекты 9123, – к зоне сноса (выпуклый склон). Вогнутая и выпуклая части склона диагностировались по знаку профильной кривизны. Положительные ее значения указывают на выпуклый участок склона, отрицательные – на вогнутый. Обращает на себя внимание

трансекта 9124 в приводораздельной части склона, где пониженная радиоактивность почвы приурочена к выпуклой части склона (активность ^{40}K изменяется преимущественно от 100 до 600 Бк/кг), повышенная – к вогнутой части (радиоактивность почвы в пределах трансекты – 600–1100 Бк/кг). Вариабельность радиоактивности почвы вдоль трансекты 9124 объясняется «попаданием» точек пробоотбора в тальвег (где радиоактивность почвы повышена) или в межложбинное попространство (водораздел или склон), здесь радиоактивность почвы снижена.



Рис. 1. Слева, на космическом снимке (© DigitalGlobe, Google) отчетливо видны микроложбины (темные полосы – тальвеги, чёрные точки – точки отбора проб). Справа, распределение значений профильной кривизны (значения изменяются от -0,003 на трансекте 9121, до -0,0006 на трансектах 9122 и 9124; к зоне положительной профильной кривизны (на рисунке – фон серого цвета) +0,0004 приурочена трансекта 9123; 457–866 Бк/кг – радиоактивность почвы в тальвеге основной ложбины)

Активность ^{40}K в почве тальвега трансекты 9121 достигает 1010 Бк/кг. Вероятно, в вогнутой части склона аккумулируется почва, смытая с верхних участков с повышенным содержанием изотопа. При этом ручьями, размывающими аккумулятивное тело, илстые частицы органики выносятся за пределы поля, о чем свидетельствует пониженное до 3,94% содержание гумуса в пахотном слое тальвеговой зоны (рис. 2). В тальвеге же концентрируются обогащенные ^{40}K глинистые частицы из подпахотного горизонта. Они формируют повышенную радиоактивность почвы по ^{40}K .

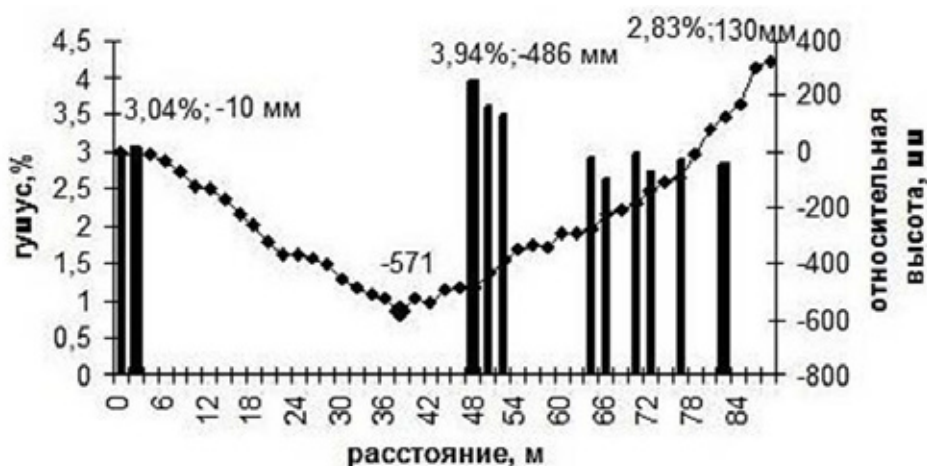


Рис. 2. Трансекта 9121, распределение гумуса вдоль трансекты. Содержание гумуса в почве в притальвеговой аккумулятивной зоне повышено (3,94%) в сравнении с содержанием гумуса в почве на склоне микроложбины (2,83–3,04%). Все точки в притальвеговой зоне показывают повышенные значения активности ^{40}K (600–1100 Бк/кг). Трансекта расположена в зоне отрицательной профильной кривизны (зоне аккумуляции)

По данным ряда исследований известно, что глинистые почвы, равно как и гумусированные, обогащены ^{40}K . Также можно объяснить повышенную радиоактивность почвы по ^{40}K доставкой с ручьями почвы, содержащей калийные удобрения. В зонах вогнутых частей склона, особенно у их подножья, при анализе распределения радиоактивности почвы по ^{40}K должна даваться оценка содержания гумуса в почве, дополненная анализом гранулометрического состава. Наши исследования показали, что в почве тальвегов песчаная фракция достигает 87–91%. В почве конусов выноса увеличивается доля глинистых частиц (до 11–17%). Это свидетельствует о том, что здесь создаются условия для формирования повышенной радиоактивности почвы по ^{40}K за счет глинистой фракции. Использование космических снимков сверхвысокого разрешения или материалов аэрофотосъемки, полученных в весенний период, когда на них хорошо дешифрируется положение ручьев действующих в период талого и дождевого стока, помогает распознавать тальвеги этих ручьев. Данные о содержании гумуса позволяют выявлять «носителя» повышенной радиоактивности почвы по ^{40}K .

Подтверждением сказанному служит приведенная на рис. 3. диаграмма распределения гумуса вдоль трансекты 9123, расположенной в приводораздельной части склона и отличающейся пониженными значениями радиоактивности почвы по ^{40}K . Трансекта расположена в зоне положительной профильной кривизны (в зоне смыва). На диаграмме видно, что содержание гумуса различается повышенными значениями в притальвеговой и тальвеговой зонах ложбины (к этим зонам приурочена повышенная до 500–700 Бк/кг радиоактивность почвы). При этом, содержание гумуса выше чем в тальвеговой зоне трансекты 9121 (4,76% в тальвеге трансекты 9123, против 3,94% в тальвеге трансекты 9121). В этом случае повышенная активность ^{40}K может быть объяснена ролью гумуса. Известно, что гумусированные почвы, как и глинистые, отличаются повышенным содержанием ^{40}K (гумус и глина – это тонкие фракции, с которыми связывают радиоактивность почвы по ^{40}K). В рассматриваемой части склона энергии потока еще недостаточно для интенсивной эрозионной работы ручьев. Возможно, поэтому содержание гумуса здесь повышено.

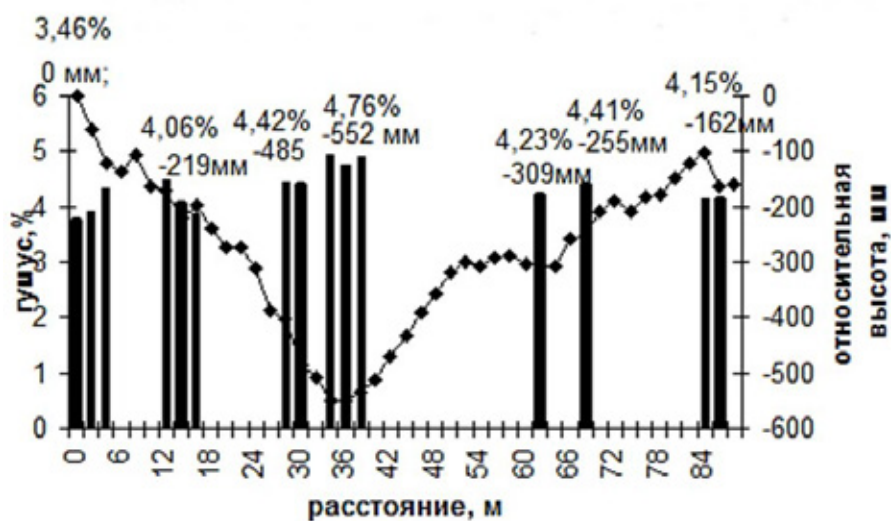


Рис. 3. Содержание гумуса в почве вдоль трансекты 9123 (в верхней части склона, в зоне положительной профильной кривизны – зоне смыва). Содержание гумуса от 4,09 до 4,76%. Активность ^{40}K низкая вдоль всей трансекты, на протяжении 100 метров (активность изменяется от 100 до 500 Бк/кг, при максимуме в тальвеговой зоне: 500–700 Бк/кг)

Таким образом, можно утверждать, что карты профильной кривизны позволяет количественно оценивать радиоактивность почвы по ^{40}K . Однако, ввиду того, что и глинистые почвы, и почвы, обогащенные гумусом, отличаются повышенной радиоактивностью по ^{40}K , выяснить истинную причину вариабельности радиоактивности почвы по ^{40}K можно, лишь дополнив анализ данными агрохимических измерений.

Приведенная на Рис. 4 карта профильной кривизны позволяет в первом приближении указать места повышенной радиоактивности почвы по ^{40}K . Ее анализ позволяет утверждать,

что в пределах экспериментального участка 35% территории будут отличаться повышенными значениями радиоактивности почвы по ^{40}K . 65% территории может быть отнесено к распространению почв, характеризующихся пониженными значениями радиоактивности по ^{40}K .

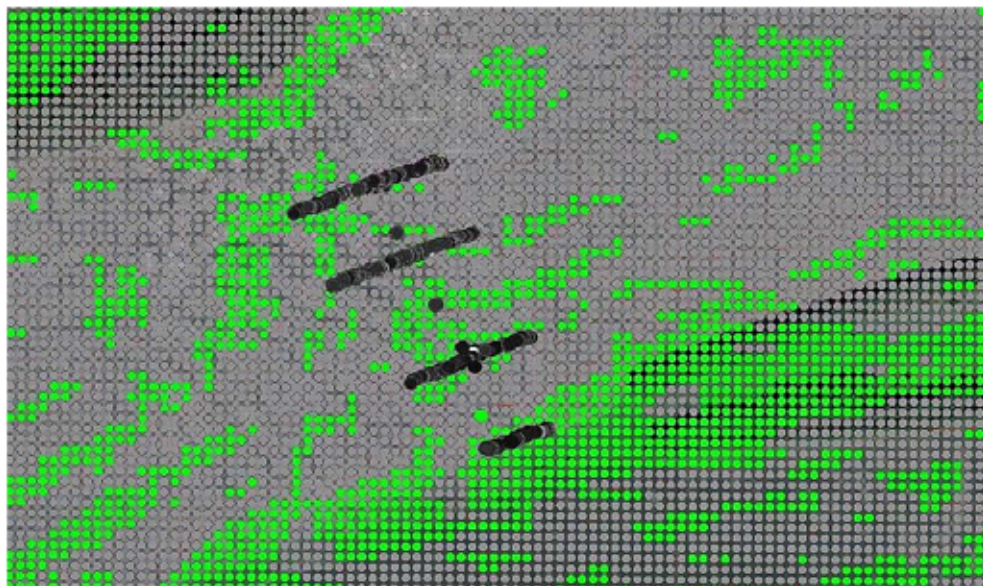


Рис. 4. Распределение отрицательных и положительных значений профильной кривизны на исследуемой территории. Площадь вогнутых участков, соответствующих зонам аккумуляции, составляет 35% (поле зелёных точек). 65% распахиваемых почв являются в разной степени эродированными (смытыми), они идентифицируются на карте полем серых точек

Выводы. В результате проведенного исследования выявлено, что карта профильной кривизны может в первом приближении позволить оценить участки распахиваемого склона, отличающиеся по активности ^{40}K . В зоне отрицательной профильной кривизны (соответствующей зоне аккумуляции) радиоактивность почвы по ^{40}K будет повышена. Космические снимки сверхвысокого разрешения на втором этапе оценочных работ позволяют выявлять участки распространения эрозионных форм. Привлечение более детальных данных (аэрофотосъемки либо данных полевого обследования) позволяет выявить современные ручьи, не совпадающие с тальвегами древних ложбин. Это делает возможным уточнение картины латерального распределения ^{40}K . Агрохимический анализ (содержание гумуса) и гранулометрический анализ позволят установить носителя активности ^{40}K в каждой конкретной ситуации (соответственно, гумус или глинистую фракцию). Разработка метода расчета радиоактивности почвы по ^{40}K по морфометрическим показателям рельефа позволит прогнозировать изменение ситуации на распахиваемых склонах в условиях интенсификации сельскохозяйственного производства и увеличения объемов, вносимых минеральных и органических удобрений, являющихся дополнительными поставщиками радиоизотопа ^{40}K в почвы агроценозов.

Таким образом, изучение радиоактивности почвы по ^{40}K позволяет изучать и оценивать мелиоративное преобразование склоновых поверхностей в результате эрозионных процессов и в результате наложенного влияния мероприятий по улучшению плодородия почв. Метод эффективен при условии его применения в комплексе с топографическими и дистанционными съемками, методами геоморфометрии и традиционными агрохимическими исследованиями.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 15-05-07463 А.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алифанов В.М., Гугалинская Л.А., Овчинников А.Ю. Палеокриогенез и разнообразие почв центра Восточно-Европейской равнины. М.: ГЕОС, 2010. 160 с.

2. Рихванов Л.П. Общие и региональные проблемы радиоэкологии. Томск: ТПУ, 1997. 384 с.
3. Трофимец Л.Н., Паниди Е.А., Иванеха Т.Л. Роль современной ручейковой сети в трансформации рельефа распахиваемых склонов // Ученые записки Орловского государственного университета № 4(67). Орел: издательство ФГБОУ «Орловский государственный университет», 2015. С. 447–453.
4. Трофимец Л.Н., Паниди Е.А., Чаадаева Н.Н. Индикационные методы при изучении современной эрозионной сети на распахиваемых склонах, осложненных ложбинным рельефом // Ученые записки Орловского государственного университета № 6(62). Орел: издательство ФГБОУ «Орловский государственный университет», 2014. С. 94–101.
5. Шарый П.А. Геоморфометрический анализ пространственной изменчивости почв и экосистем. Докт. дис. на соискание уч. степени докт. биол. наук: Ростов-на-Дону, 2016. 319 с.
6. Evans L.S. General geomorphometry, derivatives of altitude, and descriptive statistics. In: Chorley R.J. (ed.), Spatial Analysis in Geomorphology, London, Methuen & Co. Ltd., Chap. 2. 1972. Pp. 17–90.
7. Krcho J. Morphometric analysis of relief on the basis of geometric aspect of field theory. Acta Geographica Universitatis Comenianae, Geographico-Physica, No. 1. 1973. Pp. 7–233.
8. Panidi E., Trofimetz L., Sokolova J. Application of phyto-indication and radiocesium indicative methods for microrelief mapping. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 34, 2016, 012024. doi:10.1088/1755-1315/34/1/012024.

L.N. Trofimetz¹, E.A. Panidi²

METHODS OF THE GEOMORPHOMETRY, REMOTE SENSING AND GIS IN STUDY OF THE ⁴⁰K RADIONUCLIDE DISTRIBUTION IN SOIL OF ARABLE SLOPES, COMPLICATED WITH EROSION NETWORK

Abstract. The ⁴⁰K radioisotope is involved into the erosion processes on the arable slopes. Application of the very high resolution satellite images, GISs, geomorphometry methods and traditional agrochemical research techniques helped to identify the location of areas on the concave parts of the slopes, where ⁴⁰K radioactivity in the soil is increased; and location of areas on the convex parts, where ⁴⁰K radioactivity is low. High content of humus or high content of clay fractions in the soil can cause increase of the radioisotope content. The application prospects are shown for all abovementioned methods in study of the ⁴⁰K isotope lateral distribution in the soils of agrocenoses.

Key words: ⁴⁰K Radioisotope, Geomorphometry, Profile Curvature, Satellite Images, Agrochemical Analyses.

Acknowledgement. The study was partially supported by Russian Foundation for Basic Research (RFBR), research projects No. 15-05-07463 A.

REFERENCES

1. Alifanov V.M., Gugalinskaya L.A., Ovchinnikov A. Yu. Paleokriogenez i raznoobrazie pochv tsentra Vostochno-Evropeiskoi ravniny [Paleocryogenesis and soils variety of the center of East European Plain], Moscow, GEOS, 2010, 160 p. (in Russian).
2. Rikhvanov L.P. Obshchie i regional'nye problemy radioekologii. [General and regional problems of radioecology], Tomsk: TPU, 1997. 384 p. (in Russian)

¹ Orel State University named after I.S. Turgenev, Faculty of Natural Sciences, Department of Geography, Orel, 302026, Russia, PhD; e-mail: trofimetc_l_n@mail.ru.

² Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, Department of Cartography and Geoinformatics, St. Petersburg, 199178, Russia, PhD; e-mail: panidi@ya.ru, e.panidi@spbu.ru.

3. Trofimetz L.N., Panidi E.A., Ivaneha T.L. Rol' sovremennoi rucheikovoi seti v transformatsii rel'efa raspakhivaemykh sklonov [The role of the network of modern streams in relief transformation on arable slopes]. Uchenye zapiski Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta, No. 4(67), Orel, Izdatel'stvo FGBOU Orlovskii gosudarstvennyi universitet, 2015. Pp. 447–453. (in Russian).

4. Trofimetz L.N., Panidi E.A., Chaadaeva N.N. Indikatsionnye metody pri izuchenii sovremennoi erozionnoi seti na raspakhivaemykh sklonakh, oslozhnennykh lozhbinnym rel'efom [Indicator methods in the study of contemporary erosion network on the plowing up slopes, complicated with the hollow relief]. Uchenye zapiski Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta, No. 6(62), Orel, Izdatel'stvo FGBOU Orlovskii gosudarstvennyi universitet, 2014. Pp. 94–101. (in Russian)

5. Sharyi P.A. Geomorfometricheskii analiz prostranstvennoi izmenchivosti pochv i ekosistem [Geomorphometric analysis of spatial differentiation of the soils and ecosystems]. Doctoral dissertation, Rostov-na-Donu, 2016, 319 p. (in Russian).

6. Evans L.S. General geomorfometry, derivatives of altitude, and descriptive statistics. In: Chorley R.J. (ed.), Spatial Analysis in Geomorfology, London, Methuen & Co. Ltd., Chap. 2. 1972. Pp. 17–90.

7. Krcho J. Morphometric analysis of relief on the basis of geometric aspect of field theory. Acta Geographica Universitatis Comenianae, Geographico-Physica, No. 1. 1973. Pp. 7–233.

8. Panidi E., Trofimetz L., Sokolova J. Application of phyto-indication and radiocesium indicative methods for microrelief mapping. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 34, 2016, 012024. doi:10.1088/1755-1315/34/1/012024.

УДК 551.2

M. Lacroix¹

THE INTEREST OF GEOGRAPHICAL INFORMATION, ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND VIRTUAL REALITY FOR THE UNDERGROUND NETWORK REPRESENTATION

Abstract. *Two years ago, 63 people died and more than 150 were seriously injured in Beijing (China) because of damage to a hydrocarbon pipeline. Urban networks are invisible because usually buried between 1 and 1,5 meters underground. They should be identified to prevent such accidents which involve workers as well as the public. Rural and urban districts, network concessionaries and contractors: everyone could benefit from their networks becoming safer.*

To prevent such accidents and protect workers and the public as well, some new regulations propose to identify and secure the buried networks. That's why it is important to develop a software which deals with the risk management process and also about the risk visualization.

This work is structured around three major sections:

- the utility of the Geographical Information to determine the minimal distances and the topological relations between the networks themselves, and also with the other element in their vicinity;*
- the use of some Artificial Intelligence tools, and more particularly of Expert System, to take the current regulation into account and determine the accident risk probability;*
- the contribution of virtual reality to perceive the underground world.*

Key words: *Geographical Information, Risk cartography, Underground networks, Artificial Intelligence, Virtual Reality visualization.*

Introduction. After centuries of urban spreading the architects began to build vertically. But densification leads to multiplying the uses of the underground: subway, street lighting, sewers, water conveyances, telecommunication cables,... That's why the third dimension doesn't only apply to the

¹ METIS Department, Université Pierre et Marie Curie, Paris, France. 1Spatial, Arcueil, France; e-mail: lacroixmarie@gmx.fr.

urban relief, but to its basement, as well. This situation often involves the multiplicity and the entanglement of the buried networks, but also the complexity of realizing some works in this area. Invisible but nevertheless necessary, the buried networks are generally forgotten. If the basement protects, borders and isolates what it shelters, the activities of the multiple operators and planners are not without risk. Lots of disasters all around the world remind us of this: like in France in 1999, in Belgium in 2004, in the US in 2005 after hurricane Katrina, in China in 2013 or in Germany in 2014.

To prevent such accidents, protect workers and the public as well, some new regulations propose to identify and secure the buried networks. Developing a software which deals with the risk management process but also with the risk visualization is at the center of this study.

This work is structured in three major sections:

- the need for the Geographical Information to determine the minimal distances and the topological relations between the networks among each other, but also with the other element in their vicinity;
- the use of some Artificial Intelligence tools, and more particularly of Expert System, to take the current regulation into account and determine the accident risk probability;
- the contribution of virtual reality to perceive the underground world.

Geographical Information and network representation

Distance calculations. To study contacts between objects taking into account, or not, the different uncertainties, the pipes are simplified in regular cylinders and thus contact calculations, concerning distances between 3D segments or between a 3D segment and a vertex of the digital elevating model, can be limited.

It consists in finding the minimal distance between two objects (Euclidian distance) and if they are far enough from each other, this distance will be strictly superior to the minimal distance (in case of contact).

From these distance calculations and the characterizations of uncertainty on these networks, we can define the risks of collision between different networks (according to their uncertainty radius by example).

Taking into account the blur, we'll study:

- the accuracy of the data;
- the approximate calculations directly related to significant numbers.

In order to ease contact calculations, we schematize the pipelines as regular cylinders. This step consists in working out the minimal distance between two 3D segments (Euclidian distance). According to these distance calculations and to the characterizations of uncertainty, we can define the risks of intersection between different networks.

$$D_{X1} \leftarrow S1X2 - S1X1;$$

$$D_{Y1} \leftarrow S1Y2 - S1Y1;$$

$$D_{Z1} \leftarrow S1Z2 - S1Z1;$$

$$D_{X2} \leftarrow S2X2 - S2X1;$$

$$D_{Y2} \leftarrow S2Y2 - S2Y1;$$

$$D_{Z2} \leftarrow S2Z2 - S2Z1;$$

$$R_X \leftarrow D_{Y2} * D_{Z1} - D_{Z2} * D_{Y1};$$

$$R_Y \leftarrow D_{Z2} * D_{X1} - D_{X2} * D_{Z1};$$

$$R_Z \leftarrow D_{X2} * D_{Y1} - D_{Y2} * D_{X1};$$

$$P_X \leftarrow D_{Y1} * R_Z - D_{Z1} * R_Y;$$

$$P_Y \leftarrow D_{Z1} * R_X - D_{X1} * R_Z;$$

$$P_Z \leftarrow D_{X1} * R_Y - D_{Y1} * R_X;$$

$$P_T \leftarrow D_{X1} * [D_{Y1} * R_Z - D_{Z1} * R_Y] + D_{Y1} * [D_{Z1} * R_X - D_{X1} * R_Z] + D_{Z1} * [D_{X1} * R_Y - D_{Y1} * R_X];$$

$$\rho \leftarrow [(P_X * X_{B1}) + (P_Y * Y_{B1}) + (P_Z * Z_{B1})] / [P_X * D_{X2} + P_Y * D_{Y2} + P_Z * D_{Z2}];$$

$$XS1 \quad S1X2 - S1X1;$$

$$YS1 \quad S1Y2 - S1Y1;$$

ZS1 S1Z2-S1Z1 ;

NormeS1 sqrt(XS1*XS1+YS1*YS1+ZS1*ZS1)

YS2 S2Y2-S2Y1

coefa YS1/XS1 ;

coefb S1Y1-coefa*S1X1;

Yth coefa*S2X1+coefb ; Yth2 coefa*S2X2+coefb ;

XS2 S2X2-S2X1 ;

YS2 S2Y2-S2Y1 ;

ZS2 S2Z2-S2Z1 ;

NormeS2 sqrt(XS2²+YS2²+ZS2²) ;

XS1scalS2 YS1*ZS2-YS2*ZS1 ;

YS1scalS2 ZS1*XS2-ZS2*XS1 ;

ZS1scalS2 XS1*YS2-XS2*YS1 ;

NormeS1scalS2 sqrt(XS1scalS2*XS1scalS2+YS1scalS2*YS1scalS2 + ZS1scalS2*ZS1scalS2)

b1 min(S1Y1, S1Y2)<=S2Y1<=max(S1Y1, S1Y2) || min(S1X1, S1X2)<=S2X1<= max(S1X1, S1X2);

b2 min(S1Y1, S1Y2)<=S2Y2<= max(S1Y1, S1Y2) || min(S1X1, S1X2)<=S2X2<= max(S1X1, S1X2);

b3 min(S2Y1, S2Y2)<=S1Y1<=max(S2Y1, S2Y2) || min(S2X1, S2X2)<=S1X1<= max(S2X1, S2X2);

b4 min(S2Y1, S2Y2)<=S1Y2<=max(S2Y1, S2Y2) || min(S2X1, S2X2) <= S1X2 <= max(S2X1, S2X2);

ba min(S2X1, S2X2) <= max(S1X1, S1X2) ;

bb min(S2Y1, S2Y2) <= max(S1Y1, S1Y2) ;

bc min(S1X1, S1X2) <= max(S2X1, S2X2) ;

bd min(S1Y1, S1Y2) <= max(S2Y1, S2Y2) ;

NormeS1scalS2 ≠ 0 && (ba && bb && bc && bd && ((S2Y1>Yth && S2Y2<Yth2) || (S2Y1<Yth && S2Y2>Yth2)))

distance determination between two intersecting segments

XS1S2 S2X2-S1X1 ;

YS1S2 S2Y1-S1Y1 ;

ZS1S2 S2Z1-S1Z1 ;

det_S1S2_S1_S2 XS1S2*YS1*ZS2 + XS1*YS2*ZS1S2

+XS2*YS1S2*ZS1 - XS2*YS1*ZS1S2 - YS2*ZS1*XS1S2

- ZS2*YS1S2*XS1

DistA abs(det_S1S2_S1_S2) / NormeS1scalS2

(ba= &&bc= &&(bb= ||bd=)) || (bb= &&bd= &&(ba= ||bc=))
NormeS1 ≠ 0

Taking into account the D2 points and the segment S1

XS2_1_S1_1 S2X1 - S1X1 ;

YS2_1_S1_1 S2Y1 - S1Y1

ZS2_1_S1_1 S2Z1 - S1Z1

XS1scalS2_1_S1_1 YS1*ZS2_1_S1_1 - YS2_1_S1_1*ZS1

YS1scalS2_1_S1_1 ZS1*XS2_1_S1_1 - ZS2_1_S1_1*XS1

ZS1scalS2_1_S1_1 XS1*YS2_1_S1_1 - XS2_1_S1_1*YS1

NormeS1scalS2_1_S1_1 sqrt(XS1scalS2_1_S1_1*XS1scalS2_1_S1_1
+YS1scalS2_1_S1_1*YS1scalS2_1_S1_1

$$+ZS1scalS2_1_S1_1*ZS1scalS2_1_S1_1)$$

$$\text{DistB} \quad \text{NormeS1scalS2_1_S1_1}/\text{NormeS1}$$

$$\begin{aligned} XS2_2_S1_1 & S2X2 - S1X1 ; \\ YS2_2_S1_1 & S2Y2 - S1Y1 \\ ZS2_2_S1_1 & S2Z2 - S1Z1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} XS1scalS2_2_S1_1 & YS1*ZS2_2_S1_1 - YS2_2_S1_1*ZS1 \\ YS1scalS2_2_S1_1 & ZS1*XS2_2_S1_1 - ZS2_2_S1_1*XS1 \\ ZS1scalS2_2_S1_1 & XS1*YS2_2_S1_1 - XS2_2_S1_1*YS1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NormeS1scalS2_2_S1_1} & \text{sqrt}(XS1scalS2_2_S1_1*XS1scalS2_2_S1_1 \\ & +YS1scalS2_2_S1_1*YS1scalS2_2_S1_1 \\ & +ZS1scalS2_2_S1_1*ZS1scalS2_2_S1_1) \end{aligned}$$

$$\text{DistC} \quad \text{NormeS1scalS2_2_S1_1}/\text{NormeS1}$$

$$\text{NormeS2} \neq 0$$

Taking into account the D1 points and the segment S2

$$\begin{aligned} XS1_1_S2_1 & S2X1 - S1X1 ; \\ YS1_1_S2_1 & S2Y1 - S1Y1 ; \\ ZS1_1_S2_1 & S2Z1 - S1Z1 ; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} XS1scalS1_1_S2_1 & YS2*ZS1_1_S2_1 - YS1_1_S2_1*ZS2 \\ YS1scalS1_1_S2_1 & ZS2*XS1_1_S2_1 - ZS1_1_S2_1*XS2 \\ ZS1scalS1_1_S2_1 & XS2*YS1_1_S2_1 - XS1_1_S2_1*YS2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NormeS1scalS1_1_S2_1} & \text{sqrt}(XS1scalS1_1_S2_1*XS1scalS1_1_S2_1 \\ & +YS1scalS1_1_S2_1*YS1scalS1_1_S2_1 \\ & +ZS1scalS1_1_S2_1*ZS1scalS1_1_S2_1) \end{aligned}$$

$$\text{DistD} \quad \text{NormeS1scalS1_1_S2_1}/\text{NormeS2}$$

$$\begin{aligned} XS1_2_S2_1 & S2X2 - S1X1 ; \\ YS1_2_S2_1 & S2Y2 - S1Y1 ; \\ ZS1_2_S2_1 & S2Z2 - S1Z1 ; \\ XS1scalS2_2_S1_1 & YS2*ZS1_2_S2_1 - YS1_2_S2_1*ZS2 \\ YS1scalS2_2_S1_1 & ZS2*XS1_2_S2_1 - ZS1_2_S2_1*XS2 \\ ZS1scalS2_2_S1_1 & XS2*YS1_2_S2_1 - XS1_2_S2_1*YS2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{NormeS1scalS1_2_S2_1} & \text{sqrt}(XS1scalS2_2_S1_1*XS1scalS2_2_S1_1 \\ & +YS1scalS2_2_S1_1*YS1scalS2_2_S1_1 \\ & +ZS1scalS2_2_S1_1*ZS1scalS2_2_S1_1) \end{aligned}$$

$$\text{DistE} \quad \text{NormeS1scalS1_2_S2_1}/\text{NormeS2}$$

$$\text{DistA} \quad \min(\text{DistB}, \text{DistC}, \text{DistD}, \text{DistE})$$

$$\begin{aligned} \text{Dist2} & \text{sqrt}(((S1X1-S2X1)*(S1X1-S2X1))+((S1Y1-S2Y1)*(S1Y1-S2Y1))+((S1Z1-S2Z1)*(S1Z1-S2Z1))) \\ \text{Dist3} & \text{sqrt}(((S1X1-S2X2)*(S1X1-S2X2))+((S1Y1-S2Y2)*(S1Y1-S2Y2))+((S1Z1-S2Z2)*(S1Z1-S2Z2))) \\ \text{Dist4} & \text{sqrt}(((S1X2-S2X1)*(S1X2-S2X1))+((S1Y2-S2Y1)*(S1Y2-S2Y1))+((S1Z2-S2Z1)*(S1Z2-S2Z1))) \\ \text{Dist5} & \text{sqrt}(((S1X2-S2X2)*(S1X2-S2X2))+((S1Y2-S2Y2)*(S1Y2-S2Y2))+((S1Z2-S2Z2)*(S1Z2-S2Z2))) \\ \text{Dist} & \min(\text{DistA}, \text{Dist2}, \text{Dist3}, \text{Dist4}, \text{Dist5}) \end{aligned}$$

Algorithm 1. The distance calculation between two segment [Lacroix, 2016/06/13]

$$\begin{aligned} X_u & \leftarrow X_B - X_A ; \\ Y_u & \leftarrow Y_B - Y_A ; \\ Z_u & \leftarrow Z_B - Z_A ; \end{aligned}$$


```

D ← -1*(Xu*XM + Yu*YM + Zu*ZM) ;
k ← (-1*D-XB*Xu-YB*Yu-ZB*Zu)/(Xu*Xu+Yu*Yu+Zu*Zu) ;

XH ← Xu*k + XB ;
YH ← Yu*k + YB ;
ZH ← Zu*k + ZB ;
XH > min(XA,XB) AND XH < max(XA,XB) AND YH > min(YA,YB) AND YH < max(YA,YB) ?
|
d1 ← ((XA-XH)*(XA-XH) + (YA-YH)*(YA-YH)) ;
d2 ← ((XB-XH)*(XB-XH) + (YB-YH)*(YB-YH)) ;

d1 < d2 ?
    XH ← XA ;          YH ← YA ;          ZH ← ZA ;
|
    XH ← XB ;          YH ← YB ;          ZH ← ZB ;
dist ← ((XH-XM)*(XH-XM) + (YH-YM)*(YH-YM) + (ZH-ZM)*(ZH-ZM)) ;

```

Algorithm 2. The distance calculation between a segment and a point

Topological relations. Everything has a location, including the network furniture. These networks interact with each other, affecting and being affected by whatever they happen to be adjacent to. That's why the study of the topological relations between these pipes is important, and even more so if one of them is a very dangerous pipe.

It is interesting to work on the HBDS representation [Bouillé, 1977] of the relationships between different networks (overlays and intersections). We can take two cases into account:

- Firstly, they can intersect each other;
- Secondly, they can overlay each other:
 - with a linear overlay, described in a following paragraph;
 - with a punctual overlay, almost similar to the intersections.

In fact, the topology is a mathematical branch dealing with the relations between different geometric figures (not affected by the distortion of figure relations). This study describes the relations between two networks. There are three main categories [Bouillé, 1994; Lacroix, 2015/11]:

- homogeneous and heterogeneous intersections, which imply the existence of a single couple of points (in a plan) from both networks. There are two important categories:
 - the heterogeneous intersections, which involve two different network elements (like an Auxiliary Point with a Segment for example);
 - the homogeneous intersections, which are related to a couple involving two members (one from each network) of the same nature.
- Overlays: the punctual overlays are similar to the intersections (but some overlays may be in only one network). The linear overlays assume an infinite number of common pairs (in a plan) from both networks;
- altitude comparisons: to handle with the topological links, we must determine the metrics between networks. It's based on two major cases:
 - one network is higher than the other one;
 - both networks are at the same depth (they can cross or be lined up).

Results. Determining the distance between two elements, thanks to their geographical coordinates, is the first step to generate the network accident risk map. Indeed, the French regulations (explained in the next chapter) give some information about the minimal distance between:

- two networks (according to their characteristics, the carried fluid types, and so on);
- the networks and the soil (depending on the minimal regulatory depth).

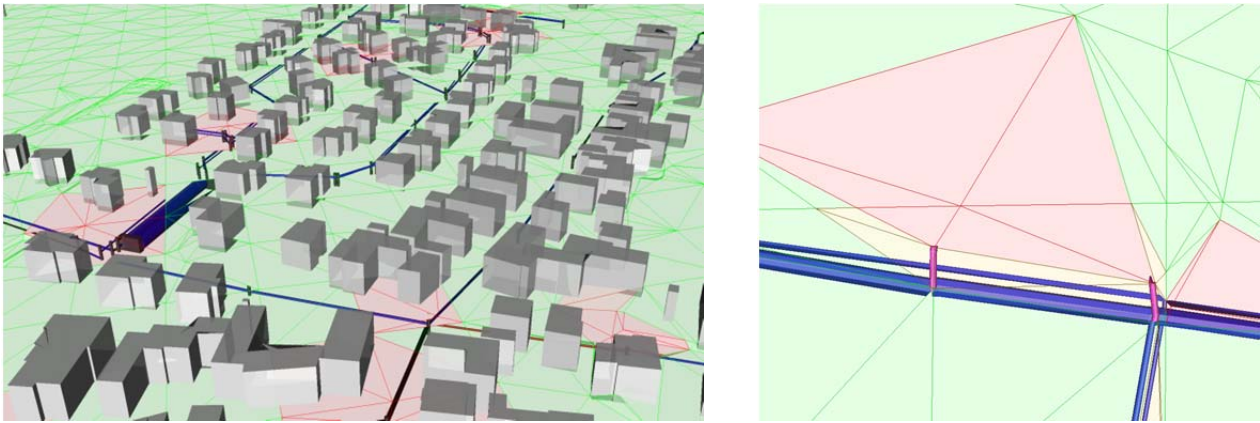


Fig. 1. Risk cartography examples

**Artificial intelligence tool
Managing the uncertainties**

Representation of networks uncertainties. *The buried pipelines can be depicted, without considering the vagueness (Fig. 2 (a)) or with blur (Fig. 2 (b), 7 (c) and 7 (d)).*

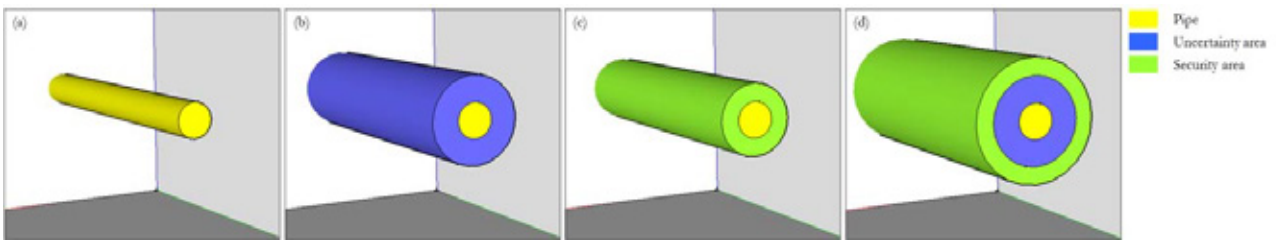


Fig. 2. Pipe representation: (a) without blur, (b) with coordinate uncertainty, (c) within the security area, (d) pipe within the security area and the uncertainty area

Taking the blur into account, we'll study the accuracy of the data and the approximate calculations directly related to significant numbers.

Significant number determination. *Considering the blur and the approximate calculations, this study is directly related to significant numbers and has to take the accuracy of the data into account.*

```

N = |N|;
Integer part determination
/N = 10^i
nbCHsPE = nbCHsPE + 1 ;
i = i + 1 ;
Decimal part determination
/(N*10^i)-round(N*10^i) = 0
N*10^i = 0,1
Avoid taking not significant 0
nbCHsPD = nbCHsPD + 1 ;

i = i + 1 ;

nbCHs = nbCHsPE + nbCHsPD ;

```

Algorithm 3. The significant number determination algorithm

The Normal Distribution. Depending on the uncertainties and taking the security areas of each network into account, the risk of collision can be determined thanks to the Standard normal distribution over a specified threshold distance ($d_{threshold}$) (shown in Fig. 3) [Lacroix, 2015/06].

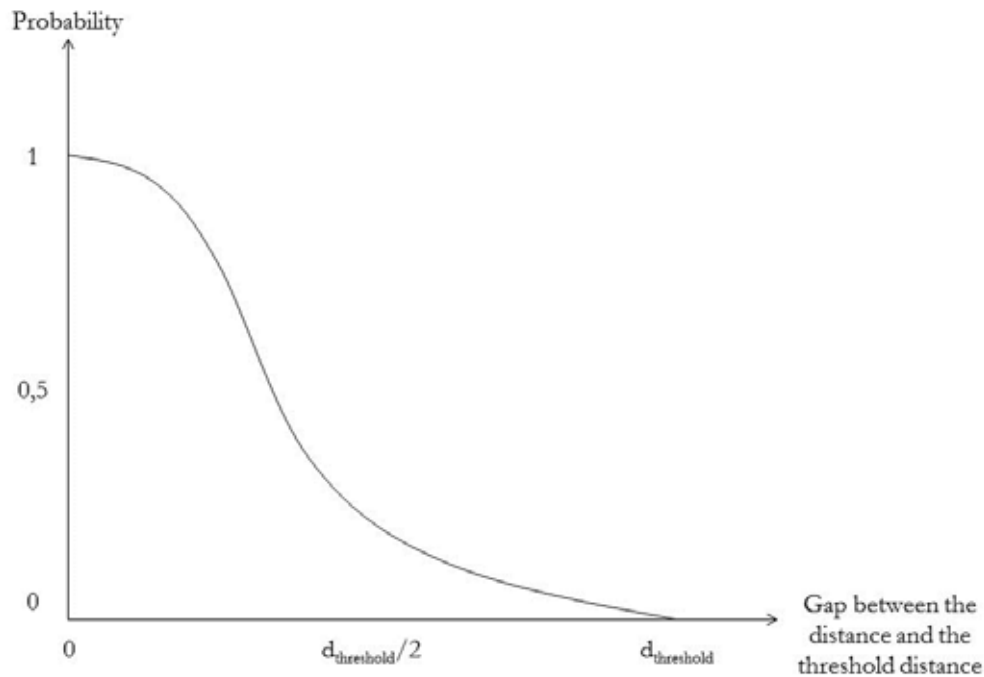


Fig. 3. Standard normal distribution representation

The calculation of the threshold distance depends on the elements and their characteristics (like the data precision, the security area,...).

Each characteristic could be optional and that's why some of them are noted between square brackets (Table 1).

Table 1

Uncertainty calculations

Category	Threshold distance calculation	Standard normal distribution
Wired – Wired	$d_{threshold} = Radius1 + Radius2 + Precision1 + Precision2 + \text{Max}(SecurityRadius1, SecurityRadius2)$	$\mu = 0$ $\sigma = d_{threshold}/4$
Wired – Element	$d_{threshold} = Radius1 + Precision1 [+ Precision2] + \text{Max}(SecurityRadius1, [SecurityRadius2])$	$\mu = 0$ $\sigma = d_{threshold}/4$
Element – Element	$d_{threshold} = [Precision1] [+ Precision2] + \text{Max}([SecurityRadius1], [SecurityRadius2])$	$\mu = 0$ $\sigma = d_{threshold}/4$

The development of an Artificial Intelligence tool contributes to the challenge of providing the users and consumers with a unique tool set able to (according to the input data):

- determine the fluid classes;
- define the kinds of pipes;
- inform about the required standards associated with the network characteristics;
- assess level accuracy and then define the risks of damage.

These various forms of data all contribute to the challenge of running and achieving the programs according to the requests of the users.

The next paragraph is dealing with the examples of the French regulation called «Arrêté Multifluide» (concerning dangerous networks) and «Réforme DT/DICT» (referring to the security area around a

network and, more specifically, when its coordinates have an important uncertainty). These regulations represent the basis of the rules-data-set of the Expert System developed in this Software.

Regulation management. According to the regulations [Legifrance, 2006; Legifrance, 2012] it is possible to add some information to the data, like the security area (taking the network type into account), or the fluid classes (linked to the fluid characteristics). Different categories are identified:

- fluid classes: government authorities publish required standards for fluid classification;
- pipe classification: authorities publish this classification as well. There are three kinds of pipes, according to several criteria:
 - the nature of the carried product;
 - the vicinity;
 - the surrounding population (and the possibility of lethal effects).
- network implantation: creating a rule-based data set means a major challenge to meet the security required standard. The last significant steps deal with the network implantation and the coordinate accuracy determination. The various forms of rules for the network implantations depend on the « internal » characteristics concerning the pipes (transport or distribution, diameter, material,...), the local topography (trenches, slopes, minimal depths,...) and the devices of reassurances (security area, warning materials,...);
- accuracy classes and DT-DICT regulations which imply two subsets:
 - the definition of the precision classes;
 - the risks of damage according to the works.

Results. The rule base of the Expert System [Lacroix, 2016/06/27] is linked to the current French regulations, which give a lot of implant characteristic obligations. To get this information, the software requires some data such as the kind of pipe, the requested data, and so on.

Some requests are simple and need only one data. For example, the user needs to know:

- which is the color of the security device for a gaz pipe;
- or the minimal distance to vegetation for an electric one.

```
Fact1: TYPE
Fact1 value: GAS
Request: securitydevicecolor
Transit by rule 0
Answer: yellow
```

```
Fact1: TYPE
Fact1 value: Electricity
Request: vegetationdistance
Transit by rule 0
Answer: 1.5
```

Fig. 4. Simple Expert System results

Some others are more intricate, as it is the case for the minimal slope determination where the type of pipe (sewerage by example) and the carried fluid (rainy waters) are needed;

```
Fact1: TYPE
Fact1 value: Sewage
Fact2: burriedfluid
Fact2 value: rainwater
Request: minimalslop
Transit by rule 0
Transit by rule 2
Transit by rule 3
Transit by rule 4
Transit by rule 5
Transit by rule 6
Transit by rule 7
Transit by rule 8
Answer: 0.004%
```

Fig. 5. Intricate Expert System result

Virtual Reality: a new tool to visualize the underground networks

A booming sector – The reasons of the Virtual Reality uses

Thanks to the evolution of technology, there are more and more possibilities to access Virtual Reality. Indeed with the growth of the Virtual Reality headset, Virtual Reality is today one of the most attractive ways to visualize a virtual scene.

The plan had been intended to offer a tool which enables to visualize the underground networks and their accident risks. This involves the development of a Virtual Reality tool.

Development. To design such a software we have sought the Google Card Board. It is a really cheap Virtual Reality headset and thanks to a Software Development Kit allowing to create some Virtual Reality software, this device is one of the most easily available to a major part of the population.

Developing such a program is not founded on creating calculating algorithms, but on working on the way to use the data generated by the first software and on the way to visualize them.

Results. Once these visualization functions are developed, we obtain on a mobile smartphone a double view of the scene with two different visualization parameters to allow the stereoscopic view thanks to the Google Card Board handset.

Conclusion. Disasters like the one that happened in East Harlem have been attributed to an aging gas network whose pipelines may corrode and rupture. Leaks can also happen as a result of excavation or climate event, as it was the case in the loss of New Orleans's gas network after Hurricane Katrina in 2005. Tragic occurrences, such as Ghislenghien's, push to make systems safer. That's why working on the networks and their visualization, taking the blur into account, is a recent and appropriate research.

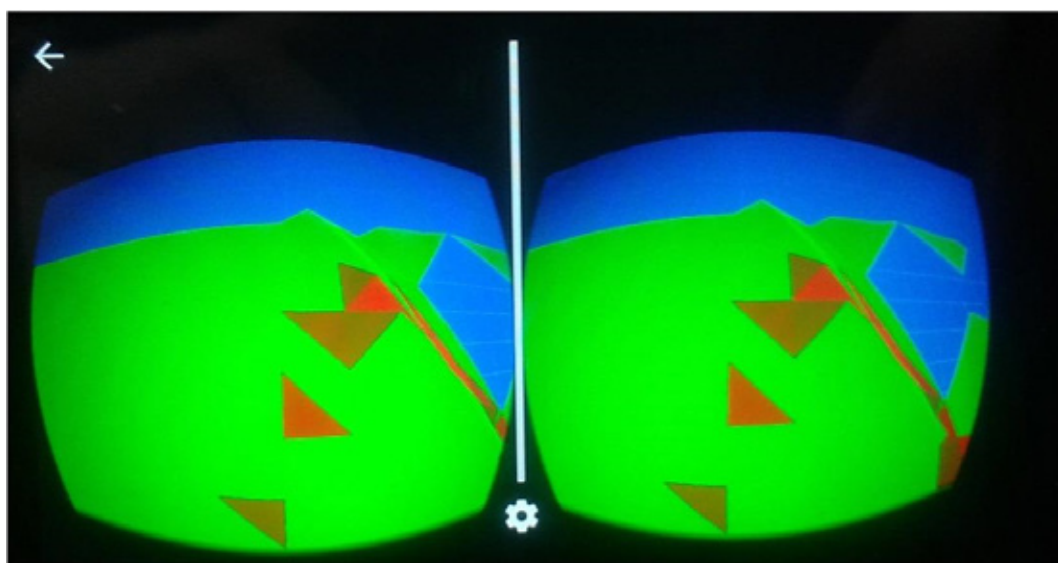


Fig. 6. Capture of a stereoscopic visualization on a phone

The representation of the accident risk probability needs to access and work on Geographical Information, to identify the rules governing their security, thanks to current regulations, but also to visualize these data whether through a cartography or through the Virtual Reality methods.

REFERENCES

1. Arrêté Du 4 Août 2006 Portant Règlement de La Sécurité Des Canalisations de Transport de Gaz Combustibles, D'hydrocarbures Liquides Ou Liquéfiés et de Produits Chimiques., n.d. <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=LEGITEXT000006054422>.

2. Arrêté Du 15 Février 2012 Pris En Application Du Chapitre IV Du Titre V Du Livre V Du Code de L'environnement Relatif À L'exécution de Travaux À Proximité de Certains Ouvrages Souterrains, Aériens Ou Subaquatiques de Transport Ou de Distribution. Accessed March 11, 2014. <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000025391351&categorieLien=vig>.

3. Bouillé F. «Un Modèle Universel de Banque de Données Simultanément Portable, Répartie», thesis, 1977.

4. Bouillé F. «Chapitre 10.6 – Relations entre réseaux – Superposition, intersection, emboîtement», <http://fad.ensg.eu/moodle/course/category.php?id=12>, 2012.

5. Lacroix M. Proceedings of Int. Conf. CEMEPE-SECOTOX «Geographical Information Science in Environmental Management and planning», «Dealing with the network risk cartography» June 15–17 2015, Mykonos, Greece. Pp. 651–656.

6. Lacroix M. Dealing with topological relations in underground networks, Proceedings of Int. Conf. InterCarto-InterGIS 21 «Sustainable Development of Territories: Cartography and GI Support», November 12–14 2015, Krasnodar and Sochi, Russia. Pp. 529–539.

7. Lacroix M. Int. Conf. ICC&GIS «Early Warning and Disaster / Crisis Management»: «Dealing with the creation of an Artificial Intelligence tool taking the underground network uncertainties and regulations into account», 13–18 June 2016, Albena, Bulgaria.

8. Lacroix M. 2016, Int. Conf. RIMMA 2016 «RISK Information Management, Risk models and Applications»: «Artificial Intelligence tool and geographical information to implant networks», 27–29 June 2016, Berlin, Germany.

УДК 912.4

М.В. Грибок¹

ВИДЕОИНФОГРАФИКА ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ (НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТА ВГТРК «РОССИЯ В ЦИФРАХ»)

Резюме. В статье рассматриваются особенности создания и восприятия видеоинфографики как способа отображения статистической и географической информации на примере проекта ВГТРК «Россия в цифрах» («Мир в цифрах»). Выявлены преимущества и ограничения анимированной инфографики по сравнению со статической. Также проанализированы особенности воздействия данного просветительского проекта на формирование представлений зрителей о России и мире. Благодаря видеоинфографике, транслируемой на федеральном телеканале «Россия 24», ведется распространение и популяризация актуальной статистической информации о стране и мире в удобном для восприятия широкими кругами населения формате. Информационная политика ВГТРК, отражающаяся в отборе тематических категорий инфографики для данного проекта, способствует формированию более позитивного имиджа России по сравнению с тем образом, который формируется преимущественно стихийно на базе информации, транслируемой в теленовостях. Данная позиция государственного телевидения является благоприятной с точки зрения стратегии устойчивого развития России.

Ключевые слова: инфографика, анимация, визуализация, устойчивое развитие.

Введение. Распространение и популяризация знаний о стране и мире – важные задачи современного общества, без планомерного решения которых невозможно движение к устой-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, научно-исследовательская лаборатория комплексного картографирования, н.с., канд. геогр. н.; e-mail: marina.ary@gmail.com.

чивому развитию. Просветительская деятельность, направленная на население страны в целом, осуществляется государством прежде всего при помощи средств массовой информации, – в первую очередь, через телевидение, которое, согласно опросу общественного мнения [Опрос..., 2015], является основным источником информации и знаний для 88% россиян.

В целях формирования объективных массовых представлений о стране и мире, на государственном телеканале «Россия 24» создан проект «Россия в цифрах» («Мир в цифрах»). Данный проект существует с 2009 года и представляет собой трансляцию между выпусками новостей коротких информационных видеороликов длительностью 60 секунд, раскрывающих актуальную статистическую информацию по различным темам: населению России и мира, экономике, занятости, природным ресурсам, транспорту, туризму и т.д.

Задачами данного исследования являются анализ видеоинфографики (анимированной информационной графики) для проекта «Россия в цифрах» («Мир в цифрах») с позиций устойчивого развития, а также выявление особенностей отображения и восприятия географических данных в анимированной инфографике на примере данного проекта.

Материалы и методы исследования. Значительный прогресс в области технологий компьютерной графики, наблюдающийся в последние годы, привел к существенному повышению качества отображаемой информации в СМИ, а также во многих других сферах человеческой деятельности. В связи с этим с каждым годом возрастает интерес к информационной графике как наглядному способу изображения данных. Это касается и сферы географических исследований, а также географического образования. Так, например, на географическом факультете МГУ в настоящее время разрабатывается учебный курс «Социально-экономические карты и геоинфографика», состоящий из лекций и практических занятий. Его целью является ознакомление учащихся с теоретическими достижениями, разработками и проблемами применения различных видов географической инфографики (геоинфографики) в разных сферах научной, практической, культурно-просветительской и учебной деятельности, а также с методами ее создания и оценки эффективности получаемых результатов [Прохорова, Серапинас, 2015].

Теоретически к инфографике можно отнести любое сочетание текста и графики, созданное с намерением наглядно информировать кого-либо о чём-либо, изложить ту или иную историю, донести тот или иной факт [Никулова, 2010]. Идейной основой инфографики является схематизация – графическая организация данных, связанная с «облечением идей и мысленных форм разной степени сложности в форму рисунка, схемы, таблицы или диаграммы. Реальные исходные данные – результаты наблюдений, измерений и т.д. – превращаются в инфографику после «редуцированного представления» с помощью графиков, цифр, диаграмм в «отчеты» и конспективные образы, т.е. презентации-визуализации, после многоступенчатой обработки информации» [Tufte, P. 146].

Видеоинфографика, как специфический раздел инфографики, имеет ряд особенностей, касающихся выбора исходных материалов, процесса визуализации данных и её восприятия зрителем.

Рассмотрим по-отдельности особенности каждого из этапов создания видеоинфографики на примере проекта ВГТРК «Россия в цифрах» («Мир в цифрах»). Видеоролики этого проекта транслируются по федеральному новостному телеканалу «Россия 24» и рассчитаны на широкий круг зрителей. Суммарная аудитория телеканала составляет около 50 млн человек. 75% из них – зрители в возрасте от 24 до 64 лет; 62% – мужчины; 40% – люди с высоким доходом [Сократ медиа]. Каждую неделю в эфир выходит 5 новых видеороликов, т.е. их производство происходит в оперативном режиме. Около 75% видеороликов относятся к рубрике «Россия в цифрах» и отображают статистические данные по России в целом, 20% – к рубрике «Мир в цифрах» и отображают данные по миру (иногда отдельно по Европе), оставшиеся 5% нельзя отнести ни к одной, ни к другой категории. Например, это может быть видеоинфографика об отдельных странах (госдолг США) или объектах (энергомост в Крым).

Первым этапом производственного процесса является поиск темы для будущего видеоролика. Это аналитическая работа, предполагающая подбор источников информации для

видеоинфографики. Ими могут стать материалы Росстата, материалы различных исследовательских и аналитических агентств, отчеты министерств и ведомств, крупных международных структур (ООН, ВОЗ, ЮНЕСКО и т.д.), материалы опросов общественного мнения (ФОМ, ВЦИОМ, Левада-Центр и т.п.) и другие официальные источники. При этом серьёзные требования предъявляются к «свежести» информации – она должна быть максимально актуальной. Так, например, данные соцопросов могут быть использованы не позже, чем через месяц после их публикации. Данные Росстата должны содержать информацию за последний прошедший год (в редких случаях берутся данные за полугодие). Отчеты международных организаций, публикуемые в 2016 году, обычно содержат данные по 2014 году включительно.

Кроме того, нужно учитывать, что данных должно хватить в среднем на 4 отдельных кадра видео, т.е. должны быть приведены разные аспекты одной и той же тематики, логически дополняющие друг друга. Это может быть динамика, структура по одному или нескольким параметрам, регионы или страны, лидирующие по представляемому показателю. В тот момент, когда появляется уверенность, что по исходным данным может быть сделана актуальная, логичная и интересная видеоинфографика, можно переходить ко второму этапу.

Второй этап – утверждение темы у представителя телеканала «Россия 24». Будет ли тема утверждена или отклонена во многом зависит от информационной политики телеканала в целом.

Профессор кафедры телевидения и радиовещания факультета журналистики МГУ В.Л. Цвик определяет вещательную политику Всероссийской государственной телерадиокомпании (ВГТРК), как «долговременную целенаправленную научно обоснованную программу деятельности телевидения по распространению политической и культурной общественно значимой информации ... для выработки у аудитории целевых установок, интересов, предпочтений, стереотипов восприятия (формирования общественного сознания), преследующих взаимную пользу отдельной личности и общества в целом» [Цвик, 1997, с. 284]. Т.е. ВГТРК, как государственная структура, призвана функционировать в интересах всего российского общества, выполняя не только информационную, но и ряд других социальных функций, действующих устойчивому развитию страны: культурно-просветительскую, интеграционную (объединяющую, консолидирующую), социально-педагогическую.

Согласно информационной политике телеканала «Россия 24», темы с какими-либо негативными ассоциациями как правило отклоняются. Например, не проходят утверждение темы о смертности, преступности, бедности, безработице, инфляции, экономическом кризисе. Если по предложенной теме явно прослеживается, что положение дел в России в каком-либо аспекте ухудшается, такая тема скорее всего будет отклонена. Таким образом, прошедшие утверждение темы как правило в дальнейшем призваны способствовать улучшению образа России в массовом сознании или по крайней мере не способствовать его ухудшению.

Третий этап – написание сценария видеоролика. В нём должно быть чётко и подробно описана последовательность того, что будет происходить на экране в течение одной минуты. К каждому из 3–5 кадров прописывается заголовок, подзаголовок (в случае необходимости), источник данных, графические приёмы, предпочтения по цветовому оформлению, динамика кадра, особенности переходов между кадрами.

Затем готовый сценарий передается специалистам по трехмерной информационной графике, которые приступают к производству видеоинфографики с использованием готовых дизайнерских шаблонов.

Кадры видеоролика наполняются следующими составляющими:

- Диаграммы (столбчатые или круговые);
- Линейные графики;
- Карты;
- Надписи;
- Стрелки;
- Дополнительные элементы.

Всё наполнение кадра происходит в динамике, чтобы у зрителя не возникало непонимания, в какую часть кадра ему следует смотреть в данный момент. Все диаграммы, графики

и карты строятся и делятся на сегменты на глазах у зрителя, затем последовательно появляются подписи к выделенным сегментам.

Рассмотрим более подробно особенности показа географических данных и, в первую очередь, геоизображений как элемента видеоинфографики. Основное ограничение их показа состоит в том, что на рассмотрение карты (геоизображения) зрителю предоставляется всего около 15 секунд. За это время до него нужно успеть донести основную мысль, иллюстрацией которой является карта. Подписей на картах как правило минимальное количество, либо они вовсе отсутствуют, также может отсутствовать и легенда. Как правило, для показа демонстрируемого явления на карте задействуется только один из картографических способов изображения.



Рис. 1. Карта для видеоинфографики «Мусульманское население мира»

При помощи способа качественного фона могут быть выделены отдельные страны или регионы РФ. Например, такой способ использован в видеоролике о мусульманском населении мира (рис. 1). Выделены только те страны, где более 50% населения исповедуют ислам. Использование количественного фона и градация всех стран мира по доле мусульман в данном случае сильно усложнили бы восприятие карты, и за 15 секунд у зрителя не было бы никаких шансов сделать по ней какой-либо вывод.

Тем не менее, в некоторых случаях способ количественного фона все же применяется. Например, он используется на карте для видеоролика о ценах на бензин в регионах (рис. 2). По такой карте можно достаточно легко проследить закономерность размещения групп регионов со схожими ценами и уяснить показанную информацию даже за 15 секунд.



Рис. 2. Карта для видеоинфографики «Цены на бензин»

В тех случаях, когда речь в видеоинфографике идёт о группах городов, на картах используется точечный способ изображения. Города в большинстве случаев даются без подписей, т.к. на их прочтение требуется много времени. Например, для видеоролика о городах воинской славы на карту нанесено 45 точек городов (рис. 3). Города не подписаны, но зритель по данной карте должен успеть сделать вывод об общем распределении городов воинской славы по территории России.



Рис. 3. Карта для видеоинфографики «Города-герои и города воинской славы»

Другой пример – карта для видеоинфографики о городах-миллионниках (рис.4). Города на карте даны также без подписей, но поделены на 3 градации по числу жителей. Т.к. речь в ролике идет о населении городов, было принято решение дополнить кадр информацией о численности жителей. Время просмотра кадра не позволяет дать ни названия городов, ни подписи населения, однако такой способ показа дает возможность оперативно представить общую картину количества и распределения городов-миллионников с разной населённостью.



Рис. 4. Карта для видеоинфографики «Города-миллионники»

Если в видеоинфографике идёт речь о каких-либо линейных объектах, применяется линейный способ изображения. Пример представлен на карте для видеоролика о Северном морском пути (рис. 5).



Рис. 5. Карта для видеоинфографики «Северный морской путь»

Однако не всегда отображение географических данных происходит при помощи карт – для оперативности восприятия информации зачастую карта заменяется диаграммой. Например, так сделано в видеоинфографике о безвизовых странах для россиян (рис. 6). Вместо карты принято решение показать круговую диаграмму, иллюстрирующую распределение безвизовых стран по регионам мира.



Рис. 6. Диаграмма для видеоинфографики «Безвизовые страны»

Другой пример отображения пространственно-определённых данных без использования карты – показ перечня стран или регионов, являющихся лидерами по отображаемому показателю. Такой перечень представлен на рис. 7. Это последний кадр видеоинфографики о мусульманском населении мира, информационно дополняющий карту, представленную на рис. 1. Помимо стран-лидеров по числу мусульман в кадр добавлена надпись о том, что в этих странах проживает более 50% всех мусульман мира.

Результаты исследования и их обсуждение. Обобщая проведенный анализ особенностей отображения и восприятия информации в телевизионной видеоинфографике, можно выделить следующие преимущества и ограничения данного вида инфографики по сравнению со статичной инфографикой.



Рис. 7. Диаграмма для видеоинфографики «Мусульманское население мира»

Преимущества:

- *Последовательность отображения информации.* Последовательность показа кадров и их динамика дают возможность рассказать короткую историю в картинках, состоящую из вступления, основной части и финала. Зритель воспринимает информацию именно в том порядке, в каком это предполагается автором сценария видеоролика.

- *Применение анимационных графических приемов:* движение элементов графики, их появление и исчезновение, изменение размеров фигур, выделение отдельных составляющих, разбиение фигур на отдельные сегменты. Все эти действия, недоступные для статичной инфографики, существенно расширяют диапазон возможностей данного вида инфографики, повышают её наглядность, упрощают восприятие зрителем.

Ограничения:

- *Необходимость учёта хронометража видеоролика.* Сценарий для видеоролика должен содержать информацию ровно на 60 секунд видео (в некоторых отдельных случаях хронометраж может быть увеличен на 10 или 20 секунд). В процессе создания видео может возникнуть необходимость сокращения сценария или, наоборот, добавления в него дополнительной информации.

- *Низкое разрешение телевизионного экрана.* Разрешение видеоинфографики намного меньше, чем статической инфографики для печати. К тому же, нужно учитывать, чтобы все надписи и элементы могли быть прочитаны и поняты зрителем с некоторого расстояния от телеэкрана. Это накладывает определенные ограничения на отображаемые графические элементы. К примеру, в случае использования столбчатых диаграмм, количество столбцов не может быть больше 7 (в крайнем случае, 8–9).

- *Необходимость использования дизайнерских шаблонов, разработанных специально для данного проекта.* Каждый выпуск видеоинфографики – это часть огромной серии, насчитывающей на данный момент более двух тысяч видеороликов. Все они выполняются в едином дизайне, и предложенные в сценарии решения должны ему соответствовать. К примеру, использование сложных карт, диаграмм или других графических приёмов в данном проекте не предусмотрено.

Как результат, видеоролики для проекта «Россия в цифрах» («Мир в цифрах») получаются достаточно легкими для восприятия, способствуют популяризации знаний населения о стране и мире, а также являются источником формирования в представлении зрителей образа России, характеризующегося некоторыми особенностями. В первую очередь, они касаются тематической направленности проекта.

- *Отбор тем, позитивно или нейтрально отражающихся на образе России в представлении зрителей.*

- Отсутствие «острых» новостных тем: о политике, кризисе, вооружённых конфликтах и т.д. Именно эти темы, ввиду своей «остроты», являются основными, освещаемыми в новостных выпусках [Грибок, 2009]. Таким образом, видеоинфографика для проекта «Россия в цифрах», дополняя представления о стране, складывающиеся у зрителей новостей, уравнивает этот образ и обогащает его новыми знаниями.

- Использование актуальных данных из официальных источников. При этом до зрителя доносится только официальная информация, выводы и умозаключения из которой он делает самостоятельно.

Проект «Россия в цифрах» («Мир в цифрах») – просветительский, способствующий популяризации знаний о стране и мире, а значит способствующий приближению России к устойчивому развитию. Как отмечает П.В. Касьянов [2002], переход к устойчивому развитию возможен лишь «в результате радикального изменения мировоззрения, системы общественных ценностей, представлений о развитии экономики и цивилизации в целом». Всё это невозможно без грамотной и планомерной просветительской деятельности, одним из звеньев которой является данный проект.

Выводы. В ходе исследования проанализированы этапы создания видеоинфографики на примере телевизионного проекта «Россия в цифрах» («Мир в цифрах»). Выявлены отличительные особенности видеоинфографики в сравнении со статичной печатной инфографикой. Описаны преимущества и ограничения данного типа представления информации для широкой зрительской аудитории. Также рассмотрены принципы отображения географических данных при помощи карт (геоизображений) и диаграмм, представлены принципы выбора способов отображения географической информации.

Информационная политика ВГТРК, проявляющаяся в предпочтении одних тем для видеоинфографики и запрете других, способствует формированию благоприятного имиджа России в представлении аудитории телеканала «Россия 24». Кроме того, описанный проект направлен на популяризацию знаний о стране и мире и выполняет просветительскую функцию. Данное исследование может быть использовано при организации других подобных просветительских проектов, поиске информационных приоритетов, выборе способов изображения данных при помощи видеоинфографики.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №15-17-30009).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грибок М.В. Анализ формирования образов регионов России в федеральных информационных программах телевидения с помощью ГИС: дисс. ...канд. геогр. наук. М.: 2009. – 138 с.
2. Доверие российским СМИ. Опрос ФОМ от 30.04.2015 [Электронный ресурс] URL: <http://fom.ru/SMI-i-internet/12140>, дата обращения: 20.05.2016.
3. Касьянов П.В. Переход к устойчивому развитию: экологические, информационные, социальные и экономические предпосылки // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2002. № 4.
4. Никулова Г.А. Средства визуальной коммуникации – инфографика и метадизайн // Образовательные технологии и общество. 2010. Вып. 2. Т. 13. С. 369–387.
5. Прохорова Е.А., Серапинас Б.Б. Геоинфографика как современное направление геовизуализации в обучении студентов-картографов // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2015. – № 5. С. 92–97.
6. Сократ медиа / Телеканал «Россия 24» [Электронный ресурс] URL: <http://www.sokratm.ru/ru/uslugi/reklama-na-tv/157-russia-24.html> дата обращения: 20.05.2016.

7. Цвик В.Л. Телевидение переходного периода (тенденции и проблемы реформирования в условиях информационного рынка): дис. ... докт. филол. наук. М., 1997. 407 с.
 8. Tufte E.R. Beautiful Evidence. – Cheshire, CT: Graphics Press, 2006. 213 p.
-

M.V. Gribok¹

VIDEO INFOGRAPHICS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (ON THE EXAMPLE OF THE VGTRK PROJECT «RUSSIA IN FIGURES»)

***Abstract.** The dissemination and popularization of knowledge about the country and the world are important tasks of modern society. Without their systematic solution the movement towards sustainable development is impossible. Government's educational activities for population of the country, is carried out mainly through the mass media – primarily via television, which, according to the poll, is the main source of information and knowledge for 88% of Russians.*

In order to form an objective public perceptions about the country and the world, on the state TV channel «Russia 24» created project «Russia in figures» («World in figures»). This project exists since 2009. It is a broadcast of short informational videos with a duration of 60 seconds between news reports, revealing the relevant statistical information on various topics: the population of Russia and the world, economy, employment, natural resources, transport, tourism, etc.

The objectives of this research are analysis of video infographics (animated information graphics) for the project «Russia in figures» («World in figures») from the standpoint of sustainable development, as well as identifying features of perception and visualization of geographical data in animated infographic by the example of this project.

Key words: *infographics, animation, visualization, sustainable development.*

REFERENCES

1. Gribok M.V. Analiz formirovaniya obrazov regionov Rossii v federalnykh informacionnykh programmah televideniya s pomoshhju GIS [Analysis of the formation of regional images of of Russia in Federal information television programs using GIS], PhD dissertation. Moscow, 2009. 138 p. (in Russian).
2. Doverie rossijskim SMI. Opros FOM ot 30.04.2015 [Trust the Russian media. The survey by FOM from 30.04.2015] URL: <http://fom.ru/SMI-i-internet/12140>, date: 20.05.2016 (in Russian).
3. Kasjanov P.V. Perehod k ustojchivomu razvitiyu: jekologicheskie, informacionnye, socialnye i ekonomicheskie predposylki [The transition to sustainable development: environmental, informational, social and economic background] // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten; (nauchno-tehnicheskij zhurnal). 2002. № 4 (in Russian).
4. Nikulova G. A. Sredstva vizual'noj kommunikacii – infografika i metadizajn [Tools of visual communication – infographics and metadesign] // Obrazovatel'nye tekhnologii i obshchestvo. 2010. V. 2. T. 13. Pp. 369–387.
5. Prohorova E.A., Serapinas B.B. Geoinfografika kak sovremennoe napravlenie geovizualizacii v obuchenii studentov-kartografov [Geoinformatics as a modern direction of geo-visualization in education for students-cartographers] // Vestnik Moskovskogo universiteta. Series 5. Geography. – 2015. – № 5. – Pp. 92–97.
6. Sokrat media / Telekanal «Rossiya 24» [Socrates media / TV Channel «Russia 24»] URL: <http://www.sokratm.ru/ru/uslugi/reklama-na-tv/157-russia-24.html> data: 20.05.2016.
7. Cvik V.L. Televidenie perekhodnogo perioda (tendencii i problemy reformirovaniya v usloviyah informacionnogo rynka): dis. ... dokt. filol. nauk.[Television in transition (trends and challenges of reforming the information market reforming), PhD diss.]. M., 1997. 407 p.
8. Tufte E.R. Beautiful Evidence. – Cheshire, CT: Graphics Press, 2006. 213 p.

¹ M.V. Lomonosov Moscow State University, faculty of geography, research laboratory of complex mapping, PhD. e-mail: marina.ary@gmail.com.

INCREASING RELIABILITY OF INDEXING SUSTAINABLE DEVELOPMENT USING MULTIVARIANCE: CALCULATION AND MAPPING

Abstract. *This article provides an overview of existing techniques used to improve the reliability of classification. In particular, it focuses on the multivariate as a simple and reliable method of increasing the reliability of estimates. The use of multivariate aythorth consider on an example of the Index of the ecological situation of Russian Regions, that has been designed as part of complex estimation of sustainable development. The index includes three indicators: damage caused by air pollution, amount of discharged polluted wastewater and environmental protection expenditures.*

Key words: *multivariate, indexing, sustainable development, reliability, mapping.*

Introduction. Researchers need to improve the reliability of their estimates in the assessment of complex and multi-dimensional categories such as state of the environment, which include a plurality of factors. An excellent tool for improving the reliability is the multivariate. Multiple aspects of research, improved information support, the availability of a wide range of methods and involvement of modern computer tools allowed to realize multivariable approaches in modelling of geographic systems.

Ways of using multivariate are very diverse and can include all stages of the research, as shown in (Tikunov, 1990). It can be an analysis of different approaches in formulation of the problem and research purposes; using of different datasets to describe the same phenomenon; application of various modelling techniques; processing of the same dataset using different algorithms; visualisation of results in several ways.

Research methods. The use of multivariate we consider on an example of the Index of the ecological situation, that has been designed as part of complex estimation of sustainable development. It was calculated for regions of the Russian Federation. The index includes three indicators: damage caused by air pollution, amount of discharged polluted wastewater and environmental protection expenditures. We proceeded from the following principles in the selection of indicators. Selected indicators should be simple and accessible for comparing both at the regional and international level in the future. They have to indicate anthropogenic pressure on nature, reducing of environmental quality and its impact on human health. Minimum number of indicators allows researchers to concentrate on the most important of them and facilitates interpretation of results.

Method of calculation is following: instead of arithmetic average it uses the evaluative algorithm. It includes normalisation of initial indicators by the formula:

$$\hat{x}_{ij} = \frac{|x_{ij} - {}^0x_j|}{|{}_{max/min}x_j - {}^0x_j|},$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, n;$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, m;$$

where 0x is worst value for each indicator occurring over the whole period in time for all three indicators; ${}_{max/min}x$ is the most different from the 0x values of parameters, n is the number of territorial units, m is number of indicators used for the calculations.

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Integrated Mapping Laboratory, Head, Full Professor, Doctor of Science; e-mail: vstikunov@yandex.ru.

² Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Geography of the World Economy, PhD student; e-mail: chereshnya.o@yandex.ru.

Ranking is carried out by comparing all territorial units on a conditional basis, characterised by values of 0x . This is done using the Euclidean distance (d^0) as a measure of proximity of all territorial units to a conditional basis (a worst-case values 0x throughout a range of indicators). Processing of the array using principal component analysis for the purpose of orthogonalisation and a «convolution» system of indicators was then used. In the experiment, all the original indicators have equal weight, although it was assumed that weight meaning can be different and can change through history. To apply the weights, we need a reliable basis, however and today there is no such basis (Tikunov et al, 2006).

The first application of multivariate for this index is the use of different systems of indicators processed by one algorithm, which is described above. The results of such calculations require the same type of visualization. That improves the reliability of the final conclusions.

The first dataset was formed from the absolute values of the indicators. The second included indicators related to the area, population and «ecological gross regional product» (ecological GRP). The «ecological GRP» was developed by us specifically for this study. We excluded from the total GRP those branches which produce the greatest amount of waste, as well as air pollutants emissions. They are following: agriculture, hunting and forestry; mining; manufacturing; production and distribution of electricity, gas and water; building; transport and communications; providing utility services. Unfortunately, Russian statistics do not allow to make it more accurate, for example to separate transport from communication, as in the statistics of GRP they are in same category: transport and communications.

Results and discussion. As a result, two variants of the index of the ecological situation has been received. In absolute values, which characterize the overall pollution and environmental costs (Fig.1). And in relative values, which allow to assess the degree of contamination of the territory, both anthropogenic and industrial load (Fig. 2).

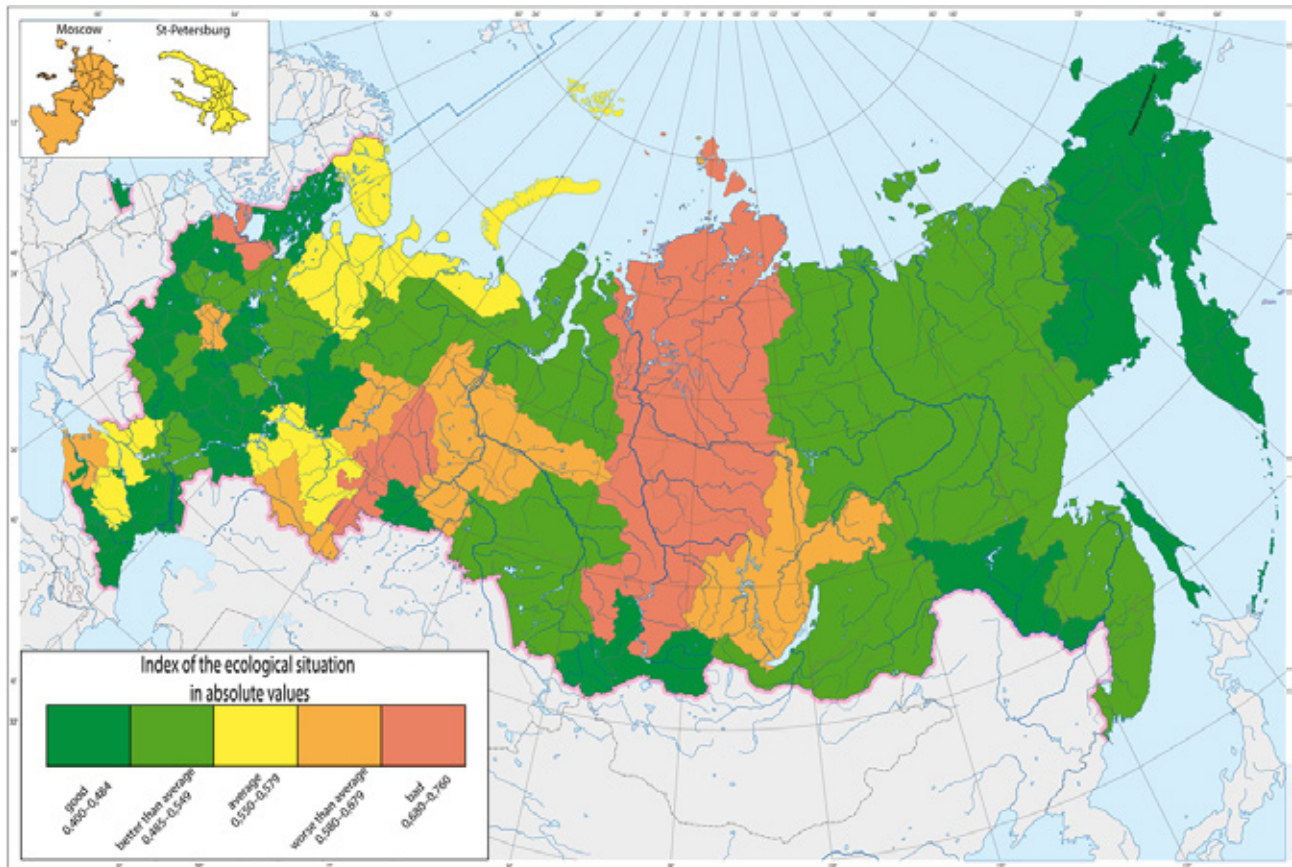


Fig. 1. Index of the ecological situation in absolute values

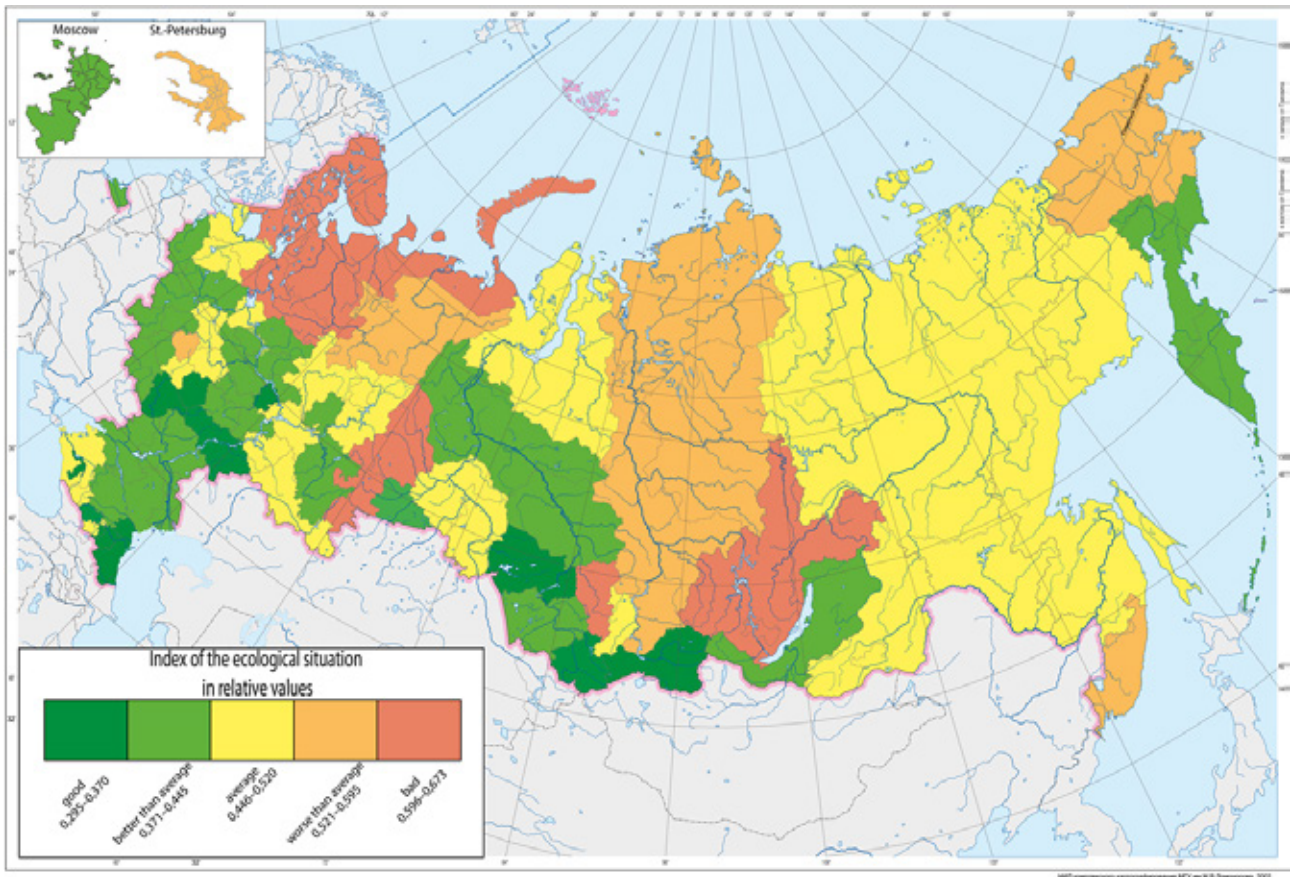


Fig. 2. Index of the ecological situation in relative values

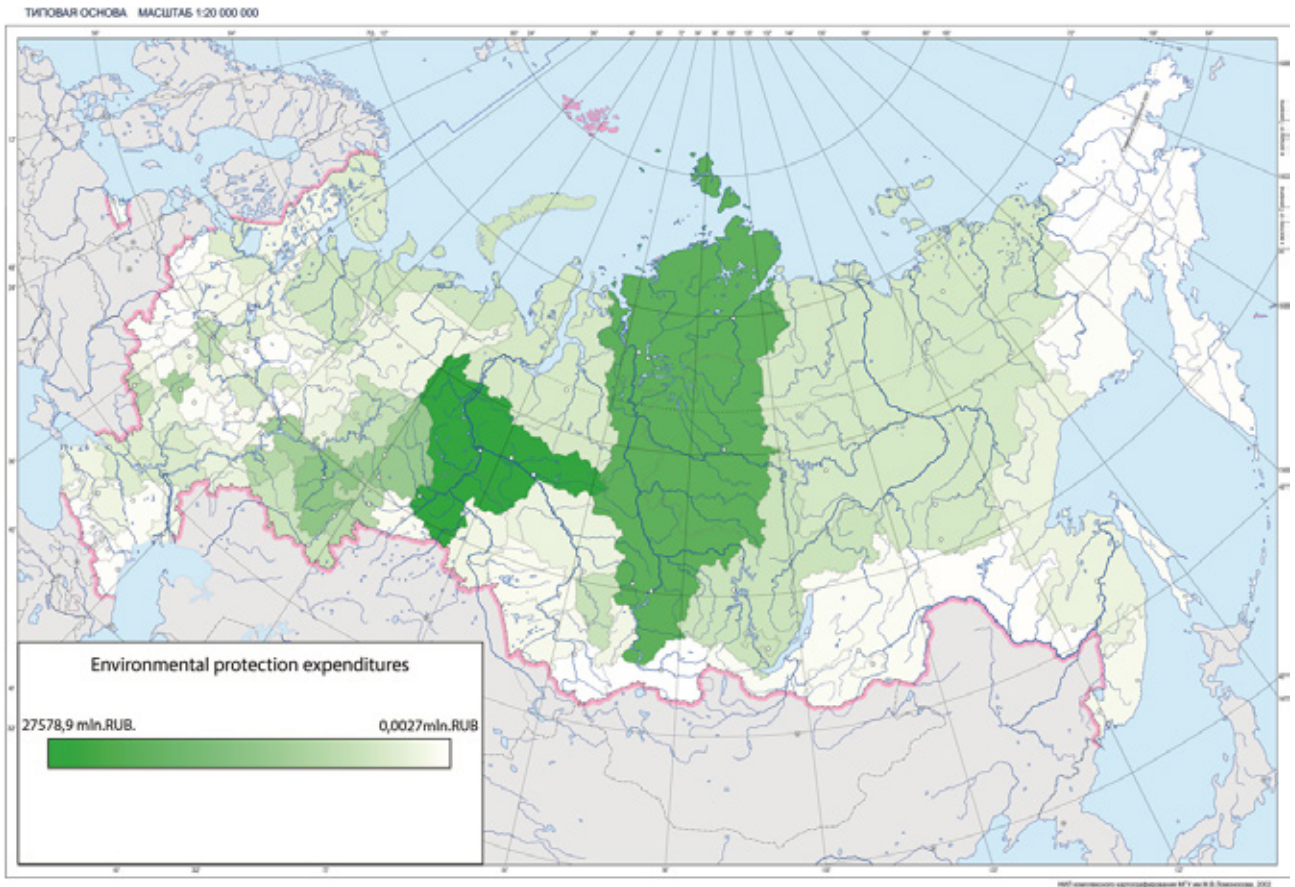


Fig. 3. Environmental protection expenditures

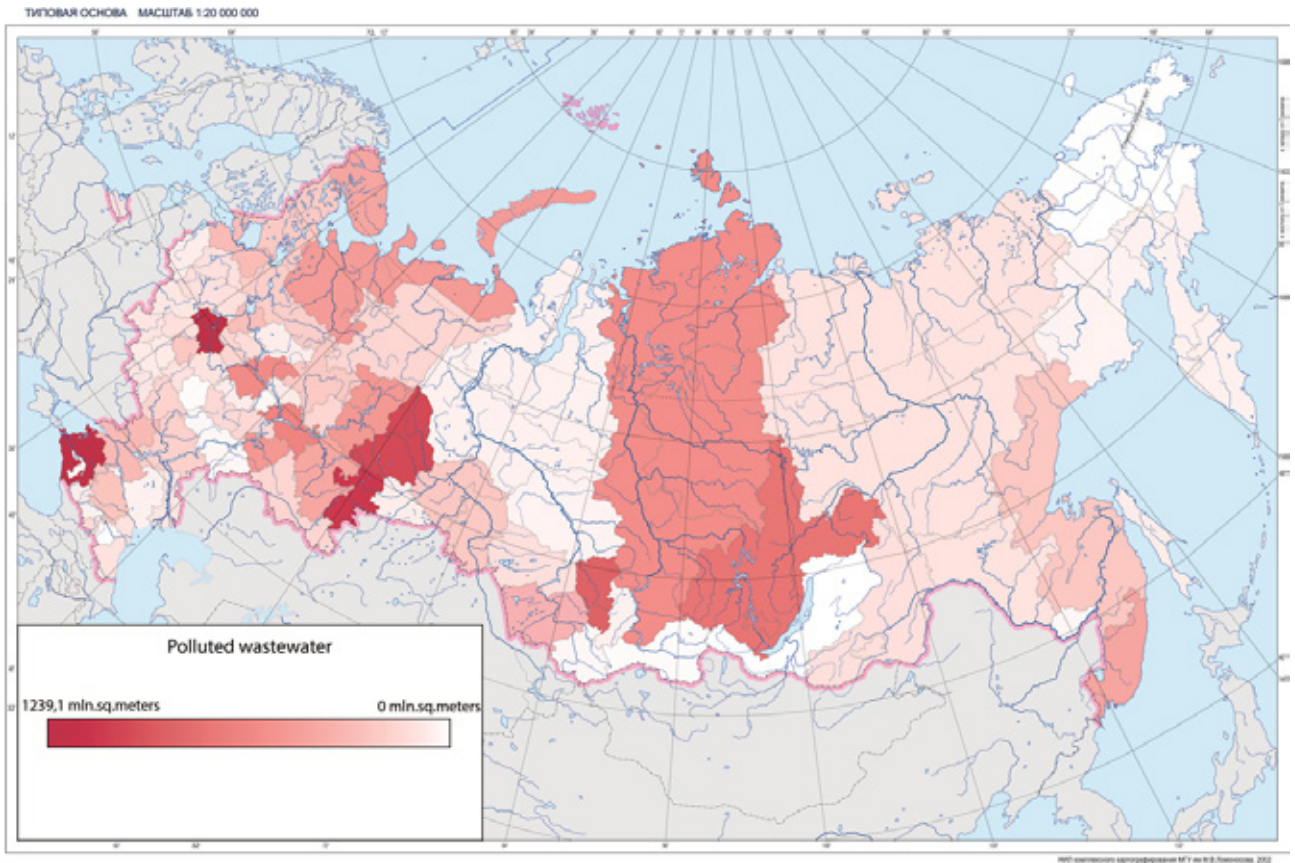


Fig. 4. Amount of discharged polluted wastewater

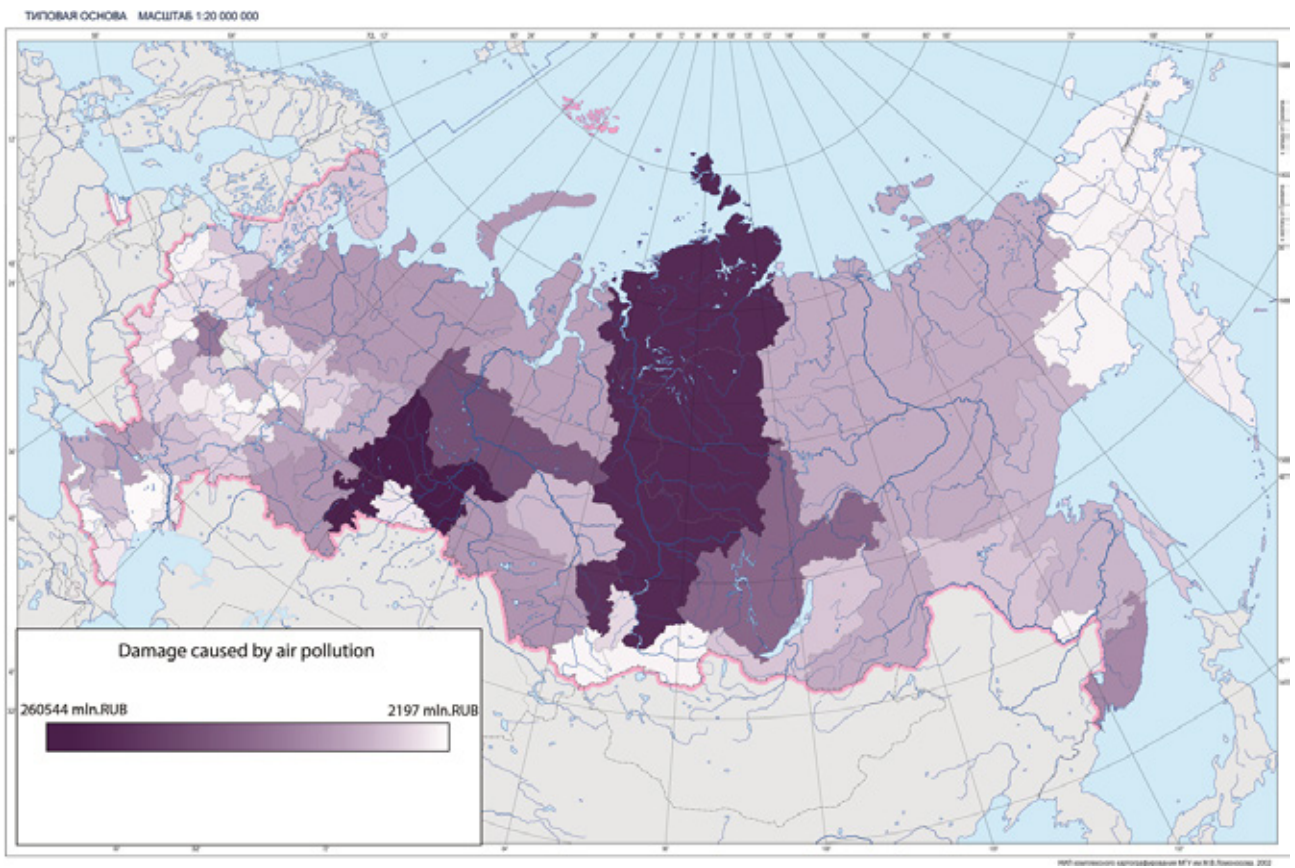


Fig.5. Damage caused by air pollution

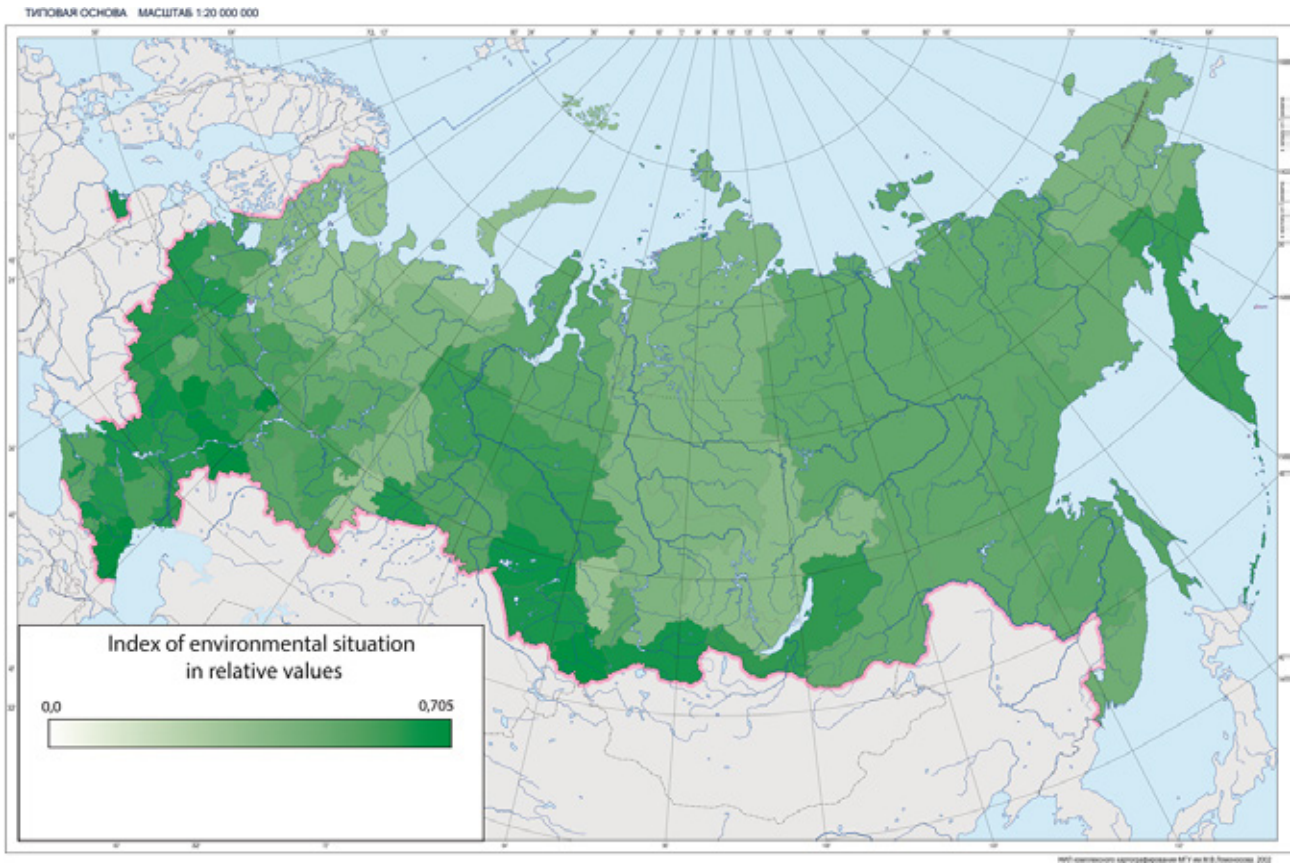


Fig. 6. Index of environmental situation in relat. values

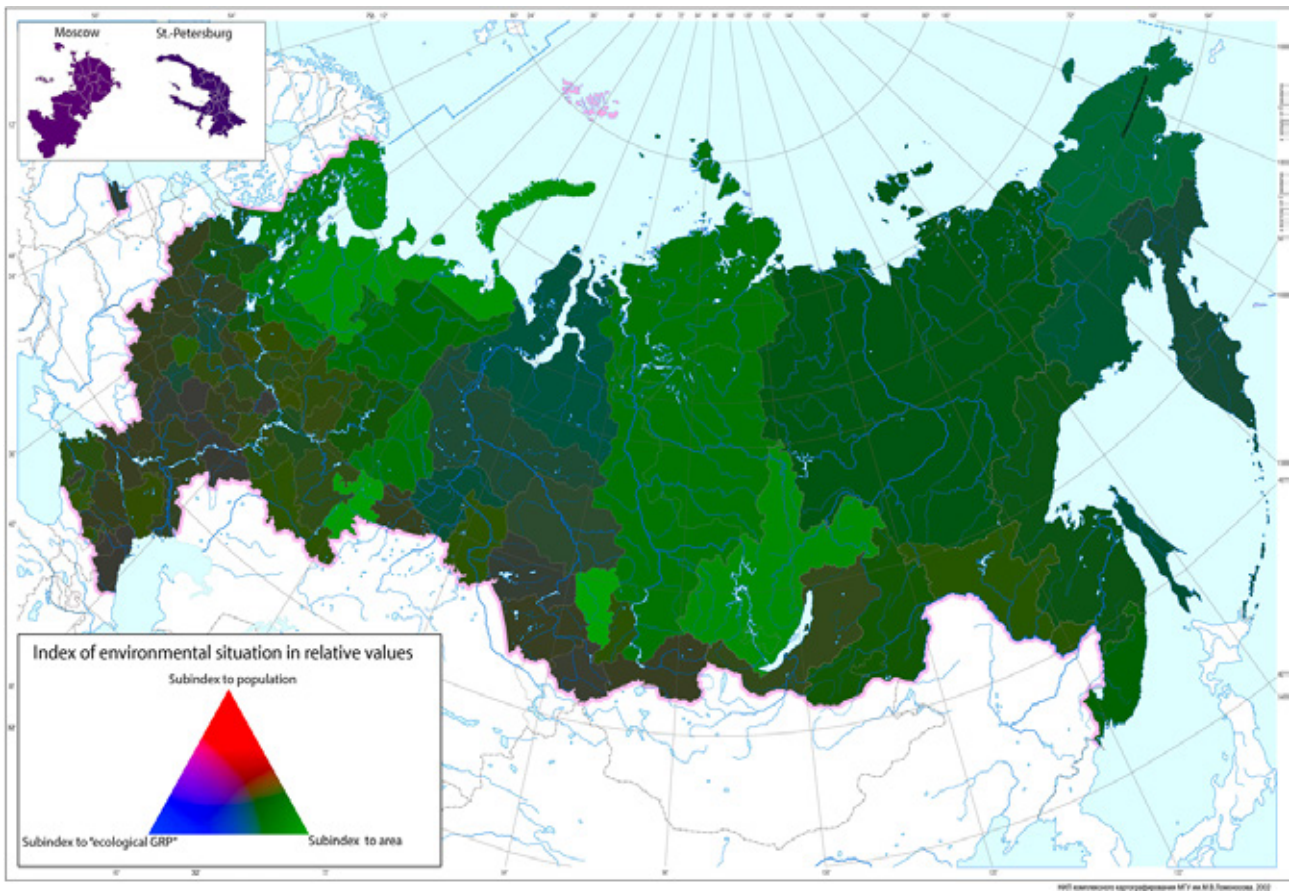


Fig. 7. Components of index of environmental situation

Besides stepless maps, was built a map that illustrates proportion of components of index of the ecological situation in relative values. It was created according to the method of colour triangle where each colour is proportional to its corresponding subindex (Fig. 7).

The second approach for increasing reliability – multivariate of classification methods, which is used on these cards. Selecting of homogenous groups of territories performed by three algorithms (SAS..., 1985):

- selection of similar stages from ranked values of a number of Euclidean distances to the best conditional territorial unit, characterised by values of 0x ;
- Ward's method, which minimizes the total within-cluster variance and maximizes it between clusters;
- centroid method, in which the distance between two groups is defined as the square of the Euclidean distance between their averages.

The results obtained in all variants, were similar, indicating high reliability of classification of regions by ecological situation. All received values can be averaged to create single classification. This approach significantly increases the accuracy of the typology.

The third method of multivariate used in the study – the various ways of visualization of results. Diversity of ways to present results of modeling allows to select the final version that convey the essence of phenomena.

Multivariate is the possibility of parallel use of different datasets, mathematical algorithms and methods of visualization of results. Use of multivariate resulting in higher reliability of the final conclusions and allows better analyse all the factors that constitute this or that phenomenon.

***Acknowledgements:** The study was supported by grant of the Russian Science Foundation (project №15-17-30009).*

REFERENCES

1. SAS Institute Inc., 1985, SAS User's Guide: Statistics, version 5 edition. Cary, N.C.: SAS Institute Inc.
2. Tikunov V.S., Treyvish A.I. 2006, An attempt to estimate geographical size of countries and their regions, Moscow University Herald, ser 5 Geography, № 1, 40–49 (in Russian).
3. Tikunov V.S. 1990, Multiple modeling geographic systems, Izvestija AN SSSR, ser. geografich., N 5, 106–118 (in Russian).

ТЕМАТИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС

УДК 528.926:004

Д.В. Лисицкий¹, Е.В. Комиссарова², А.А. Колесников³, М.Н. Шарыпова⁴

АНИМАЦИОННАЯ КАРТОГРАФИЯ – ОДНО ИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ НАУКИ И ПРАКТИКИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ

Резюме. Создание анимационных картографических произведений – это развивающееся направление в современной отечественной и зарубежной компьютерной картографии. В работе [Лисицкий, Хорошилов, Колесников, 2014] авторами обусловлено это развивающееся направление тем, что «...обилие и доступность программных средств анимации, большая практика применения анимационных эффектов в представлении пространства в различных компьютерных играх привели к спонтанной активизации широких слоев пользователей к созданию разнообразных картографических изображений в сочетании с различными анимационными элементами».

Дана оценка развития анимационной картографии на основании изучения материалов международных картографических конференций, проведенных Международной картографической ассоциацией и международного конгресса «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» за период с 2006 г. по 2015 г. Результаты подсчета распределения докладов на международных конференциях и конгрессах приведены в таблицах, иллюстрированы рисунками и сделаны выводы.

Сформулированы определения: «анимационная картография» и «двухмерная анимационная карта». Анимация в двухмерной картографии дают возможность по-новому взглянуть на общую теорию языка картографического изображения и позволяет по-новому трактовать три основных составляющих семиотических принципов, поэтому определена проблема для научно-практического исследования и сформулированы задачи, которые необходимо решить для достижения ее.

Ключевые слова: анимационная картография, двухмерная анимационная карта, анимационное картографирование динамики и процессов.

Введение. Особую роль в формировании современной картографии играют мультимедийные средства и технологии, а одним из наиболее востребованных мультимедийных средств на сегодняшний день является анимация, поэтому активный интерес вызывает *картографическая анимация* [Лисицкий, Колесников, Комиссарова, Бугаков, Писарев, 2014].

Значительный вклад в той или иной мере, внесли в развитие отечественной и зарубежной картографической анимации работы А.М. Берлянта, В.С. Тикунова, Л.А. Ушаковой, И.А. Рьльского, Г.А. Гиенко, А.Я. Гиенко, Н. Тройэра, Корнвелла и А. Робинсона, J. Halas, G.M. Hunter, E.L. Levitan, D. Dukaczewski, M. Harrower, M.J. Kraak, F. Ormeling, M.P. Peterson, J.M. Henderson и др., а также работы сотрудников нашего университета Д.В. Лисицкого, А.Ю. Матерука, А.А. Колесникова, Е.В. Комиссаровой.

В статьях [Лисицкий, Хорошилов, Колесников, 2014; Лисицкий, Комиссарова, Колесников, Шарыпова, 2015] авторами рассмотрены базовые возможности анимации, обеспечивающие интерес специалистов различных профилей, и картографов в том числе, к этой технологии:

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий; e-mail: ddis@ssga.ru.

² Сибирский государственный университет геосистем и технологий; e-mail: komissarova_e@mail.ru.

³ Сибирский государственный университет геосистем и технологий; e-mail: alexeykw@mail.ru.

⁴ Сибирский государственный университет геосистем и технологий; e-mail: sharypova93@mail.ru.

- бурный прогресс компьютерной техники;
- обилие и доступность программных средств анимации;
- большая практика применения анимационных эффектов в представлении пространства в различных компьютерных играх привели к спонтанной активизации широких слоев пользователей;
- в сети Интернет начали появляться и широко распространяться программные инструменты для самостоятельного составления анимационных карт в виде специальных редакторов, ориентированных на неподготовленных по картографии и машинной графике пользователей.

В сети Интернет можно найти массу анимированных или анимационных карт по истории для начальной и средней общеобразовательной школы, а также анимационные карты прогноза погоды, магистральных нефтепроводов и др. (рис. 1).



Рис. 1. Анимационные карты в сети Интернет

На сегодняшний день в отечественной и зарубежной анимационной картографии практические разработки опережают ее теоретическую и методическую основу, но большим недостатком является то, что еще не определены в достаточной степени сущность, содержание, базовые понятия, принципы, основные характеристики и параметры, не разработаны типовые приемы и технологические схемы создания, оформления и воспроизведения анимационных карт и другие вопросы. Также нужно упомянуть, что основной проблемой анимационных карт является то, что, как правило, это лишь анимированные изображения, не позволяющие работать с координатами, выполнять запросы и пространственный анализ [Лисицкий, Хорошилов, Колесников, 2014; Лисицкий, Комиссарова, Колесников, Шарыпова, 2015; Лисицкий, Колесников, Комиссарова, 2014].

Материалы и методы исследований. Для объективной и корректной оценки тенденции развития анимационной картографии были взяты материалы предыдущего аналитического обзора [Лисицкий, Комиссарова, Колесников, Шарыпова, 2015] и дополнены материалами конференции Международной картографической ассоциации за период 2015 г, и материалами конгресса «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» за период 2014–2015 гг.

С этой целью рассмотрены материалы международных картографических конференций, проведенных Международной картографической ассоциацией (МКА) за последние 8 лет: 2007 г. (г. Москва, Россия), 2009 г. (г. Сантьяго, Чили), 2011 г. (г. Париж, Франция), 2013 г. (г. Дрезден, Германия) [Лисицкий, Комиссарова, Колесников, Шарыпова, 2015], и 2015 г. (г. Рио – де – Жанейро, Бразилия). Для этого было подсчитано число докладов по анимационной картографии за весь период 2007–2015 гг.

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты обзора распределения докладов на конференциях Международной картографической ассоциации представлены в табл. 1.

Для корректности выводов абсолютные показатели числа доклада были нормированы путем приведения их в проценты относительно общего числа докладов на каждой конференции и за весь период в целом [Лисицкий, Комиссарова, Колесников, Шарыпова, 2015].

Таблица 1

Абсолютные и относительные (в процентах) показатели конференций МКА по анимационной картографии

	2007 г.	2009 г.	2011 г.	2013 г.	2015 г.	2007–2015 гг.
Анимационная картография	3/1	3/1	9/4	8/2	5/1	28/2
Всего докладов МКА	330/97	246/100	200/99	442/99	508/99	1726/100

Анализ числа докладов, выраженных в относительной мере (в процентах), за период с 2007 г. по 2015 г. позволяет сделать вывод, о том, что наибольший интерес к анимационной картографии был в 2011 г., это можно объяснить тем, что на сегодняшний день в анимационной картографии практические разработки опережают ее теоретическую и методическую основу [Лисицкий, Колесников, Комиссарова, 2014; Хорошилов, Комиссарова, Колесников, 2012]. Наиболее наглядно результаты показаны на рисунке 2.

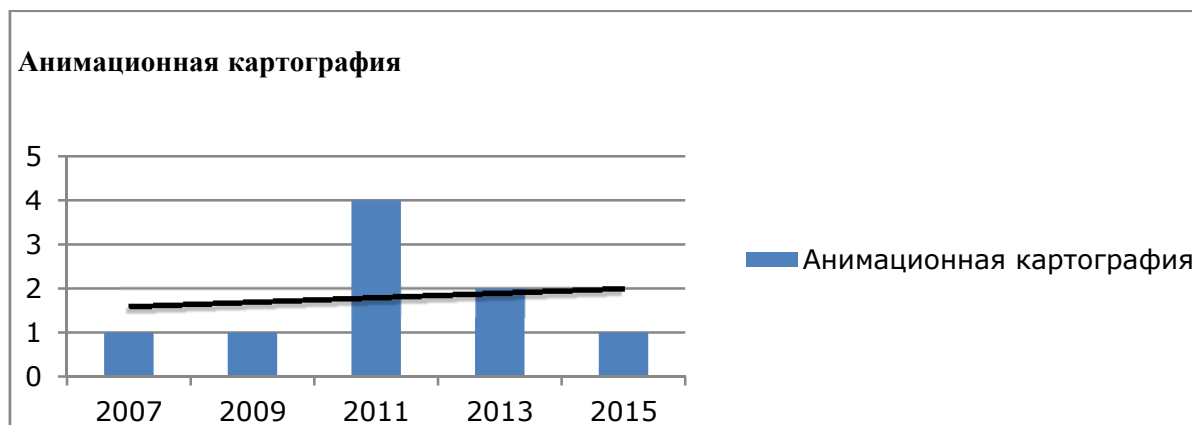


Рис. 2. График распределения докладов по анимационной картографии на конференции МКА за период 2007–2015 гг.

Для сопоставления этих мировых интересов и тенденций с российскими, рассмотрим в качестве примера распределение докладов из области картографии на конференциях, проводимых в рамках Международного конгресса «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» [Лисицкий, Комиссарова, Колесников, Шарыпова, 2015].

Также сделана выборка из материалов конгресса на период с 2006 г. по 2015 г. и подсчитано распределение докладов по анимационной картографии. Результаты подсчета распределения докладов на конференциях конгресса «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» приведены в табл. 2.

Абсолютные и относительные (в процентах) показатели конгрессов «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» по анимационной картографии

	2006–2007 г.	2008–2009 г.	2010–2011 г.	2012–2013 г.	2014–2015 г.	2006–2015 гг.
Анимационная картография	0/0	2/4	2/1	3/3	5/5	12/3
Всего докладов Интерэкспо ГЕО-Сибирь	58/100	52/100	128/100	99/99	103/100	440/98

По данным таблицы 2 для наглядности можно построить график распределения докладов (рис. 3) за весь указанный период проведения международных конгрессов «Интерэкспо ГЕО-Сибирь».

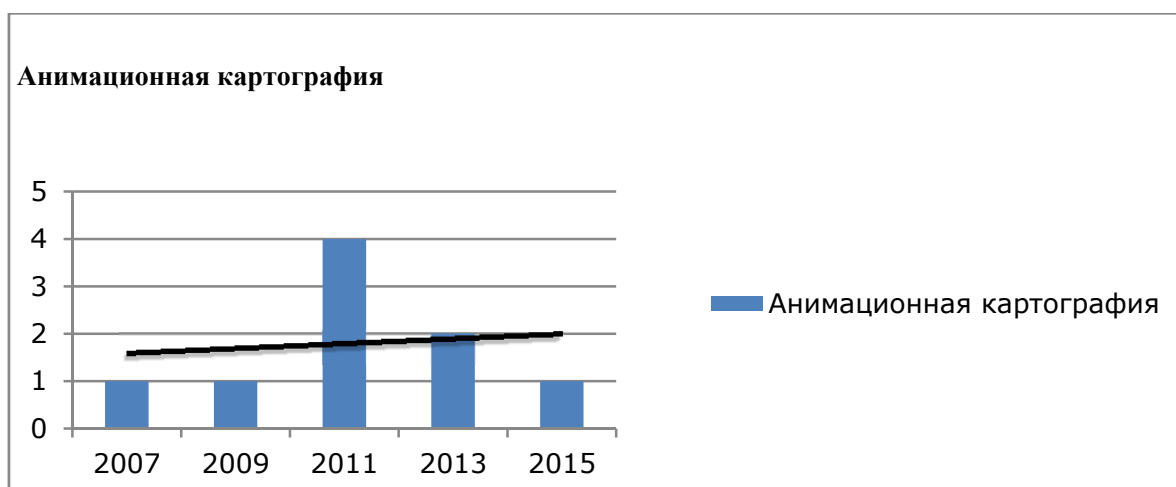


Рис. 3. График распределения докладов по анимационной картографии на конгрессах «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» за период 2006–2015 гг.

На графике распределения докладов по анимационной картографии на конгрессах «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» за период 2006 – 2015 гг. (рисунок 2) наблюдается тенденция роста показателей по анимационной картографии. Если сопоставить показатели распределения докладов, можно сделать вывод, что интерес к анимационной картографии на конгрессах «Интерэкспо ГЕО-Сибирь», существенно отличается от интересов конференций Международной картографической ассоциации.

Выводы. Таким образом, в результате проведенного аналитического обзора публикаций по материалам этих конференций можно сделать вывод, что внимание к анимации в картографии сейчас особенно актуально, но отсутствуют теоретические и методологические основы анимационного картографирования, нет методики создания и использования анимационного картографического произведения, которое бы отвечало требованиям современной картографии в эпоху информатизации [Лисицкий, Хорошилов, Колесников, 2014; Шарыпова, 2016].

В Сибирском государственном университете геосистем и технологий в рамках научной школы «Геоинформационное пространство» под руководством профессора, доктора технических наук, директора НИИ стратегического развития университета Лисицкого Дмитрия Витальевича в последние годы ведутся научно-исследовательские и научно-практические работы в области «анимационная картография» по трем направлениям (рисунок 4) [Лисицкий, Хорошилов, Колесников, 2014; Лисицкий, Колесников, Комиссарова, 2014].



Рис. 4. Направления научно-исследовательских и научно-практических работ по анимационной картографии

Учитывая изложенное, рассмотрим некоторые базовые представления об двухмерных анимационных картографических произведениях на примере двухмерной анимационной карты.

Двухмерная анимационная карта обладает всеми основными свойствами традиционной карты, но отличительной стороной ее является:

- возможность отображения картографическим методом динамики изменения местности в целом и отдельных пространственных объектов (явлений, процессов) и их характеристик;
- введение понятия масштаба времени изображения (или временного масштаба изображения), то есть в картографические объекты добавляется еще одна координата – время, которой также можно управлять, переходить к определенному временному значению или интервалу, изменять скорость изменения (течения) времени и другое;
- динамическая генерализация, которая отвечает за переход от картографического изображения одного временного состояния к другому, позднее или раньше по времени. И для традиционной и для динамической генерализации основные принципы схожи, но имеются и некоторые дополнительные параметры: скорость изменения характеристик объекта (явления, процесса); важность объектов (явлений); отслеживание изменения объекта (явления, процесса) во времени; взаимная согласованность на отдельном промежутке времени (более высокая сложность топологических связей) [Лисицкий, Комиссарова, Колесников, Шарыпова, 2015; Колесников, Комиссарова, Шарыпова, 2015].

Как уже было выше сказано, что еще нет термина «анимационная картография» [Лисицкий, Комиссарова, Колесников, Шарыпова, 2015; Лисицкий, Колесников, Комиссарова, 2014], поэтому на основе собственных исследований, проведенного обзора и анализа понятий анимации в картографии, в представлении различных авторов попытаемся впервые сформулировать определения *анимационная картография* и *двухмерная анимационная карта*, где показана их сущность и особенности.

Таким образом, *анимационная картография* – это раздел картографии, обеспечивающий отображение динамики окружающего мира путем сочетания методов и приемов традиционной картографии и компьютерной анимации. Реализуется анимационная картография на базе геоинформационных технологий, программных и технических средств, позволяющих осуществлять интеграцию картографического изображения с эффектами динамики и движения с учетом временного масштаба.

Двухмерная анимационная карта – это картографическое изображение, дополненное динамическими и движущимися элементами, которые привязаны к конкретным объектам (явлениям) карты по временному масштабу, и построенное с помощью программных и технических средств в сочетании разнообразных приемов и методов традиционной картографии и двухмерной анимации. На такой карте картографическое изображение и движущие элементы интегрированы в единой информационной среде.

Применение анимации в двухмерной картографии дают возможность по-новому взглянуть и на общую теорию языка картографического изображения и позволяет по-новому трактовать три основных составляющих *семиотических* принципов – *семантику, синтактику, прагматику*.

С позиции *семантики*, анимация позволяет с большей достоверностью соотносить условные знаки с самими отображаемыми динамическими объектами или явлениями путем повторения траекторий движения и характера изменений.

С позиции *синтактики*, анимация позволяет дополнить основные правила построения системы картографических знаков путем использования новых типов динамических условных знаков, способов анимирования систем условных знаков и карты в целом.

С позиции *прагматики*, применение анимация позволяет усиливать информационную ценность условных знаков как средства передачи информации о динамике окружающего мира и особенности ее восприятия пользователями карты, расширяя объем информации об объектах или явлениях с помощью эффектов анимации.

Разработанные анимационные карты могут быть воспроизведены также в очках виртуальной реальности, либо служить основой для создания виртуальных картографических произведений.

Из вышесказанного следует, что целью проводимого исследования является теоретическое обоснование сущности, особенностей двухмерных анимационных картографических произведений и разработка методологических основ их составления и использования, поэтому необходимо для этого решить следующие задачи:

- исследовать характеристики и параметры двухмерного анимационного картографирования;
- раскрыть особенности, выявить достоинства и недостатки двухмерных анимационных картографических произведений;
- обосновать сущность и терминологию двухмерных анимационных картографических произведений, сформулировать их основные свойства и определить их место в общей классификации картографических произведений;
- разработать теорию и методику генерализации двухмерных анимационных картографических произведений;
- сформулировать систему параметров картографического процесса создания двухмерных динамических картографических изображений, которая может использоваться для управления их качеством и эксплуатационными характеристиками.

Таким образом, с появлением анимации в двухмерной картографии изменилась содержательная сущность, условные обозначения, способы изображения, использования, информативность и особенность восприятия пользователями картографической информации, поэтому внимание к анимации в двухмерной картографии сейчас особенно актуально [Колесников, Комиссарова, Шарыпова, 2015; Лисицкий, Комиссарова, Колесников, Шарыпова, 2016; Шарыпова, 2016].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анимационная картография – сущность, характеристики и перспективы картографии / Д.В. Лисицкий, В.С. Хорошилов, А.А. Колесников // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 4/с. – С. 91–97.
2. Мультимедийное направление в картографии / Д. В. Лисицкий, А.А. Колесников, Е.В. Комиссарова, П.Ю. Бугаков, В.С. Писарев // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 3 – С. 40 – 44.
3. Оценка направлений и тенденций развития современной картографии / Д.В. Лисицкий, Е.В. Комиссарова, А.А. Колесников, М.Н. Шарыпова // Геодезия и картография. Москва – 2015. – № 11 – С. 57– 63.
4. Мультимедийное направление в научно-исследовательской деятельности лаборатории «Геоинформационное картографирование» / Д.В. Лисицкий, А.А. Колесников, Е.В. Комиссарова // Сб. матер.международной научно-методич. конф. В 3 ч. Ч. 1. – Новосибирск: СГГА, 2014. – С. 134–138.
5. Эффекты анимации в пользовательских интерфейсах с помощью картографии / В.С. Хорошилов, Е.В. Комиссарова, А.А. Колесников // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2/1. – С. 242–244.

6. К вопросу о способе хранения пространственных объектов для анимационных карт / А.А. Колесников, Е.В. Комиссарова, М.Н. Шарыпова // Интерэкспо Гео-Сибирь-2015. XI Междунар. научн. конгр, 13-25 апреля 2015 г., Новосибирск: междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»: сб. матер. В 2 т. Т. 2. – Новосибирск: СГУГиТ, 2015. – С. 29-32.

7. Двухмерные анимационные картографические произведения / Д.В. Лисицкий, Е.В. Комиссарова, А.А. Колесников, М.Н. Шарыпова // Интергеоэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. 18-22 апреля 2016 г., Новосибирск: Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»: сб. материалов в 2 т. Т.1. – Новосибирск – СГУГиТ, 2016. – С. 100 – 105.

8. Шарыпова М.Н. Состояние и тенденции развития анимационной картографии / М.Н. Шарыпова // Интергеоэкспо ГЕО-Сибирь–2016. XII Междунар. науч. конгр. 18-22 апреля 2016 г., Новосибирск: Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»: сб. материалов в 2 т. Т.1. – Новосибирск – СГУГиТ, 2016. – С. 200 – 204.

D.V. Lisitsky¹, E.V. Komissarova², A.A. Kolesnikov³, M.N. Sharypova⁴

ANIMATION CARTOGRAPHY - ONE OF PERSPECTIVE DIRECTIONS IN CARTOGRAPHIC SCIENCE AND PRACTICE IN THE CURRENT CONDITIONS OF MAPPING THE DYNAMICS PROCESSES AND EFFECTS

***Abstract.** Creation of animated cartographic products – a growing trend in modern domestic and foreign computer mapping. In [Lisitsky, Khoroshilov Kolesnikov, 2014], the authors explained this by saying that «... the abundance and availability of software tools, a wide practice of animation effects in the representation of space in a variety of computer games led to spontaneous activation of the general users to create a variety of map images combination with various animation elements». The estimation of the development of animation cartography based on materials of international cartographic conferences of the International Cartographic Association and the International Congress «Interexpo GEO-Siberia» for the period from 2006 to 2015. The results of calculation of the distribution of papers in international conferences and congresses are presented in the tables illustrated figures and conclusions. The article formulated definitions «animation mapping» and «two-dimensional animation map». Animation in a two-dimensional mapping provide an opportunity to take a fresh look at the general theory of cartographic representation and allows new interpretation of the three main components of semiotic principles.*

***Key words:** Animation mapping, dimensional animated map animated mapping of the dynamics and processes.*

REFERENCES

1. Animacionnaya kartografiya – sushchnost', harakteristiki i perspektivy kartografii [Animated cartography – the nature, characteristics and perspectives of Cartography] / D.V. Lisitskiy, V.S. Horoshilov, A.A. Kolesnikov // Izv. vuzov. Geodeziya i aehrofotos»emka. – 2014. – № 4/p. – Pp. 91–97.

2. Mul'timedijnoe napravlenie v kartografii [Multimedia trend in cartography] / D.V Lisitskiy, A.A. Kolesnikov, E.V. Komissarova, P.Yu. Bugakov, V.S. Pisarev // Izv. vuzov. Geodeziya i aehrofotos»emka. – 2014. – № 3 – Pp. 40 – 44.

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies; e-mail: ddis@ssga.ru.

² Siberian State University of Geosystems and Technologies; e-mail: komissarova_e@mail.ru.

³ Siberian State University of Geosystems and Technologies; e-mail: alexeykw@mail.ru.

⁴ Siberian State University of Geosystems and Technologies; e-mail: sharypova93@mail.ru.

3. Ocenka napravlenij i tendencij razvitiya sovremennoj kartografii [Assessment of trends and tendencies of development of modern cartography] / D.V. Lisickij, E.V. Komissarova, A.A. Kolesnikov, M.N. SHarypova // Geodeziya i kartografiya. Moskva – 2015. – № 11 – Pp. 57– 63.

4. Mul'timedijnoe napravlenie v nauchno-issledovatel'skoj deyatel'nosti laboratorii «Geoinformacionnoe kartografirovanie» [Multimedia in the direction of the research activities of the laboratory «GIS mapping»] / D.V. Lisickij, A.A. Kolesnikov, E.V. Komissarova //Sb. mater.mezhdunarodnoj nauchno-metodich. konf. V 3 ch. CH. 1. – Novosibirsk: SGGa, 2014. – Pp. 134–138.

5. Ehffekty animacii v pol'zovatel'skih interfejsah s pomoshch'yu kartografii [Effects animation in user interfaces using cartography] / V.S. Horoshilov, E.V. Komissarova, A.A. Kolesnikov // Izv. vuzov. Geodeziya i aehrofotos»emka. – 2012. – № 2/1. – Pp. 242–244.

6. K voprosu o sposobe hraneniya prostranstvennyh ob»ektov dlya animacionnyh kart [On the question of the method of storage of spatial objects for animated cards] / A.A. Kolesnikov, E.V. Komissarova, M.N. SHarypova // Interehkspo Geo-Sibir'-2015. XI Mezhdunar. nauchn. kongr, 13-25 aprelya 2015 g., Novosibirsk: mezhdunar. nauch. konf. «Geodeziya, geoinformatika, kartografiya, markshejderiya»: sb. mater. V. 2. – Novosibirsk: SGUGiT, 2015. – Pp. 29-32.

7. Dvuhmernye animacionnye kartograficheskie proizvedeniya [Two-dimensional animated cartographic works] / D. V. Lisickij, E.V. Komissarova, A.A. Kolesnikov, M.N. SHarypova // Intergeoehkspo GEO-Sibir'-2016. XII Mezhdunar.nauch.kongr.18-22 aprelya 2016 g., Novosibirsk: Mezhdunar.nauch. konf. «Geodeziya, geoinformatika, kartografiya, markshejderiya»: sb. materialov v 2 t.T.1. – Novosibirsk – SGUGiT, 2016. – Pp. 100 – 105.

8. *Sharypova M.N.* Sostoyanie i tendencii razvitiya animacionnoj kartografii [Status and trends of the development of animation cartography] / M.N. SHarypova // Intergeoehkspo GEO-Sibir'-2016. XII Mezhdunar.nauch.kongr.18-22 aprelya 2016 g., Novosibirsk: Mezhdunar.nauch. konf. «Geodeziya, geoinformatika, kartografiya, markshejderiya»: sb. materialov V 1. – Novosibirsk – SGUGiT, 2016. – Pp. 200 – 204.

УДК 528.91:002

С.С. Дышлюк¹

АДАПТИВНАЯ КАРТОГРАФИЯ ДЛЯ СОВРЕМЕННОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА: ОТ МНОГОЦЕЛЕВОГО КАРТОГРАФИЧЕСКОГО РЕСУРСА К «УМНОЙ» КАРТЕ

Резюме. Характерной особенностью настоящего периода развития картографии является принципиальное изменение ее роли и функции в экономике и жизнедеятельности современного общества, что вызвано революционными изменениями в области информатизации [Лисицкий, 2015; Дышлюк, 2015].

Ключевые слова: карта, функции карты, ГИС, пространственные данные, многоцелевой картографический ресурс, «умная карта», потребитель.

Введение. На протяжении веков концептуальные положения картографии складывались под влиянием потребностей человеческой деятельности и возможностей технической реализации основных процессов. В середине двадцатого века мировое сообщество понимало под картографией науку о картах как особом способе моделирования и изображения окружающего пространства, их создании и использовании. При этом, что очень важно, картография была ориентирована на зрительное восприятие мира человеком посредством картогра-

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий; e-mail: ss9573@yandex.ru.

фического произведения в виде специфической образно-знаковой метрической модели. Эта модель являлась информационным продуктом, обладала целым рядом полезных свойств, характеризовалась набором принятых функций, но при этом имела определенные ограничения [Лисицкий, 2015; Дышлюк, 2015].

Карта, как базовый продукт картографии, представляет собой специфическую информационную модель земной поверхности, поверхностей других небесных тел, обладающую целым рядом свойств и характеристик, в первую очередь метрической точностью, образностью, знаковостью, масштабируемостью, способностью отображения с минимальными искажениями на плоскости длин, углов, площадей, форм объектов и самой поверхности. Многолетние научные исследования и производственная практика довели свойства современных карт до совершенства, близкого к представлению об «идеальной карте» [Ибаньес, 2014], удовлетворяющей требованиям потребителей.

Однако в последние годы ситуация существенно изменилась. Наступившая информационная (постиндустриальная) эпоха, сопутствующий ей научно-технический прогресс в области интернета, мобильной связи, портативной компьютерной техники обусловили стремительные темпы информатизации человечества, приводящей в конечном итоге к формированию информационного общества [Castells M., 2010].

Материалы и методы исследования. К основным свойствам карты относятся:

- образно-знаковое представление расположенных на (над, под) поверхности Земли любых пространственных объектов – самой земной поверхности и ее частей, объектов, событий, процессов, явлений (природных и техногенных, реальных и виртуальных);
- дискретные масштабные уровни;
- определенное содержание, ориентированное на тематическую область;
- генерализация;
- математическая основа, в том числе картографические проекции;
- метрическая точность задания местоположения объекта в пространстве;
- обзорность и читаемость.

К основным функциям можно отнести (по К.А. Салищеву) четыре функции карт как моделей действительности:

1. Коммуникативную, обеспечивающую информационную коммуникацию, т.е. передачу пространственной информации посредством карт при их использовании как источника сведений, а также как хранилище информации;
2. Оперативную, обеспечивающую решение с помощью карт различных практических задач, например в навигации, при планировании трасс путей сообщения, разработке планов освоения территории и др.;
3. Познавательную, предназначенную для использования специалистами разных отраслей науки (и прочей деятельности) и учащимися для приобретения знаний;
4. Прогностическую, осуществляемую при выявлении направлений будущего развития изучаемых областей природы и деятельности человека.

Однако стоит отметить, что все функции карты могут «работать» только при условии взаимодействия человека с картой.

В качестве основных ограничений возможностей традиционной карты следует отнести:

- отображение трехмерного окружающего пространства двумерными моделями;
- сложности отображения динамики процессов и явлений, происходящих в пространстве;
- координатные искажения исходных данных (полученных в результате измерений при съемках местности), обусловленные проекционным преобразованием, составительскими процессами и измерениям по картам;
- ограничения в объемах информации, обусловленные требованиями читаемости карт;
- необходимость представления картографической информации дискретными массивами, соответствующими картографической разграфке по листам, трапециям, планшетам.

В конце двадцатого – начале двадцать первого века осуществился переход человечества в эпоху информатизации, основу которой составляет идеология цифровой компьютерной обработки данных и связанной с ней создание и использование информационного электронного пространства, включающего Интернет и мобильную связь). Этот процесс коренным образом изменил требования к картографии со стороны традиционных потребителей картографической информации, инициировал появление новых задач и новых потребителей пространственной информации, потребовал пересмотра ключевых позиций картографии, предоставил новые технические возможности для компьютеризации процессов создания и использования карт.

В результате осуществленного в картографии научно-технического прогресса за сравнительно небольшой промежуток времени произошли существенные изменения в части основных свойств, характеристик и основных функций карт, роли и места картографии в экономике и жизни общества, методах и технологиях:

- появились методы цифровой, геоинформационной, мультимедийной, в том числе анимационной, трехмерной, навигационной, мобильной картографии;

- изменилась функция самой карты в процессах исследования и познания пространства от функции источника информации для непосредственно исследования к функции интерфейса для постановки задачи и оценки результатов исследования; функции же источника информации выполняет пространственная геоинформационная модель пространства, а само исследование непосредственно осуществляется в среде геоинформатики;

- меняется классический картографический метод исследования в направлении осуществления познание посредством использования накопленных картографических знаний, реализованных в виде алгоритмов и программ в составе геоинформационных и экспертных систем (систем искусственного интеллекта).

Перечисленные изменения в своей совокупности позволяют сделать вывод об изменении самой сущности картографии: из науки о создании и использовании карт картография постепенно преобразовывается в фундаментальную науку о методах представления, моделирования, исследования и познания окружающего нас пространства. Накопленные количественные изменения в картографии обуславливают возможность качественного преобразования самой сущности картографического подхода. Более того, дальнейшее развитие компьютерных методов и переход человечества к информационному обществу позволяет рассматривать вариант перехода от базового информационного продукта – карты к новому картографическому продукту, названного нами многофункциональный картографический ресурс (МКР) [Лисицкий, 2015; Дышлюк, 2015] и далее к понятию «Умная» карта.

Рассмотрим этот момент более детально.

Результаты исследований и их обсуждение. До настоящего времени, конечный потребитель имел возможность получать информацию о пространственном положении объектов окружающего пространства уже с готовой карты, выведенной на экран или распечатанной на бумаге (рис. 1).

Однако, как уже отмечалось, сегодня цифровые карты не являются источником пространственной информации, а являются картографическим интерфейсом между потребителем и базой пространственных данных. Исходя из этого, следует признать, что такая карта с новыми функциями должна отличаться от традиционной карты. Таким продуктом и может служить многоцелевой картографический ресурс, имеющий качественные отличия от простой совокупности картографических материалов.

Во-первых, многоцелевой картографический ресурс будет представлять собой специализированную информационную картографическую систему, включающую картографическую информацию и средства работы с ней с целью формирования законченных информационных продуктов – карт.

Во-вторых, новый вид цифровой картографической продукции объединит в себе свойства цифровых карт, справочно-картографических систем, некоторые элементы ГИС и другого прикладного мультимедийного программного обеспечения, например, графических редакторов.

Главным МКР будет то, что этот продукт «связывает» между собой в единую совокупность и делает доступными для широкого и совместного использования любые пространственные данные.

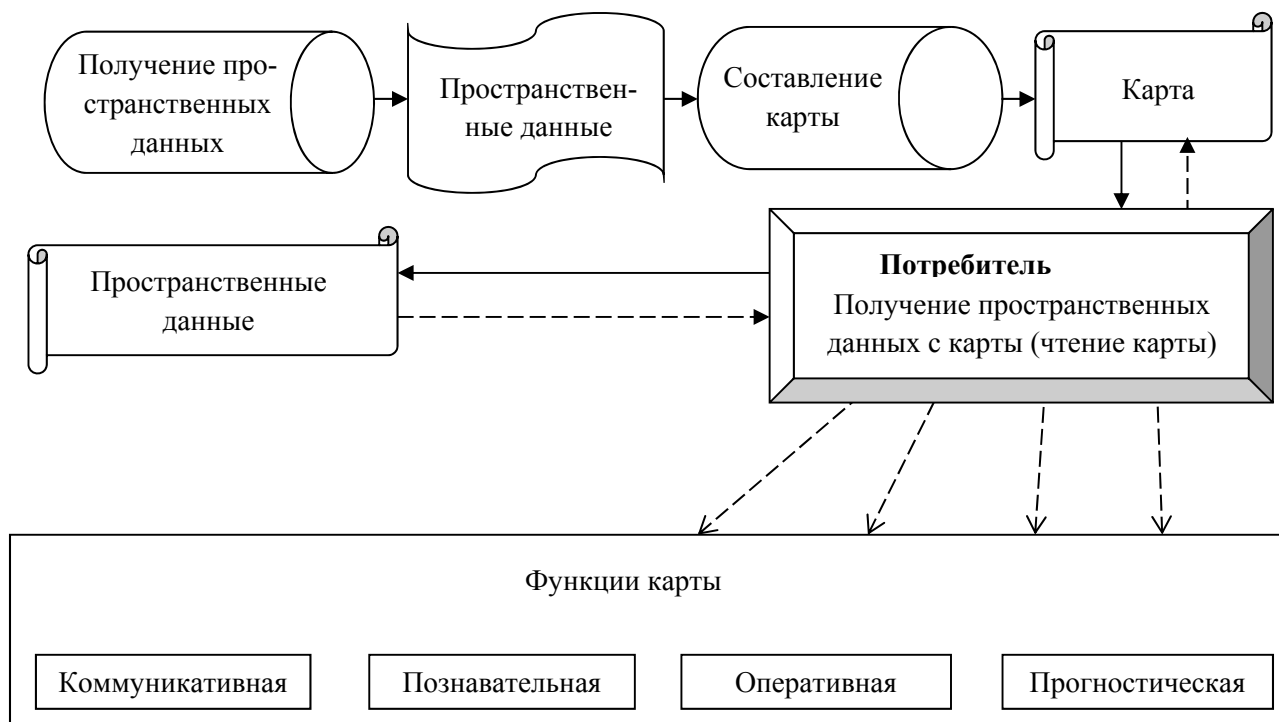


Рис. 1. Схема получения потребителем пространственных данных с карты

В-третьих, МКР позволит формировать автоматически в режиме он-лайн по конкретным запросам потребителей любые требуемые топографические отображения и дополнительно создавать на них произвольные тематические слои, ориентированные на требования каждого конкретного потребителя).

В-четвертых, функциональные возможности МКР позволяют осуществлять:

- отображение карты на любом техническом носителе или в виде твердой копии;
- плавное изменение масштаба карты;
- построение любого картографического отображения с помощью прикладного программного обеспечения;
- получение атрибутивной информации по объектам (без визуализации).
- полный контроль над всеми операциями визуализации геоданных.

В-пятых, сохраняются основные функции карт (По Салищеву К.А.), свойства карт в МКР и снимаются многие ограничения, а именно:

- сохраняется образно-знаковое представление пространственных объектов;
- появляется возможность непрерывного изменения масштабов;
- потребитель имеет возможность формировать любое тематическое содержание и не ограничиваться территорией;
- появляется возможность задания необходимых пользователю критериев обобщения;
- появляется возможность трехмерного отображения объектов пространства и построения перспективных изображений;
- появляется возможность отображения сложных динамических процессов и объектов;
- исключается влияние ошибок, обусловленных процессами преобразования данных и составительскими процессами;
- увеличивается охват территории, то есть нет ограничений по разграфке, но при этом сохраняется читаемость информационных продуктов-карт.

1. Карта, которая может картографировать в реальном времени?
 2. Карта, позволяющая взаимодействовать с объектами на физическом и зрительном уровне, в состав которой входит многофункциональный обзор местности, с переключением на коммуникации?
 3. Карта, отображающая объекты в 3D и 4D форматах, имеющая многоязычность, гибкость в зависимости от пожеланий пользователя?
 4. Карта, дающая прогноз для служб МЧС и варианты решений возникающих проблем?
 7. Карта, которой можно управлять с помощью голосовых команд?
- Скорее всего это должна быть комплексный продукт (карта), включающая все перечисленные возможности, а также будет являться связующим звеном во взаимодействии МКР-потребитель. (рис. 3).

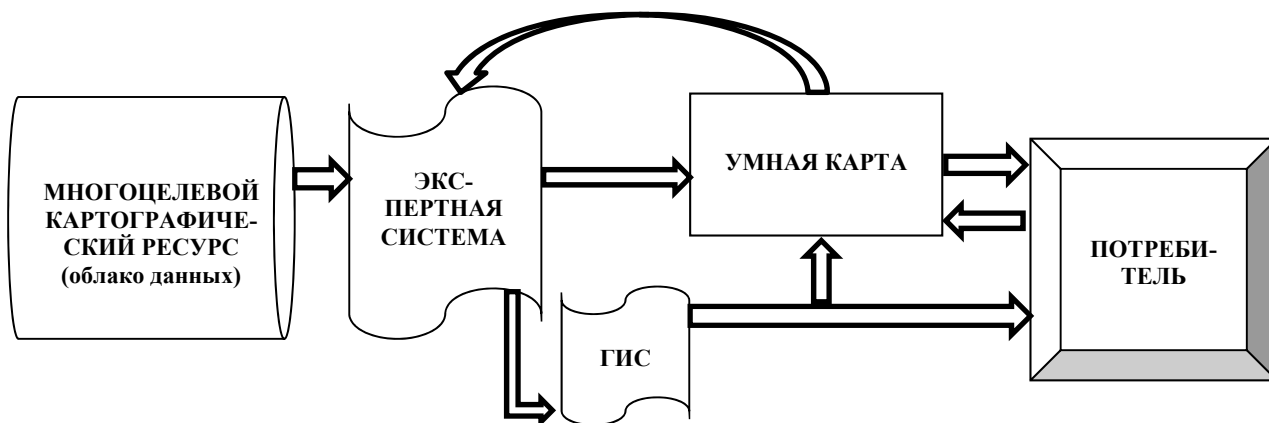


Рис. 3. Взаимодействии МКР-«Умная карта»

Выводы. Таким образом, такие понятия как многоцелевой картографический ресурс и «умная карта» уже становится не просто пассивным носителем информации о пространственных объектах, а в отличие от традиционной карты интерактивной системой, обладающей совокупностью возможностей, способов и методов взаимодействия с потребителем. В данном случае именно потребитель управляет картографической системой и получает необходимый ему информационный продукт [Лисицкий, 2015; Дышлюк, 2015].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ибаньес Р. Мечта об идеальной карте. Мир математики: в 40 т. Т.26: Картография и математики. Пер. с исп. М.: Де Агостини, 2014. 176 с.
2. Castells M. The Information Age: Economy, Society and Culture. Vol. I: The Rise of the Network Society – Wiley-Blackwell, 2010.
3. Лисицкий Д.В., Дышлюк С.С. Многоцелевой картографический ресурс – новое направление в картографии // Геодезия и картография. – 2015. – № 11 – С. 9–13.

S.S. Dyshlyuk¹

ADAPTIVE CARTOGRAPHY FOR THE MODERN INFORMATION SOCIETY: FROM MULTI-PURPOSE MAP RESOURCE TO «SMART» MAP

Abstract. For centuries, the conceptual foundations of cartography was influenced by the needs of human activities and possibilities of technical realization of basic processes. In the mid-

¹ Siberian state University of geosystems and technologies; e-mail: ss9573@yandex.ru.

twentieth century, the international community understood the science of cartography maps as a specific way of modeling and image of the surrounding space, their creation and use. At the same time, which is very important, cartography has been focused on the visual perception of the world through map compositions in the form of specific figurative-symbolic metric model. This model served as an information product, had a number of useful properties, characterized by a set of assumed functions, but have some limitations [Lissitzky, 2015; strategic, 2015].

Card, as the basic product of cartography, is a specific information model of the earth's surface, surfaces of other celestial bodies, has a number of properties and characteristics, primarily the metric precision, the imagery, the symbolism, scalability, ability of the display with minimal distortion in the plane of the lengths, angles, areas, shapes of the objects and the surface. Many years of research and industrial practice brought the properties of modern cards to perfection, close to the idea of a «perfect map» [Ibañez, 2014], meet the requirements of consumers.

However, in recent years the situation has changed significantly. The information (postindustrial) era, accompanying scientific and technical progress in the field of Internet, mobile communication, portable computer technology led to the rapid pace of Informatization of humanity, leading eventually to the formation of the information society [Castells M., 2010].

Key words: map, function map, GIS, spatial data, multi-purpose cartographic resource, a «smart card», consumer.

REFERENCES

1. Iban'es R. Mechta ob ideal'noj karte [The dream of a perfect map.] Mir matematiki: v 40 t. T.26: Kartografiya i matematiki. Per. s isp. M.: De Agostini, 2014. 176 p.
2. Castells M. The Information Age: Economy, Society and Culture. Vol. I: The Rise of the Network Society – Wiley-Blackwell, 2010.
3. Lisickij D.V., Dyshlyuk S.S., Mnogocелеvoj kartograficheskij resurs – novoe napravlenie v kartografii [Multipurpose cartographic resource – a new trend in cartography] Geodeziya i kartografiya. – 2015. – №11 – Pp. 9–13.

УДК 528.92

Р.К. Абдуллин¹

КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ВЕБ-СЕРВИСЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ЯВЛЕНИЙ

Резюме. В статье представлена характеристика использования современных технологий веб-картографирования для изучения опасных природных (в первую очередь гидрометеорологических) явлений. Рассмотрены примеры российских и зарубежных картографических веб-сервисов, созданных для решения задач мониторинга и оперативного картографирования таких явлений и вызываемых ими чрезвычайных ситуаций, а также задач их мониторинга и прогнозирования.

Ключевые слова: веб-картография, картографические веб-сервисы, опасные природные явления, геопорталы.

Введение. Современный этап развития картографии и геоинформационных технологий характеризуется интеграцией ГИС в Интернет и развитием веб-картографии, что способствует бо-

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет, Географический факультет, г. Пермь, Россия, аспирант; e-mail: rinaha-26@mail.ru.

лее быстрому обмену разнородной пространственной информацией и открытию одновременного доступа к ней для большого числа пользователей. Технологии создания картографических веб-сервисов и геопорталов широко используются для исследования опасных природных явлений и их последствий. Изучение существующих картографических веб-сервисов позволяет сделать вывод о том, что они направлены на решение вполне определенного круга задач. Во-первых, это задачи мониторинга и прогнозирования как самих явлений, так и возможных чрезвычайных ситуаций (ЧС). Во-вторых, оперативное картографирование опасных явлений и информационное сопровождение возникающих ЧС. Картографические веб-сервисы позволяют эффективно организовать и обеспечивать межведомственное информационное взаимодействие и поддержку принятия решений при возможном развитии ЧС. В России и за рубежом за последние 20 лет накоплен опыт разработки картографических веб-сервисов и геопорталов, направленных на информационное обеспечение оперативного мониторинга и прогнозирования опасных явлений (ОЯ), а также ЧС природного характера, с целью защиты населения от стихийных бедствий (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительная характеристика картографических веб-сервисов, предоставляющих данные об опасных природных явлениях

Название картографического веб-сервиса	Разработчик	Территориальный охват	Основные задачи, решаемые сервисом	Технология реализации
«ГИС Амур»	«Гидрометцентр России», ФГБУ НИЦ «Планета»	Региональный	Мониторинг и прогнозирование паводков и наводнений	ArcGIS Server
«Метео-ДВ»	Дальневосточный центр ФГБУ НИЦ «Планета»	Региональный	Мониторинг метеорологических и гидрологических характеристик и ОЯ	ArcGIS Server
Геопортал «Каскад»	ИТЦ «СканЭкс»	Национальный	Мониторинг опасных природных явлений	GeoMixer
Карта пожаров	ИТЦ «СканЭкс»	Глобальный	Мониторинг природных пожаров	GeoMixer
«ВЕГА-PRO»	Институт космических исследований РАН	Национальный	Мониторинг состояния сельхозугодий и лесного покрова, включая ущерб от ОЯ	Нет данных
National Weather Service (NWS)	Национальное управление океанических и атмосферных исследований США (NOAA)	Национальный	Мониторинг и прогноз опасных метеорологических и гидрологических явлений	ArcGIS Server
National Hazards Viewer		Глобальный	Мониторинг цунами, землетрясений, извержений вулканов и прогноз ущерба от них	ArcGIS Server
NIDIS Map and Data Viewer		Национальный	Мониторинг засух	ArcGIS Server
Interior Geospatial Emergency Management System (IGEMS)	Департамент управления чрезвычайными ситуациями США	Национальный	Мониторинг, прогнозирование опасных природных явлений и ЧС, вызванных ими.	ArcGIS Server
Water Watch	Геологическая служба США (USGS)	Национальный	Мониторинг опасных гидрологических явлений	Тайловый сервис на основе OSM

United States Drought Monitor	Департамент сельского хозяйства (USDA) и Национальный центр по смягчению последствий засух при Университете штата Небраска	Национальный	Мониторинг засух	Нет данных
Drought Risk Atlas		Национальный	Мониторинг засух	Google Map API
European Severe Weather Database (ESWD)	European Severe Storms Laboratory (ESSL)	Макро-региональный	Визуализация данных о случаях опасных явлений	Open Layers

Применение технологий веб-картографирования для изучения опасных природных явлений в России.

В России наиболее активно ведут работы в данном направлении в ФГБУ НИЦ «Планета», инженерно-технологическом центре «СканЭкс», МЧС России. В Гидрометцентре России при сотрудничестве с НИЦ «Планета» разработана региональная система мониторинга и прогнозирования паводков «ГИС-Амур», которая основана на автоматизированных средствах гидрологических прогнозов и технологиях веб-картографирования. Система «ГИС-Амур» была создана при помощи технологий компании ESRI, в частности с использованием программного обеспечения ArcGIS Desktop и ArcGIS Server. Система открывает пользователю доступ в режиме реального времени к данным гидрометеорологического и спутникового мониторинга и прогнозирования гидрометеорологической обстановки в бассейне реки Амур (уровней воды и притока воды в водохранилище Зейской ГЭС) с помощью сети Интернет. Применяемые автоматизированные методы краткосрочного гидрологического прогнозирования уровней воды на реках бассейна р. Амур, а также притока воды в водохранилище позволяют выпускать и визуализировать прогнозы. В качестве входных метеорологических данных в системе используются прогностические данные COSMO-RU, а также ряда зарубежных численных моделей атмосферы. Особенностью проекта является то, что основная часть системы разработана и обеспечивается в Гидрометцентре России, а отдельные виды информации предоставляются в систему в виде сервисов из подразделений Росгидромета, таких как НИЦ «Планета» и региональные управления службы. Таким образом, «ГИС-Амур» – это территориально-распределенная система. Еще одной особенностью данной ГИС является ее недоступность обычному пользователю, поскольку она является закрытой ведомственной системой [Гидрометцентр России..., 2015].

Также, в связи со сложной паводковой обстановкой 2013 г. на р. Амур и ее притоках, специалистами Дальневосточного центра ФГБУ НИЦ «Планета» в 2014 г. была разработана региональная ГИС визуализации гидрометеорологической и спутниковой информации «Метео-ДВ». Ее основная цель заключается в предоставлении доступа к результатам гидрометеорологического и спутникового мониторинга в режиме реального времени с помощью сети Интернет. Система предоставляет разнородную информацию в интерфейсе картографического веб-ресурса в виде отдельных веб-сервисов. «Метео-ДВ» содержит результаты наземных наблюдений, данные ДЗЗ с отечественных и зарубежных космических аппаратов и прогностические данные численных моделей расчета полей метеорологических и гидрологических величин. Гидрологические сервисы включают информацию об уровне воды в текущий момент времени и изменении уровня воды за последние сутки, о высоте снежного покрова. Метеорологические сервисы предоставляют данные о температуре, давлении, направлении и скорости ветра, а также явлениях погоды в пунктах наблюдений. Спутниковые сервисы позволяют просматривать оперативную информацию отечественных и зарубежных космических систем, а также полученные на их основе тематические продукты: зоны затопления, карты снежного покрова, карты влажности почв. Карто-

графический веб-сервис реализован на основе линейки программных продуктов ArcGIS и СУБД PostgreSQL с расширением PostGIS [«ГИС «Метео-ДВ», 2016; Крамарева и др., 2015].

Из разработок ИТЦ «СканЭкс» в данной области наиболее известны Геопортал «Каскад» и «Карта пожаров». Данные картографические веб-сервисы реализованы на платформе GeoMixer, разработанной ИТЦ «СканЭкс».

Геопортал «Каскад» создан совместно с Национальным центром управления в кризисных ситуациях (НЦУКС) МЧС РФ и предназначен для представления результатов мониторинга возможных ЧС природного характера, их основных параметров и предвестников их возникновения на всей территории РФ. Геопортал служит для информационного обеспечения поддержки принятия решений оперативными службами МЧС РФ на основе данных космического и наземного мониторинга, обновляемых в оперативном режиме. Система обеспечивает предоставление доступа пользователей к следующей информации:

- обзорным снимкам территории в видимом, инфракрасном диапазонах с космических аппаратов Terra/Aqua, SPOT, Landsat, с обновлением информации непосредственно после приёма данных;
- детальным снимкам высокого разрешения в любом диапазоне спектра, полученным на станцию приема или от операторов съемочных систем;
- результатам аналитической обработки первичной информации;
- информации о зонах ЧС природного характера;
- детальной расширенной информации о характеристиках ЧС природного характера в табличном виде, с наличием взаимосвязи табличных данных с картой и наоборот;
- дополнительным данным космического и наземного мониторинга из других источников информации, собираемым и перерабатываемым в автоматическом режиме: метеоданным международной сети метеостанций, сейсмическим данным геофизической службы РАН, данным по лесным пожарам, включая прогноз их развития, радиационной обстановке др. [Геопортал «Каскад», 2016].

«Карта пожаров» ИТЦ «СканЭкс» – мониторинговый картографический веб-сервис, работающий с 2010 г., он предназначен для обнаружения и распознавания возможных очагов природных пожаров (в том числе подземных торфяных пожаров) и пожароопасных ситуаций как на территории России (данные «СканЭкс»), так во всем мире (с использованием данных NASA), а также для оперативного оповещения о них заинтересованных лиц.

В качестве базовой компоненты сервиса используется технология, основанная на алгоритме автоматического детектирования пожаров по тепловым каналам спутниковой съемки. Используемые данные с метеорологических спутников Terra, Aqua и NPP принимаются на сеть станций ИТЦ «СканЭкс» в режиме реального времени. Также для идентификации пожаров используются снимки с космических аппаратов Terra/Aqua MODIS, Landsat. Все данные наносятся на карту, что обеспечивает удобный просмотр и поиск информации связанных тематических слоев. Также на геопортале представлена прогнозная метеорологическая информация и данные о населенных пунктах, находящихся под угрозой природных пожаров [ИТЦ «СканЭкс», 2016; Потапов, 2014].

Также внимания заслуживает информационный сервис анализа данных спутниковых наблюдений для оценки и мониторинга возобновляемых биологических ресурсов «ВЕГА-PRO», разработанный Институтом космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН) при поддержке фонда «Сколково». Данный сервис обновляется в режиме близком к реальному времени архивами спутниковых данных и другой геопространственной информацией, обеспечивающий решение широкого круга задач оценки и мониторинга возобновляемых биологических ресурсов, относящихся к сфере интересов агропромышленного комплекса, лесного хозяйства и лесной промышленности. В частности, на данном ресурсе ведется мониторинг нескольких видов опасных явлений, которые непосредственно влияют на указанные отрасли хозяйства: засух (по метеоданным и вегетационному индексу, рассчитываемому на основе данных ДЗЗ) и природных пожаров (путем отображения горячих точек, полученных по спутниковым данным) [«ВЕГА-PRO»..., 2016].

Применение технологий веб-картографирования для изучения опасных природных явлений за рубежом

За рубежом большинство разработок картографических веб-ресурсов по тематике опасных природных явлений приходится на США. Основными их разработчиками выступают государственные научные учреждения и ведомства страны: NOAA, USDA, USGS и др.

Национальное управление океанических и атмосферных исследований США разработало национальную систему мониторинга и прогноза стихийных бедствий – National Weather Service (NWS). Она реализована на основе веб-технологий компании ESRI. Информационная система NWS интегрирует данные наземной сети автоматических метеостанций и гидрологических постов, сети метеорологических радаров, данные спутникового мониторинга, а также прогнозные поля метеоэлементов, краткосрочные прогнозы паводков на основе моделей формирования стока [USA National Weather..., 2016].

Другой картографический веб-сервис поддерживаемый NOAA – Natural Hazards Viewer. Этот глобальный ресурс предназначен для предоставления пользователям архивных данных об ОЯ, нанесших значительный ущерб; оперативной информации о местах возможного возникновения цунами, землетрясений, извержений вулканов, а также данных о возможном ущербе. Информация на веб-сервисе интегрируется из разных источников: оперативные данные о вулканической активности и землетрясениях предоставляет Smithsonian Institute, реализующий глобальную программу изучения вулканизма, оперативные данные о цунами поступают от поддерживаемой NOAA сети наблюдений за ними. Архивная информация об ОЯ, нанесших значительный ущерб, содержится в базах данных NOAA (Significant Earthquake Database – база данных сильных землетрясений, NGDC/WDS – глобальная база данных случаев цунами). Natural Hazards Viewer, также как и предыдущий картографический веб-сервис, разработан на основе серверного программного обеспечения ArcGIS Server [Natural Hazards Viewer, 2016].

Департаментом управления чрезвычайными ситуациям США на базе программного продукта ArcGIS Server и технологии ArcGIS API for JavaScript, создан глобальный картографический веб-сервис Interior Geospatial Emergency Management System (IGEMS) для мониторинга, прогнозирования и обеспечения общественности актуальной пространственной информацией о текущих опасных природных явлениях, включая предупреждения о возможных ЧС. В частности, IGEMS предоставляет сведения о наводнениях, вулканической активности, землетрясениях, ураганах, природных пожарах, приливных волнах и внезапно возникших суровых погодных условиях – торнадо, сильных грозах, паводках и др. из разных источников. Так, информация о наводнениях представлена на основе данных сети гидрологических станций NOAA, частота обновления 1 час. Сведения о землетрясениях (с периодом обновления 10 мин) и о вулканической активности (с периодом обновления 1 ч), предоставляются USGS и другими мировыми научными организациями в рамках Глобальной программы изучения вулканизма. Данные об ураганах поступают из Национального центра ураганов NOAA (NHC). Информация о пожарах обновляются ежедневно из БД Национального Межведомственного пожарного центра (NIFC). Данные о внезапно возникших суровых погодных условиях предоставляются в режиме реального времени другим картографическим веб-сервисом – NWS [Interior Geospatial Emergency..., 2016].

В США также создан ряд узкоспециализированных тематических картографических веб-сервисов. Так ресурс национального уровня NIDIS Map and Data Viewer, функционирующий при поддержке NOAA, также предоставляет пользователям информацию о засухах и различных метеорологических параметрах, влияющих на развитие данного явления (температуре, осадках, влажности почв, речном стоке) в режиме близком к реальному времени. Сервис интегрирует информацию из разных источников: автоматизированной наблюдательной сети, Геологической службы, моделей прогноза погоды, данных дистанционного зондирования [NIDIS Map..., 2016].

Также по тематике мониторинга засух в США известны другие картографические веб-сервисы: United States Drought Monitor [United States Drought..., 2016] и Drought Risk Atlas [Drought Risk Atlas, 2016], поддерживаемые Департаментом сельского хозяйства и Нацио-

нальным центром по смягчению последствий засух при Университете штата Небраска. Для мониторинга засух используются метеорологические данные наблюдательной сети и моделей прогноза погоды. Ресурс United States Drought Monitor предоставляет пользователю информацию в графических форматах (jpeg, png, pdf), а Drought Risk Atlas – в виде интерактивной карты, построенной на основе сервиса Google Maps посредством API.

Национальный картографический веб-сервис WaterWatch, разработанный USGS, также является узкоспециализированным. Он направлен на решение задач мониторинга опасных гидрологических явлений на основе данных о речном стоке. В частности ведутся наблюдения за наводнениями на реках и низкими уровнями воды в них. Основная информация поступает каждый час с гидрологических постов, расположенных на территории всей страны. WaterWatch реализован в виде тайлового картографического веб-сервиса на основе данных OpenStreetMap [«WaterWatch» USGS, 2016].

Из картографических веб-сервисов, разработанных в странах Евросоюза, наибольший интерес представляет информационная система ESWD (European Severe Weather Database). В ESWD собраны данные об опасных метеорологических явлениях, произошедших на территории Европы и нанесших социально-экономический ущерб. В качестве источников информации в ESWD используются сведения очевидцев и СМИ, а также материалы сети наблюдений. Пользователю доступен просмотр данных в виде интерактивной карты, реализованной на OpenLayers (JavaScript библиотека с открытым исходным кодом, предназначенная для создания карт на основе программного интерфейса (API)) [European Severe..., 2016].

Выводы. В России и за рубежом разработано значительное количество картографических веб-сервисов мониторинга, прогнозирования и оперативного картографирования опасных природных явлений и вызванных ими чрезвычайных ситуаций. Большая часть данных сервисов по пространственному охвату картографируемой территории относится к национальным. При этом они чаще всего являются узкоспециализированными, т.е. направлены на мониторинг и прогноз одного или нескольких видов опасных явлений.

Также стоит отметить, что за рубежом налажено межведомственное взаимодействие и оперативный обмен информацией между картографическими веб-сервисами, разработанными и поддерживаемыми разными департаментами и организациями. В России же такое взаимодействие между соответствующими ведомствами практически не организовано. Можно привести лишь отдельные примеры, когда несколько организаций поддерживают один картографический веб-ресурс. Например, ГИС «Амур», разработанный Гидрометцентром России в сотрудничестве с НИЦ «Планета».

Благодарности. Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 16-45-590056 p-a).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «ВЕГА-PRO» – спутниковый сервис анализа вегетации. URL: <http://pro-vega.ru/maps/> (дата обращения: 24.02.2016).
2. Геопортал «Каскад». URL: <http://kaskad.ukmmchs.ru> (дата обращения: 27.02.2016).
3. Гидрометцентр России: «Разработчики проекта «ГИС-Амур», Гидрометцентр России и НИЦ «Планета», получили престижную международную награду», 2015. URL: <http://meteoinfo.ru/news/1-2009-10-01-09-03-06/11436-10072015-l-r-lr-> (дата обращения: 27.02.2016).
4. ГИС «Метео-ДВ». URL: <http://www.meteo-dv.ru/gis.html> (дата обращения: 27.02.2016).
5. Инженерно-технологический центр «СканЭкс». URL: <http://scanex.ru> (дата обращения: 27.02.2016).
6. Карта пожаров ИТЦ «СканЭкс». URL: <http://fires.kosmosnimki.ru> (дата обращения: 27.02.2016).
7. Крамарева Л.С., Давиденко А.Н., Пустынский И.С., Четырин Ю.С., Чудин А.О. Комплексирование разнородных данных о состоянии природной среды в ГИС «Метео-ДВ» // Геоматика. 2015. № 4. С. 70–73.

8. Крамарева Л.С., Чудин А.О., Четырин Ю.С., Пустынский И.С. Геоинформационная система «Метео-ДВ»: мониторинг и прогноз опасных гидрометеорологических явлений / Геоинформационные технологии в решении задач рационального природопользования: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции / АУ «Югорский НИИ информационных технологий». – Ханты-Мансийск: Югорский формат, 2015. – 102 с. С. 9–11.
9. Потапов Г. «Космоснимки пожары» – перспективные возможности сервиса оповещений / Г. Потапов, В., Комаровский // Земля из космоса – наиболее эффективные решения. 2014. № 2. С. 102–106.
10. Drought Risk Atlas. URL: <http://droughtatlas.unl.edu/MapView.aspx> (дата обращения: 27.02.2016).
11. European Severe Weather Database. URL: <http://essl.org/cgi-bin/eswd/eswd.cgi> (дата обращения: 22.02.2016).
12. Interior Geospatial Emergency Management System (IGEMS). URL: <http://igems.doi.gov> (дата обращения: 24.03.2016).
13. Natural Hazards Viewer. URL: <http://maps.ngdc.noaa.gov/viewers/hazards/?layers=0#> (дата обращения: 21.02.2016).
14. NIDIS Map and Data Viewer. URL: <http://gis.ncdc.noaa.gov/map/drought/US.html#> (дата обращения: 23.02.2016).
15. United States Drought Monitor. URL: <http://droughtmonitor.unl.edu/MapsAndData/MapsandDataServices/MapService.aspx> (дата обращения: 23.02.2016).
16. USA National Weather Service. URL: <http://water.weather.gov> (дата обращения: 24.02.2016).
17. «WaterWatch» USGS. URL: <http://waterwatch.usgs.gov> (дата обращения: 24.02.2016).

R.K. Abdullin¹

WEB MAPPING SERVICES FOR RESEARCH NATURAL HAZARDS

Abstract. *The article presents a description of the use modern technologies of web mapping to explore natural hazards (primarily hydrometeorological). The examples of Russian and foreign cartographic web services created for solving tasks of monitoring and mapping of such phenomena and caused by them of emergency situations, and also objectives of their monitoring and forecasting.*

Key words: *web mapping, web mapping services, natural hazards, geoportals.*

Acknowledgement. *The study was supported by Russian Foundation for Basic Research (project 16-45-590056 p-a).*

REFERENCES

1. «VEGA-PRO» – satellite service vegetation analysis (2016), available at: <http://pro-vega.ru/maps/> (Accessed 24 February 2016).
2. Geoportal «Cascade» (2016), available at: <http://kaskad.ukmmchs.ru> (Accessed 27 February 2016).
3. Hydrometeorological Centre of Russia: «The developers of the project «GIS-Amour», Russian Hydrometeorological Research Center «Planet» received the prestigious international award» (2015), available at: <http://meteoinfo.ru/news/1-2009-10-01-09-03-06/11436-10072015-1-r-lr-> (Accessed 27 February 2016).
4. GIS «Meteo-DV» (2016), available at: <http://www.meteo-dv.ru/gis.html> (Accessed 27 February 2016).

¹ Perm State National Research University, Geography faculty, Perm, Russia, postgraduate student, e-mail: rinaha-26@mail.ru.

5. Research and Development Center «ScanEx» (2016), available at: <http://scanex.ru> (Accessed 27 February 2016).
 6. Fire map of Research and Development Center «ScanEx» (2016), available at: <http://fires.kosmosnimki.ru> (Accessed 27 February 2016).
 7. Kramareva L.S., Davidenko A.N., Pustynskii I.S., Chetyrin Yu.S. and Chudin A.O. (2015), «Kompleksirovanie raznorodnykh dannykh o sostoyanii prirodnoi sredy v GIS «Meteo-DV»» [«Integration of heterogeneous data on the state of environment in GIS «Meteo-DV»], *Geomatics*, no.4. pp. 70–73.
 8. Kramareva L.S., Chudin A.O., Chetyrin Yu.S. and Pustynskii I.S. (2015), « Geoinformatsionnaya sistema «Meteo-DV»: monitoring i prognoz opasnykh gidrometeorologicheskikh yavlenii» [«Geographic Information System «Meteo-DV»: monitoring and prediction of hydrometeorological hazards»], «Geoinformatsionnye tekhnologii v reshenii zadach ratsional'nogo prirodopol'zovaniya: Materialy II Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii», Khanty-Mansiysk, Russia, 2015. Pp. 9–11.
 9. Potapov G., Komarovskiy V. (2014), «Kosmosnimki pozhary» – perspektivnye vozmozhnosti servisa opoveshchenii» [««Kosmosnimki fires» – promising opportunities alerts service »], *Earth from Space*, no. 2. Pp. 102-106.
 10. Drought Risk Atlas (2016), available at: <http://droughtatlas.unl.edu/MapView.aspx> (Accessed 27 February 2016).
 11. European Severe Weather Database (2016), available at: <http://essl.org/cgi-bin/eswd/eswd.cgi> (Accessed 22 February 2016).
 12. Interior Geospatial Emergency Management System (IGEMS) (2016), available at: <http://igems.doi.gov> (Accessed 24 March 2016).
 13. Natural Hazards Viewer (2016), available at: <http://maps.ngdc.noaa.gov/viewers/hazards/?layers=0#> (Accessed 21 February 2016).
 14. NIDIS Map and Data Viewer (2016), available at: <http://gis.ncdc.noaa.gov/map/drought/US.html#> (Accessed 23 February 2016).
 15. United States Drought Monitor (2016), available at: <http://droughtmonitor.unl.edu/MapsAndData/MapsandDataServices/MapService.aspx> (Accessed 23 February 2016).
 16. USA National Weather Service (2016), available at: <http://water.weather.gov> (Accessed 24 February 2016).
 17. «WaterWatch» USGS (2016), available at: <http://waterwatch.usgs.gov> (Accessed 24 February 2016).
-

УДК 528.946 (911.52)

И.Р. Идрисов¹, В.В. Козин², А.В. Маршинин³, Д.М. Марьинских⁴

ПОЛИМАСШТАБНОЕ ЛАНДШАФТНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ТЕРРИТОРИИ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ КАК ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ ОСНОВА ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ЛАНДШАФТНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ, РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И РЕГИОНАЛЬНОГО УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Резюме. *Полимасштабное ландшафтное картографирование позволяет решать следующие актуальные задачи: 1) формировать синтетический интегральный слой физико-*

¹ Тюменский государственный университет, Институт наук о Земле, кафедра картографии и геоинформационных систем; e-mail: ildaridrisov@yandex.ru.

² Тюменский государственный университет, Институт наук о Земле, кафедра физической географии и экологии; e-mail: kozin1945@mail.ru.

³ Тюменский государственный университет, Институт наук о Земле, кафедра социально-экономической географии и природопользования; e-mail: marshinin@mail.ru.

⁴ Тюменский государственный университет, Институт наук о Земле, кафедра физической географии и экологии; e-mail: d_marinskikh@mail.ru.

географической и экологической информации о природной среде территории; 2) служить геоинформационной основой для картографирования и оценки компонентов ландшафта на основе процедуры возвратного ландшафтного анализа; 3) выступать важнейшим инструментом оценки природно-ресурсного и ландшафтного потенциала территории с учетом ландшафтных (экосистемных) функций и услуг; 4) представлять информационную основу для выявления элементов экологического каркаса территории, которые необходимо учитывать при регламентации природопользования; 5) проводить на этой основе ландшафтное и территориальное планирование, проектно-изыскательские работы, связанные с хозяйственным освоением территории. Рассмотрены содержание ландшафтно-экологического анализа и ландшафтно-информационной системы для устойчивого развития территории. Ведущими методами выступают классификация и картографирование ландшафтов. Классификация ландшафтных комплексов основана на их типологии с учетом общих и наиболее важных для разных иерархических уровней признаков. Базовыми единицами ландшафтного картографирования в среднем и крупном масштабе являются типы местности (мезохоры), типы и виды урочищ (микрохоры). Оценка ландшафтов основана на концепции ландшафтных (экосистемных) функций и услуг. Ландшафты выполняют ресурсные функции (древесно-ресурсная, ягодно-грибная, пастбищная и др.), характеризующие экономическую ценность, и экологические функции (биостационарная, климатозащитная, стокорегулирующая и др.), определяющие природоохранную ценность. Для разработки экологических ограничений природопользования наряду с функциями и ценностью ландшафтов учитывается также их устойчивость к внешним воздействиям.

Ключевые слова: ландшафтное картографирование, полимасштабное картографирование, ландшафтное планирование, рациональное природопользование, устойчивое развитие.

Введение. Необходимым условием организации рационального природопользования и устойчивого регионального развития является ландшафтно-экологическое обеспечение, позволяющее учесть структуру и функционально-ценностные особенности природных систем, спланировать хозяйственную деятельность, оптимизировать антропогенные нагрузки и выявить нормы воздействия в условиях дифференцированной ландшафтной среды. Методология ландшафтно-географического (экологического) обеспечения, заключающаяся в изучении и подготовке информации о природных объектах для решения разнообразных хозяйственных задач [Михеев, 1987 и др.], широко востребована в практике регионального природопользования Западной Сибири [Козин, 1993; Михеев и др., 1996; Природопользование..., 1996].

Процедура ландшафтно-экологического обеспечения реализуется с помощью методов упорядочения пространственной информации в форме ландшафтной основы территории, представленной картографически и логически (в схеме легенды карты) [Михеев, 2001]. В связи с развитием геоинформационных (ГИС) технологий принципиально изменился подход к работе с экологической пространственной информацией и созданию ландшафтных карт. Ландшафтные карты представляют собой ландшафтные информационные системы (ЛИС), используемые для обоснования и доказательства в режиме интерпретации географических и экологических знаний, заложенных в ландшафтную карту [Козин, 1993; Walz, 2002; Марьинских, 2003; Ландшафтно-интерпретационное..., 2005].

Выделение ландшафтных контуров и подготовка инвентаризационной основы ЛИС базируется на принципах ландшафтоведения и ландшафтной экологии, которые исходят из понимания ландшафта как объективно существующей комплексной системы, по характеристикам непрерывной в пространстве и времени, но допускающей дискретизацию в форме типизации интегральных природных режимов разных участков территории [Михеев, 2001]. Важнейшими способами изучения ландшафтных комплексов являются их типология [Козин, 1993; Мильков, 1966 и др.], геосистемная [Михеев, 1987; Сочава, 1978 и др.] и экосистемная [Виноградов, 1998 и др.] интерпретация. Такая точка зрения на ландшафты больше, чем отраслевой компонентный подход, соответствует идее геоинформационного обеспечения природопользования и связанных с ним процедур экологического сопровождения проектов хозяйственного освоения территории.

Развитие методики ландшафтно-экологического анализа в Западной Сибири [Козин, 1993, 2007; Природопользование..., 1996; Козин и др., 2008 и др.] опирается на современные ГИС-технологии и успешно реализуется в процедурах экологического сопровождения проектов хозяйственного освоения территории [Идрисов и др., 2006; Козин и др., 2008; Kozin et al, 2009 и др.]. Ландшафтно-экологический анализ рассматривается при этом как информационная основа для картографирования природных и антропогенных ландшафтов, геотехнических систем, компонентов природной среды на основе процедуры возвратного ландшафтного анализа, оценки природно-ресурсного потенциала территории; как важнейший инструмент оценки функций, ценности и устойчивости ландшафтов территории к предполагаемым техногенным воздействиям; как информационная основа выявления экологического каркаса территории, который необходимо учитывать при регламентации и выработке экологических ограничений природопользования.

В последние десятилетия ландшафт становится ключевым объектом планирования, управления и политики на глобальном, национальном и региональном уровнях. Этому во многом способствует разработка концепции устойчивого развития, в рамках которой сформировалось особое научное направление, связанное с вопросами устойчивого ландшафтопользования и зеленой экономики, опирающееся на теории экосистемных функций и услуг, развивающееся в последние годы и в России [Potschin, Heines-Young, 2006; Termorshuizen, Opdam, 2009; Wu, 2013; Bastian et al, 2015; Bukvareva et al, 2015 и др.]. В этом контексте инвентаризационные ландшафтные карты разного масштаба служат информационной основой для картографирования и оценки экосистемных (ландшафтных) функций и услуг.

Очень близкий к теории экосистемных услуг подход лежит в основе методики ландшафтно-экологического анализа, разработанной профессором ТюмГУ В.В. Козиным [Природопользование..., 1996], включающей оценку функций, ценности и устойчивости ландшафтов. Эта методика уже более 25 лет используется при оценке воздействия на окружающую среду и экологическом проектировании на территории Тюменской области, ХМАО-Югры, ЯНАО и других регионов России. Согласно данной методике при картографировании ландшафтов в их контурах регистрируются комплексы территориальных, инженерно-геологических, почвенных, древесных, ягодно-грибных и других ресурсов. Учет защитных (экологических) функций ландшафтов важен для определения степени ущерба всему природному комплексу осваиваемой территории. Например, биостационарные функции выполняют ландшафты мест базового обитания животных, коренные гнездовые станции, из которых они расселяются на другие участки. Ландшафты с водоохранной функцией непосредственно защищают гидрографическую сеть и ихтиофауну, а с водорегулирующей – обеспечивают нормальный гидрологический режим. Важнейшая функция ландшафтов – быть средой обитания человека. Древесно-ресурсные, сенокосные, пастбищные, ягодно-грибные, охотничье-промысловые функции необходимо учитывать для оценки ущерба природопользованию.

Материалы и методы исследований. При картографической инвентаризации ландшафтов использованы материалы общегеографического и тематического картографирования и результаты экспедиционных исследований. Состав и свойства литогенной основы определены по материалам геологической съемки масштаба 1:200000 и по топографическим картам масштаба 1:100000. Дифференциация почвенного покрова установлена на основе почвенной карты масштаба 1:100000 и по крупномасштабным почвенным картам хозяйств. Закономерности распространения контуров растительных сообществ выявлены на основе лесоустроительных материалов с использованием Карты растительности Западно-Сибирской равнины масштаба 1:1500000. При проведении полевой регистрации ландшафтов использованы методы профильных трансект [Жучкова, Раковская, 2004] с подробной характеристикой компонентной структуры ПТК и межкомплексных связей в циклах развития и сериях геосистем.

В полевых условиях изучены формы рельефа, почвенный и растительный покров. Учитывая, что ведущим методом при исследовании рельефа является морфометрический, выявлена приуроченность ПТК к той или иной форме рельефа (пойме, надпойменной террасе, водораздельной равнине и др.). Формам мезорельефа как важным факторам ландшафтной диффе-

ренциации в условиях региона уделено особое внимание. Основные морфометрические параметры форм рельефа учтены при классификации ландшафтов на уровне типов урочищ.

При обосновании контуров лесных ПТК использованы результаты характеристик аровых площадок с системой показателей: состав древостоя, тип леса, возраст леса, диаметр стволов, высота древостоя, бонитет насаждений, полнота древостоя, характер подроста и подлеска. Возраст деревьев идентифицирован по количеству колец на керне, извлеченному из ствола при помощи бура. Леса по классам возраста объединены в три группы: маловозрастные (I и II классы), средневозрастные (III и IV классы) и старовозрастные (V и более классы). К категории разновозрастных отнесены древостои, состоящие из 2-3 поколений деревьев. В легенды к картам включен бонитет насаждений как показатель продуктивности местообитания леса. К высокобонитетным отнесены леса Ib, Ia, I и II бонитета, к среднебонитетным – III и IV бонитета, к низкобонитетным – V, Va и Vб бонитета [Маршинин, 2001].

При исследовании луговых сообществ использован метод пробных площадок, согласно которому на площади размером 10×10 м, расположенной в пределах одной растительной ассоциации, определены видовой состав растительности, проективное покрытие и представленность различных видов растений (в процентах). В полевых условиях проективное покрытие определено при помощи квадрата-сеточки Раменского.

При изучении почвенного покрова на местности закладывались почвенные разрезы глубиной 1,5–2 м. Для каждого почвенного горизонта установлены мощность, цвет, структурность, влажность, новообразования и включения. В полевых условиях механический состав определен сухим и мокрым способами [Беручашвили, Жучкова, 1997; Почвы..., 1979]. Результаты исследований использованы для обоснования выделения природных комплексов на уровне вариантов типов местности и видов урочищ.

Сопряженный анализ компонентных характеристик ПТК позволил обосновать границы контуров природных комплексов на различных таксономических уровнях. Границы контуров уточнены на основе дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли. Результаты картографирования ландшафтной структуры региона отображены на ландшафтной карте юго-западной части Тюменской области масштаба 1:500000 и на ландшафтных картах ключевых участков масштаба 1:100000.

Результаты исследований и их обсуждение. Под общим понятием ландшафта подразумевается не группировка комплексов определенного таксономического ранга, а тип ландшафтных комплексов, имеющих самое различное таксономическое значение [Мильков, 1966]. Ландшафт представляет собой систему региональных и типологических комплексов, территориально не всегда связанных между собой, но обладающих сходством в морфологической структуре и однотипностью протекающих физико-географических процессов. Каждый ландшафт характеризуется определенным соотношением тепла и влаги, соответствующими типами почв и растительности.

Выявление и инвентаризация большого числа типологических комплексов определяют необходимость их классификации. До сих пор к решению этой проблемы не выработано единых подходов и различными специалистами она решается по-разному [Гвоздецкий, 1958, 1961; Исаченко, 1959, 1961, 1965; Мильков, 1960, 1966, 1970; Арманд, 1975; Николаев, 1978 и др.; Хромых, 1990; Козин, 1996, 1999 и др.]. С учетом существующего опыта ландшафтного картографирования для территории Тюменской области используется следующая классификационная система [Маршинин, 2004].

Учтены уровни организации ландшафтов: класс ландшафтов [Гвоздецкий, 1958 и др.; Мильков, 1960, 1966 и др.; Николаев, 1978], тип ландшафта [Гвоздецкий, 1958 и др.; Исаченко, 1959 и др.; Мильков, 1960 и др.; Николаев, 1978], подтип ландшафта [Гвоздецкий, 1958 и др.; Исаченко, 1959 и др.; Мильков, 1966 и др.; Николаев, 1978], тип местности [Мильков, 1966, Козин, 1999 и др.], вариант типа местности [Мильков, 1959], а также общепринятые единицы типологии и картографирования ландшафтов: тип урочища, вид урочища, подурочище. Классификационная система ландшафтов исследованной территории приведена в табл. 1.

Классификационная система ландшафтов

КЛ	равнинный		
ТЛ	лесной		лесостепной
ПТЛ	южнотаежный	подтаежный	северолесостепной
ТМ	1) плакорный; 2) увалистый; 3) террасовый; 4) склоновый; 5) болотно-озерный; 6) пойменный долин рек крупных порядков; 7) пойменный долин рек малых порядков	8) плакорный; 9) увалистый; 10) плоскоместно-западинный; 11) озерно-аллювиальных равнин; 12) террасовый; 13) склоновый; 14) болотно-озерный; 15) пойменный долин рек крупных порядков; 16) пойменный долин рек малых порядков	17) плакорный; 18) увалистый; 19) плоскоместно-увалистый; 20) плоскоместно-западинный; 21) бугристо-котловинный; 22) террасовый; 23) склоновый; 24) плоскоместно-озерково-болотный; 25) займищный; 26) овражно-балочный; 27) пойменный долин рек крупных порядков; 28) пойменный долин рек малых порядков
ВТМ	глинистый, тяжелосуглинистый, среднесуглинистый, легкосуглинистый, супесчаный, песчаный, торфяно-минеральный		
ТУ	пологоволнистые дренированные плакоры, увалистые дренированные равнины, плосковолнистые дренированные надпойменные террасы, ровные слабодренированные поймы, плоские недренированные низины		
ВУ	сосняки, сосново-березово-осиновые леса, разнотравно-злаковые луга, низинные осоково-злаковые болота		
ПУ	сосняки лишайниковые, сосново-березово-осиновые разнотравно-злаковые леса, низинные осоково-злаковые болота с угнетенными березовыми мелколесьями		

ВТМ – вариант типа местности; ВУ – вид урочища; КЛ – класс ландшафтов; ПТЛ – подтип ландшафта; ПУ – подурочище; ТЛ – тип ландшафта; ТМ – тип местности; ТУ – тип урочища

Основными единицами ландшафтного картографирования территории являются типы местности и виды урочищ. В существующих хронологических классификациях ландшафтов, построенных на объективных принципах генерализации космических снимков они соответствуют мезо(гео)хорам (выявляются на космоснимках в масштабе 1:300 000) и микро(гео)хорам (выявляются в масштабе 1:100 000) [Сочава, 1978; Виноградов, 1998 и др.]. В иерархических построениях, принятых в зарубежной (немецкой) ландшафтной экологии местности соответствуют мезоэкохорам, урочища – микро- и наноэкохорам [Loeffler, 2002; Bastian et al, 2015].

Все природные комплексы относятся к классу равнинных ландшафтов. В соответствии с биоклиматическими показателями и преобладающими на водораздельных равнинах зональными почвенно-растительными сочетаниями выделены четыре типа ландшафта: тундровый, лесотундровый, лесной и лесостепной. Типы ландшафта включают подтипы, например, ландшафты лесного типа представлены четырьмя подтипами: северо-, средне-, южнотаежным и подтаежным.

Типы местности в составе подтипов ландшафтов выделены на основе анализа набора характерных урочищ, связанного с типом рельефа и местоположением, дифференцирующими растительность. С учетом механического состава грунтов, существенно влияющего на групповые свойства урочищ, типы местности подразделены на варианты: глинистый, тяжелосуглинистый, среднесуглинистый, легкосуглинистый, супесчаный, песчаный, торфяно-минеральный.

Типы урочищ выделены на основе характерных местоположений, дифференцированных формами мезорельефа, а виды – по характерным сочетаниям растительных ассоциаций, например, сосновые, сосново-березовые, березовые леса, разнотравно-злаковые луга, пашни. Особенности напочвенного покрова послужили классификатором для выделения подурочищ, например, сосняки лишайниковые, березняки вейниковые, осинники осоково-злаковые.

На рис. 1 приведены примеры ландшафтного картографирования территории Тюменской области в разных масштабах, условные обозначения представлены в табл. 2.

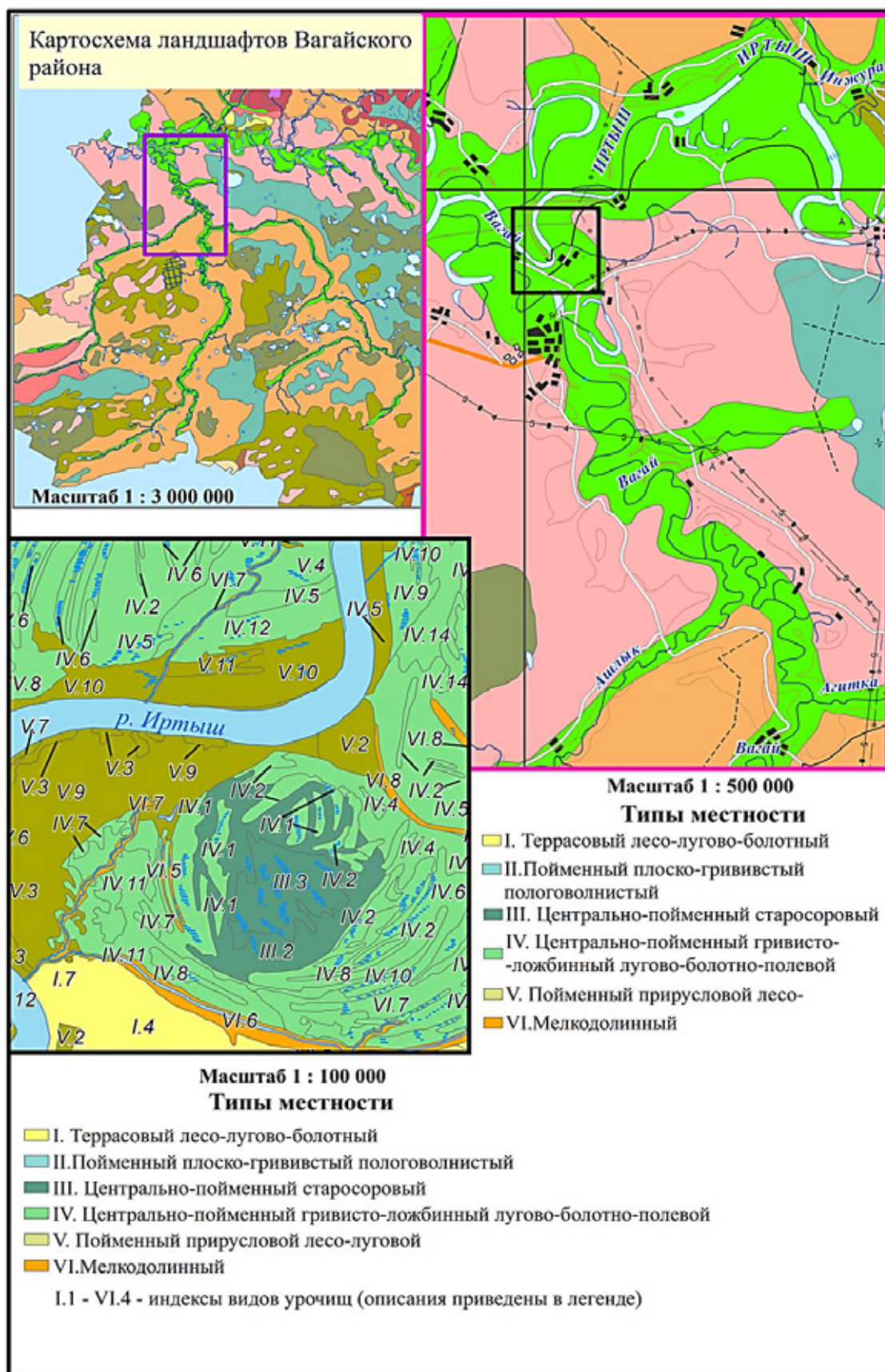


Рис. 1. Полимасштабное ландшафтное картографирование территории Тюменской области (на примере Вагайского района)

Условные обозначения к фрагменту ландшафтной карты масштаба 1:100 000

№ ПТК	Типы местности и виды урочищ
I. Террасовый лесо-лугово-болотный	
I.4	Реликтовые флювиальные низины, вытянутые и дуговидные с березняком крупнотравным и травяно-болотным
III. Центральное-пойменный старосоровый	
III.2	Центральные части старосоровых систем занятые осоковыми лугами с зарослями кустарниковых ив на торфяно-илогато-болотных почвах
III.3	Краевые участки старосоровых систем с закустаренными канареечниковыми лугами на дерново-луговых почвах
IV. Центральное-пойменный гривисто-ложбинный лугово-болотно-полевой	
IV.1	Вытянутые дуговидные гривы и валы сегментно-гривистой поймы с березняком разнотравно-злаковым на подзолистых дерново-глеевых почвах
IV.2	Узкие, вытянутые межгривные низины с сырыми лугами и галерейными лесами из ивы белой по верховьям склонов (ветляники)
IV.3	Вытянутые дуговидные гривы и валы сегментно-гривистой поймы с ветловыми и тополевыми лесами на подзолистых дерново-глеевых почвах
IV.4	Высокие редко затапливаемые гривы – преимущественно распаханые на дерново-луговых почвах
IV.5	Межгривные низины с закустаренными лугами и заболоченным лугом на торфяно-илогато-болотных почвах
IV.6	Вытянутые изогнутые низины сегментно-гривистой поймы с березняками и тополевыми лесами разнотравно-злаковыми
IV.7	Редкозатапливаемые поверхности древних прирусловых валов с березняком разнотравно-злаковым на подзолистых дерново-глеевых почвах
IV.8	Слабодренированные периодически затапливаемые поверхности центральной поймы с закустаренными канареечниковыми лугами
IV.9	Вытянутые замкнутые понижения в пределах центральной поймы с мелкозалежным низинным болотом
IV.10	Субгоризонтальные поверхности центральной поймы с сочетанием осково-крупнотравных лугов и зарослей кустарниковых ив на дерново-луговых почвах
IV.11	Основные слабоволнисто-мелкогривистые периодически затапливаемые участки пойм с редким березняком осково-разнотравным на дерново-глеевых почвах.
IV.14	Замкнутые понижения дуговидной формы со старичными озерами
V. Пойменный прирусловой лесо-луговой	
V.2	Валовидно-гривистые поверхности прирусловой поймы с прирусловым валом занятые по повышенным площадкам ветловыми и тополевыми лесами на слоистых дерновых слабооподзоленных почвах
V.3	Сниженные прирусловые валы, периодически затапливаемые, с закустаренным канареечниковым лугом на слоистых аллювиальных почвах
V.4	Мульдообразные низины прирусловой поймы с закустаренными сырыми белополевицевыми и вейниковыми лугами
V.5	Мульдообразные низины прирусловой поймы с закустаренными сырыми белополевицевыми лугами
VI. Мелкодолинный	
VI.6	Участки долин ручьев в пределах центральной и прирусловой поймы, слабоврезанные с сочетанием канареечниковых лугов и зарослей кустарниковых ив на аллювиальных слоистых почвах
VI.7	Слабоврезанные долины внутрипойменных ручьев с сочетанием канареечниковых лугов и кустарниковых ив на аллювиальных слоистых почвах
VI.8	Ложбины стока дуговидной формы в пределах центральной поймы с периодически действующей ручьевой сетью, занятые сырыми сосковыми лугами

Многоуровневая классификация создает основу для составления разномасштабных ландшафтных, ландшафтно-экологических и карт экологических ситуаций территории. Важность учета ландшафтной структуры в решении прикладных задач определила необходимость анализа пространственной изменчивости типологических ландшафтных комплексов, который является одним из итогов авторского картографирования ландшафтов.

Для целей создания карт различного масштаба используются различные уровни классификации ландшафтов. В настоящее время накоплен значительный опыт крупномасштабного картографирования с выделением типов местности и видов урочищ. Основной массив карт отсутствует в свободном доступе, так как создавался в рамках проектов инженерно-экологических изысканий и мониторинга месторождений. Полученные данные будут обработаны и размещены в качестве ключевых участков на разрабатываемом геопортале Тюменского государственного университета. Карты масштаба 1 : 500 000 полностью разработаны для Ханты-Мансийского автономного округа – Югра и юга Тюменской области, ближайшая перспективная задача – доработка карты Ямало-Ненецкого автономного округа.

Контурная часть карт масштаба 1 : 500 000 первоначально создавалась путем дешифрирования снимков низкого пространственного разрешения. В дальнейшем обработка данных крупномасштабного картографирования позволила путем тематической генерализации повысить геометрическую точность контурной части карты. В настоящее время в качестве приоритетного рассматривается крупномасштабное картографирование ключевых участков и создание среднемасштабных карт за счет семантической и геометрической генерализации.

При создании картографической части геопортала Тюменской области предполагается использовать независимые слои с ландшафтной картографической информацией для разных масштабов: типы местности (варианты типов) и виды урочищ – для карт масштаба 1 : 100 000, класс ландшафтов, тип и подтип ландшафта, тип местности – для карт масштаба 1 : 500 000.

Территориальное деление по административным единицам позволяет привлекать полученные результаты для решения широкого круга задач в области природопользования, ландшафтного планирования и охраны окружающей среды. Крупномасштабные карты активно используются при проектировании и оценке воздействия объектов нефтегазовой промышленности.

Выводы. Полимасштабное ландшафтное картографирование позволяет учитывать различные таксономические уровни организации ландшафтов: в масштабе 1:500000 – типы местности, в масштабе 1:300000 – типы местности и типы урочищ, в масштабе 1:100000 – типы и виды урочищ. Разномасштабные ландшафтные карты необходимы для обеспечения многофункционального ландшафтного планирования на различных территориальных уровнях, разработки регламентов хозяйственной деятельности и организации рационального природопользования для целей регионального устойчивого развития.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арманд Д.Л. Наука о ландшафте. – М.: Мысль, 1975. – 288 с.
2. Беручашивили Н.Л., Жучкова В.К. Методы комплексных физико-географических исследований. – М.: МГУ, 1997. – 320 с.
3. Виноградов Б.В. Основы ландшафтной экологии. – М.: ГЕОС, 1998. – 418 с.
4. Гвоздецкий Н.А. Опыт классификации ландшафтов СССР // Материалы к V Всесоюзному совещанию по вопросам ландшафтоведения: Тексты докладов. – М.: МГУ, 1961. С. 23–24.
5. Гвоздецкий Н.А. О типологическом понимании ландшафта // Вестник МГУ, сер. биол., почв., геол., геогр. 1958. Вып. 4.
6. Жучкова В.К., Раковская Э.М. Методы комплексных физико-географических исследований. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 368 с.
7. Идрисов И.Р., Козин В.В., Маршинин А.В., Марьянских Д.М. Геоинформационное обеспечение экологического аудита нефтегазопромысловых предприятий (на примере

- Вынгапуровского месторождения нефти) // Проблемы региональной экологии, 2006, № 3. С. 88-95.
8. *Исаченко А.Г.* Ландшафтная карта северо-запада Русской равнины в масштабе 1:1000000 // Известия ВГО, 1959, т. 91, вып. 2. С. 109–119.
 9. *Исаченко А.Г.* Ландшафтная карта СССР масштаба 1:4000000 и некоторые вопросы методики изучения ландшафтов / Материалы к V Всесоюзному совещанию по вопросам ландшафтоведения: Тексты докладов. – М: МГУ, 1961.
 10. *Исаченко А.Г.* Основы ландшафтоведения и физико-географическое районирование. – М., 1965. – 327 с.
 11. *Козин В.В.* Ландшафтный анализ в нефтегазопромысловом регионе. – Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2007. – 240 с.
 12. *Козин В.В.* Ландшафтный анализ в решении проблем освоения нефтегазоносных регионов / Автореф. дисс. на соискание учен. степени докт. геогр. наук. – Иркутск, 1993. – 44 с.
 13. *Козин В.В.* Районирование физико-географическое или ландшафтное: чему отдать предпочтение? / Проблемы географии и экологии Западной Сибири. – Тюмень: ТюмГУ, 1996. С. 3–11.
 14. *Козин В.В.* Структура естественных ландшафтов южной сельскохозяйственной зоны Тюменской области // Вестник ТюмГУ, 1999. № 3. С. 3-11.
 15. *Козин В.В., Маршинин А.В., Марьянских Д.М., Осипов А.В., Сорокин Р.В.* Ландшафтно-экологическое обеспечение природопользования в нефтегазопромысловых районах Западной Сибири (на примере Надым-Пур-Тазовского междуречья) // Вестник ТюмГУ, 2008, № 3. С. 200–214.
 16. Ландшафтно-интерпретационное картографирование / Т.И. Коновалова, Е.П. Бессолицына, И.Н. Владимиров и др. Под ред. А.К. Черкашина. – Новосибирск: Наука, 2005. – 424 с.
 17. *Маршинин А.В.* Классификация ландшафтов юго-западной части Тюменской области // Вестник ТюмГУ, 2004, № 3. С. 170–174.
 18. *Маршинин А.В.* Ландшафтная структура и экологическая ситуация Тобол-Тавдинского междуречья (в пределах Тюменской области). Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук. – Барнаул, 2001. – 206 с.
 19. *Марьянских Д.М.* Ландшафтно-экологический анализ территории Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения / Автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. геогр. наук. – Барнаул, 2003. – 27 с.
 20. *Мильков Ф.Н.* Ландшафтная география и вопросы практики. – М.: Мысль, 1966. – 256 с.
 21. *Мильков Ф.Н.* Ландшафтная сфера Земли. – М.: Мысль, 1970. – 207 с.
 22. *Мильков Ф.Н.* Словарь-справочник по физической географии. – М.: Географгиз, 1960. – 271 с.
 23. *Михеев В.С.* Ландшафтно-географическое обеспечение комплексных проблем Сибири. – Новосибирск: Наука, 1987. – 207 с.
 24. *Михеев В.С.* Ландшафтный синтез географических знаний. – Новосибирск: Наука, 2001. – 216 с.
 25. *Михеев В.С., Козин В.В., Шеховцов А.И.* Общие принципы геоэкологического картографирования // Экологическое картографирование Сибири. – Новосибирск: Наука, 1996. – С. 20-58.
 26. *Николаев В.А.* Классификация и мелкомасштабное картирование ландшафтов. – М: МГУ, 1978. – 62 с.
 27. Почвы СССР. Т.В. Афанасьева, В.И. Василенко, Т.В. Терешина, Б.В. Шеремет; Отв. ред. Г.В. Добровольский. – М.: Мысль, 1979. – 380 с.
 28. Природопользование на северо-западе Сибири: опыт решения проблем / под ред. В.В. Козина, В.А. Осипова. – Тюмень: изд-во ТюмГУ, 1996. – 168 с.
 29. *Сочава В.Б.* Введение в учение о геосистемах. – Новосибирск: Наука, 1978. – 319 с.

30. Хромых В.С. Принципы составления ландшафтных карт пойм рек Западной Сибири // География и природные ресурсы. 1990. № 1. С. 164–165.
31. Bastian O, Grunewald K., Khoroshev A.V. The significance of geosystem and landscape concepts for the assessment of ecosystem services: exemplified in a case study in Russia // Landscape Ecology (2015) 30: Pp. 1145–1164.
32. Bukvareva EN, Grunewald K, Bobylev SN, Zamolodchikov DG, Zimenko AV, Bastian O. The current state of knowledge of ecosystems and ecosystem services in Russia: A status report // Ambio (2015) 44(6): Pp. 491–507.
33. Kozin V., Marinskikh D., Marshinin A. The landscape ecological analysis for decision-making by of oil-and-gas field development in the context of environmental sustainability: experience from West Siberia, Russia / In: J. Breuste, M. Kozova and M. Finka (Eds.) 2009. European Landscapes in Transformation: Challenges for Landscape Ecology and Management. European IALE Conference 2009. Salzburg (Austria), Bratislava (Slovakia). Pp. 304–305.
34. Loeffler J. Landscape complexes // Development and Perspectives of Landscape Ecology / Eds. O. Bastian and U. Steinhardt. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers, 2002. Pp. 58–68.
35. Potschin M.B., Haines-Young R.H. Landscapes and sustainability // Landscape and Urban Planning, 75 (2006). Pp. 155–161.
36. Termorshuizen J.W., Opdam P. Landscape services as a bridge between landscape ecology and sustainable development // Landscape Ecology (2009) 24: Pp. 1037–1052.
37. Walz U. Landscape information systems // Development and Perspectives of Landscape Ecology / Eds. O. Bastian and U. Steinhardt. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers, 2002. Pp. 272–282.
38. Wu J. Landscape sustainability science: ecosystem services and human well-being in changing landscapes // Landscape Ecology 28 (2013): Pp. 999–1023.

I.R. Idrisov¹, V.V. Kozin², A.V. Marshinin³, D.M. Marinskikh⁴

**MULTI-SCALE LANDSCAPE MAPPING OF THE TYUMEN REGION
AS A GEOINFORMATION BASE FOR ORGANIZATION
OF LANDSCAPE PLANNING, ENVIRONMENTAL MANAGEMENT
AND REGIONAL SUSTAINABLE DEVELOPMENT**

***Abstract.** Landscape analysis is considered with the following items: 1) a synthetic layer integral physiographic information about the natural environment; 2) an information basis for mapping and evaluation components of landscapes; 3) a basis for the assessment of natural resource potential; 4) a tool for assessment of landscape-ecological potential (functions, services, values, stability); 5) a tool for identifying ecological network. The procedure of landscape analysis and structure of landscape information system for sustainable development is considered. The major methods is landscape classification and mapping. The classification of typological landscape complexes represents their typology based on the most important and common for this level of dimension features. The basic units of landscape mapping in mesoscale are the type of terrain (mesochores) and the type of urochishche (microchores). These landscape complexes were characterized*

¹ University of Tyumen, Institute of Earth Science, Department of Cartography and Geoinformation Systems; e-mail: ildaridrisov@yandex.ru.

² University of Tyumen, Institute of Earth Science, Department of Physical Geography and Ecology; e-mail: kozin1945@mail.ru.

³ University of Tyumen, Institute of Earth Science, Department of Socio-Economical Geography and Nature Management; e-mail: marshinin@mail.ru.

⁴ University of Tyumen, Institute of Earth Science, Department of Physical Geography and Ecology; e-mail: d_marinskikh@mail.ru.

based on collection of signs (geology, relief, permafrost, soil, vegetation etc.) using GIS. The evaluation of a landscape based on the concepts of landscape functions and services. The landscapes carry out resource functions (tree-resource, mushrooms, hunting-trade, pascual et al.) defining an economic value. The landscapes also fulfil nature protection (ecological) functions: habitat (biotope), climate protecting, water protecting, water storage, runoff regulative, permafrost-stabilizing etc. The assessment of landscapes stability is carried out. Integral assessment of ecological characteristics (landscape functions and services, nature protection value, resource value, stability) is the base for environmental constraints map.

Key words: landscape mapping, multi-scale mapping, landscape planning, environmental management, sustainable development.

REFERENCES

1. Armand D.L. Nauka o landshafte [Landscape science]. – M.: Mysl, 1975. – 288 p.
2. Beruchashvili N.L., Zhuchkova V.K. Metody kompleksnykh fiziko-geograficheskikh issledovaniy [The methods of complex physical-geographical researches]. – M.: MGU, 1997. – 320 p.
3. Vinogradov B.V. Osnovy landshaftnoy ekologii [The essentials of the landscape ecology]. – M.: GEOS, 1998. – 418 p.
4. Gvozdetskiy N.A. Opyt klassifikatsii landshaftov SSSR [The experience of the USSR landscapes classification] // Materialy k V Vsesoyuznomu soveshchaniyu po voprosam landshaftovedeniya: Teksty dokladov. – M.: MGU, 1961. – Pp. 23–24.
5. Gvozdetskiy N.A. O tipologicheskom ponimani landshafta [To typological understanding of landscape] // Vestnik MGU, ser. boil., pochv., geogr. 1958. Vyp. 4.
6. Zhuchkova V.K., Rakovskaya E.M. Metody kompleksnykh fiziko-geograficheskikh issledovaniy [The methods of complex physical-geographical researches]. – M.: Izdatelskiy tsentr «Akademiya», 2004. – 368 p.
7. Idrisov I.R., Kozin V.V., Marshinin A.V., Marinskikh D.M. Geoinformatsionnoye obespecheniye ekologicheskogo audita neftegazopromyslovykh predpriyatii (na primere Vyngapurovskogo mestorozhdeniya nefiti [The environmental audit geoinformation providing of oil and gas enterprises (on the example of the Vyngapurovsky oil field)] // Problemy regionalnoy ekologii, 2006, № 3. Pp. 88–95.
8. Isachenko A.G. Landshaftnaya karta severo-zapada Russkoy ravniny v mashtabe 1:1000000 [The landscape map of the northwest of the Russian Plain in the scale 1:1000000] // Izvestiya VGO, 1959, t. 91, vyp. 2. Pp. 109–119.
9. Isachenko A.G. Landshaftnaya karta SSSR masshtaba 1:4000000 i nekotoryye voprosy metodiki izucheniya landshaftov [The landscape map of the USSR in the scale of 1:4000000 and some questions of the landscape researching methods] / Materialy k V Vsesoyuznomu soveshchaniyu po voprosam landshaftovedeniya: Teksty dokladov. – M.: MGU, 1961.
10. Isachenko A.G. Osnovy landshaftovedeniya i fizilo-geograficheskoye rayonirovaniye [The essentials of landscape science and physical-geographical regionalization]. – M., 1965. – 327 p.
11. Kozin V.V. Landshaftnyy analiz v neftegozopromyslovom regione [The landscape analysis in the oil and gas extraction region]. – Tyumen: Izd-vo TyumGU, 2007. – 240 p.
12. Kozin V.V. Landshaftnyy analiz v reshenii problem osvoyeniya neftegazonosnykh regionov [The landscape analysis in the problems decision of the oil and gas regions] / Aftoreferat dissertatsii na soiskaniye uchenoy stepeni doktora geograficheskikh nauk. – Irkutsk, 1993. – 44 p.
13. Kozin V.V. Rayonirovaniye fiziko-geograficheskoye ili landshftnoye: chemu otdat predpochteniyey? [The regionalization physical-geographical or landscape: what is the priority?] / Problemy geografii i ekologii Zapadnoy Sibiri. – Tyumen: TyumGU, 1996. Pp. 3–11.
14. Kozin V.V. Strukura yestestvennykh landshaftov yuzhnoy selskokhozyastvennoy zony Tyumenskoy oblasti [The structure of natural landscapes of the southern agricultural zone of the Tyumen region] // Vestnik TyumGU, 1999, № 3. Pp. 3–11.

15. *Kozin V.V., Marshinin A.V., Marinskikh D.M., Osipov A.V., Sorokin R.V.* Landshaftno-ekologicheskoye obespecheniye prirodopolzovaniya v neftegazopromyslovykh rayonakh Zapadnoy Sibiri (na primere Nadym-Pur-Tazovskogo mezhdurechya) [The landscape-ecological providing of the environmental management in the oil and gas extraction regions of the Western Siberia (on the example of the Nadym-Pur-Taz interriver)] // Vestnik TyumGU, 2008, № 3. Pp. 200–214.
16. Landshaftno-interpretatsionnoye kartografirovaniye [The landscape and interpretative mapping] / T.I. Konovalova, Ye.P. Bessolitsina, I.N. Vladimirov i dr. Pod red. A.K. Cherkashina. – Novosibirsk: Nauka, 2005. – 424 p.
17. *Marshinin A.V.* Klassifikatsiya landshaftov yugo-zapadnoy chasti Tyumenskoy oblasti [The landscape classification of the southwest part of the Tyumen region] // Vestnik TyumGU, 2004, № 3. – Pp. 170-174.
18. *Marshinin A.V.* Landshaftnaya struktura i ekologicheskaya situatsiya Tobol-Tavdinskogo mezhdurechya (v predelakh Tyumenskoy oblasti). Dissertatsiya na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata geograficheskikh nauk [The landscape structure and ecological situation of the Tobol-Tavda interriver (within the Tyumen region). Ph. D. thesis in Geography]. – Barnaul, 2001. – 206 p.
19. *Marinskikh D.M.* Landshaftno-ekologicheskii analiz territorii Urengoyanskogo neftegazokondensatnogo mestorozhdeniya [The landscape-ecological analysis of the Urengoy gas field territory] / Aftoreferat dissertatsii na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata geograficheskikh nauk. – Barnaul, 2003. – 27 p.
20. *Milkov F.N.* Landshaftnaya geografiya i voprosy praktiki [The landscape geography and some questions of the practice]. – M.: Mysl, 1966. – 256 p.
21. *Milkov F.N.* Landshaftnaya sfera Zemli [The landscape sphere of the Earth]. – M.: Mysl, 1970. – 207 p.
22. *Milkov F.N.* Slovar-spravochnik po fizicheskoy geografii [Dictionary-directory in physical geography]. – M.: Geografiz, 1960. – 271 p.
23. *Mikheyev V.S.* Landshaftno-geograficheskoye obespecheniye kompleksnykh problem Sibiri [Landscape-geographical providing of Siberia's complex problems]. – Novosibirsk: Nauka, 1987. – 207 p.
24. *Mikheyev V.S.* Landshaftnyy sintez geograficheskikh znaniy [The landscape synthesis of geographical knowledge]. – Novosibirsk: Nauka, 2001. – 2016 p.
25. *Mikheyev V.S., Kozin V.V., Shekhovtsov A.I.* Obshchiye printsipy geoekologicheskogo kartografirovaniya // Ekologicheskoye kartografirovaniye Sibiri [The common principles of geoecological mapping]. – Novosibirsk: Nauka, 1996. Pp. 20–58.
26. *Nikolayev V.A.* Klassifikatsiya i melkomasshtabnoye kartografirovaniye landshaftov [The classification and small-scale mapping of landscapes]. – M. MGU, 1978. – 62 p.
27. Pochvy SSSR [The soils of the USSR]. T.V. Afanasyeva, V.I. Vasilenko, T.V. Tereshina, B.V. Sheremet; Otv. red. G.V. Dobrovolskiy. – M.: Mysl, 1979. – 380 p.
28. Prirodopolzovaniye na severo-zapade Sibiri: opyt resheniya problem [The environmental management in the northwest of Siberia: the experience of problems decision] / Pod. red. V.V. Kozina, V.A. Osipovs. – Tyumen: izd-vo TyumGU, 1996. – 168 p.
29. *Sochava V.B.* Vvedeniye v ucheniye o geosistemakh [The introduction to geosystems science]. – Novosibirsk: Nauka, 1996, 1978. – 319 p.
30. *Khromykh V.S.* Printsipy sostavleniya landshaftnykh kart poym rek Zapadnoy Sibiri [The drawing up principles of the Western Siberia flood plains landscape maps] // Geografiya i prirodnyye resursy. 1990. № 1. Pp. 164–165.
31. *Bastian O., Grunewald K., Khoroshev A.V.* The significance of geosystem and landscape concepts for the assessment of ecosystem services: exemplified in a case study in Russia // Landscape Ecology (2015) 30: Pp. 1145–1164.
32. *Bukhareva E.N., Grunewald K., Bobilev S.N., Zamolodchikov D.G., Zimenko A.V., Bastian O.* The current state of knowledge of ecosystems and ecosystem services in Russia: A status report // Ambio (2015) 44(6): Pp. 491–507.
33. *Kozin V., Marinskikh D., Marshinin A.* The landscape ecological analysis for decision-making by of oil-and-gas field development in the context of environmental sustainability: experi-

ence from West Siberia, Russia / In: J. Breuste, M. Kozova and M. Finka (Eds.) 2009. European Landscapes in Transformation: Challenges for Landscape Ecology and Management. European IALE Conference 2009. Salzburg (Austria), Bratislava (Slovakia). Pp. 304–305.

34. *Loeffler J.* Landscape complexes // Development and Perspectives of Landscape Ecology / Eds. O. Bastian and U. Steinhardt. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers, 2002. Pp. 58–68.

35. *Potschin M.B., Haines-Young R.H.* Landscapes and sustainability // Landscape and Urban Planning, 75 (2006). Pp. 155–161.

36. *Termorshuizen J.W., Opdam P.* Landscape services as a bridge between landscape ecology and sustainable development // Landscape Ecology (2009) 24: Pp. 1037–1052.

37. *Walz U.* Landscape information systems // Development and Perspectives of Landscape Ecology / Eds. O. Bastian and U. Steinhardt. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers, 2002. Pp. 272–282.

38. *Wu J.* Landscape sustainability science: ecosystem services and human well-being in changing landscapes // Landscape Ecology 28 (2013): Pp. 999–1023.

УДК 003.62+912.64+004.93+535.39(81)

А.С. Володченко¹

ОБ УСТОЙЧИВОМ РАЗВИТИИ КАРТОГРАФИИ

Резюме. В данной статье рассмотрены некоторые вопросы развития картографии под семиотическим углом зрения, а также новые информационно-семиотические аспекты современного глобализованного общества.

Ключевые слова: картография/неокартография, картосемиотика, атлассинг, юбиквитность.

Введение. О какой картографии пойдет речь? Конечно о современной картографии. Но что это такое – современная картография? Одна из моделей современной картографии представлена в таб. 1.

Таблица 1

Современная картография (по Gartner, Schmidt 2010)

Технологическая картография		Теоретическая картография
Геопространственная техника: интернет-картография, нео-география, юбиквитная картография, LBS и дополненная реальность	Геопространственные данные	Теоретический и методологический фундаменты

По Gartner, Schmidt (2010) современная картография развивается за счет технологического базиса. Теоретическому и методологическому фундаменту принадлежит роль надстройки. Тезис простой и бесспорный изложен в статье «Современная картография – технологическое развитие и импликация» /Gartner, Schmidt 2010/ в немецком журнале «Kartographische Nachrichten» (№ 6, 2010 г.). Проблема в том, что в статье роль надстройки просто декларируется. Конкретной разработки по этому вопросу просто нет. Содружество

¹ Дрезденский технический университет, Германия; e-mail: Alexander.Wolodtschenko@tu-dresden.de.

технологической картографии и теоретической картографии как классическое и базисное положение представлено только на бумаге.

Исчерпала ли себя картография в XXI веке?

Картография как технология создания карт конечно, не исчерпала себя. Но она существенно изменилась в рамках цифровой революции и информационных технологий. Современная технологическая картография уже не может существовать без ГИС-технологий. Информационные технологии сделали диффузными границы между созданием и использованием карт, а интерактивная дозволенность растворила авторские права на конечный продукт визуализации на экране дисплея. Сегодня каждый может создавать свои электронные карты сколько угодно, как угодно и где угодно.

В современной картографии доминирует техногенный или технологический крен, который уже создал асимметрию электронных (дигитальных) приоритетов в современном информационном обществе. Современная картография в технологическом плане уже прошла стадию «компьютеризации», потом «ГИСизации», вступила в стадию «визуализации». Надо полагать, что это будет не последняя «...изация» в технологической картографии. В такой картографии укрепились технологические доминанты конца XX и начала XXI веков – информационные технологии. Практически картография преобразовалась в геоматику или геоинформатику. Такой «геоматической» картографии классическая теория была просто помехой, и случилось неизбежное – без солидной теории технология стала буксовать. Призывы уже бывшего президента Международной картографической ассоциации Георга Гартнера (Gartner, Schmidt 2010) к созданию новой картографии или неокартографии на базе новой технологии и теории повисли в воздухе.

С 2011 по 2015 гг. у Международной картографической ассоциации практически не было комиссии по теории современной картографии. На период 2015-2019 гг. МКА номинировала 35 комиссий, но среди них нет комиссии по теоретической картографии.

Может ли современная картография устойчиво развиваться только за счет технологий? Конечно нет. С теоретических позиций в первом десятилетии XXI-го века отмечены интенсивные методические и прикладные наработки, которые высветили новые парадигматические изменения в методической цепочке от картного (или картографического) к картосемиотическому и к перспективному мета-картосемиотическому методу исследований и приобретению пространственных знаний. Такие наработки прошли на стыке картографии и картосемиотики в рамках атласной, экологической и туристической картосемиотики и дали мощный толчок к обоснованию и формированию нового концептуального подхода или построения – метакартосемиотике (Володченко 2013). Однако, картография как наука не отреагировала на новые методологические изменения и вступила в фазу «методологической девальвации».

Такой процесс «методологической девальвации» картографии идет в разных странах по-разному и охватывает те страны, где есть что «девальвировать». Этот процесс не опасен картографической науке в тех странах, где государство контролирует ситуацию и субсидирует картографическое образование и исследования. Однако сам процесс уже пошел достаточно интенсивно.

Атлассинг как междисциплинарное направление

Современные аналоговые и электронные карты являются важным, но не единственным источником пространственно-временной информации. Если в XX-м веке преобладали классические, картосодержащие аналого-статические атласы, то в XXI-м веке будут доминировать электронные мультимедийные динамические и статико-динамические атласы и атласные системы. Монополия карт в XXI-ом веке вытесняется применением разнообразных (карто) семиотических моделей, как-то аэрокосмоснимками, панорамами, атласами и т.д. Наглядным примером может служить портал «Google Maps», где пространственно-временные модели паритетно представлены картами, ландшафтами и аэрокосмоснимками (Володченко 2013).

Новый этап устойчивого развития картографии как науки связан в том числе и с развитием содружества с семиотикой карт и атласов. К большому сожалению, пока не востребованных в современном цифровом сообществе и в руководстве МКА.

Понятие атлассинг или атлассирование (atlassing с англ.) – новое понятие в атласной семиотике и картографии. Атлассинг/атлассирование – новое междисциплинарное направление в исследовании и создании е-атласов с картографическим и некартографическим профилем в семиотической системе координат и на семиотической классификационной основе (Wolodtschenko 2012). Атлассинг или атлассирование не отрицает картографирование, а включает в себя и задает свое место в иерархической структуре семиотических моделей знаний и документирует новый этап в семиотическом развитии е-атласов.

Благодаря информационным технологиям современное общество характеризуется мобильностью и юбиквитностью (доступ к информации в любом месте и в любое время). Потребность в пространственно-временной информации на мобильной основе растет изо дня в день. Одной из таких форм являются юбиквитные атласы с картографическим и некартографическим профилем для смартфонов и планшетов (Wolodtschenko 2012a).

Формирование и развитие идей мини-атласов в рамках атласной семиотики можно назвать приятной новацией для семиотики и картографии. Это указывает на прорыв новых метасемиотических и междисциплинарных идей и огромный потенциал семиотики. Если дальновидные IT-менеджеры и исследователи «схватят» е-атласную семиотическую идею и концепцию на базе мультимедийных технологий, то через 3–5 лет возможен даже новый атласный поворот (atlassing turn) как междисциплинарно-мультимедиальное продолжение и расширение «iconic-spatial turn» для мобильных пользователей индивидуальной и массовой аудиторий. Новый атласный поворот (atlassing turn) будет полезен и для устойчивого развития картографии и юбиквитных картных атласов.

Картография XXI века – Quo vadis?

Современная картография, как и любая другая наука, формируется благодаря работам различных ученых, представляющих международные и национальные школы и традиции. Основу науки, если она таковой является, составляют фундаментальные положения, теоретические позиции и концепции, методы исследований, прикладные направления и т.д.

Становление картографии как научной дисциплины проходило в 1960-х и 1970-х годах и сопровождалось снятием геодезической и географической опеки. Сегодня уже никто не спорит о том, что картография как технология сама нашла себе опеку и присоединилась к геоматике или геоинформатике. При этом, картография как бы разделилась на два мира: аналоговый и цифровой (цифровой). Цифровой мир уже потеснил аналоговый мир и вместе с информационными технологиями ведет картографию к информационной асимметрии, т.е. к доминированию (гео)визуализации.

Картография как учебная дисциплина теряет свои позиции при переходе к компьютеризации процессов создания карт и к информационным технологиям (ИТ). На основе Болонского заявления (1999 г.) страны европейского союза поэтапно перешли к 2011 г. на трехступенчатую систему академических степеней в обучении и квалификации: бакалавр, мастер (магистр) и доктор наук (Ph.D). Однако профессия картографа во многих индустриально-развитых странах исчезает или уже исчезла. Это наглядно показано в аналитической статье «О традициях в университетской картографии в Дрездене, Киеве и Риге: сравнительный анализ (1991–2011 гг.)» (Schewtschenko, Strauhmanis, Wolodtschenko 2012).

Позиция Международной картографической ассоциации в последние 25 лет относительно университетского обучения также не оставила заметных следов. «Дрезденская модель» университетского картографического образования прекратила выпуск картографов в 2013 г. (Тайле, Володченко 2014). Какого-то особого влияния МКА на картографию в университетах Европы не следует ожидать. Европейская ВУЗовская картография имеет мало шансов на соперничество с геоинформатикой/геоматикой. «Неокартограф» становится или уже стал геоинформатиком (Володченко, Рудский 2014; Тайле, Володченко 2014).

Доминанты картографии на стыке двух веков (Володченко 2013.)

XX век	XXI век
Противоречия в картографии	
Стремление к независимости (от геодезии и географии)	Зависимость (от геоинформатики, компьютеризации и т.д.)
Наука	Менеджмент, бизнес-ориентация
Профессионализм	Дилетантизм, снижение профессионализма
Авторство	Обезличенность
Личности	Лидеры-менеджеры
Картография	Геовизуализация/картографическая визуализация
Доминирующая форма предоставления пространственной информации	
Карта	Мультимедийная модель (динамическая карта, космоснимок, атлас/атласная информационная система и т.д.)
Доминирующая среда предоставления пространственной информации	
Аналоговая	Цифровая/электронная/сетевая
Преобладающие типы карт	
Аналитические, синтетические, комплексные	Аналитические, синтетические
Формы обучения	
Сквозные и прерывистые	Прерывистые (3+2 или 4+2, в годах)

Выводы. Короткий анализ тенденций и представленные доминанты картографии (таб. 2) для XXI века не дают особого оптимизма для устойчивого развития картографии как науки. Зависимость от геоинформатики, игнорирование теории и теоретических традиций, недостаточное развитие содружества семиотики карт и атласов, игнорирование образно-картинного атлассирования, новых семиотических е-документов или моделей знаний (фотоатласов) и мета-картосемиотических ориентиров ведет к «устойчивому» развитию картографии как вспомогательной дисциплины для обслуживания других дисциплин и отраслей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Володченко А. (Взгляд за «карто-семиотический горизонт». In: ГЕОКОНТЕКСТ, Научный альманах, № 1 2013. 26–56 с.
2. Володченко А., Рудский В.В. (2014): Исчерпала ли себя картография? Internationales Korrespondenz-Seminar. Diskussionsbeiträge zur Kartosemiotik und zur Theorie der Kartographie 17/2014. Dresden 2014, Pp. 46–56.
3. Тайле Э., Володченко А. (2014): Дискуссионная статья о картографическом обучении в Германии. Internationales Korrespondenz-Seminar. Diskussionsbeiträge zur Kartosemiotik und zur Theorie der Kartographie 17/2014. Dresden 2014, Pp. 42–45.
4. Schewtschenko V., Strauhmanis J., Wolodtschenko A. Über die Traditionen der universitären Kartographie in Dresden, Kyiv und Riga: eine vergleichende Analyse (1991–2011 гг.). In: Meta-carto-semiotics, e_journal, vol.5, 2012. ([http://: meta-carto-semiotics.org](http://meta-carto-semiotics.org)).
5. Wolodtschenko A. On the new generation of digital mini-atlases. AutoCarto 2012, Proceedings, Int. Symposium on 16-18 September, 2012. Columbus/Ohio, USA, 2012. 8 p.
6. Wolodtschenko A. Wie und welche Atlanten kann man revolutionieren oder evolutionieren? – Diskussionsbeiträge zur Kartosemiotik und zur Theorie der Kartographie, 15/2012. Dresden 2012, Pp. 32–43.

ON THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF CARTOGRAPHY

Abstract. *This article describes some questions of development of cartography from semiotic point of view as well as new information-semiotic aspects of modern globalized society.*

Key words: *cartography/neo-cartography, cartosemiotics, atlasing, ubiquity.*

REFERENCES

1. *Volodchenko A.* Vzaglyad za «karto-semioticheskiy gorizont» [Used for «Carto-semiotic horizon».] In: GEOCONTEXT, Scientific almanac, № 1 2013. 26–56 p.
2. *Volodchenko A., Rudskoy V.V.* Ischerpala li sebya kartografiya? [If exhausted themselves cartography?] Internationales Korrespondenz-Seminar. Diskussionsbeiträge zur Kartosemiotik und zur Theorie der Kartographie 17/2014. Dresden, 2014, Pp. 46–56.
3. *Tayle E., Volodchenko A.* Diskussionnaya stat'ya o kartograficheskom obuchenii v Germanii [Discussion about cartographic education in Germany] Internationales Korrespondenz-Seminar. Diskussionsbeiträge zur Kartosemiotik und zur Theorie der Kartographie 17/2014. Dresden 2014, Pp. 42–45.
4. *Schewtschenko V., Strauhmanis J., Wolodtschenko A.* Über die Traditionen der universitären Kartographie in Dresden, Kyiv und Riga: eine vergleichende Analyse (1991–2011 гг.). In: Meta-carto-semiotics, e_journal, vol.5, 2012. ([http://: meta-carto-semiotics.org](http://meta-carto-semiotics.org)).
5. *Wolodtschenko A.* On the new generation of digital mini-atlases. AutoCarto2012, Proceedings, Int. Symposium on 16–18 September, 2012. Columbus/Ohio, USA, 2012. 8 p.
6. *Wolodtschenko A.* Wie und welche Atlanten kann man revolutionieren oder evolutionieren? – Diskussionsbeiträge zur Kartosemiotik und zur Theorie der Kartographie, 15/2012. Dresden 2012, Pp. 32–43.

УДК 528.91:002

Л.К. Радченко²

К ВОПРОСУ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ НАВИГАЦИОННОЙ КАРТОГРАФИИ

Резюме. *Последнее время, благодаря спутниковым и цифровым технологиям, в картографии появился и стремительно развивается новый раздел – навигационная картография. Как следствие, этого развития на рынке появилось ряд навигационных карт, которые являются неотъемлемой частью повседневной жизни многих производств и отраслей хозяйства [Лисицкий, 2016; Радченко, 2016].*

Сегодня в обществе, когда речь заходит о навигационных картах и приложениях, все говорят об уже созданных системах, при этом никто не задумывается по каким правилам и принципам они создаются. Поэтому актуально то, что данная статья посвящена вопросам теоретического и научно-методического обоснования создания навигационных карт и систем.

Ключевые слова: *навигационная картография, функции и задачи навигационной картографии, навигационная карта.*

¹ Technical University of Dresden, Germany; e-mail: Alexander.Wolodtschenko@tu-dresden.de.

² Сибирский государственный университет геосистем и технологий; e-mail: mila_ra@bk.ru.

Введение. В настоящее время спутниковая навигация прочно вошла в нашу жизнь. Каждый год появляется множество новых навигационных решений, продуктов и услуг, которые делают жизнь человека более комфортным и безопасным, предоставляются новые возможности для развития бизнеса и промышленности, обеспечивается безопасность в социально-экономической практике, определяется развитие научно-методической и методологической базы навигационной картографии.

Но проблема состоит в том, что эта цифровая навигационная продукция создается по отдельным частным требованиям, без единой теоретической базы (основы). Поэтому возникла необходимость теоретического обоснования раздела – навигационной картографии.

Материалы и методы исследований. Навигационная картография – это раздел картографии, изучающий теоретические и методические вопросы создания карт и приемы работы с ними, использующихся для решения различных навигационных задач. Этот раздел получил новую ветку развития, благодаря спутниковым и цифровым технологиям. Раньше этот раздел был посвящен узкоспециализированным картам (морские, авианавигационные), в настоящее время большое развитие получили карты для широкого круга потребителей, такие как автонавигационные, навигационные карты для служб МЧС, для пожарных частей, для служб скорой помощи, различные адресные и транспортные навигационные справочники.

В пик развития геоинформационной концепции картографии, цифровые навигационные карты создаются для использования в электронном оборудовании и для решения навигационных задач в картографо-информационных системах различного назначения. Основная цель навигационной карты – это обеспечение ориентирования на местности. Со всей очевидностью можно сказать, что целью навигационной картографии является обеспечение специализированной достоверной картографической и мультимедийной информацией процесс передвижения человека самостоятельно или с помощью транспортного средства в определённом пространстве [Лисицкий, 2016; Радченко, 2016].

Результаты исследований и их обсуждение. Важными составляющими в описании теоретической базы навигационной картографии являются определение функций и задач этого раздела.

К функциям навигационной картографии можно отнести: создание различных навигационных карт, по сути дела это процесс – навигационное картографирование; поддержание навигационных карт в современном актуальном состоянии, то есть оперативно обновлять их; использование навигационных карт [Лисицкий, 2016; Радченко, 2016]. В качестве развития навигационного картографирования есть идея создания единой навигационной картографо-информационной системы, включающей сеть автомобильных, железнодорожных, авиа и водных путей сообщения, которая позволила бы оптимизировать транспортировку людей и грузов, работу логистического и других видов бизнеса, деятельности МЧС, органов власти, туризма.

Задачами навигационной картографии являются разработка классификации навигационных карт; описание математической основы (проекция, системы координат, масштаб); строгое определение содержания цифровой навигационной продукции, согласно масштабу; единой системы условных обозначений для всех видов навигационной продукции (в настоящее время стандартизированы и унифицированы условные знаки только для морских и авианавигационных карт); обязательное исполнение принципов генерализации при составлении цифровых навигационных карт и справочников; способов оформления цифровой навигационной продукции; определение способов визуализации [Татаренко, 2015, Радченко, 2015].

Приступая к разработке классификации навигационных карт необходимо обозначить, что эти карты относятся к специальным картам в разделе тематических карт (классификация карт по А.М. Берлянту). Далее важно понять, что есть навигационные карты для узкого и

широкого круга потребителя. Правильно построенная классификация карт позволит строго определить содержание навигационных карт.

Поскольку основная цель навигационных карт – это ориентирование, то для определения специального содержания навигационных карт все объекты целесообразней подразделить на объекты, имеющие ориентирование и не имеющие такого.

Вопрос исполнения принципов генерализации при составлении цифровых навигационных карт и справочников был поднят ранее авторами Дубровиной С.В., Канделаки К.Г. Исследования данной работы показали, что генерализация элементов содержания по уровням масштабного ряда производится путем исключения целых классов объектов; при переходе на более крупные уровни масштабного ряда не происходит переход от простых понятий к сложным; отсутствует взаимосвязь слоев карты на разных уровнях масштабного ряда; не стандартизированы и унифицированы размеры условных знаков (гидрографии, дорожной сети), что непосредственно влияет на показатель графической нагрузки и вследствие этого на густоту. [Дубровина, 2013, Канделаки, 2013]. Все эти моменты должны учитываться не только при создании автонавигационных карт, но и навигационных карт другого назначения.

Выводы. Системы навигационных карт являются одним из видов геопространственных информационных систем и не могут полноценно развиваться и функционировать без единой теоретической основы. Поэтому в настоящее время уделяется особое внимание данному вопросу. Грамотное создание навигационных произведений становятся важным условием развития российского рынка геоданных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лисицкий Д.В. Навигационная картография – проблемы и задачи / Д.В. Лисицкий, Л.К. Радченко // Интергеоэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар.науч.конгр.18–22 апреля 2016 г., Новосибирск: Междунар.науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»: сб. материалов в 2 т. Т.1. – Новосибирск – СГУГиТ, 2016. С. 91–93.
2. Татаренко В.И. Перспективы развития навигационной картографии / В.И. Татаренко, Л.К. Радченко // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. 2015. № 5. С. 1. С. 227–229.
3. Дубровина С.В. Проблемы создания автонавигационных карт и пути их решения // С.В. Дубровина, К.Г. Канделаки // Всероссийский журнал научных публикаций № 5(20) 2013. С. 12–14.

L.K. Radchenko¹

TO THE QUESTION OF THEORETICAL JUSTIFICATION NAVIGATION CARTOGRAPHY

Abstract. Currently satellite navigation is firmly established in our lives. Every year thousands of new navigation solutions, products and services that make human life more comfortable and safe, provides new possibilities for development of business and industry, to ensure security in socio-economic practice, is determined by the development of scientific-methodological and methodological base navigation cartography.

But the problem is that this digital navigation products are created for individual private requirements, without a common theoretical framework (framework). Therefore, the necessity of a theoretical substantiation section and navigation mapping.

Key words: navigation mapping, navigation functions and tasks of mapping, navigation map.

¹ Siberian state University of geosystems and technologies; e-mail: mila_ra@bk.ru.

REFERENCES

1. *Lisickij D.V.* Navigacionnaya kartografiya – problemy i zadachi [The navigation cartography – challenges] / D.V. Lisickij, L.K. Radchenko // Intergeoehkspo GEO-Sibir'-2016. XII Mezhdunar.nauch.kongr.18–22 aprelya 2016 g., Novosibirsk: Mezhdunar.nauch. konf. «Geodeziya, geoinformatika, kartografiya, markshejderiya»: sb. materialov v 2 t.T.1. – Novosibirsk – SGUGiT, 2016. Pp. 91–93.
 2. *Tatarenko V.I.* Perspektivy razvitiya navigacionnoj kartografii [Prospects for the development of navigation cartography] / V.I. Tatarenko, L. K. Radchenko // Izvestiya vuzov. Geodeziya i aehrofotos»emka. 2015. № 5/S. 1. Pp. 227–229.
 3. *Dubrovina S.V.* Problemy sozdaniya avtonavigacionnyh kart i puti ih resheniya [Problems creating avtonavigatsionnyh cards and solutions] // S.V. Dubrovina, K.G. Kandelaki // Vserossijskij zhurnal nauchnyh publikacij № 5(20) 2013. Pp. 12–14.
-

УДК 551.50, 911.5

B.A. Novakovskiy¹, Yu.Yu. Rafikova², A.I. Prasolova³, S.V. Kiseleva⁴

COMPLEX MAPPING OF ENERGY RESOURCES FOR ALLOCATION OF SOLAR AND WIND ENERGY OBJECTS

***Abstract.** The paper presents developed methodology of solar and wind energy resources complex mapping at the regional level, taking into account the environmental and socio-economic factors affecting the placement of renewable energy facilities. Methodology provides a reasonable search and allocation of areas, the most promising for the placement of wind and solar power plants.*

***Key words:** Solar energy, wind energy, mapping of the resource potential.*

Introduction. The development of renewable energy in Russia nowadays needs to be solved not only the technological challenges and adoption of legislation providing state financial support for the projects, but also study the issues related to the resources assessment of the various types of renewable energy sources (RES) for the territory of Russia.

It is used to relate to renewable energy sources following types: solar origin (the energy of solar radiation, the hydraulic energy of rivers, wind, biomass, ocean energy), non-solar origin (geothermal, tidal), various waste products and sources of low-grade heat in combination with heat pumps.

Since the list of types of renewable energy is very wide and diverse in the present work we selected solar and wind energy resources for a detailed review.

Currently accumulated vast amounts of data, in varying degrees, provides a factual basis for renewable energy research. Thus in addition to the problem of data verification, analyze the adequacy of the methods for their preparation, there are difficulties of visual display in a convenient form for analysis. An important task is its accumulation in the form of databases, as well as mapping of renewable energy potential for different regions of the country.

In addition to the scientific and methodological value such research have great practical relevance, since the database and GIS should be an important tool for analyzing the efficiency of renewable energy practical use in various regions of Russia and to make reasonable technical and management solutions.

The relevance of the work is determined by the need to create a mapping techniques for renewable energy resource potential, taking into account the full range of assumptions and limitations

¹ M.V. Lomonosov Moscow State University, faculty of geography; e-mail: ju.rafikova@gmail.com.

² M.V. Lomonosov Moscow State University, faculty of geography.

³ M.V. Lomonosov Moscow State University, faculty of geography.

⁴ M.V. Lomonosov Moscow State University, faculty of geography.

of renewable energy at the regional level. On this basis, possibly to carry out zoning in order to select the most promising areas for the development of renewable energy.

Materials and methods. Existing world experience of mapping the renewable energy potential is not sufficiently mature and not quite applicable to the territory of Russia, due to the great heterogeneity of the natural, environmental, economic and social processes. The task of developing methods of integrated geoinformation mapping of renewable energy resources, identify and rank the factors influencing the possibility of renewable energy resources use within the selected area in Russia has a great scientific and practical importance for the development of advanced clean energy technologies in a centralized and autonomous energy.

Renewable energy potential have to be assessed by the feasibility of drafting and analysis of multiscale map material on various subjects. Evaluating solar and wind energy resources through conventional techniques deals with a vast array of data (weather station measurements), which often refers to areas far from the point of the proposed construction of the wind farm, or detailed and reliable measurement data linked to point of interest (wind energy monitoring data) however, it is insufficient in terms of the time series length. Therefore, in the comparative analysis of different data sources, the space weather modeling justified and it made appropriate to use as a source of data on solar and wind energy characteristics in order to obtain more detailed data sets.

For a fair presentation of the resource base of wind and solar energy evident at the present time is lack of adequate baseline data and, therefore, the need to develop and analyze methods of interpolation and mapping of a wide range solar and wind energy characteristics, including derivatives (calculated) values.

We proposed a method of mapping, based not only on the currently existing regulations, but also on the experience of projecting companies operating on the territory of Russia, as well as classical and geographical mapping techniques.

The sequence of assessment and mapping of solar and wind energy resources is shown in Figure 1.

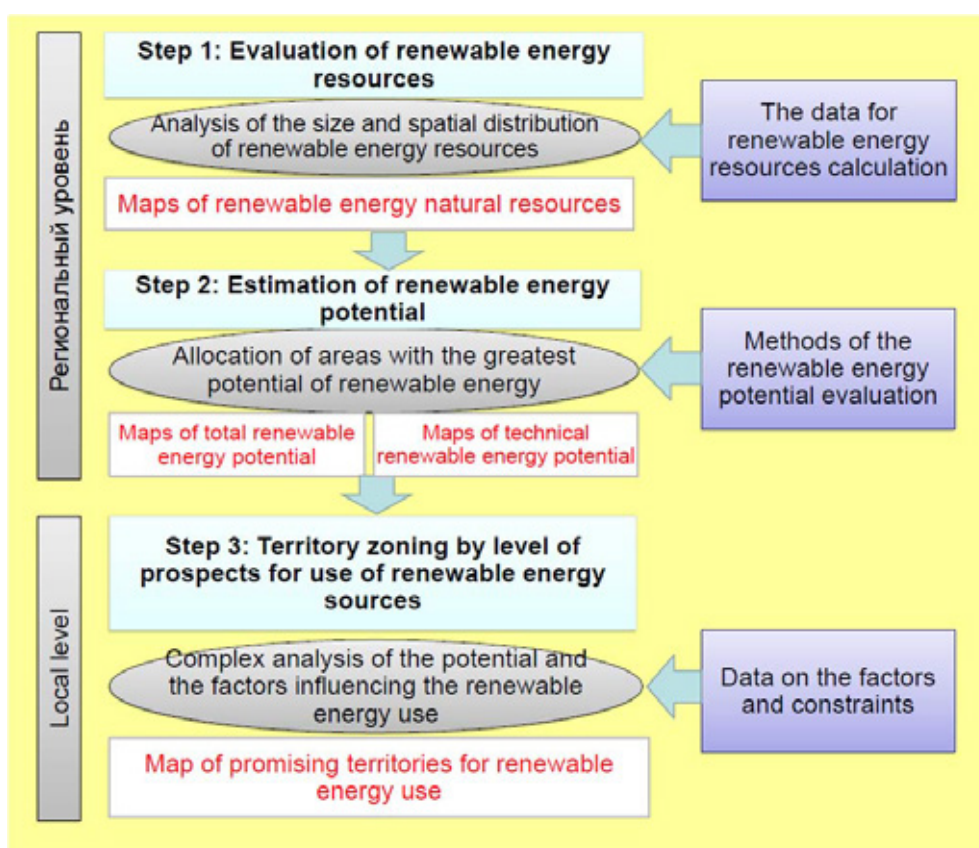


Fig. 1. The sequence of assessment and mapping of solar and wind energy resources

It is recommended to carry out resource assessment of the territories in several stages. In the first phase the creation of a detailed cartographic material is preceded by an analysis of data on the particular renewable energy sources characteristics and their verification in a given area. The first step is to conduct a detailed analysis of the spatial distribution of natural resource properties.

In the second stage, it is needed to study the spatial distribution of gross and technical potential in the region, calculated on the basis of the existing evaluation methods and technical characteristics of modern power plants.

In the 3rd phase, the analysis of the factors and zoning on the prospects of development of renewable energy in the region and placing of RES power on it's territory. Accordingly, the theme of maps needed for such assessments, divided into 3 blocks:

- maps of natural renewable energy resources;
- maps of gross and technical renewable energy potentials;
- maps of factors and constraints that affect the placement of RES objects.

The result of the assessment should be an integrated maps of suitability and promising regions for allocation of solar and wind energy objects of various size.

Only the preparation and comprehensive analysis of the various cartographic materials allows to make regional assessments of renewable energy resources closer to the reality and to ensure the most reasonable decisions on placement of renewable energy objects.

Results and discussion. The results of developed methodology testing for the Southern and North Caucasian Federal District showed that this region is promising for the development of renewable energy both by the presence of natural and technical potential of solar and wind energy, as well as by the presence of experience in the implementation of renewable energy projects.

The list of maps compiled during the solar and wind energy potentials analysis for the territory of South of Russia includes:

- 4 maps of wind energy natural potential (the average wind speed at a height of 10 m and 50 m according to the land-based and satellite measurements, the repeatability of wind speeds);
- 2 maps of wind energy gross and technical potential (the energy of air flow per unit area, the estimated wind power capacity of a given type);
- 3 maps of solar energy natural potential (total daily solar radiation – the total value for the year, between April and October and June-August);
- 6 maps of solar energy gross potential (direct solar radiation on the surface of the differently oriented values (annual, April-October and June-August);
- 27 maps of solar energy technical potential (the efficiency of water heaters of 3 different types, designed for standard hot water temperature and different periods of averaging – year, April-October and June-August).

On the maps of natural and technical potential was highlighted by shading the territory of the Greater Caucasus, which is associated with a lack of precision of the models used by NASA to obtain long-term average values – of solar performance and in particular wind energy in areas with strongly dissected relief.

As a test area for further analysis of factors influencing the placement of renewable energy facilities, Volgograd region was selected as having sufficient natural potential of wind and solar energy. For the selected region evaluation criteria of natural and environmental factors, and conducted by zoning suitability have been selected to accommodate solar and wind energy, as well as the criteria for assessing the socio-economic conditions for the development of renewable energy. Zoning took into account the factors of the following types: natural (topography, hydrology, modern geological processes), environmental (protected areas, natural and cultural monuments, agricultural lands with special conditions of use (gardens, forests), technical (availability of implementation experience in the renewable energy projects), social (demographics), economic (energy change). For more flexibility, the analysis criteria shared by several levels to effect solution (Table 1), and size of the projected object.

In addition to the result map (the example given on Figure 2) maps of factors taken into account in the analysis were compiled, including:

- map of land resources;
- map of transport networks;
- map of specially protected areas;
- population map;
- map of power supply dynamics.

Table 1

Ranking criteria for the degree of influence on the decision on placement of renewable energy facility in the selected area

Type	Rate	Influence on decision making
strict limitation	3	construction of the facility on renewable energy is completely forbidden
conditional limitation	2	construction prohibited, but can be realized if the positive effect of the object will be sufficiently high
low limitation	1	the construction can be carried out after a more detailed assessment of the facility's impact on the environment

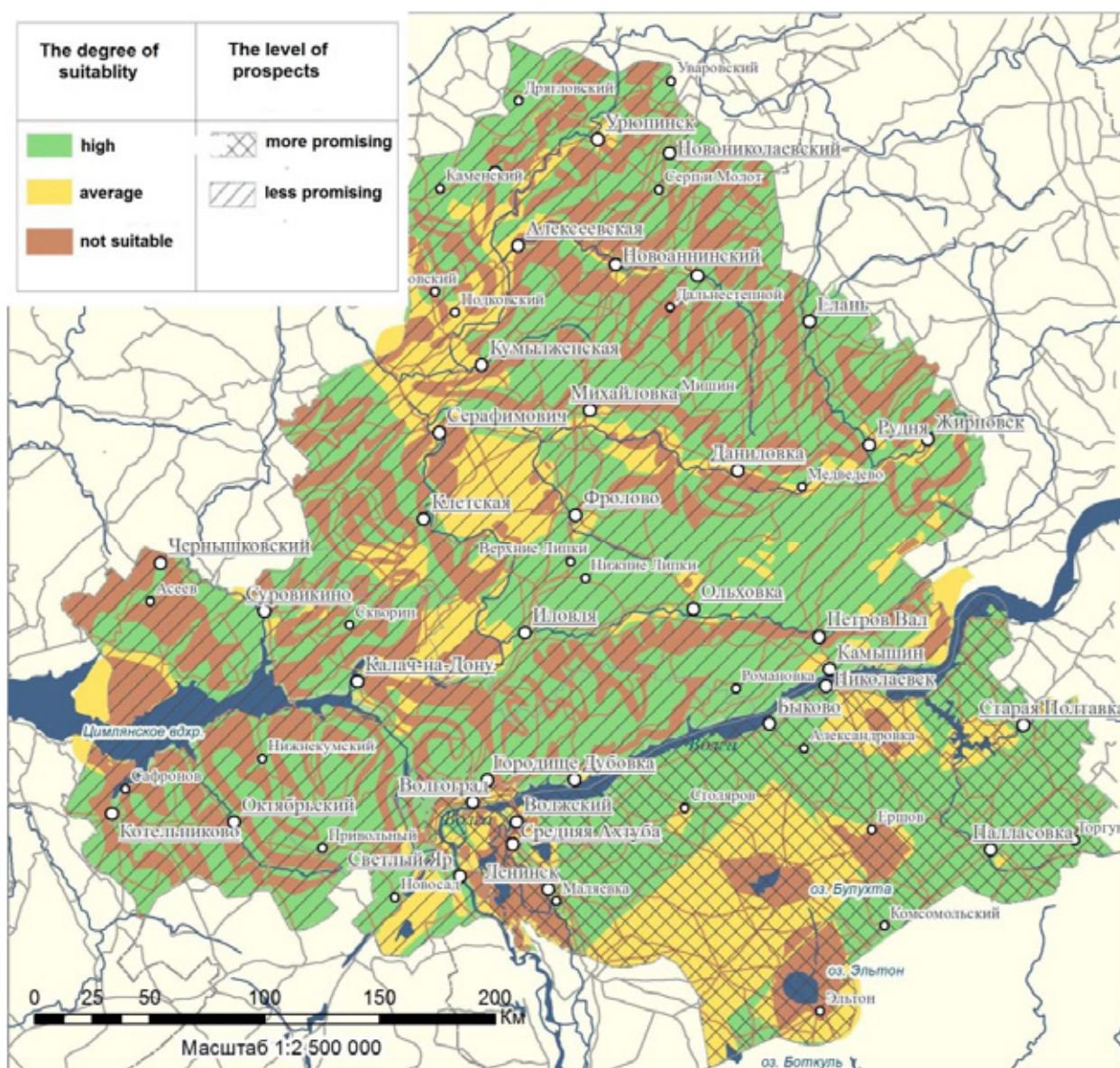


Fig. 2. Sample of suitability map for Volgograd region for solar and wind power objects placement

Conclusions. The testing of methodology showed that the proposed composition of a series of maps provides a fairly complete solar and wind energy resource assessment at the regional level. Joint analysis of natural and technical potential maps helps to evaluate the prospects using different types of power plants on renewable energy, to make a comparative analysis of winds at different altitudes and solar radiation values, coming to the surface from different angles of inclination and orientation, to define the predicted production of heat and electricity. It is specially important to use all available data sources and make their comparison.

Maps of factors and constraints that affect the placement of objects on renewable energy allow to define territories, the most promising for allocation of solar and wind energy. At the same time production of individual maps showing the group of factors make it possible to clarify what type of restriction is present on a particular site, that can facilitate the search for information materials and analysis on a larger scale during the development process. Factors and constraints maps unit may vary depending on the nature, features and climate of the region. But the overall logic of their thematic content set forth in the procedure does not change.

Maps of promising areas are the main result of the evaluation. They marked the sites that are completely unsuitable for placing objects on renewable energy and sites with a low degree of suitability. About 50% of the Volgograd region territory marked with a high degree of suitability by the natural and environmental factors, as well as socio-economic background to the development of renewable energy.

The whole series of maps in general allows to evaluate the resource potential of solar and wind energy at the regional level with a sufficient resolution for this scale and reliability. Map series is an information basis for solving a variety of tasks on a regional scale.

УДК 502, 504, 574

T.S. Nokelaynen¹

MAPPING OF THE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF RAILWAY TRANSPORT IN RUSSIA

Abstract. Nowadays more and more attention is paid to climate change policy and sustainable development, for which transport still presents a major challenge. Railway transport plays an important role in the pollution of the natural environment. Therefore, it is highly important to monitor and analyse the environmental impacts of railway transport at the county scale. For this purpose, the thematic ecological database was developed for the territory of Russia and the digital map of the environmental impacts of railway transport was created at a scale of 1:20 000 000. The map is representing linear pollution connected with railway transportation systems, which is accessed according to the traffic intensity and types of freight transported on the routes. The major criteria of evaluation are freight volumes, the presence of polluting cargos and passenger train frequency. Conducted research aims to support decision makers with comprehensive data on the environmental impact of railway transport and helps to define the priority regions of Russia requiring measures of improvement of transport and ecological conditions.

Key words: Railway Transport, Environment, Pollution, Ecological Mapping.

Introduction. Railway transport is historically the main form of arterial transport in Russia. The railway network distribution on the territory of Russia has developed very unevenly. This is due not only to the vast territory of the country, but also to a large territorial differentiation in its population, as

¹ M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, World Data Center for Geography, Moscow, 119991, Russia; e-mail: nokelta@geogr.msu.su.

well as in the level and type of economic development. Railways are among the main elements of the country's landscape territorial framework and serve as the main provider of interstate freight and passenger transportation [Nokelaynen, 2009]. More than 40% of total freight and 30% of passenger traffic is carried by rail. The structure of railway transported goods in Russia is dominated by commodity cargoes (coal, oil derivatives, ores and construction materials) [Transport..., 2014].

The main types of environmental impacts caused by railway transport are related to the emissions of chemical substances in forms of solids, liquids and gases entering all components of the environment [Wilkomirski et al., 2011]. Atmospheric emissions from the rail industry contain solids of organic and inorganic origin: dust and soot – 50%; carbon monoxide (CO) – 23%; sulfur dioxide (SO₂) – 22%; nitrogen dioxide (NO₂) – 3%. Other substances (acid and alkali vapors, fluorine compounds, hydrocarbons, hydrogen sulfide, acetone, gasoline vapors, and ammonia) make up the rest 2% [Gosudarstvennyj..., 2014]. In the last decades the level of atmospheric pollution associated with railway transport has significantly declined due to structural changes in the locomotive fleet caused by the introduction of electric locomotives.

Soil pollution occurs mainly due to fuel transfer and transportation of bulk cargoes using open rail cars. For example, the rate of oil loss during tank transportation equals to 0,339-0,381 kg per 1 ton of cargo (depending on the season and regional climate) [Roshydromet, 2014]. According to the Interdepartmental Commission on Environmental Safety of the Russian Security Council, about 30% of railway accidents are related to oil spills. At the same time, oil cargo (crude oil, diesel and fuel) accounts for the major part of hazardous materials transported by rail. Apart from that, railway areas are subject to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and heavy metal emissions, which are highly toxic and tend to accumulate in the environment [Liu et al. 2009]. Presence of PAHs pollution is mainly caused by machine grease and fuel oils used for rolling stock exploitation, and by creosote, used for railway ties [Thierfelder and Sandström, 2008]. Passenger transport is producing excessive amounts of waste, for example, a single passenger car yearly dilutes up to 200 m³ of wastewater and produces about 12 tons of solid waste per passenger-kilometer [Gosudarstvennyj..., 2014]. Transportation of explosives, chemicals and other hazardous materials by rail can also pose an environmental threat.

Noise and vibration are one of the key concerns related to railways in residential areas which recently started to receive more attention [Brons et al., 2003; Peris et al., 2016]. The noise pollution associated with the railway operation reaches an average of 68–87 dB at a distance of 25 m from the center of the railroad track [Ivanov et al., 2012]. The other adverse effects are related to alienation of territories and consumption of water, fuel and energy induced by the railway infrastructure. Railways are constructed on the animal migration routes disturbing natural communities, causing loss of habitats and affecting species and ecosystems [Karlson et al., 2016].

Taking into account all the adverse environmental effects imposed by railway transport, it can be noted that it is still more environmentally friendly than road transport [Nokelaynen, 2015]. Travelling by rail is on average 3 to 10 times less CO₂ intensive compared with road or air transport and land use per passenger-km for rail is about 3.5 times lower than for cars [Rail..., 2015].

In order to study a number of problems which exist in the railway industry, spatial analysis and an integrated cartographic assessment of the current traffic situation is required. A series of thematic maps created using GIS technologies can be used to demonstrate the state of the transportation system, its interrelationship with the socio-economic development of the country, as well as its environmental impacts. A similar approach has been already implemented in a series of thematic maps devoted to the environmental impacts of different types of transport, such as road transport [Samojlenko and Nokelaynen, 2002], inland waterway transport [Maslennikova et al, 2002] and pipeline transport [Gennadiev et al, 2002], developed as a part of the Environmental Atlas of Russia. The aim of this study is to summarize the previous expertise on mapping of the environmental impacts of transport and produce an up-to-date geodatabase and map of the influence of railways on the environment in Russia.

Materials and methods. Atlas information system on the sustainable development of Russia, created at the Faculty of Geography of the Lomonosov Moscow State University, contains a variety of

resources for simulation, visualization and integrated analysis of information on natural, economic and socio-demographic sustainability across the regions of Russia. All the components of the system are analyzed considering their dynamic behavior and Russia is seen as an integral part of a global system [Tikunov et al., 2007]. The transport section of the system includes an extensive spatiotemporal database developed according to the existing standards of geodatabase design [Butler, 2008].

Geodatabase on the railway transport of Russia consists of the following information blocks [Nokelaynen and Belousov, 2010]:

- **The Retrospective block**, including historical information on the development, growth and electrification of the Russian railway network.

- **The Environmental block**, including information on the anthropogenic effects imposed by railway transport and the risk of natural hazards along the railways.

- **The Socio-economic block**, including information on the railway technical equipment, public accessibility, service performance and passenger transportation tariffs.

- **The Perspective block**, including information on the existing and future railway development projects (lines under construction, planned high-speed rail, etc.).

The developed geodatabase was already used for thematic mapping of railway transport implemented with the contribution of the author in a number of federal projects, such as:

- Environmental Atlas of Russia;

- Atlas of natural and technological hazards of the Russian Federation;

- National Atlas of Russia;

- Atlas of socio-economic development of Russia;

- The cartographic animation «The development of Russian railway network».

In addition to the materials obtained from the Atlas information system on the sustainable development of Russia, other sources of data were analyzed, such as the official statistics from the Russian Federal State Statistics Service [Ohrana..., 2013] and the materials from the official site of JSC «Russian Railways» [Godovye..., 2015].

The use of GIS technologies allowed mapping of the environmental impacts of railway transport in Russia, which was conducted in ArcGIS environment according to the following steps:

1. Updating the geodatabase on the modern railway network of Russia (adding recently constructed or electrified railway sections).

2. Creating a series of thematic layers on railway operations (freight and passenger traffic, train frequency, etc.).

3. Creating a series of thematic layers on railway ecology (transportation of chemicals and hazardous materials, oil loading and offloading points, etc.).

4. Creating a series of thematic layers on railway nodes (freight and passenger turnover, connection with nearby airports, seaports and river ports, etc.).

5. Developing a methodology for assessment of pollution along railways.

6. Developing a methodology for estimation of transport pollution in cities.

7. Composing a thematic map of environmental impacts of railway transport in Russia.

Results and discussion. The main outcome of the research is the creation of the map «Environmental Impacts of Railway Transport in Russia» at the scale of 1:20 000 000, where the negative environmental effects caused by railway transport are characterized by the degree of pollution along the railways (Fig. 1). The main evaluation criteria selected for the railway classification are freight and passenger traffic, train frequency and transportation of hazardous materials on the routes.

All the railways are grouped into three categories according to the degree of environmental pollution (high, moderate and low). The high level of pollution is assigned to the mainline railways which are characterized by annual freight volume of more than 30 million tons in both directions, over 20 pairs of passenger trains running daily and the zone of environmental influence stretching up to 300 m. The moderate level of pollution is found along the railways with annual freight volume in the range of 10–30 million tons and about 10 to 20 pairs of passenger trains running daily. This category also includes roads with annual freight volume less than 10 million tons, which are used for

transporting bulk cargoes polluting the environment, such as coal and lignite, metallic and non-metallic ores, crude oil and oil derivatives and construction materials. The low level of pollution is associated with the railways with annual freight volume less than 10 million tons and less than 10 pairs of passenger trains running daily, which are transporting negligible amounts of polluting cargoes.



Fig. 1. Environmental Impacts of Railway Transport in Russia

Urban transport pollution is estimated by using a series of indirect indicators providing information on the railway traffic structure and volume of freight turnover within the cities. The results are shown on the map with point symbols varying in size and color. The size of the symbol is representing the total population of a city and the color is reflecting the degree of railway transport pollution (very high, high, moderate or low). The very high degree of pollution refers to the largest railway nodes with the annual freight turnover of more than 20 million tonnes, such as Moscow, St. Petersburg, Samara, Novosibirsk, Ufa, Chelyabinsk, etc. This category also includes railway junctions and sea (river) ports with a smaller level of freight turnover, but with a large share of polluting cargoes, for example, Magnitogorsk, Novorossiysk, Makhachkala and Orsk. The high degree of pollution is assigned to major Russian cities with the annual freight turnover varying from 5 to 20 million tonnes, such as Rostov-on-Don, Kazan, Tula, Astrakhan, Chita, Khabarovsk, etc. Railway nodes with the annual freight turnover between 1 and 5 million tons with a significant share of polluting cargoes are characterized by the moderate level of pollution (Kursk, Smolensk, Pskov, Saratov, Ulan-Ude, etc.). The low degree of pollution is attributed to all the rest railway transportation and distribution nodes with the annual freight turnover less than 1 million tons, which are predominantly found on the poorly developed territories.

The largest percent of all cargoes is delivered to seaports by rail. The seaport symbols are included into the map contents, where symbol size is representing the freight turnover (more than 100; 50–75; 10–25; 1–10; less than 1 million tons per year). In addition to that, oil loading and off-loading points are shown using special symbols, since they are associated with greater risks for the environment.

Conclusion. The construction and operation of railways are causing substantial negative impacts on the natural environment, associated with atmospheric emissions, soil contamination, land degradation and habitat loss. The conducted research enabled to define the key regions of Russia

which are subject to a significant anthropogenic load associated with the railway transport and which require adoption of new environmentally-oriented policies and industry standards. The map «Environmental Impacts of Railway Transport in Russia» which was produced as a part of this study helped to assess the degree of pollution along the railways and in major cities of Russia. The approach that was used shows that the creation of thematic maps using GIS technology and multi-layer analysis can be used for an assessment of railway transport pollution, and can serve as an essential part of a decision support system in order to facilitate:

- Local and regional railway environmental impact and safety assessment.
- Design and construction of new railway lines.
- Environmentally oriented railway infrastructure development projects.
- Nature protection initiatives in the railway sector.

All the information involved in this study was gathered and stored in a format of an ArcGIS geodatabase, which makes the database dynamic and easy to edit and allows updating the attribute information, conducting additional multi-layer analysis and creating new maps.

REFERENCES

1. *Brons M., Nijkamp P., Pels E., Rietveld P.* (2003). Railroad noise: economic valuation and policy. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 8(3), Pp. 169–184.
2. *Butler J.A.* (2008). *Designing geodatabases for transportation*. Redlands, Calif.: ESRI Press, 461 p.
3. *Gennadiev A.N., Golovanov D.N., Nokelaynen T.S., Pikovskij J.I., Tal'skaja N.N.* (2002). *Opasnost' vozdeystvija nefteprovodnogo transporta*. [Environmental risks of oil pipelines]. *Environmental Atlas of Russia*. ZAO «Karta», Pp. 30–31. (In Russian).
4. *Godovye otchety OAO «RZhD» za 2008–2015 gg.* [Annual reports of JSC «Russian Railways» for the 2008–2015]. (2015). (www.rzd.ru). (In Russian).
5. *Gosudarstvennyj doklad «O sostojanii i ob ohrane okruzhajushhej sredy Rossijskoj Federacii v 2013 godu».* [State Report: On the state and Environmental Protection of the Russian Federation in 2013]. (2014). Moscow, 463 p. (In Russian).
6. *Ivanov N.I., Kuklin D.A., Matveev P.V., Butorina M.V.* (2012). *Snizhenie shuma zheleznodorozhnogo transporta*. [Noise reduction for rail transport]. *Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti*, 12 (144), Pp. 2–24. (In Russian).
7. *Karlson M., Karlsson C.S.J., Mörtberg U., Olofsson B., Balfors B.* (2016). Design and evaluation of railway corridors based on spatial ecological and geological criteria. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 46, Pp. 207–228.
8. *Liu H., Chen L.P., Ai Y.W., Yang X., Yu Y.H., Zuo Y.B.* (2009). Heavy metal contamination in soil alongside mountain railway in Sichuan, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 152, Pp. 25–33.
9. *Maslennikova V.V., Nokelaynen T.S., Samojlenko Z.V., Skornjakov V.A.* (2002). *Vozdeystvie zheleznodorozhnogo i vodnogo transporta*. [Railway and inland water transport impact on the environment]. *Environmental Atlas of Russia*. ZAO «Karta», Pp. 34–35. (In Russian).
10. *Nokelaynen T.S.* (2015). GIS-Mapping of the Environmental Impacts of Road Transport in Russia. In: *Proceedings of the International Conference InterCarto/InterGis 21 «Sustainable Development of Territories: GIS Theory and Practice»*-Krasnodar, Sochi, Suva (Fiji), Pp. 97–100.
11. *Nokelaynen T.S.* (2009). *Perevozki грузов i passazhirov zheleznodorozhnym transportom*. [Rail transport of goods and passengers]. *Atlas of socio-economic development of Russia*. Moscow, Pp. 136–137. (In Russian).
12. *Nokelaynen T.S., Belousov S.K.* (2010). *GIS-kartografirovanie razvitiya zheleznodorozhnogo transporta Rossii*. [GIS-Mapping of the Railway Transport Development in Russia]. In: *Proceedings of the International Conference InterCarto/InterGis 16 «Sustainable Development of Territories: GIS Theory and Practice»*. Rostov-on-Don (Russia), Salzburg (Austria), Pp. 25–30. (In Russian).

13. Roshydromet. (2014). Obzory sostojaniya i zagryzneniya okruzhajushhej sredy v Rossijskoj Federacii za 2007–2014 gody. [Review of the State of the Environment and Environmental Pollution in the Russian Federation: 2007–2014], (www.meteorf.ru). (In Russian).
 14. Ohrana okruzhajushhej sredy v Rossii. [Environmental protection in Russia: Statistical book]. (2013). Rosstat, Moscow, 303 p. (In Russian).
 15. *Peris E., Woodcock J., Sica G., Sharp C., Moorhouse A. T., Waddington D.C.* (2016). Guidance for new policy developments on railway noise and vibration. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 85, Pp. 76–88.
 16. *Rail Transport and Environment: Facts and Figures.* (2015). The Community of European Railway and Infrastructure Companies (CER). (www.cer.be).
 17. *Samojlenko Z.V., Nokelaynen T.S.* (2002). Vozdejstvie avtomobil'nogo transporta. [Road transport impact on the environment]. *Environmental Atlas of Russia*. ZAO «Karta», Pp. 36–37. (In Russian).
 18. *Thierfelder T., Sandström E.* (2008). The creosote content of used railway cross-ties as compared with European stipulations for hazardous waste. *The Science of the Total Environment*, 402, 106–112.
 19. *Tikunov V.S., Rubanov I.N., Nokelaynen T.S.* (2007). Atlas information system for the sustainable development of territories. In the Proceedings of the XXIII International Cartographic Conference, Moscow, Pp. 123–124.
 20. *Transport i svjaz' v Rossii: Stat. sb.* [Transport and communication in Russia: Statistical book]. (2014). Rosstat, Moscow, 114 p. (In Russian).
 21. *Wilkomirski B., Sudnik-Wójcikowska B., Galera H., Wierzbicka M., Malawska M.* (2011). Railway transportation as a serious source of organic and inorganic pollution. *Water, Air, and Soil Pollution*, 218 (1–4), Pp. 333–345.
-

УДК 528.9

Е.А. Прохорова¹, А.В. Морозова², В.Н. Семин³, Я.О. Казарин⁴

АНАЛИЗ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ПОЛУОСТРОВА КРЫМ

Резюме. *Изменение государственной принадлежности Крымского полуострова, которое произошло в 2014 году, не могло оставить в стороне проблему анализа и картографирования трансформаций, которые происходят в социально-экономическом укладе округа. В статье рассмотрены способы картографирования динамики численности населения, в частности, в связи с очередным ростом внимания к неравномерности развития социальной инфраструктуры и с возможностями оценки рекреационной нагрузки на территорию. Создана серия карт, которая может способствовать определению тенденций в дальнейшем формировании расселения Крымского федерального округа.*

Ключевые слова: *картографирование населения, динамика численности населения, расселение Крыма, информационные ресурсы.*

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносов, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики, Москва, Россия; e-mail: earprohorova@mail.ru.

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносов, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики, Москва, Россия; e-mail: aleksandra.v.morozova@yandex.ru.

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносов, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики, Москва, Россия; e-mail: yanis97@mail.ru.

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносов, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики, Москва, Россия; e-mail: vnsemin@mail.ru.

Введение. Полуостров Крым вследствие своего экономико-географического положения, обеспечивающего выход к двум морям и благоприятных климатических условий за многовековую историю неоднократно менял свою государственную принадлежность. За многие годы население полуострова динамично менялось, и причинами этого служили не только рост городов и высокие темпы естественного прироста, но и масштабные переселения и трагические события, которые привели к исчезновению с территории полуострова целых народов. Самые разные факторы – экономические, природные, политические и исторические оказывали влияние на расселение Крыма: на начальных этапах экономического развития размещение населения в большей степени определяли природные качества территории, позже расселение стало зависеть и от уровня социально-экономического развития региона. К тому же в разные временные периоды на территории Крыма преобладали народы разных этнических групп и вероисповеданий с разными укладами жизни и типами хозяйственной деятельности, которые напрямую воздействовали на тип расселения людей. Естественные миграции и эмиграции, а также вынужденные переселения народов и их возвращение также обуславливали значительные изменения численности, структуры и расселения населения по территории полуострова на протяжении его истории.

В настоящее время необходимость анализа динамики численности, структуры и расселения населения полуострова Крым определяется, в первую очередь, изменением его государственной принадлежности. Смена статуса, экономического и социально-географического положения территории ведет, в том числе, и к изменениям в количестве жителей городов и прочих населенных пунктов и системе расселения в целом. Так, например, начиная с конца 18 века транспортная сеть полуострова формировалась в неразрывной связи с материком. Развивалась сеть железных дорог и автомагистралей – это оказывало большое влияние на расселение людей. Сейчас, когда активное транспортное сообщение с материком нарушено, происходит значительная перестройка транспортной инфраструктуры, что оказывает влияние на перераспределение транспортных потоков, изменение специализации и плотности населения некоторых регионов.

Планирование развития любого федерального округа практически всегда опирается на картографические материалы, отражающие административные, природные, социально-экономические условия и изменения, происходящие на его территории.

Картографические данные востребованы и дают возможность исследовать вопросы управления территориями, охраны природной среды, размещения объектов инфраструктуры, опираясь при этом на демографические показатели. Изучение населения за последние 200 лет и попытка определить тенденции в динамике демографических показателей требует создания серий карт населения Крыма и разработки новых методов количественной оценки его состояния.

Целью данного исследования является анализ и картографическое представление динамики численности и состава населения Крымского полуострова с момента его присоединения к Российской Империи в 1783 году. В связи с этим главной задачей работы стало системное изучение численности и структуры населения Крыма и создание соответствующей серии тематических карт.

Визуализация всего объема имеющийся статистической информации о населении не представлялась возможной, поэтому важную роль в организации подобных исследований имеет выбор наиболее показательных временных срезов, которые максимально полно характеризуют динамику численности или состава населения. Первой временной датой для создаваемой серии карт стал 1793 год, который характеризует население через 10 лет после вхождения полуострова в состав Российской Империи. 1850 год характеризует население Крыма в промежутках между двумя войнами: русско-турецкой войной 1828–1829 годов и Крымской войной 1853–1856 годов. Следующий временной срез приходится на 1897 год, когда была произведена первая всеобщая перепись населения. 1926 год – численность и структура населения после Гражданской войны 1917–1921 гг. и установления в 1921 году Советской власти. 1939 год характеризует численность и состав населения перед началом Великой Отечественной Войны. Следующая временная веха – 1959 год, который показывает, как изменилась

численность населения полуострова в послевоенный период. Последующие даты выбраны с учетом проведения всесоюзной (1989 г.), общегосударственной (2001 г.) и региональной (2014 г.) переписей населения. Таким образом, созданы серии карт, которые характеризуют численность населения (абсолютную – по городам и поселкам, уездам, районам, и относительную – в качестве плотности населения) в период с 1793 по 2014 год. Карты выполнены в системе координат WGS-84, проекция UTM для зоны N36. Масштаб карт 1:900 000.

Материалы и методы исследования. Основным источником сведений о населении Российской Империи послужили ревизские сказки – документы именной переписи податного населения, возникновение которых, как особого вида исторических источников, связано с реформой налогообложения, когда осенью 1718 г. царским указом велено было собирать «сказки» о количестве душ в каждом населённом пункте. В период с 1718 по 1857 гг. было произведено 10 ревизий (для работы были использованы данные 4 и 9 ревизий 1792 и 1850 годов с учетом душ обоего пола). Карты на 1897 год были выполнены по материалам первой всеобщей переписи населения Российской Империи. Именно после нее такие переписи стали основным источником данных о численности и составе всего населения страны. Стандартный интервал времени между переписями в России – десять лет, и при создании карт на 1926, 1939, 1959 и 1989 годы были использованы статистические данные всесоюзных переписей населения за соответствующие годы.

С начала военного времени и на весь период 1940-1955 гг. авторам были доступны только сведения о численности всего населения территории полуострова, без ее градации по административно-территориальным единицам, поэтому выполнены карты на 1939 год по официальным статистическим данным переписи, а следующей визуализацией состояния населения стала карта на 1959 год.

Карты серии на 2001 год создавались на основе официальной статистики Украины. В 2014 году была проведена первая перепись населения Крымского федерального округа после его вхождения в состав Российской Федерации, на основании этих данных разработаны современные карты численности и плотности населения Крымского федерального округа.

Помимо статистических и литературных источников в работе были использованы 4 листа топографических карт масштаба 1:500 000 для создания общегеографической основы.

Уточнение границ районов, наличия населенных пунктов и информации о численности населения производилось по материалам Фонда картографических изданий Российской государственной библиотеки. Иногда границы районов приходилось устанавливать на основе текстовых источников, так как графическое представление сетки административно-территориального деления утеряно либо не существует. Это связано с тем, что внутреннее административное деление полуострова претерпело значительные изменения в первой половине XX века.

В основе работы над картографическими материалами лежит традиционный для картографической школы Московского университета системный подход с одной стороны, и современные методики геоинформационного картографирования с другой, что позволяет наиболее рационально использовать имеющуюся информацию.

На основе собранной информации разрабатывается база геоданных по населению Крымского ФО. При разработке ее структуры учитывались как специфика собранной статистической информации, так и планы по визуализации некоторых ее слоев, которые легли в основу создания серии карт населения.

Основным элементом содержания всех карт является каркас расселения, состоящий из населенных пунктов, связанных между собой сетью путей сообщения (различных видов – в зависимости от времени представления). Для населенных пунктов в базе данных содержатся сведения о типе населенного пункта (в Крыму на протяжении всей его истории существовали населенные пункты разных типов – села, поселки, города) и численности населения в разные годы, кроме того внесены данные об абсолютной численности населения по уездам и районам. Наполнение базы данных производилось последовательно, по мере нахождения информации и зависело от наличия сведений о данной территории на определенный период, с учетом необходимости последующей классификации занесенной в атрибутивные таблицы информации при ее визуализации.

Результаты исследования и их обсуждение. На девяти картах серии «Расселение населения Крыма» отображена плотность и населения по районам и его численность в населенных пунктах. Плотность является универсальным показателем, который позволяет сравнивать территории, различающиеся по размеру и численности населения. При расчете числа жителей на квадратный километр появляется возможность оценить заселенность территории и равномерность размещения населения на полуострове.

На картах этой серии показан также и каркас населения – населенные пункты и пути сообщения. Населенные пункты призваны показать места с наибольшей концентрацией населения, а пути сообщения – возможности для перемещения людских потоков. Помимо численности населения в этих поселениях на картах отображается также их административный статус (город республиканского подчинения, поселок, село). Еще одна серия, представленная также девятью картами, показывает динамику абсолютной численности населения по административным единицам.

В конце XVIII века, сразу после присоединения полуострова в 1783 году, были основаны города, которые и в настоящее время являются крупнейшими в регионе – Симферополь и Севастополь. На территории Крыма и примыкающего материка была образована Таврическая область, которая делилась на 7 уездов, 4 из которых

находились на территории полуострова. В 1796 году Таврическая область вошла в состав Новороссийской губернии, а в 1802 год территорию бывшей Таврической области перевели в статус Таврической губернии [Водарский и др., 2003].

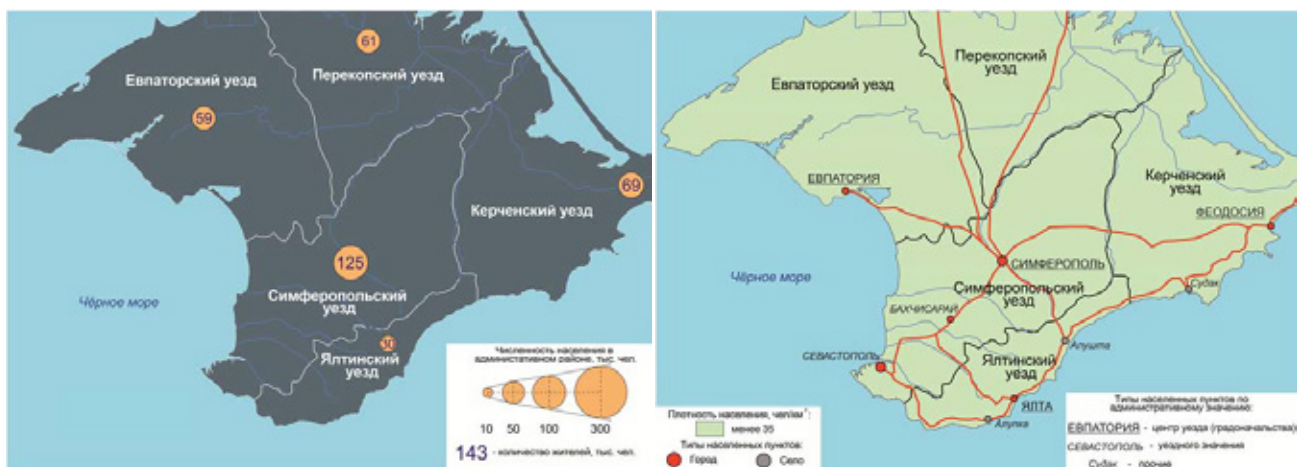


Рис. 1. Фрагменты карт населения Крымского полуострова в 1850 году

На территории Таврической губернии насчитывалось 7 городов, 4 из которых были центрами уездов и 4 села. Плотность населения во всех четырех уездах – Симферопольском, Евпаторийском, Феодосийском и Перекопском была крайне низкая, не более 35 человек на квадратный километр, что объясняется значительным опустошением полуострова после прошедших русско-турецких войн и недостаточно активным заселением новых территорий жителями из внутренних губерний Российской Империи [Степанова, 1988].

В 1839 году образовался Ялтинский уезд путем отделения юго-восточной части Симферопольского уезда. В это же время Ялта, которая являлась селом, получила статус города. Несмотря на значительный прирост населения, плотность по-прежнему оставалась низкой – 10–22 человека на квадратный километр. Карта численности населения на 1850 год (рис. 1) достаточно наглядно демонстрирует малую заселенность полуострова к середине XIX века. Из-за высокого естественного прироста доля крымских татар в это время максимальна. Увеличение доли русского населения происходило медленно, при этом самое большое количество русских отмечается в Севастопольском уезде.

В 1897 году (рис. 2) на территории Крымского полуострова существовало уже 7 административных единиц Таврической губернии: к уже имеющимся пяти уездам добавились Севасто-

польское и Керчь-Еникальское градоначальства, в которых большинство составляло русское население. Начиная с этого года, карты плотности населения иллюстрируют дифференциацию показателя от уезда к уезду. Плотность населения градоначальств, которые в небольшой площади заключили два крупных города, была довольно высокой (190–270 чел/км²). Вторым был Ялтинский уезд, плотность населения которого составляла чуть более 35 человек на километр квадратный. В остальных уездах не произошло существенных изменений: плотность населения, как и прежде не превышала 35 человек на квадратный километр. Росло число населенных пунктов, в 1875 году на территории полуострова начато строительство первой железной дороги: была проложена ветка, берущая начало на территории материка и доходившая до Севастополя (с 1890 года эта дорога носила название Курско-Харьковская-Севастопольская железная дорога, а в 1892 году была построена линия Джанкой-Феодосия). Значительные перемены происходят и в национальном составе губернии: в Симферопольском и Керченском уездах доля русских в национальном составе практически сравнялась с долей крымских татар, на третьем месте были украинцы. В Перекопском уезде представители сразу 4 национальностей могли выйти на лидирующие позиции в структуре населения – это русские, украинцы, немцы и крымские татары. И только в Евпаторском и Ялтинском уездах доля представителей татарской национальности была значительно выше доли русских.

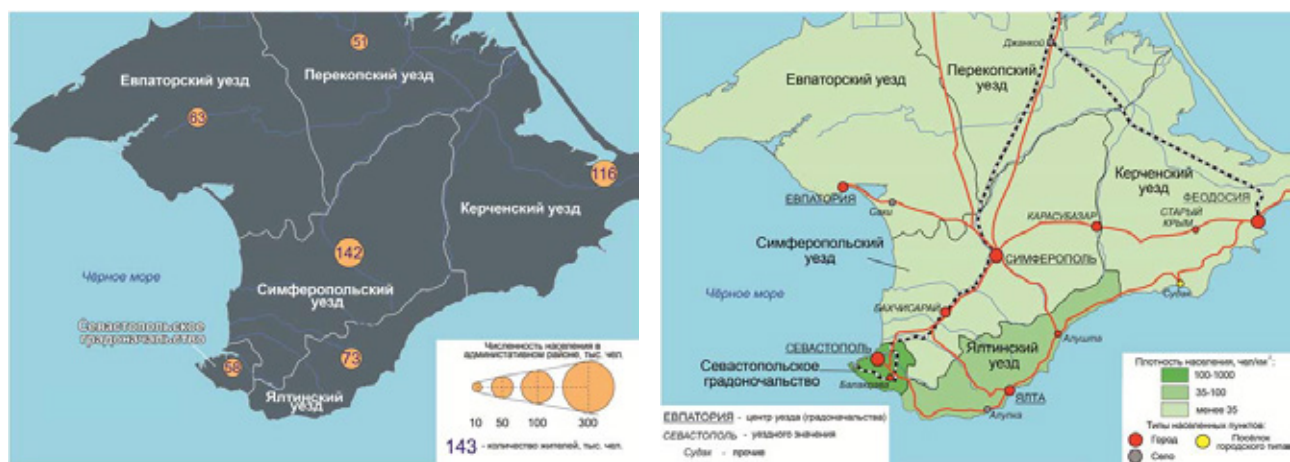


Рис. 2. Фрагменты карт населения Крымского полуострова в 1897 году

В начале XX века административно-территориальное деление полуострова не менялось вплоть до установления Советской власти и распада Таврической губернии в 1921 году. На территории Крыма была образована автономия (Крымская АССР), которая в 1926 году состояла из десяти районов (рис. 3). Наибольшая плотность населения была характерна для самых маленьких по площади Севастопольского и Ялтинского районов (150–160 чел/км²), на втором месте по плотности населения был Симферопольский район (около 80 чел/км²). Причиной является тот факт, что центр района – Симферополь, уже тогда являлся крупным транспортным узлом, в котором сходились автомобильные и железные дороги. В остальных районах плотность не превышает 50 чел/км². Один из локальных максимумов плотности населения (Керченское градоначальство), который так явно выделялся на предыдущей карте, перестал существовать вследствие значительного изменения сетки административно-территориального деления и уравнивания площадей административных единиц в центральной и восточной частях полуострова. Русские и украинцы все активнее заселяли полуостров. К 1926 году на карте появились новые отрезки железной дороги – от Остряково до Евпатории и от Владиславовки до Керчи.

К началу войны сетка административно-территориального деления неоднократно перекраивалась, и в 1939 году на территории Крыма существовало уже 26 районов. По-прежнему юго-западная часть характеризовалась максимальной плотностью населения – это наиболее староосвоенный регион Крыма с максимально благоприятным климатом. Наравне с Симферополем и Ялтой, лидером по плотности населения стала Евпатория, что объясняется высоким притоком

людей на небольшую территорию города, который имел две специализации: город-порт и город-курорт. К этому времени Крымская АССР имела наиболее пестрый национальный состав.



Рис. 3. Фрагменты карт населения Крымского полуострова в 1926 году

Начало Великой Отечественной Войны стало причиной больших перемен в расселении на Крымском полуострове. В связи со сложившейся политической ситуацией в 1941 году началось массовое переселение немцев. В первую волну этого переселения полуостров покинуло более 61 тысячи человек, 11 тысяч из которых не были этническими немцами, но состояли с ними в браке [Бугай, 2002]. В 1944-м году после освобождения полуострова произошло массовое переселение крымских народов: крымских татар, болгар, армян, греков, цыган и евреев. В это же время началась вторая волна переселения немцев (2300 чел.) в Омскую область, тех, кто каким-то образом избежали переселения в 1941 году (разрешение вернуться на территорию полуострова они получили только в 1972 году) (рис. 4). Для упрощения анализа и установления пространственно-временных закономерностей при работе со статистическими данными, используется их визуализация в виде разнообразной графики, что позволяет наглядно продемонстрировать не просто изменения, но резкие скачки и перепады в численности населения за определенные временные периоды.



Рис. 4. График динамики численности немцев (конец XIX – начало XXI века)

Во время войны вследствие оккупации и депортации население Крыма сократилось в 3 раза (рис. 5) с 1 126 426 человек в 1939 году до 379 000 в октябре 1944 года [Кропачев, 2012].

В 1948 году Севастополь получил статус отдельного от Крымской области населенного пункта – города республиканского подчинения. В 1954 году по указу Н.С. Хрущева Крымская область была передана в состав Украинской ССР.

В 1989 году полуостров Крым, как и многие другие районы СССР, достиг наивысшей численности населения – здесь проживало около 2,5 млн. человек (рис. 5). Наиболее плотно заселены были города и районы вдоль Южного берега, повысилась плотность населения и в центральных районах – Бахчисарайском, Симферопольском, Красногвардейском и Нижнегорском, которые являлись сосредоточением крупных транспортных артерий (рис. 6).

С 1991 по 2014 год Крым существовал как часть независимой Украины. В этот период была проведена перепись населения в 2001 году. Плотность населения не претерпела значительных изменений и перераспределений, а в национальном составе четко выделялись три этнические группы: русские, украинцы и татары.



Рис. 5. График общей численности населения (конец XIX – начало XXI в.)

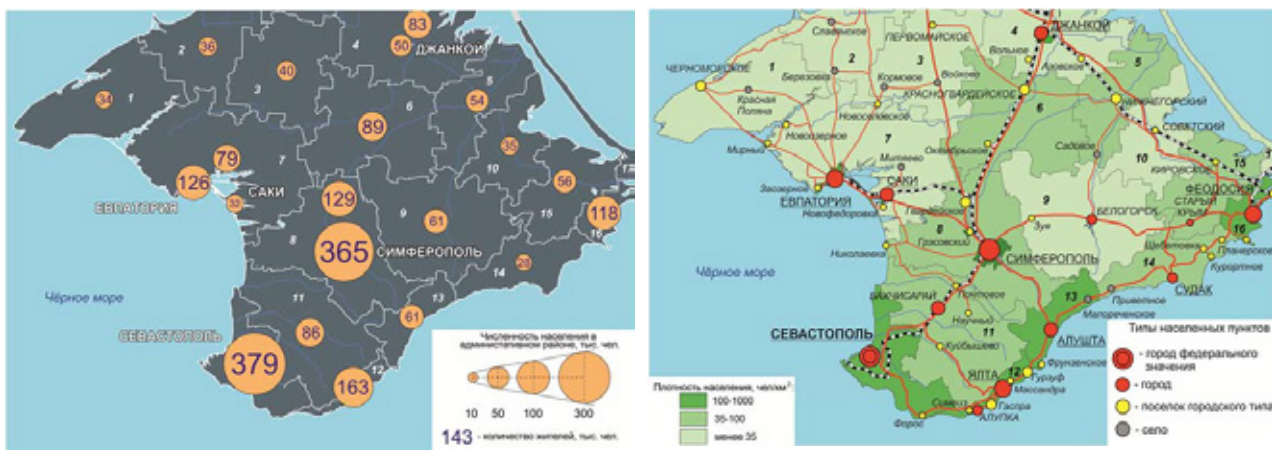


Рис. 6. Фрагменты карт населения Крымского полуострова в 1989 году (административно-территориальное деление: 1 – Черноморский район, 2 – Раздольненский район, 3 – Первомайский район, 4 – Джанкойский район, 5 – Нижнегорский район, 6 – Красногвардейский район, 7 – Сакский район, 8 – Симферопольский район, 9 – Белогорский район, 10 – Советский район, 11 – Бахчисарайский район, 12 – городской округ Ялта, 13 – городской округ Алушта, 14 – городской округ Судак, 15 – Кировский район, 16 – городской округ Феодосия, 17 – Ленинский район)

В 1959 году на территории полуострова существовал 21 район, 5 городских советов и город республиканского подчинения Севастополь, при этом наибольшая плотность населения зафиксирована

рована в южных приморских районах – Кировском, Алуштинском, Куйбышевском. К концу же 80-х годов сформировалась сетка районов и городских советов, существующая и по сей день.

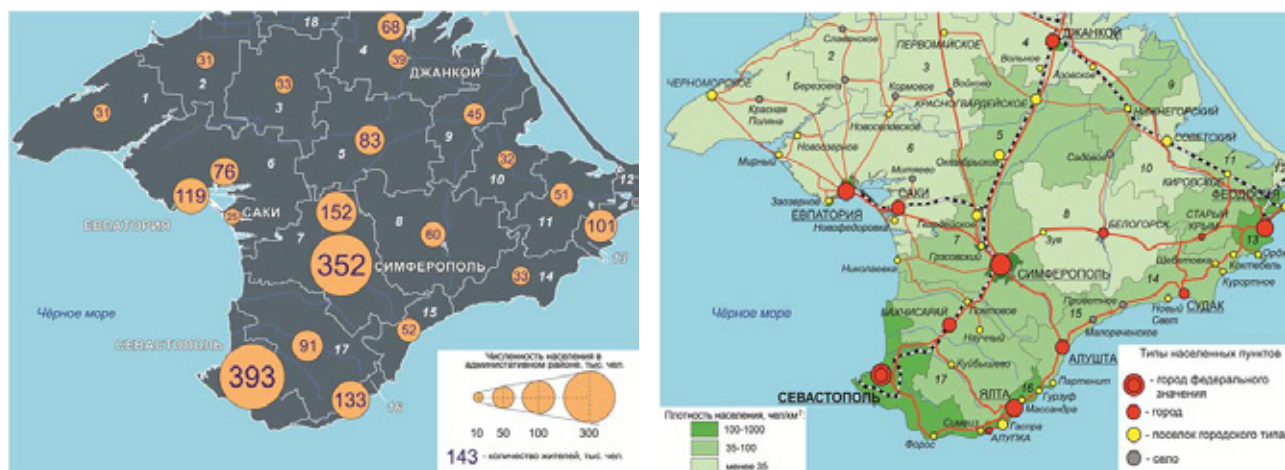


Рис. 7. Фрагменты карт населения Крымского полуострова в 2014 году

(административно-территориальное деление: 1 – Черноморский район, 2 – Раздольненский район, 3 – Первомайский район, 4 – Джанкойский район, 5 – Красногвардейский район, 6 – Сакский район, 7 – Симферопольский район, 8 – Белогорский район, 9 – Нижегородский район, 10 – Советский район, 11 – Кировский район, 12 – Ленинский район, 13 – городской округ Феодосия, 14 – городской округ Судак, 15 – городской округ Алушта, 16 – городской округ Ялта, 17 – Бахчисарайский район, 18 – Красноперекопский)

В 2014 году полуостров Крым вошел в состав Российской Федерации, и на начало января 2014 года была зафиксирована максимальная численность населения. Далее движение населения стало определяться естественной убылью и миграционным приростом. По данным украинских властей в период с 2014 по 2016 год полуостров покинуло около 25 тысяч украинцев. В 2014–2015 гг. территория Крыма приняла около 200 тысяч беженцев из Луганской и Донецкой областей. В этот же период около 3 тысяч крымчан, обучавшихся в высших учебных заведениях «материковой Украины» вернулись в Крым и продолжили обучение в российских вузах. С конца 2014 года численность населения постепенно начинает возрастать (рис. 7).

Выводы. Изучение и картографирование численности населения полуострова Крым на таком протяженном во времени отрезке – это лишь часть большой работы по исследованию демографической ситуации Крымского федерального округа и прогнозу возможных изменений в расселении населения на этой территории.

Создана серия карт, иллюстрирующая динамику расселения и изменения территориально-административного деления Крымского полуострова в период с 1793 по 2014 год. Разработка и составление таких карт базируется на оценке и обобщении большого и разнопланового картографического, статистического и литературного материала.

Карты наглядно показывают неравномерность размещения населения на Крымском полуострове, что объясняется рядом факторов: прежде всего, на ранних этапах формирования территории больше всего оказывает влияние *природный фактор*, который проявляется в том, что быстрее всего осваиваются территории с наиболее благоприятными для человека условиями.

Для современной модели расселения также характерно неравномерное размещение населения по территории полуострова. Население Крыма по большей части сосредоточено вблизи морского побережья. На втором месте по плотности населения стоят предгорья, затем следуют равнинные территории и горы. На побережье Крыма, являющемся наиболее ценной в рекреационном отношении территорией, проживает более 50% населения республики.

Воздействие *социально-экономических условий* на расселение связано с размещением транспортных путей – железных и автомобильных дорог, которые способствуют концентра-

ции населения. На карте 2014 года хорошо выделяются крупные города (насчитывающие свыше 100 тыс. жителей) – это город федерального значения Севастополь (393 тыс. чел.) и следующие городские округа: Симферополь (336,46 тыс. чел.), Керчь (148,9 тыс. чел.), Евпатория (119 тыс. чел.), Ялта (133 тыс. чел.), Феодосия (101 тыс. чел.). Симферополь – город транспортный узел, через которых проходит крупная автомагистраль и железная дорога, а прочие перечисленные города являются портами.

В настоящее время максимальной плотностью населения характеризуются город федерального значения – Севастополь и городские округа: Симферополь, Ялта, Феодосия, Керчь, Евпатория и Джанкой. Если говорить о районах, то максимальная плотность населения характерна для Красногвардейского, Симферопольского, Бахчисарайского и Нижегородского районов, которые находятся на крупных транспортных артериях. Таким образом, можно сделать вывод о том, что население полуострова тяготеет не только к морским побережьям, но и крупным транспортным магистралям.

Изменения современной демографической ситуации связаны, как правило, с естественным приростом населения региона и его механическим движением. Что касается Крыма, то миграционная составляющая имеет большой вес в изменении абсолютной численности районов Крымского полуострова.

Дальнейшие исследования по изучению пространственно-временных изменений в составе и численности населения Крымского федерального округа дадут возможность выявить условия и факторы, которые будут влиять на изменение расселения полуострова в ближайшие десятилетия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Водарский Я.Е., Елисеева О.И., Кабузан В.М. Население Крыма в конце XVIII – конце XX в.: Численность, размещение, этнический состав / Институт российской истории РАН. – М.: ИРИ РАН, 2003 – 160 с.
2. Крым многонациональный [Сборник/Составитель Н.Г. Степанова] – Симферополь: Таврия, 1988. – 143 с.
3. Кропачев С.А., Кринко Е.Ф. Потери населения СССР в 1937–1945 гг.: масштабы и формы. Отечественная историография – М.: РОССПЭН, 2012. – 350 с.
4. Крым: прошлое и настоящее [Сборник / Отв. ред. С.Г. Агаджанов, А.Н. Сахаров] – М.: Мысль, 1988. – 107 с.
5. Бугай Н.Ф. Депортация народов Крыма: Документы, факты, комментарии – М.: ИСАН, 2002. – 237 с.
6. Федеральная служба государственной статистики – www.gks.ru.

Е.А. Prokhorova¹, A.V. Morozova², V.N. Semin³, Y.O. Kazarin⁴

ANALYSIS AND MAPPING OF POPULATION DYNAMICS OF CRIMEAN PENINSULA

***Abstract.** Changing of the nationality of the Crimean Peninsula, which took place in 2014, could not leave aside the problem of the analysis and mapping of the transformations in social and economic ways of the county. Methods of mapping of the population dynamics are described, par-*

¹ Lomonosov Moscow State University, The Faculty of Geography, Department of Cartography and Geoinformatic; e-mail: eprohorova@mail.ru.

² Lomonosov Moscow State University, The Faculty of Geography, Department of Cartography and Geoinformatic; e-mail: aleksandra.v.morozova@yandex.ru.

³ Lomonosov Moscow State University, The Faculty of Geography, Department of Cartography and Geoinformatic; e-mail: yanis97@mail.ru.

⁴ Lomonosov Moscow State University, The Faculty of Geography, Department of Cartography and Geoinformatic; e-mail: vnsemin@mail.ru.

ticularly in connection with the increasing attention to the uneven development of social infrastructure and the possibilities of estimating recreational load on the territory. A series of maps was created which can assist in identifying trends in the future settlement of the Crimean federal district.

Key words: mapping of population, population dynamics, settlements of Crimea, information resources.

REFERENCES

1. *Vodarskij Ya.E., Eliseeva O.I., Kabuzan V.M.* Naselenie Kryma v konce XVIII – konce XX v.: CHislennost', razmeshchenie, etnicheskij sostav [Crimea's population at the end of XVIII – the end of XX century .: The number, location, ethnic composition] / Institut rossijskoj istorii RAN. – M.: IRI RAN, 2003 – 160 p.
2. Krym mnogonacional'nyj [Crimea multinational] [Sbornik/Sostavitel' N. G. Stepanova] – Simferopol': Tavriya, 1988. – 143 p.
3. *Kropachev S.A., Krinko E.F.* Poteri naseleniya USSR v 1937–1945 gg.: masshtaby i formy. Otechestvennaya istoriografiya [The loss of population of the USSR in 1937–1945 gg .: The scale and shape. domestic historiography] – M.: ROSSPEHN, 2012 – 350 p.
4. Krym: proshloe i nastoyashchee [Crimea: Past and Present] [Sbornik / Otv. red. S.G. Agadzhanov, A.N. Saharov] – M.: Mysl', 1988 – 107 p.
5. *Bugaj N.F.* Deportaciya narodov Kryma: Dokumenty, fakty, kommentarii [The deportation of the Crimean peoples: documents, facts, comments] – M.: ISAN, 2002. – 237 p.
6. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki [Federal State Statistics Service] – www.gks.ru.

УДК 911.2:528

Т.В. Ватлина¹, С.П. Евдокимов²

СОЗДАНИЕ ЛАНДШАФТНОЙ КАРТЫ С ПОМОЩЬЮ ОТКРЫТОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ТЕРРИТОРИИ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «СМОЛЕНСКОЕ ПООЗЕРЬЕ»)

Резюме. В ландшафтном картографировании отсутствует единая методика, поэтому в каждой ландшафтной школе существует своя техника составления ландшафтных карт. Тем не менее, одной из начальных операций, признанных во всех школах является выделение так называемой первичной матрицы – или матрицы местоположений, фиксируемой, как правило, по исходной топографической карте. Процедура отрисовки первичной матрицы почти аналогична в разных школах. Центральным понятием московской, ленинградской и воронежской школ ландшафтоведения стало «местообитание», «местоположение», привязанное к форме рельефа неопределенной мерности. Мы стремимся придать этой мерности определенный геолого-геоморфологический смысл.

Ключевые слова: ландшафт, карта, картографирование, растровая модель поверхности, рельеф.

Введение. Одной из основных проблем ландшафтного картографирования является отсутствие общепризнанной методики, которая была бы основана не только на «интуиции и опыте» автора, но и была бы воспроизводима. Под воспроизводимостью мы понимаем наличие четкого алгоритма (последовательности шагов) которые могли бы быть использова-

¹ Смоленский государственный университет, г. Смоленск, Россия; e-mail: vatlina_geo@mail.ru.

² Смоленский государственный университет, г. Смоленск, Россия; e-mail: esppaleo@geo@mail.ru.

ны любым желающим с применением известных инструментов [1]. На сегодняшний день в ландшафтоведении РФ сосуществуют четыре научные школы – московская, Санкт-Петербургская, Воронежская и Сибирская. Каждая из них выработала свою технику составления ландшафтных карт. Они многократно описаны в соответствующей литературе [2].

Тем не менее, одной из начальных операций, признанных во всех школах является выделение так называемой первичной матрицы – или матрицы местоположений, фиксируемой, как правило, по исходной топографической карте. Процедура отрисовки первичной матрицы почти аналогична в разных школах.

Материалы и методы исследований. В ландшафтоведении следует более строго относиться к выделению «местоположений», не «рисую их от руки» а моделируя поверхность земного рельефа по полю высот местности. Использование данных построений А.Н. Ласточкин [3] называет геотопологическим (морфодинамическим) анализом и отмечает, что данный подход позволяет создать исчерпывающую таксономию элементарных поверхностей – т.е. местоположений или «геотопов». Метод не получил поддержки у ландшафтоведов по ряду причин, большинство из которых субъективны. Назовем лишь две из них: 1) практикующие ландшафтоведы привыкли рисовать руками и не всегда знакомы с техникой современных ГИС и 2) карты с отметками высот и горизонталями на них до сих пор являются в крупных масштабах секретными, что не создает традиции их широкого использования.

На первом этапе ландшафтного картографирования, который выполняется в камеральных условиях, необходимо выявить принципиальную структуру рисунка ландшафта и определить дифференциацию на генетические (геоморфологические) поверхности и основные геотопы (физиотопы, местообитания). Средством такого выявления выступает морфодинамический анализ, результатом – карта типов местообитаний (геотопов) территории. Полученная карта типов элементарных поверхностей рельефа может рассматриваться как основа для ландшафтной карты.

Для территории национального парка «Смоленское Поозерье» рельеф – главный фактор дифференциации. Каждый тип поверхностей рельефа, обособленный в пространстве, ассоциируется с простым или сложным урочищем. В условиях сильно нарушенного растительного покрова карта типов поверхностей рельефа позволяет восстановить коренные типы растительности.

Традиционно ландшафтоведы перейдя от техники «фрихэнд» к моделированию в ГИС продолжают зачастую «рисовать» используя инструментарий векторного редактирования и рисования местообитаний «поверх» векторного же слоя горизонталей. Новизна подхода заключается в отказе от работы с векторными данными и попытке использования инструментария растровой картографии, поскольку именно для растровой модели поверхности уже существуют инструменты, позволяющие работать с полем высот и его производными.

Можно предположить, что для Смоленского Поозерья с четырьмя формами поверхностей, каждая из которых может быть дифференцирована «внутри» класса на привершинные (основные) поверхности, верхние и нижние части склонов (или пойма, надпойменная терраса, коренной склон) нелишними и логичными будут как минимум 12 классов (рис. 1).

Надо упомянуть, что по TIN-поверхности очень легко могут быть построены профили рельефа, которые как раз и облегчают понимание общего геоморфологического строения местности и позволяют более корректно определиться с высотными ступенями (рис. 2).

Результаты исследований и их обсуждение. Выполним морфометрический анализ территории национального парка «Смоленское Поозерье» в открытой настольной ГИС SAGA. Существует проблема построения цифровой модели рельефа (ЦМР) на основе горизонталей. Независимо от метода интерполяции, склоны будут в той или иной степени ступенчатыми. Фундаментальная причина – неравномерное распределение исходных точек с высотами. Большинство интерполяционных алгоритмов рассчитаны на равномерное (случайное или регулярное) распределение исходных точек на территории. В горизонталях рельефа точки с высотами «вытянуты» в линии. Для узлов решетки ЦМР, расположенных около горизонтали, вес отметок высоты с этой горизонтали будет выше весовых коэффициентов отметок с других горизонталей. В результате,

значение высоты в узлах решетки цифровой модели рельефа будет изменяться скачком, примерно посередине между ближайшими горизонталями.

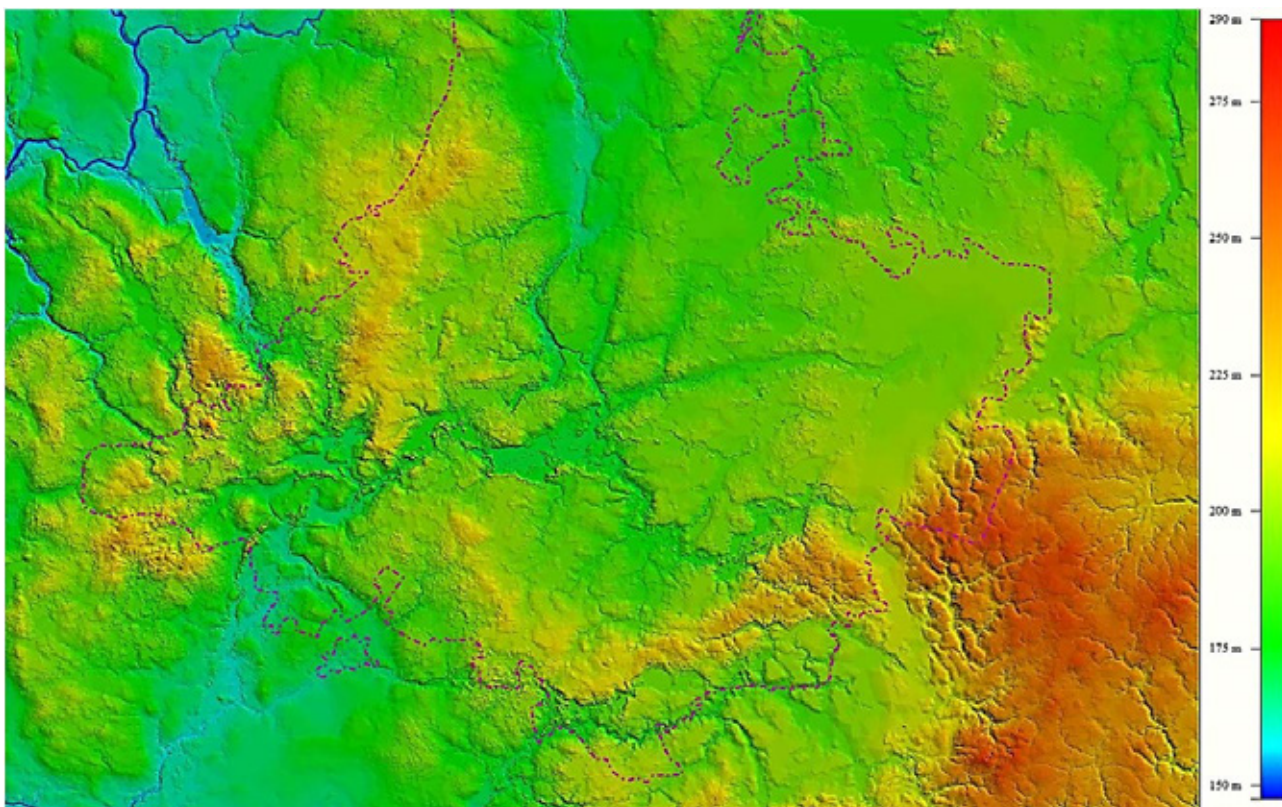


Рис. 1. TIN (Triangulated Irregular Network) – поверхность рельефа, оформленная способом «естественные границы» – 12 классов

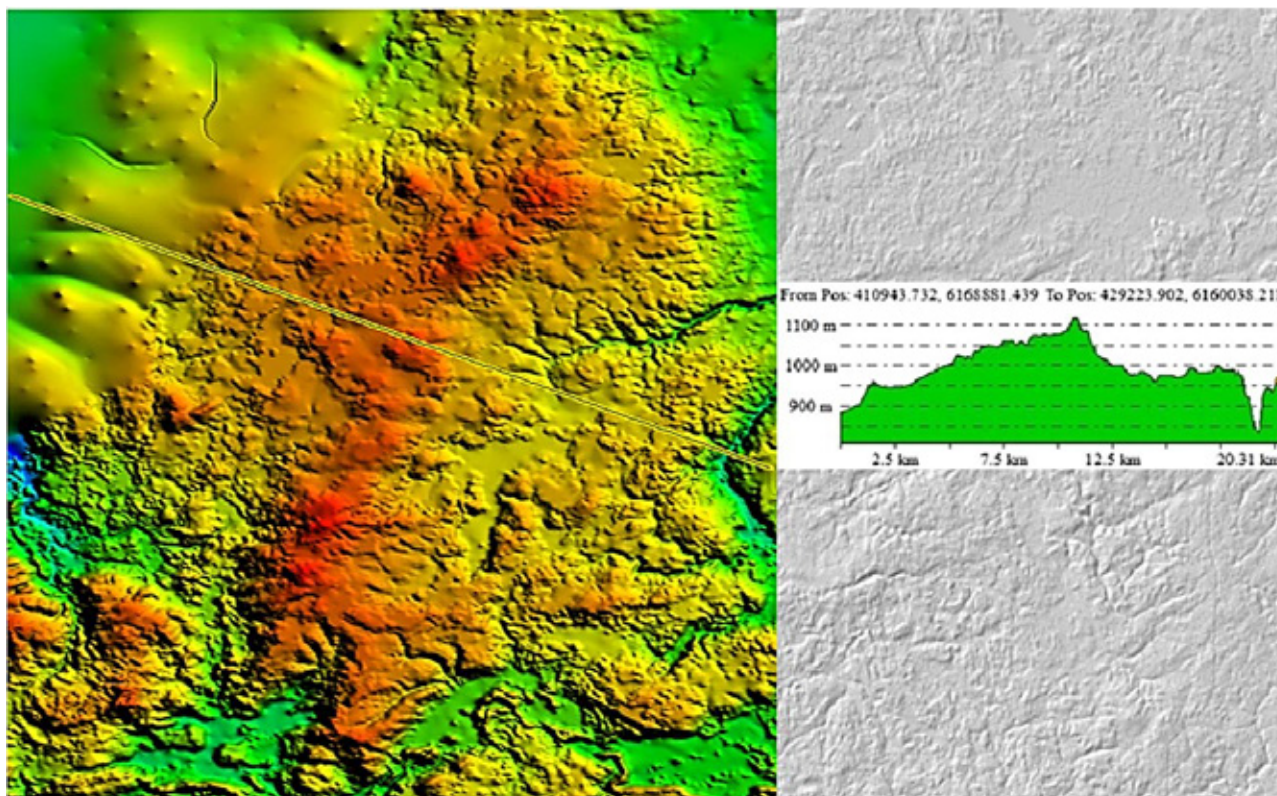


Рис. 2. Фрагмент TIN с линией профиля

Необходимо сначала подготовить данные, т.е. взять не только горизонтали и отметки высот, но и тальвеги, бровки, отметки урезов воды, батиметрию, все что имеет значение высот. Часть объектов имеет информацию не в абсолютных, а относительных высотах. Задача улучшения данных для построения ЦМР получается итерационной.

Строим ЦМР с разрешением 20 м на основе ординарного кригинга с радиусом поиска в окрестности 500 м от 30 до 100 точек, модель вариограммы 4-й степени, выходящей из нуля.

Определяем условия поиска точек высот для каждой ячейки ЦМР. Подбираем оптимальную модель для экспериментальной вариограммы. Определяем геометрию регулярной сети (границы и размер ячеек ЦМР).

Для устранения мелких погрешностей интерполяции ЦМР полезно сгладить. Принцип действия заключается в следующем: вместо постепенного заполнения локальных понижений поверхность сначала заливается слоем воды, после избыток удаляется, оставив заполненными впадины. Гибкости алгоритму добавляет возможность заливать впадины как горизонтально к поверхности, так и с созданием незначительного уклона (например, $0,01^\circ$).

Следующий этап – построение водосборной площади.

– периментально – в общем, чем более расчлененный рельеф, тем раньше можно переключаться на D8, т.е. тем меньше может быть значение. Также следует учитывать общую площадь территории моделирования, определяется количеством пикселей растра;

– параметр Convergence – 5.5 означает, что дополнительно использоваться экспонента конвергентности (концентрации) стока, которая также позволяет избежать его чрезмерной расщепленности на плоских и склоновых участках. Установление конкретного значения данного параметра, могут колебаться в диапазоне от 1 до 10, обуславливается характером рельефа территории: чем более расчлененный рельеф, тем выше должны быть значения и наоборот.

Далее выполним определение водотоков на основе растров водосборной площади.

Необходимо оконтурить тальвеги и водотоки.

Таким образом, согласно наших настроек, как водотоки определяются все тальвеги, имеющие водосборную площадь более $100\ 000\ \text{м}^2$ и длину более 30 пикселей.

Следует иметь в виду, что оптимальные значения параметров определяются эмпирическим путем и зависят как от характера рельефа самой территории, так и от цели исследования, но общая закономерность такова – чем более густую и разветвленную сеть водотоков нужно построить, тем меньше должны быть значения.

После завершения работы инструмента появятся три новых элемента: два – растры (Channel Network, Channel Direction) и вектор – полилинейный шейп-файл Channel Network. Растровый слой Network содержит сгенерированную в соответствии с заданными условиями дренажную сеть территории.

При построении слоя водосборных бассейнов нам понадобится слой дренажной сети не в векторном, а в растровом формате.

Для построения слоя водосборных бассейнов воспользуемся инструментом Geoprocessing ==> Terrain Analysis ==> Channels ==> Watershed Basins (Extended), который предлагает расширенные возможности в создании элементов бассейновой структуры территории, в частности – определение истоков и устьев водотоков. Все, что нам нужно, в данном случае – указать на входе растры гидрологически корректной ЦМР и дренажной сети и нажать Okay.

Теперь имеются все необходимые данные для создания тематической карты бассейновой структуры территории.

Каковы могут быть дальнейшие действия? Очевидно, что необходимо развести разные генетически формы рельефа, попадающие в один класс – например низкие поймы и днища долин ручьев – сделать это гипотетически можно используя иные инструменты, позволяющие выделить характеристические линии «профильной» (вогнутые и выпуклые перегибы – уступы и тыловые швы) и «плановой» кривизны (выступы водоразделов – «мысы и «утюги» и «заливы» ложбинно-лощинной сети – так называемые морфоизографы).

Кривизна рельефа – один из важнейших морфометрических показателей, отражающий потенциал концентрации или рассеяния вещества. По сути, кривизна – это вторая производ-

ная от поверхности или первая производная от уклона поверхности. Выделяют общую кривизну поверхности, плановую и профильную. Положительные значения общей и плановой кривизны соответствуют выпуклым склонам, отрицательные – вогнутым, а для профильной кривизны наоборот. Измеряется кривизна в долях от единицы высоты.

«Слайсированные» уклоны неплохо трассируют границы долин и мелких эрозионных форм (видимо – оврагов и долинок ручьев) с особенно крутыми склонами, а также борта озерных равнин и склоны отдельных водно-ледниковых холмов и озовых гряд (рис. 3). В принципе ничто не мешает дополнить «смыслом» и эту переклассификацию – назначив каждому интервалу крутизны склона свое наименование (очень крутые, крутые, покатые, пологие и проч.).

Видно, что характер тальвегов меняется от выраженных – тонких и четких до «слабоврезанных» и нечетких образующих как бы «складки» на поверхности равнины. Ребра чаще представляют собой не столько линии (как этом мы бы рисовали руками) в векторном файле ориентируясь на выступы горизонталей и соединяя точки максимальной кривизны «выступов» вниз по склону – а скорее широкие полосы – области. И это, вероятно более соответствует реальной картине стока и устройству рельефа.

Остается понять, чем нам может быть интересна (т.е. чем может помочь нашей задаче выделения поверхностей) общая кривизна. Похоже, что она дает некую общую картину, которую можно использовать для «слияния» излишне разделенных на ступени поверхностей водораздела. Здесь уместно вспомнить, что при «ручной» рисовке местоположений методом «пластики рельефа» опытный ландшафтовед, фиксируя границы плоских привершинных поверхностей не проводит их по какой-то одной горизонтали а совершает «переходы» по касательной вверх (на горизонтали с более высокими значениями абсолютной высоты) когда обводят «заливы» плановой кривизны, т.е. поднимают границу к вершинам выраженных ложбин, или вниз – когда обводят «выступы» горизонталей, поскольку в формах мягкого холмистого рельефа уступы приводораздельных поверхностей как правило наклонены и в большей или меньшей степени понижены по сравнению с центральными или пригребневыми частями. Инструмент «общая кривизна» позволяет решить эту задачу в автоматическом режиме.

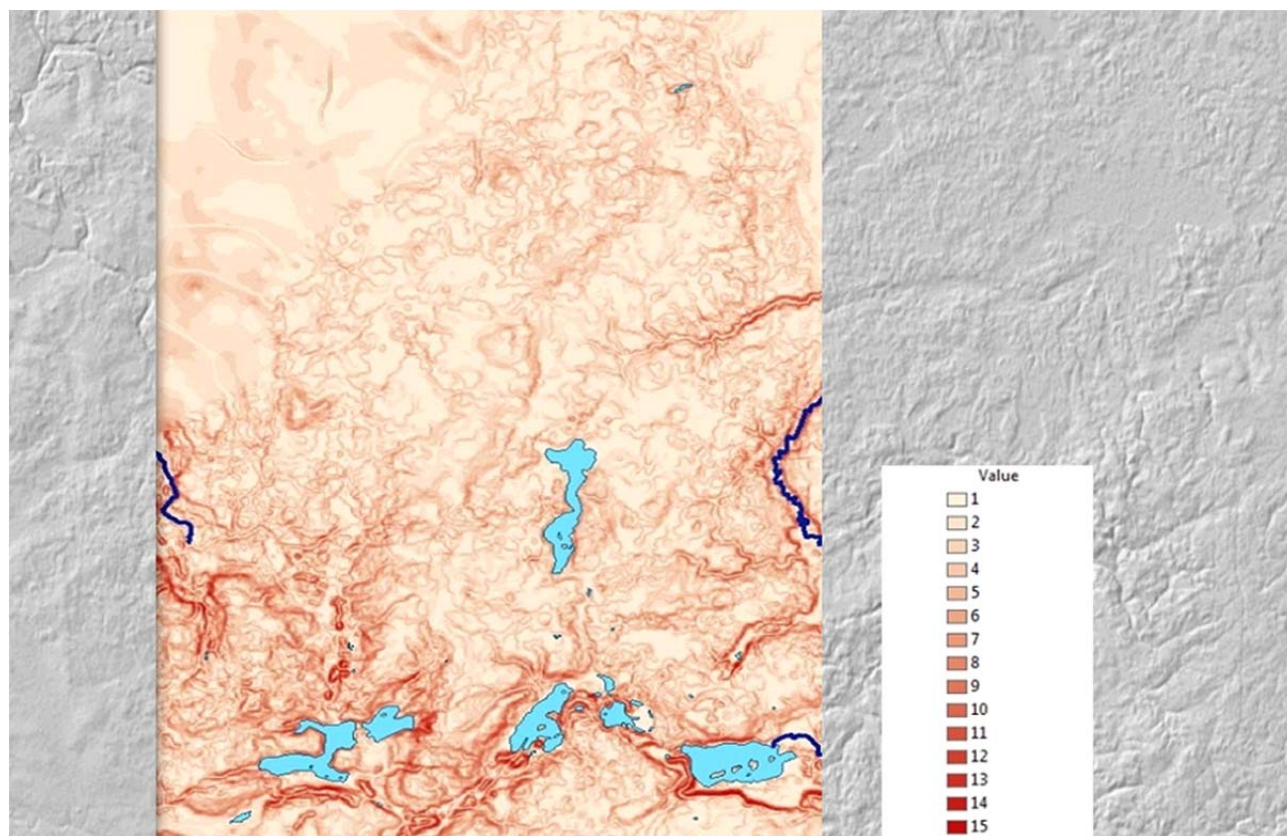


Рис. 3. Реклассификация (слайсирование) уклонов

На втором этапе, который проводится в камеральных (предварительно) и полевых (коррекция) условиях, уточняются границы залегания и литологический состав четвертичных почвообразующих пород в пределах каждого геотопа.

Третий этап связан с выявлением характера почвообразующих процессов на основных катенах, определением границ почв и почвенных комплексов, соотнесением этих границ с границами геотопов.

На следующем этапе геотопы исследуются как гигротопы (т. е. как местообитания с различной степенью увлажнения) и трофотопы (как местообитания, занимающие различное положение на шкале «бедность – богатство субстрата»). Эти этапы позволяют приступить к подготовке содержательной части легенды карты; результат – матрица, в которой местообитания характеризуются как экотопы.

Затем изучается растительный покров и дается характеристика фитоценозов, исследуется степень соответствия границ растительных сообществ границам выделенных экотопов.

Заключительный этап подготовки ландшафтной карты – разработка окончательного варианта легенды карты и прорисовка границ ландшафтных выделов (в зависимости от масштаба – фаций, урочищ, местностей, ландшафтов).

Выводы. В последнее время появляются новые возможности обращения к методике геотопологического анализа и, прежде всего, в связи с появлением специального инструментария сразу в нескольких пакетах современных геоинформационных систем, в частности – SAGAGIS и QGIS.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евдокимов С.П., Ковалев Д.В. Ландшафтная дифференциация территории Смоленской области // Известия Смоленского государственного университета. 2011. № 3. С. 324–331.
2. Колбовский Е.Ю. Нерешенные вопросы ландшафтоведения и ландшафтное планирование / Е.Ю. Колбовский // Структурно-динамические особенности, современное состояние и проблемы оптимизации ландшафтов. – Воронеж: Издательство ВГУ, 2013. – С. 184–192.
3. Ласточкин А.Н. Общая теория геосистем / А.Н. Ласточкин. – СПб.: Изд-во «Лема», 2011. – 980 с.

T.V. Vatlina¹, S.P. Evdokimov²

CREATION OF LANDSCAPE MAP USING OPEN SOURCE SOFTWARE (ON THE EXAMPLE OF THE NATIONAL PARK «SMOLENSKOYE POOZERYE»)

Abstract. In landscape mapping is no single technique, so each school has its own method of creating maps. However, one of the initial operations, recognized all schools allocation is called the primary matrix – matrix or locations which latched, usually on the starting topographic map. The procedure for drawing the primary matrix is almost the same in the different schools. The central concept of the Moscow, Leningrad and Voronezh school of landscape was a «habitat», «location», tied to the uncertain form of relief. We strive to give this dimension a specific geological and geomorphological significance.

Key words: landscape, map, mapping, raster model of the surface, relief.

REFERENCES

1. Yevdokimov S.P., Kovalev D.V. Landshaftnaya differentsiatsiya territorii Smolenskoy oblasti [Landscape differentiation of Smolensk region]. Bulletin of the Smolensk State University. № 3. 2011. Pp. 324–331 (in Russian).

¹ Smolensk State University, Smolensk, Russia; e-mail: vatlina_geo@mail.ru.

² Smolensk State University, Smolensk, Russia; e-mail: espaleogeo@mail.ru.

2. Kolbovskiy Ye.Yu. Nereshennyye voprosy landshaftovedeniya i landshaftnoye planirovaniye [Unsolved problems of landscape and landscape planning]. Structural and dynamic features, current status and problems of landscape's optimization. Voronezh: VSU Publishing House, 2013. Pp. 184–192 (in Russian).

3. Lastochkin A.N. Obshchaya teoriya geosistem [The general theory of geosystems]. St. Petersburg: Publishing house «Lema», 2011. 980 p. (in Russian).

УДК 912.44

О.И. Маркова¹

КАРТЫ ИМПАКТНЫХ ЗОН РАЙОНА КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО АТЛАСА РОССИИ

***Резюме.** В Экологический Атлас России включены карты отдельных импактных зон Российской Федерации, характеризующихся высокой степенью развития добывающей промышленности и, соответственно, высоким уровнем антропогенного воздействия на природную среду. Одним из таких районов является район железорудных месторождений Курской магнитной аномалии (КМА), где наиболее развита добывающая промышленность в отдельных районах Курской и Белгородской областей. Железная руда добывается здесь в течение длительного времени как открытым, так и закрытым способом.*

Карта Курской магнитной аномалии в целом позволяет увидеть все железорудные районы и месторождения в комплексе и выявить из них наиболее опасные в экологическом отношении, а также оценить значимость месторождений.

Крупномасштабные карты позволяют рассмотреть разнообразные антропогенные изменения природной среды, вызванные как добывающей промышленностью, так и сопутствующими отраслями. В районах интенсивного развития добывающей промышленности с обширными территориями, включенными в процесс промышленного производства и складирования отходов, происходит перемещение огромных масс грунта, уничтожение и деградация растительного покрова, разрушение традиционной структуры поселений, а также исчезновение самих поселений. На примере территорий импактных зон воочию можно наблюдать процесс исчезновения сельских населенных пунктов и разрастания крупных городов, вытеснения сельского хозяйства горнодобывающей промышленностью. Учет развития этого процесса очень важен при планировании развития территорий, тем более, что район Курской магнитной аномалии обладает плодородными чернозёмными почвами, которых не так много на территории Российской Федерации. Горнодобывающие комплексы окружены рядом сопутствующих предприятий, обслуживающих производство и жизнеобеспечение населения. Эти предприятия также оказывают влияние на природную среду, иной раз значительно её изменяя. Серьезные изменения природной среды происходят как на механическом, так и на химическом уровне. Природные объекты пополняются большим количеством чуждых химических элементов, происходит загрязнение природных сред. Особое значение имеет сохранение объектов природного и культурного наследия, которые присутствуют на данных территориях. Экономический рост, вызванный развитием горнодобывающей промышленности, позволяет спланировать размещение и развитие объектов рекреации и туризма.

Методика картографирования включает в себя создание обзорной карты месторождений КМА с оценкой экологической ситуации масштаба 1: 2 000 000, а на отдельные клю-

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, старший научный сотрудник; e-mail: solntsevaolga@rambler.ru.

чевые участки с наиболее сложными экологическими проблемами – подробных карт масштаба 1:100 000. К таким участкам относятся район крупнейшего в мире Михайловского железорудного месторождения, расположенного в Курской области, и район старейших месторождений Губкина и Старого Оскола в Белгородской области.

Комплексная оценка антропогенных изменений природной среды, осуществляемая с помощью синтетического картографирования территорий импактных зон, является основой для разработки стратегии экологически безопасного развития горнодобывающих комплексов.

Ключевые слова: картографирование импактных зон, горнодобывающие комплексы, железорудные месторождения, Курская магнитная аномалия, антропогенное воздействие на природную среду, охрана объектов природного и культурного наследия.

Введение. Экологический атлас России – комплексное картографическое произведение, в котором на разных уровнях рассматриваются аспекты антропогенного изменения природной среды под воздействием человеческой деятельности. Для всесторонней оценки последствий этих изменений наиболее информативную картину обеспечивает создание серий разномасштабных карт, на которых отражаются компоненты природной среды, разные стороны хозяйственной деятельности и особенности изменения природной среды под влиянием этой деятельности. Для районов с интенсивным развитием горнодобывающей промышленности для показа разнообразных воздействий перспективно создание крупномасштабных синтетических карт [Тикунов и др., 2012; Касимов и др., 2011].

В настоящее время деятельность человека в районах развития крупных очагов горнодобывающей промышленности затрагивает все компоненты природы. В импактных зонах, где нарушена литогенная основа ландшафта и происходит постоянное изъятие полезных веществ и перемещение огромных масс грунта, изменения природной среды наиболее значительны. Природные ресурсы и средообразующие услуги геосистем используются и перерабатываются здесь в значительных объемах. Особенно это относится к территориям добычи полезных ископаемых открытого типа. Такие территории, как правило, являются центрами крупноочагового природопользования и обладают целым спектром экологических проблем, требующих незамедлительного решения. В то же время эти территории являются основой промышленной мощи страны, поэтому решение экологических проблем неизбежно идет здесь параллельно с наращиванием экономических показателей [Красовская, Слипичук, 2016; Евсеев А.В., 2012].

Одной из таких импактных зон Российской Федерации является район железорудных месторождений Курской магнитной аномалии, где с давних пор на ряде территорий функционирует ряд разрабатываемых месторождений.

Железорудный бассейн Курской магнитной аномалии – крупнейший в России и в мире; он расположен в основном в пределах Курской, Белгородской и Орловской областей, однако его отроги заходят еще в 6 областей Российской Федерации и на Украину. КМА имеет длину 850 км и ширину до 200 км, площадь 120 тысяч км². Она является фундаментом минерально-сырьевой безопасности страны, так как содержит железорудные и многие другие полезные ископаемые.

Впервые аномалия была обнаружена в 1773 г. П.Б. Иноходцевым при составлении карт Генерального межевания. Серьезные исследования её проведены профессором Московского университета, геофизиком Э.Е. Лейстом с 1896 по 1918 гг. В советский период исследования КМА проводились с 1920 г. под руководством И.М. Губкина, а в более широком масштабе – после Великой Отечественной войны.

Железные руды КМА приурочены к кристаллическому фундаменту Восточно-Европейской платформы, глубина залегания которого в среднем 60–650 м. Здесь развиты два главных типа руд: бедные, но в значительной части рентабельно обогащаемые (железистые кварциты; содержание железа 32–38,8%), и богатые (содержание железа 53,6–61,6%). Самые крупные месторождения богатых руд сосредоточены в юго-западной полосе КМА. Объемы железных руд КМА составляют 60% запасов России и 20% мировых.

Общие балансовые запасы железных руд КМА оцениваются в 44,6 млрд. т, в том числе богатых руд 26,1 млрд. т, железистых кварцитов 18,5 млрд. т. Бассейн КМА включает четыре железорудных района: Белгородский, Старооскольский, Новооскольский, Курско-Орловский. Белгородский район сосредоточивает более 90% запасов богатых руд КМА; к нему относятся уникальные по запасам и качеству богатых руд Яковлевское, Гостищевское, Большетроицкое месторождения. Среднее содержание в них железа свыше 60% при незначительном количестве серы и фосфора; глубины залегания руды допускают только шахтную добычу. Кроме того, месторождения сильно обводнены, поэтому перед добычей необходимо осушение.

Промышленное освоение месторождений КМА начато в 1952 г. вводом в эксплуатацию на Коробковском месторождении опытного рудника им. Губкина. Месторождение разрабатывается подземным способом. В 1959–60 гг. в строй вступили рудники на Лебединском и Михайловском, а в 1969 г. – на Стойленском месторождениях. Они характеризуются неглубоким залеганием богатых руд и не столь высокой обводнённостью. Последние три наиболее освоенных месторождения разрабатываются открытым способом, что наносит большой урон состоянию окружающей среды [Тарасов, 2012; Петин, 2010; Григорьев, Малютин, 1984–91; Курская магнитная аномалия, 1969–78].

Долговременное освоение территорий железорудных месторождений вызвало постепенное разрастание территорий горных выработок, отвалов пустой породы, хвостохранилищ. На разных месторождениях структура организации территории промышленных комплексов очень сходна, однако имеет некоторые различия в зависимости от масштаба и способа добычи, характера развития сопутствующих производств, природных условий и окружения объектами природного и культурного наследия, требующими охраны и сдерживающими безграничное развитие промышленных комплексов. Для комплексной оценки воздействий на окружающую среду необходимо построить синтетические карты на самые проблемные территории.

Материалы и методы исследований. Для получения наиболее объективной картины состояния природной среды в импактной зоне Курской магнитной аномалии была составлена прежде всего обзорная карта месторождений КМА в масштабе 1 : 2 000 000. Для её создания использовался ряд литературных и Интернет-источников информации, как текстовых, так и картографических [Курская магнитная аномалия, 1969–88; Петин и др., 2006; 2009; 2010; 2016]. На карте были объединены данные по расположению территории самой аномалии, её железорудных районов, всех месторождений, способам добычи руды и экологической ситуации вокруг месторождений и крупных городах.

Для двух основных импактных районов Курской магнитной аномалии – крупнейшего в мире Михайловского месторождения и ряда старейших месторождений Губкина и Старого Оскола – были составлены карты гораздо более крупного масштаба – 1:100 000. Для них были использованы разнообразные данные по состоянию природной среды из разных источников, собранные разными авторами [Петин и др., 2006; 2009; 2010; 2016; Гонеев, 2006, 2007, 2009, 2010; Кумани, 2007; Кумани, Лисецкий, 2011; Русаков и др., 2010]. Учитывались данные из областей естественных наук, а также научно-популярная, популярная и публицистическая информация, в т.ч. из Интернет-источников. Активно использовались порталы Google и Wikimaria, прежде всего для нанесения объектов горнопромышленных комплексов, расселения, природного и культурного наследия, туризма и рекреации. Для взаимного согласования такой разноплановой информации осуществлено создание легенд синтетических карт по одному типу, путём показа всех возможных антропогенных изменений природной среды и её компонентов (при наличии данных). Для всесторонней оценки экологической ситуации в импактных зонах на картах были отражены: непосредственно сами предприятия, влияющие на состояние окружающей среды, как горнодобывающие, так и сопутствующие, также различные транспортные и хозяйственные объекты; гидротехнические сооружения, сельскохозяйственные предприятия, населенные пункты городские и сельские с плотной и разрежен-

ной застройкой; лесные и долинно-балочные природные комплексы; объекты рекреации и наследия; антропогенные изменения и нарушения рельефа, речной и озерной сети, подземных вод, лесов, сети поселений. Отражено по мере возможности и при наличии данных содержание поллютантов (соединения азота, микроэлементы) в почвах, донных отложениях рек, пылевых выбросах горнопромышленного комплекса, подщелачивание природных сред.

Основы для упомянутых карт были созданы специально; в рамках стандартных основ атласа они не предоставлялись как имеющие более крупный масштаб, чем большее количество карт атласа. Создание основ было проведено по материалам топографических и общегеографических карт с использованием материалов космической съемки Google для уточнения расположения некоторых объектов [Курская область..., 1993; 2012; Белгородская область..., 2000 и др.].

Выбор способов изображения столь сложных синтетических карт был сделан в пользу по возможности наглядного изображения картографируемых объектов, с широким использованием художественных знаков. Фоновая заливка осуществлялась с соблюдением традиции выбора гаммы для отображения промышленных, сельскохозяйственных земель, природных территорий. Использовались сетки для изображения населенных пунктов (для избегания однообразия заливок и выделения территорий населенных пунктов). Использовались также штриховки, линейные знаки различных типов, картодиаграммы. Важной задачей при создании карт было достижение гармонии при подборе способов изображения для различных явлений.

Результаты исследований и их обсуждение. В результате проделанной работы были составлены три карты – одна обзорная на всю территорию КМА и две – на ключевые участки в крупном масштабе.

На карте отражены железорудные месторождения, которых на сегодняшний день на территории КМА разрабатывается, разведано или подготовлено к разработке 20. Из них действующих – 7; Михайловское месторождение в Курской области является крупнейшим в мире.

Разработка месторождений КМА наносит существенный урон природной среде; особенно это относится к открытому способу с использованием взрывов при отбойке руды, когда в атмосферу выбрасывается пыль, тяжелые металлы, продукты взрывных работ. На территории КМА есть две зоны с наиболее сложной экологической ситуацией с большими площадями антропогенных изменений: зона Михайловского месторождения (Курская область) и зона четырех месторождений Губкина и Старого Оскола (Белгородская область).

Обзорная карт необходима в комплексном атласе, т. к. она позволяет видеть всю ситуацию на Курской магнитной аномалии в целом, оценить протяженность железорудных районов, показать горячие точки с особо острыми проблемами. На карте ясно видно, что такими проблемными районами являются районы Михайловского месторождения и месторождений возле городов Губкин и Старый Оскол. При расширении разработок на территории перспективных месторождений подобные проблемы будут появляться и в других местах КМА.

Карты ключевых участков в масштабе 1:100 000 показывают разнообразные аспекты воздействия промышленных комплексов на природную среду и жизнь населения. Легенды карт рисунков, отражающих фрагменты карт, несколько сокращены в зависимости от того, какие объекты попали под рамки фрагментов.

Прежде всего, территории горных выработок и сопутствующие им занимают достаточно большие площади, на которых полностью уничтожен естественный ландшафт, вплоть до литогенной основы. Наиболее обширны изменения земной поверхности на территориях рудников открытой добычи, отвалов пустой породы и хвостохранилищ с отстойниками и зонами укладки хвостов, окруженных насыпными дамбами. Сравнительно небольшие площади занимают отвалы окисленных кварцитов, которые предполагается перерабатывать в будущем при совершенствовании промышленных технологий. На горнодобывающих комплексах есть и территории рекультивации: старые отвалы или отстойники, засеянные травами, заросшие кустарниками и деревьями. Они постепенно становятся пригодными для хозяйственного использования и даже могут стать привлекательными рекреационными объектами.

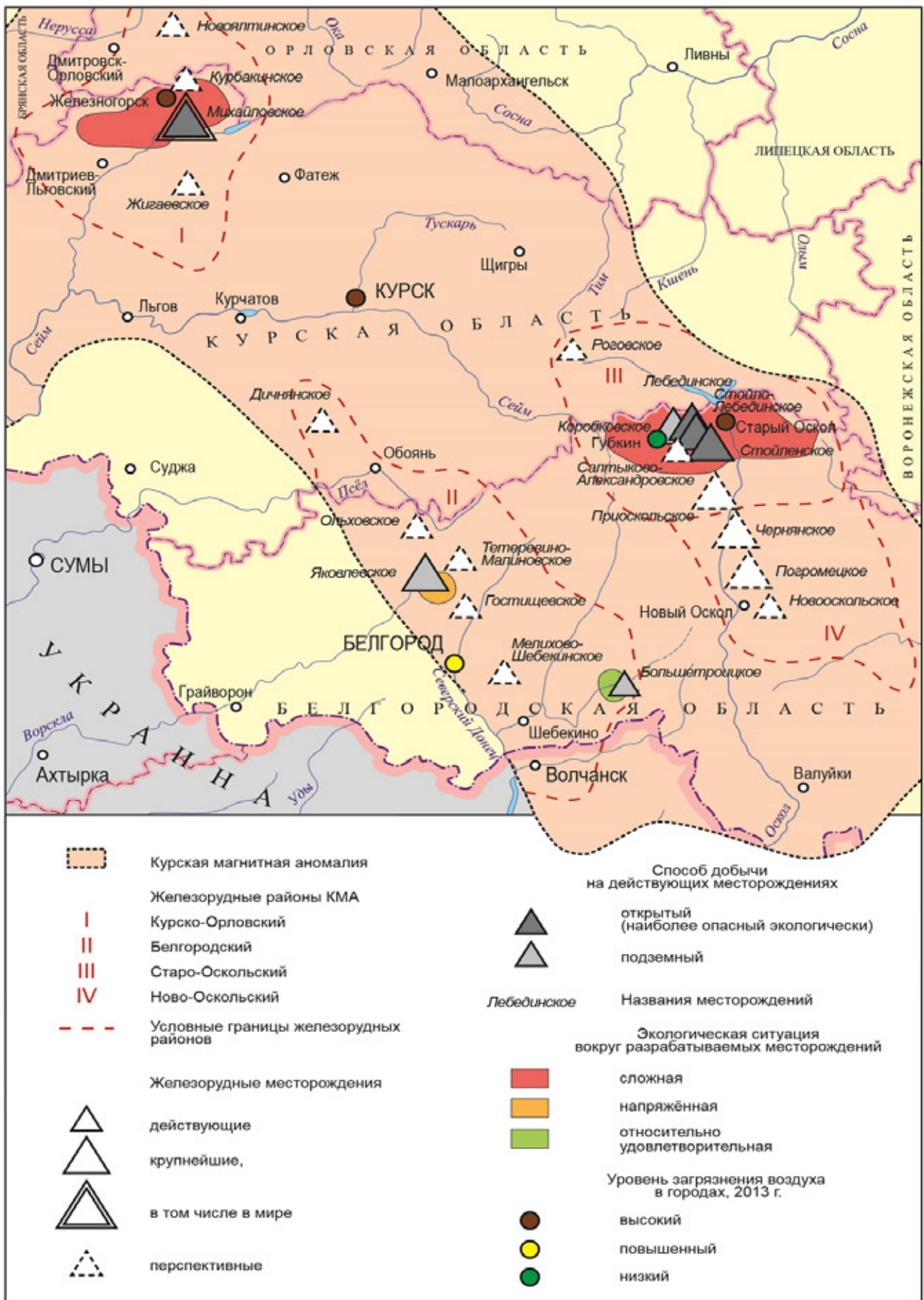


Рис. 1. Фрагмент карты «Курская магнитная аномалия. Основные месторождения и экологическая обстановка». Масштаб 1: 2 000 000

Интерес для туристов могут представлять даже объекты, подвергшиеся промышленному загрязнению. Например, разноцветные зеркала загрязненных водоемов на отвалах у села Остапово Железногорского района (от зеленых до темно-красных) изменяют окраску в зависимости от погоды. Эти водоёмы привлекают своей необычностью; вода в них окрашивается оксидами железа и другими соединениями.

Сами карьеры с работающей тяжелой техникой тоже представляют собой интересный объект для любителей индустриального туризма; на карьере Михайловский имеется для этих целей специальная смотровая площадка.

Важной и неотъемлемой частью промышленных комплексов месторождений являются горно-обогатительные комбинаты (ГОК), где происходит обогащение добытой руды и превращение её в концентрат в непосредственной близости от мест добычи. На этих комбинатах работают обогатительные, дробильно-сортировочные фабрики и другие предприятия по обработке сырья. Горно-обогатительные комбинаты имеют свои промышленные зоны, не столь протяженные по площади, как зоны горных выработок. В промзонах ГОК расположен и ряд вспомогательных производств и служб для обслуживания горнодобывающего комплекса. Горно-обогатительные комбинаты со вспомогательными производствами занимают не такие большие площади и не оказывают столь масштабного воздействия на геологическую среду и рельеф. Однако основное и весьма сильное их воздействие на природную среду – загрязняющее и шумовое.

Кроме производств, являющихся вспомогательными для функционирования металлургических комплексов, вокруг месторождений развиты многие другие производства, как сопутствующие, так и самостоятельные, направленные на освоение других природных ресурсов или функционирование промышленных городов. Технологии обрабатывающей промышленности: выпуска готового проката, цемента, шифера, асбоцементных труб, облицовочной керамики и других промышленных и продовольственных товаров неразрывно связаны с техногенными загрязнениями.

Например, в Старооскольско-Губкинском промышленном районе на ограниченной территории сконцентрировано около 185 промышленных предприятий. Окружающую среду наиболее сильно загрязняют Оскольский электрометаллургический комбинат, Губкинская ТЭЦ, цементные заводы, предприятия по изготовлению стройматериалов, котельные и другие источники. В районе Михайловского месторождения сильными источниками загрязнения являются ТЭЦ, асфальтовый завод, заводы по производству стройматериалов. Опасным источником скопления старых химических реактивов являются руины закрытого в 1996 году военного завода. В городах Старый Оскол и Железногорск наблюдается наиболее сильное загрязнение воздуха на территории КМА.

Развитые промышленные районы имеют и весьма развитую транспортную инфраструктуру с плотной сетью дорог и скоплением транспортных предприятий. Важнейшими видами транспорта являются автомобильный и железнодорожный; особенно сильное воздействие на окружающую среду оказывают тяжёлые грузовики.

Предприятия по добыче металлургического сырья имеют буферные зоны, где состояние природной среды находится в измененном состоянии, но они являются переходными к зонам других типов природопользования. Такие зоны хорошо читаются на космических снимках и имеют характерную размытую ландшафтную структуру. Хозяйственные объекты различного назначения также образуют на земной поверхности определенные зоны, где они располагаются, и зоны их влияния, где воздействие проявляется опосредованно. На картах такие территории выделены в особую категорию.

В местах горных выработок происходят выемка и перемещение пустых и рудосодержащих пород, оседание земной коры, образуются открытые карьеры, котлованы, стволы шахт открытых и закрытых резервуаров, дамбы, плотины и другие искусственные формы рельефа. Изменения рельефа весьма значительны; например, углубление карьера ЛГОК достигает 600 м, а высота его хвостохранилища – 200 м. Таким образом, максимальный перепад высот антропогенного рельефа достигает 800 м, что вполне сравнимо с

перепадами высот низкогорий. К тому же эти низкогорья сильно углублены относительно земной поверхности.

На территориях месторождений и вокруг них резко снижается уровень подземных вод за счет понижения уровней водоносных горизонтов при осушении месторождений железных руд – на территории КМА площадь его снижения достигает несколько десятков тысяч км². Смыкающиеся депрессионные воронки в районе г. Курска и Михайловского рудника имеют радиус более 100 км. Грязные поверхностные воды проникают практически во все горизонты при нарушении режима поверхностных вод. Депрессионные воронки распространяют негативное влияние на различные части речной долины.

На карту импактной зоны Михайловского месторождения нанесены изменения экологического состояния водных, воздушных, почвенных объектов и территорий землепользования, данные о которых содержатся в работах М.В. Кумани, Ф.Н. Лисецкого, И.А. Гонеева [2006, 2007, 2009, 2010, 2011]. Данные были обработаны, по мере надобности переведены из описательного в графический вид, приведены к единым способам изображения. Были построены диаграммы содержания тяжелых металлов в различных средах. Элементы сгруппированы в порядке таблицы периодической системы Д.И. Менделеева. На основании анализа построенных диаграмм можно сделать вывод, что содержание тяжелых металлов особенно велико в почвогрунтах естественных кормовых угодий и пашен района влияния Михайловского ГОКа (превышение ПДК по 7 химическим элементам – ванадий, хром, марганец, никель, медь, молибден, свинец). В почвогрунтах отвалов наблюдается превышения только по свинцу. Таким образом, ведение сельского хозяйства в этой импактной зоне довольно опасно в связи с возможностью перехода загрязняющих веществ в сельскохозяйственную продукцию. В донных отложениях рек превышение ПДК наблюдается по хрому в районе посёлка Горняцкий с особо острыми экологическими проблемами (недалеко от рудника открытой добычи).

Для показа всесторонних изменений природной среды ключевого участка Старооскольско-Губкинского района использовались данные, содержащиеся в работах А.Н. Петина, В.И. Петинной, Е.А. Бугаевой, А.Ю. Польшгаловой, В.Л. Переверзева, Е.Б. Яницкого, А.В. Русакова, Н.О. Бакунович, Н.Ю. Городиловой, М.В. Яковенко [2006; 2009; 2010; 2016]. Данные также были обработаны соответствующим образом, дополнены графикой, приведены к картографической основе. Некоторая разнохарактерность отраженной на картах информации (особенно это относится к геохимическим показателям) объясняется открытой доступностью определенных данных. На полученной карте можно наблюдать превышение ПДК по бериллию, титану, железу и селену в грунтах хвостохранилища.

В Старооскольско-Губкинском районе сформировалась зона аномального запыления почв эллипсоидной формы размером до 40 км по длинной оси и 30 – по короткой с ориентацией вдоль преобладающего направления ветров. Суммарные валовые выбросы вредных веществ промышленными объектами района достигают 100 тыс. тонн в год без учета выбросов вредных веществ автотранспортом. В центральной части зоны выпадает более 4000 кг/га в год пыли, вблизи внешней границы – до 50 кг/га в год. Содержание тяжелых металлов (кобальт, никель, хром, ванадий и др.) превышает природный фон в некоторых местах в 100 раз. Под влиянием системы гидрозащиты карьеров нарушен режим подземных вод в радиусе до 40 км по верхнему водоносному горизонту и до 80 км – по кристаллическому.

Сильное влияние оказывает промышленный комплекс на расположенный рядом с ним заповедник Ямская степь, являющийся частью заповедника «Белогорье». Особую ценность этого заповедника составляют почвы; чернозёмы с гумусовым слоем в 1 м и более не имеют себе равных в Европе. Ландшафты заповедника представляют собой южный вариант ковыльно-разнотравно-луговой степи. Хвостохранилище Лебединского ГОКа распространилось в охранную зону заповедника, из-за чего возник прямой конфликт природопользования между промышленным и природоохранным типами (территория конфликта отражена на карте штриховкой). Превышение ПДК в почвах заповедника наблюдается по хрому и свинцу, по ряду других элементов – превышение фоновых значений в чернозёмах. Кроме того, в связи с

влиянием хвостохранилища произошло снижение уровня подземных вод почти до 6 м, подщелачивание природных сред. Наибольшее загрязнение природной среды Ямской степи наблюдается в её северной и южной части.

Радиус зоны нарушения режима подземных вод в карьерах ЛГОКа и СГОКа составляет около 6 тыс. км² по верхнему и 20 тыс. км² по нижнему водоносным горизонтам. Полностью прекратился поверхностный сток левого притока р. Осколец, ручья Теплый Колодезь, имевший в верховьях родник с дебитом 35 л/с. Реки Осколец и Чуфичка стали полностью техногенными и существуют за счет сброса сточных и технических вод. Среднегодовой сток р. Осколец снизился в 2 раза, а р. Чуфички – увеличился в 2 раза за счет инфильтрации грязных вод из хвостохранилищ. Начался процесс непрерывного загрязнения подземных вод, в то время как до начала промышленного освоения района речные воды по качеству были близки к питьевым, в водах колодцев и родников отсутствовали даже широко распространенные нитраты и нитриты, а подземные воды соответствовали требованиям к питьевым. Сейчас в них присутствуют азот аммонийный, нитраты, нитриты, ТМ, техногенная органика и нефтепродукты. Общая минерализация подземных вод увеличилась в 3 раза, содержание в них сульфатов в 5–6 раз. В питьевой воде городов Старого Оскола и Губкина в отдельных пробах установлено присутствие до 6 ПДК железа, до 1,5 ПДК марганца, до 3 ПДК солей ТМ; примерно в четверти проб отмечается микробное загрязнение, четверть колодцев в сельской местности не отвечает требованиям санитарных норм. В сточных водах карьеров и Оскольского электрометаллургического комбината присутствуют взвешенные вещества в количестве до 800 мг/л, аммоний солевой – 2 ПДК, нитраты – 0,5 ПДК, нефтепродукты – 3 ПДК, медь и цинк – 8 ПДК, железо – 5–8 ПДК. Высоки показатели микробного загрязнения.

На карте отражены экологические проблемы реки Осколец, нарушения её водоохранной зоны, места сброса сточных вод в районе Коробковского месторождения и посёлка Лукьяновки. Русло реки было значительно изменено в результате хозяйственной деятельности.

Загрязненные отложения накапливаются в руслах и на поймах рек. Растворенные загрязняющие вещества транзитом переносятся по руслам рек по время весенних половодий и ливневых паводков, оказывая кратковременное влияние на водные и околородные системы. В донных и пойменных отложениях накапливаются загрязняющие вещества, которые в маловодные годы становятся источниками вторичного загрязнения, которое особенно сильно влияет на бентосные растения и организмы.

Кроме того, железорудные месторождения КМА радиационноопасны: вскрышные и рудовмещающие породы, железные руды и продукты их переработки содержат высокие концентрации естественных радионуклидов и являются источниками аномально высоких ионизирующих излучений. Территория КМА располагается в зоне влияния «чернобыльского следа» и включает обширные площадные аномалии Cs-137.

Вопросы экологической безопасности зоны КМА весьма важны ещё и потому, что Центральный черноземный район (ЦЧР), на территории которого она расположена, характеризуется высокой плотностью населения и имеет традиционно развитое сельское хозяйство. Здесь расположены основные запасы уникальных по мощности и содержанию гумуса черноземов, которые являются базой продовольственной безопасности Российской Федерации. В 1900-1905 гг., мощность типичных черноземов на территории КМА достигала 2 и более метров, а содержание в них гумуса превышало 16%. В настоящий период содержание гумуса в типичных черноземах не превышает 6-8%. Происходят сокращение площадей пахотных земель, уменьшение мощности почвенного слоя, снижение в них гумуса и загрязнение почв тяжёлыми металлами. В зонах депрессионных воронок отмечается снижение урожайности сельхозкультур на 10-60% и усыхание древесной растительности. Для здоровья человека опасно использовать продукты животноводства, полученные на фураже, заготовленном в радиусе до 5-7 км от карьеров. Не рекомендуется употреблять в пищу зерновые культуры, выращенные на землях в радиусе до 15-17 км от источника пылевыбросов горнодобывающих комплексов.

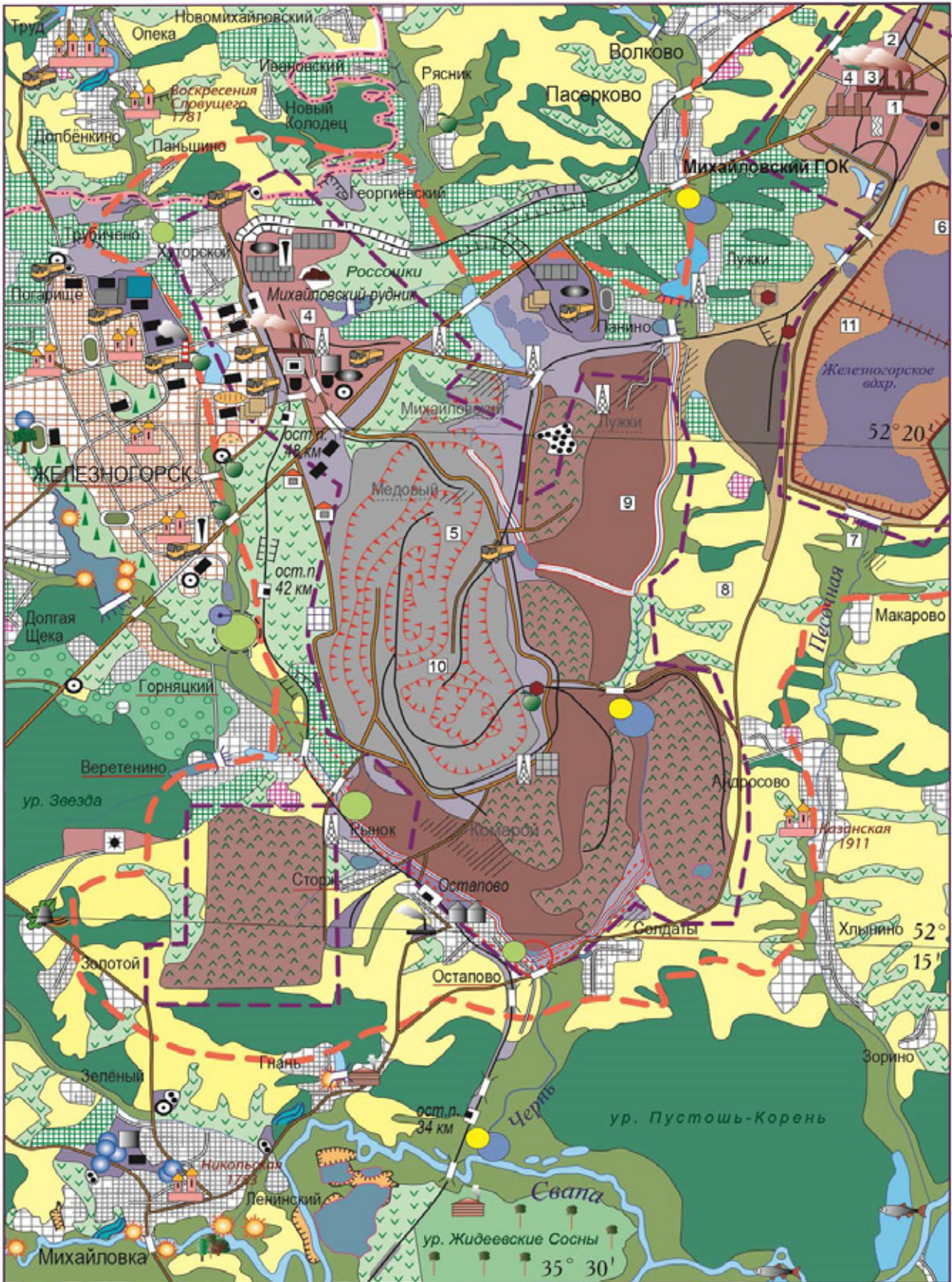


Рис. 2. Импактная зона Михайловского месторождения (Курская область). Масштаб 1:100 000. Фрагмент карты



Рис. 3. Легенда к карте. Часть 1

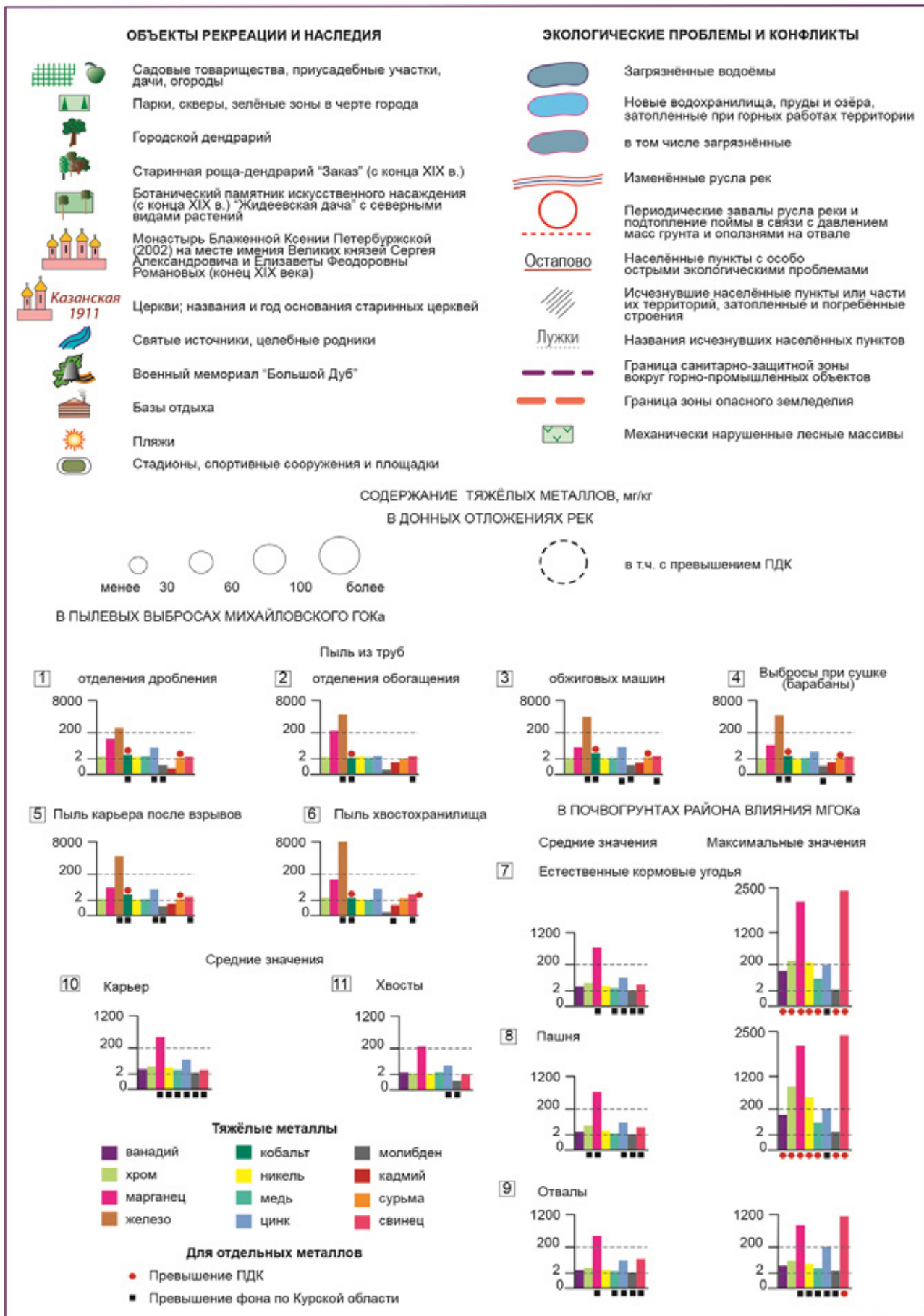


Рис. 4. Легенда к карте. Часть 2

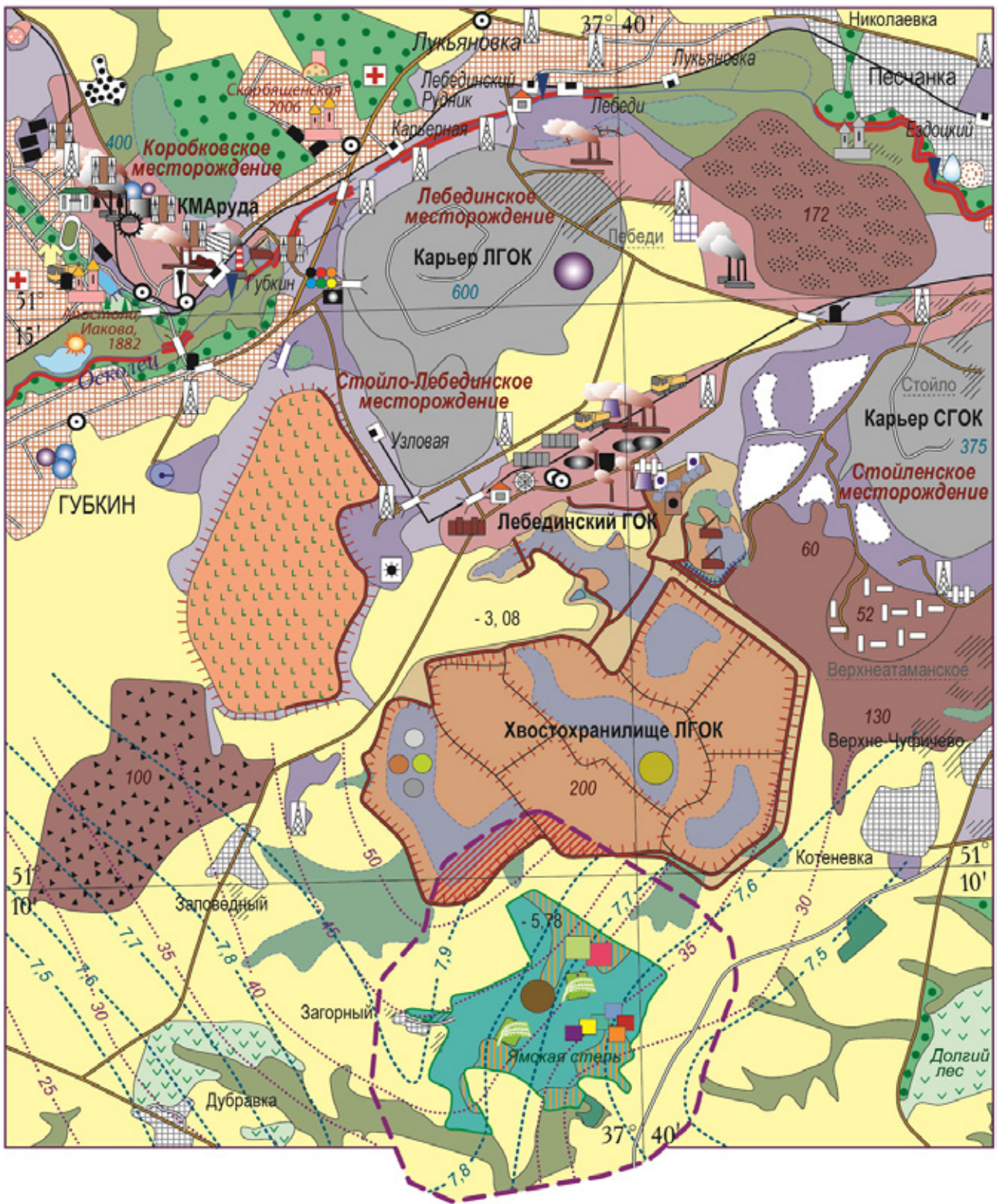


Рис. 5. Импактная зона железорудных месторождений Белгородской области.
Масштаб 1:100 000. Фрагмент карты

В зоне влияния горнодобывающих комплексов оказываются некоторые населенные пункты, само существование которых находится под угрозой, и они постепенно затопляются, засыпаются и исчезают по мере разрастания территорий добычи полезных ископаемых. Например, в районе Михайловского месторождения непосредственно из-за разрастания территорий рудников и отвалов пустых пород исчезли такие сельские населенные пункты, как Лужки, Комарой, Медовый, часть поселка Михайловский.



Рис. 6. Легенда к карте. Часть 1

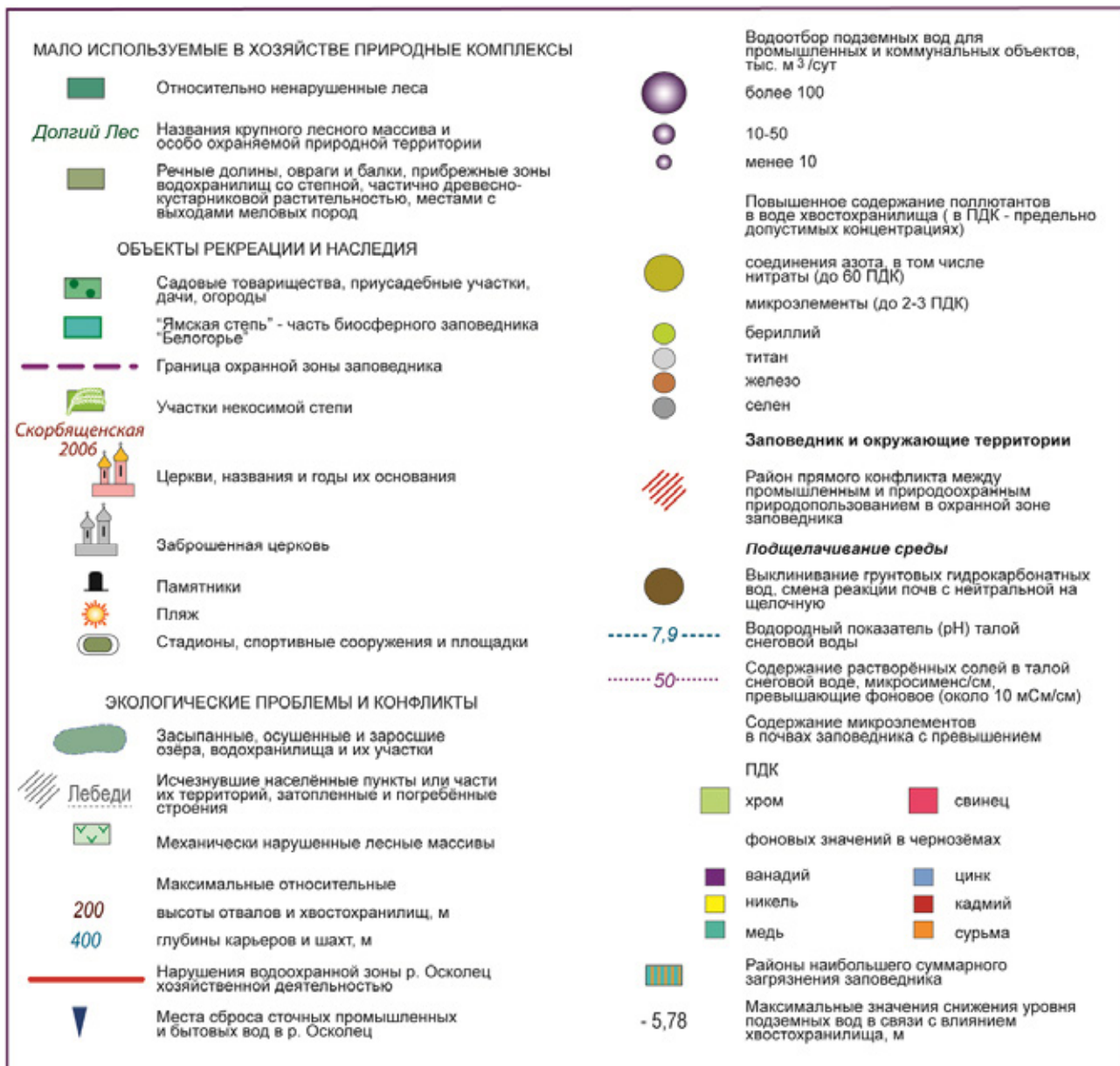


Рис. 7. Легенда к карте. Часть 2

Часть населенных пунктов исчезла в зоне влияния хвостохранилища, в которое было превращено бывшее Михайловское водохранилище, от которого остались незасыпанными лишь отдельные краевые участки (Семеновский, Бырдинка, Новоандреевский, Сергеевский). Достаточно большое количество населенных пунктов, традиционным занятием жителей которых было сельское хозяйство, сейчас находятся в зоне опасного земледелия (Сафрошинский, Лужки, Панино, Георгиевский, Хуторской, Веретенино, Рынок, Сторж, Солдаты, Трубичено, Андросово) и даже внутри границ санитарно-защитной зоны горнопромышленных объектов (Остапово, Хуторской). То же самое можно отнести к довольно большой части садовых товариществ и дачных участков, самый смысл существования которых на загрязненных территориях теряется. Многие сельские населенные пункты, а также и сам город Железнодорожск, имеют особо острые экологические проблемы.

Проблемы антропогенного воздействия при горных разработках касаются не только человека, элементов природного ландшафта и живых организмов, но и объектов культурного наследия. Архитектурные сооружения, находящиеся вблизи карьеров, хвостохранилищ и обогатительных фабрик, испытывают разрушающие влияния из-за подземных толчков, просадок и изменений свойств грунтов, изменения уровня подземных вод, вредных выбросов, выпадаю-

щих в виде пыли и кислотных дождей. В Михайловском районе непосредственно в зоне влияния МГОК расположена Казанская церковь 1911 года основания в поселке Андросово.

Районы основных месторождений Курской магнитной аномалии богаты памятниками природного и культурного наследия, они интересны и как районы рекреации и туризма, в том числе экологического. В Железногорском районе с богатой историей наибольший интерес для туристов представляют:

- городской дендрарий Железногорска, в котором на площади 2,5 га произрастает более 500 видов растений из разных уголков мира, в т.ч. регулярно цветущие рододендроны и современники динозавров диморфант, бархат амурский и гинкго двулопастный (храмовое дерево);

- частный зоопарк «Сказка» в Железногорске;

- старинная роща-дендрарий «Заказ» в Михайловской слободе, засаженная разнообразными деревьями и кустарниками с конца XIX века;

- ботанический памятник «Жидеевская дача» близ Михайловки с корабельными соснами искусственного насаждения конца XIX века с неморальными и бореальными видами растений, со сфагновыми болотами с реликтовой растительностью ледникового периода, типичной для северных регионов (белоусники, вереск, клюква);

- монастырь Ксении Петербуржской в селе Долбёнкино (2000 г.) на месте имения Великих князей Сергея Александровича и Елизаветы Феодоровны Романовых, где выращивали ананасы и клубнику (конец XIX в.);

- старинные православные храмы: Никольский в Михайловке (1753 года постройки, объект культурного наследия Российской Федерации № 4600000493), Казанский в Андросово (1911), Воскресения Словущего в пос. Долбенки (1781) и в пос. Харланово (1846); современные храмы Неупиваемой чаши в пос. Студенок (2010), Покровский в селе Разветье на месте старинного разрушенного храма; храмы Железногорска – Троицкий (2000, кафедральный собор), Всех Святых, в земле российской просиявших (1990), Споручницы грешных (2011), Сергия Радонежского (2016), Блаженной Ксении Петербуржской, Воскресения Христова (строящийся);

- святые источники: источник села Гнань с целебной йодистой водой, признанный памятником природы еще в советское время, в 1977 (у этого источника в XVII веке в лесу явилась икона Святителя Николая с житием; он является памятником природы регионального значения); целебный Кузнецкий источник в Михайловке (природоохранная зона и памятник областного значения); монастырский святой источник села Долбёнкино;

- мемориал музея-заповедника Большой Дуб, где 17 октября 1942 года 44 жителя посёлка (женщины, дети и старики) были расстреляны и сожжены вместе с домами. Это был план особого уполномоченного Гитлера генерала Адольфа Хойзингера об уничтожении советских людей и населённых пунктов, прилегающих к лесным массивам («Белый медведь»). Поселок назывался в честь огромного 600-летнего дуба; он тоже был подожжен фашистами, но простоял еще 16 лет и сломался от бури осенью 1958 года.

Многие из этих объектов находятся в непосредственной близости от горнопромышленного комплекса, испытывают его негативное влияние и требуют мониторинга и охраны.

Район месторождений, расположенный в Белгородской области, также очень интересен и богат объектами природного и культурного наследия. Во многом этот район имеет схожие проблемы.

Прежде всего, в районе СГОК и ЛГОК в результате горных выработок постепенно оказались погребенными и исчезли с лица земли некогда крупные сёла – Лебеди, Стойло, Верхнеатаманское. Красивое название Лебеди теперь носит район города Губкина (неофициальной столицы Курской магнитной аномалии), а исторические Лебеди «съел» карьер. В казачьем селе Стойло в 1890 г. было 1055 жителей, в 1342 г. – 875, в 1979 г. – 509, в 1989 г. – 322. Из села происходит писатель и педагог А.М. Топоров (1891–1984), который описывал Стойло в своих произведениях. В настоящее время на месте деревни – карьер и промышленная зона. Часть села вошла в район города Старый Оскол. Исчезло под отвалами горнопромышленных выработок и село Верхнеатаманское. Основанное станичными атаманами, оно впервые упоминается в документах за 1615 год. Динамика численности населения здесь ещё бо-

лее показательна: в 1885 г. – 1774 жителя, в 1932 – 2325, в 1979 г. – 699, в 1989 – 106, в 1997 – 16. Часть села Верхне-Чуфичево также погребла промышленная зона.

Рельеф местности сильно изменён промышленными разработками. Максимальная разница относительных отметок высот антропогенноизменённых участков составляет 600 м, что создаёт весьма существенные перепады, сравнимые с высотами низкогорий.

Что касается объектов природного и культурного наследия, расположенных в зоне влияния группы Стойло-Лебединских месторождений, то объектом наиболее пристального внимания является заповедник Ямская степь – кластер Государственного природного заповедника «Белогорье». Здесь сохранились ценные степные биоценозы, в т.ч. участки некосимой степи. Часть охранной зоны заповедника находится в прямом конфликте природопользования с территорией хвостохранилища ЛГОК.

Рельеф в северной части Ямской степи существенно трансформирован в результате деятельности Лебединского ГОКа. Балка Казиновка на северо-востоке территории, являющаяся естественным базисом подземного стока, полностью уничтожена хвостохранилищем. Сохранилась лишь верхняя часть балки Суры в наиболее северной части территории, примыкающей к заповеднику. В настоящее время там расположен дренажный пруд для откачки поступающих вод.

В водах и почвах превышает предельно допустимые концентрации содержание таких элементов, как азот и ряд микроэлементов (титан, бериллий, железо, селен, хром, свинец). В чернозёмах Ямской степи превышены фоновые значения по ванадию, никелю, цинку, меди, кадмию и сурьме. Уровень подземных вод из-за влияния хвостохранилища максимально понизился на значение около 6 м, и это относится опять же к заповедной территории. На территории заповедника и окружающих его степей наблюдается подщелачивание среды, которое возрастает при приближении к территории хвостохранилища. Заповедник испытывает максимальную нагрузку в своей северной и южной частях.

На северной окраине горно-добывающего комплекса, рядом с отвалом рыхлой вскрыши, недалеко от спиртового и дрожжевого заводов, находится заброшенное поселение с разрушенной церковью, которое теперь уже не восстановится. Заводы сбрасывают сточные воды в реку Осколец; водоохранная зона реки нарушена. Многие лесные массивы, которых и так мало в этой природной зоне, механически нарушены, видовой состав растений обеднён.

Выводы. Составленные карты позволяют оценить в комплексе изменения природной и культурно-исторической среды в районе железорудных месторождений КМА. Особенно важно создание таких карт на территории ключевых участков наиболее крупных месторождений, эксплуатируемых в течение длительного времени. Это особенно важно потому, что мировые тенденции развития экономики говорят о том, что объёмы добычи и переработки минерального сырья будут увеличиваться. Не исключается даже вариант перемещения черной металлургии с Урала и Сибири в Центрально-Чернозёмный район, т.к. в восточных регионах страны истощаются запасы собственного железорудного сырья. Таким образом, уровень антропогенной нагрузки на природную среду возрастёт ещё более. Особенно расширятся территории антропогенных нарушений с возможным началом эксплуатации перспективных месторождений. Прогноз таких нарушений возможно сделать при помощи составленной обзорной карты.

Например, в Белгородской области всеми видами хозяйственной деятельности нарушено 88–90% территории, при допустимом предельном уровне прямого нарушения земель для ЦЧР – не более 70%. Проводящиеся природоохранные мероприятия кардинально не улучшают экологическое состояние природной среды. Подобная тенденция может привести к полному исчезновению природной флоры и фауны на обширных территориях, дальнейшему развитию заболеваний человека (хронические патологии, болезни крови, органов пищеварения, мочевой системы, новообразования, врожденные аномалии), сокращению численности населения. В рамках Закона об экологической безопасности необходимо разработать более щадящие технологии разработки полезных ископаемых. С особой осторожностью надо под-

ходить к расширению территорий горнодобывающей промышленности в традиционно сельскохозяйственном регионе, обладающем ценным природным ресурсом – плодородными чернозёмными почвами.

Необходим комплексный подход к экологической проблеме: мониторинг содержания вредных веществ в различных элементах природной среды, разработка новых технологий добычи и переработки руды, принятие системы соответствующих законодательных и финансовых мероприятий. Комплексное картографирование экологически проблемных территорий играет здесь исключительно важную роль, позволяя визуализировать выявленные негативные процессы и наблюдать территорию в целом. Составленные карты возможно обновлять, дополнять вновь поступающими данными.

Составленные карты представляют собой свод информации, полученной из различных источников, переработанный в ключе создания единой легенды для разных территорий. Различия в характере нанесённой информации зависят от имевшихся в распоряжении источников (особенно это относится к показателям загрязнения природных сред).

Созданные для Атласа карты позволяют оценить процессы антропогенного воздействия на природную среду КМА в целом, а также подробно – на территории ключевых участков. Здесь возможно сделать вывод, что степень антропогенного прессинга уже приближена к своему пределу. Особенно это относится к зонам изменения литогенной основы ландшафта – территориям карьеров, хвостохранилищ и отвалов отработанной породы. Воздействие горнообогатительных комбинатов также весьма велико; локализованные в отдельных точках, они влияют на природную среду обширных территорий своими выбросами.

Весьма сильно изменена структура природных комплексов; во многом они замещены антропогенными ландшафтами.

С помощью составленных карт удалось наглядно отобразить процесс укрупнения населённых пунктов и исчезновения сёл и деревень – основы функционирования сельскохозяйственных регионов.

Отражение на картах объектов туризма и рекреации, а также природного и культурного наследия позволяет оценить степень возможной их трансформации в связи с развитием промышленности и разработать пути их сохранения, определить места необходимости усиленного мониторинга состояния природной среды с целью сохранения памятников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белгородская область. Региональный атлас. Масштаб 1:200 000, Изд. 1, 439ЦЭВКФ, 2000, 48 с.
2. Борзенков А.А. Загрязнение поверхностных вод, донных отложений и почв в зоне влияния Михайловского ГОКа / А.А. Борзенков, И.А. Гонеев, М.В. Кумани, Ю.А. Соловьева // Проблемы региональной экологии, 2010. Вып. 1. С. 37–42.
3. Гонеев И.А. Анализ влияния эрозии почв на распространение тяжелых металлов в почвенном покрове / И.А. Гонеев, М.В. Кумани // Общие и прикладные вопросы эрозионных и русловых процессов: материалы VI семинара молодых ученых вузов. Москва: МГУ, 2006. С. 65–70.
4. Гонеев И.А. Влияние крупного горно-рудного предприятия на состояние здоровья территории загрязнения земель и водных объектов тяжелыми металлами (на примере Курской области) / И.А. Гонеев, Ю.Н. Кириченко, Ю.А. Соловьева // Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье», 2009. Вып. 3. С. 125–133.
5. Гонеев И.А. Мониторинг земель сельскохозяйственного назначения, загрязнённых тяжёлыми металлами, в зоне влияния Михайловского ГОКа // Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата географических наук. Курск: Изд-во Курского государственного университета, 2010.
6. Гонеев И.А. Особенности выделения санитарно-защитной зоны крупного горно-рудного предприятия на примере Михайловского ГОКа // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки, 2010. Т. 15. Вып. 2. С. 439–441.

7. *Гонеев И.А.* Применение ГИС при оценке загрязнения территории зоны влияния Михайловского ГОКа тяжелыми металлами // Геоэкология и рациональное природопользование: от науки к практике: материалы всерос. (с междунар. участием) науч.-практической конф. молодых ученых. Белгород: БелГУ, 2007. С. 67–69.
8. *Григорьев В.М., Малютин Е.И.* Курская магнитная аномалия // Горная энциклопедия, Москва, Советская энциклопедия, 1984–1991.
9. *Евсеев А.В.* Основные подходы к классификации природопользования // Рациональное природопользование: теория, практика, образование. Москва: Географический факультет МГУ, 2012. С. 4–10.
10. *Касимов Н.С., Котова Т.В., Тикунов В.С.* Экологический атлас России: новый проект // Материалы Международной конференции «Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт» (ИнтерКарто/ИнтерГИС 2011), Белокураха, Денпасар, 14–19 декабря 2011, вып. 17. Белокураха, Денпасар, 2011. С. 277–282.
11. *Красовская Т.М., Слипечук М.В.* Введение в природопользование. Москва: Географический факультет МГУ, 2016. 234 с.
12. *Кумани М.В.* Особенности загрязнения почв в зоне влияния Михайловского ГОКа тяжелыми металлами / М.В. Кумани, И.А. Гонеев, Р.А. Попков // Теоретические и прикладные проблемы социально-правовых, медико-биологических, технико-экономических сфер жизни общества: материалы междунар. науч.-практической конф. Курск: РГСУ, 2007. С. 145–147.
13. *Кумани М.В., Лисецкий Ф.Н.* Изучение транспорта и накопления загрязняющих веществ в донных отложениях рек агропромышленных регионов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 13, № 1 (6), 2011, с. 1443–1448.
14. Курская магнитная аномалия / Соколов Г.А., Быховер Н.А. // Большая советская энциклопедия : [в 30 т.], 3-е изд., Москва, Советская энциклопедия, 1969–1978.
15. Курская область. Атлас. Масштаб 1:100 000. Омск: Омская картографическая фабрика, 2012. 96 с.
16. Курская область. Топографическая карта. Масштаб 1:200 000. Москва: Фабрика им. В.В. Дунаева, 1993. 33 с.
17. *Петин А.Н.* Аэрокосмический мониторинг состояния геологической среды железорудных месторождений КМА: особенности структуры, строения и функционирования // Научные ведомости БелГУ, Сер. Естест. Науки. Белгород, 2009. № 11 (66). С. 133–139.
18. *Петин А.Н.* Рациональное недропользование в железорудной провинции Курской магнитной аномалии (проблемы и пути их решения) // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора географических наук. Астрахань: Астраханский государственный университет, 2010. 47 с.
19. *Петин А.Н., Бугаева Е.А., Польшгалова А.Ю.* Геоэкологическая ситуация и состояние здоровья населения в горнопромышленных районах КМА в условиях воздействия аномального геомагнитного поля Земли // Успехи современного естествознания, 2016. № 6. С. 179–184.
20. *Петин А.Н., Переверзев В.Л.* Состояние геологической среды в староосвоенных регионах (на примере Курской области) // Матер. Междунар. научно-практич. конф.: РЕГИОН-2009 стратегія оптимального розвитку. Харків, 2009. С. 67–71.
21. *Петин А.Н., Петина В.И.* Пути обеспечения геоэкологической безопасности недропользования в железорудной провинции КМА // Збірник наукових праць: Просторовий аналіз природних і техногенних ризиків в Україні. Київ: Інститут географії НАН України, 2009. С. 160–167.
22. *Петин А.Н., Яницкий Е.Б.* Геоэкологические проблемы железорудных месторождений и пути их решения // Матер. II Междунар. науч. конф.: Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах. Москва-Белгород, 2006. С. 367–370.
23. *Русаков А.В., Бакунович Н.О., Городилова Н.Ю., Яковенко М.В.* Новые данные по характеристике почвенного покрова охраняемых участков заповедника «Белогорье» (Белго-

родская область) // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и сопредельных странах: Материалы IV Международной научной конференции 11–14 октября 2010 г. Белгород: КОНСТАНТА, 2010. С. 153–158.

24. Тарасов Л.В. Земной магнетизм. Долгопрудный: Интеллект, 2012. 193 с.

25. Тикунов В.С., Касимов Н.С., Котова Т.В. Атласное экологическое картографирование России // Современная географическая картография. К 80-летию кафедры картографии и геоинформатики. Москва, 2012. С. 33–145.

26. Тикунов В.С., Касимов Н.С., Котова Т.В., Рыбальский Н.Г. Атласное экологическое и природно-ресурсное картографирование России // Использование и охрана природных ресурсов в России. Москва: НИА-Природа, 2012. № 6 (126). С. 57–64.

O.I. Markova¹

MAPS OF IMPACT ZONES OF REGION OF THE KURSK MAGNETIC ANOMALY FOR THE ECOLOGICAL ATLAS OF RUSSIA

***Abstract.** Maps of several impact zones of the Russian Federation are included in the Ecological Atlas of Russia. These zones are characterized by the high degree of the development of the mining industry and respectively by high level of the anthropogenic impact on the environment. One of these regions is the region of the Kursk Magnetic Anomaly (KMA), where the extractive industry is most developed in separate areas of Kursk and Belgorod regions. During a long time the iron ore is mined here both open and closed methods.*

The general map of the Kursk Magnetic Anomaly lets to see in complex all iron ore regions and deposits and to reveal most environmentally dangerous of them as well as to evaluate the significance of deposits.

Large-scale maps let to consider diverse anthropogenic changes of the environment caused by the extractive industry as well as by related industries. In regions of the intensive development of the mining industry with great areas included in the process of the industrial production and the storage of wastes take place the movement of huge masses of ground, the destruction and the degradation of the vegetation cover, the destruction of the traditional structure of settlements and the disappearance of most settlements. In example of areas of impact zones processes of the disappearance of rural settlements, of the urban sprawl and of displacement of the agriculture by the extractive industry can be seen firsthand. A registration of the development of this process is very important in the planning of the development of territories, all the more so the region of the Kursk Magnetic Anomaly has fertile chernozem soils which are not very abundant in the territory of the Russian Federation. Mining complexes are surrounded by a range of related companies serving the production and livelihoods of the population. These companies also have an impact on the environment, sometimes significantly changing it. Serious changes in the environment occur on the mechanical and on the chemical levels. Natural objects replenish by a large number of alien chemical elements, the pollution of natural environments is proceeding. The preservation of objects of the natural and cultural heritage, which are presented in these areas, has a particular importance. An economical growth caused by the development of the mining industry, allows plan the placement and development of facilities for the recreation and the tourism.

Methods of the mapping includes a creating of a survey map of fields of KMA with evaluation of ecological situation in the scale 1: 2 000 000 and of detailed maps in the scale 1:100 000 of certain key areas with most complex ecological problems. Such areas include the world's largest iron ore field Mikhaylovskoye situated in the Kursk region and eldest fields of Gubkin and Stary Oskol in the Belgorod region.

¹ M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Integrated Mapping Laboratory, Moscow, 119991, Russia; senior researcher; e-mail solntsevaolga@rambler.ru.

A complex estimation of anthropogenic environmental changes realized through the synthetic mapping of territories of impact zones is a base of the elaboration of the ecological safe development of mining complexes.

Key words: *the mapping of impact zones, mining complexes, iron ore fields, the Kursk Magnetic Anomaly, the anthropogenic impact on the environment, the protection of nature and culture heritage objects.*

REFERENCES

1. Belgoroskaya oblast'. Regionalny atlas. Masshtab 1:200 000 [Belgorod region. The regional atlas. Scale 1:200 000], Izd. 1, 439TCEVKF, 2000, 48 p.
2. *Borzenkov A.A.* Zagryazneniye poverkhnostnykh vod, donnykh otlojeniy i pochv v zone vliyaniya Mikhaylovskogo GOKa [The pollution of surface waters, bottom sediments and soils in the zone of influence of Mikhailovsky Mining Processing Plant] / A.A. Borzenkov, I.A. Goneev, M.V. Kumani, Yu.A. Solovyova // Problemy regionalnoy ekologii, 2010, vyp. 1, Pp. 37–42.
3. *Goneev I.A.* Analiz vliyaniya erozii pochv na rasprostraneniye tyazhiolykh metallov v pochvennom pokrove [The analysis of the impact of soil erosion on the distribution of heavy metals in the soil cover] / I.A. Goneev, M.V. Kumani. Obschiye i prikladniye voprosy erozionnykh i ruslovykh processov: materially VI seminaru molodykh uchenykh vuzov, Moskva, MGU, 2006, Pp. 65–70.
4. *Goneev I.A.* Vliyaniye krupnogo gorno-rudnogo predpriyatiya na sostoyaniye zdorovya territorii zagryazneniya zemel i vodnykh ob'ektov tyazhiolyomy metallami (na primere Kurskoy oblasti) [The impact of a large mining enterprise on the state of health in the territory of the pollution of land and water objects by heavy metals (on the example of Kursk region)] / I.A. Goneev, Yu.N. Kirichenko, Yu.A. Solovyova // Kurskiy nauchno-prakticheskiy vestnik «Chelovek i ego zdorovye», 2009, vyp. 3, Pp. 125–133.
5. *Goneev I.A.* Monitoring zemel selskokhoziaystvennogo naznacheniya, zagryaznionnykh tyazhiolyymi metallami v zone vliyaniya Mikhaylovskogo GOKa [The monitoring of agricultural land polluted by heavy metals in the zone of influence of Mikhailovsky Mining Processing Plant] // Avtoreferat dissertatsii na soiskaniye uchionoy stepeni kandidata geographicheskikh nauk, Kursk, Izd-vo Kurskogo gosudarstvennogo universiteta, 2010.
6. *Goneev I.A.* Osobennosti vydeleniya sanitarno-zaschitnoy zony krupnogo gorno-rudnogo predpriyatiya na primere Mikhaylovskogo GOKa [Features of the allocation of the sanitary protection zone of a large mining enterprise on the example of Mikhailovsky Mining Processing Plant] // Vestnik Tambovskogo universiteta. Seria: Yestestvennye i tekhnicheskiye nauki, 2010, t. 15, vyp. 2, Pp. 439–441.
7. *Goneev I.A.* Primeneniye GIS pri otsenke zagryazneniya territorii zony vliyaniya Mikhaylovskogo GOKa tyazhiolyymi metallami [The application of GIS when assessment of the pollution of the zone of the influence of Mikhailovsky Mining Processing Plant] // Geoecologia i ratsionalnoye prirodopolzovaniye: ot nauki k praktike: materially vsenos. (s mejdunar. uchastiyem) nauch.-prakticheskoy konf. molodykh uchionykh, Belgorod, BelGU, 2007, Pp. 67–69.
8. *Grigoriev V.M., Malyutin Ye.I.* Kurskaya magnitnaya anomalija [Kursk Magnetic Anomaly] // Gornaya encyclopedia, Moskva, Sovietskaya encyclopedia, 1984–1991.
9. *Yevseev A.V.* Osnovniye podkhody k klassifikatsii prirodopolzovaniya [Basic approaches to the classification of the nature use] // Ratsionalnoye prirodopolzovaniye: teoria, praktika, obrazovaniye, Moskva, Geograficheskij fakultet MGU, 2012, Pp. 4–10.
10. *Kasimov N.S., Kotova T.V., Tikunov V.S.* Ecologicheskij atlas Rossii: noviy proekt [The Ecological Atlas of Russia: the new project] // Materialy Mezhdunarodnoj konferentsii «Ustojchivoe razvitie territorij: teoriya GIS i prakticheskij opyt» (InterKarto/InterGIS 2011), Belokurikha, Denpasar, 14-19 dekabrya 2011, vyp. 17, Belokurikha, Denpasar, 2011, Pp. 277–282.
11. *Krasovskaya T.M., Slipenchuk M.V.* Vvedenie v prirodopol'zovanie [The introduction in the nature use], Moskva, Geograficheskij fakul'tet MGU, 2016, 234 p.

12. *Kumani M.V.* Osobennosti zagryazneniya pochv v zone vliyaniya Mikhajlovskogo GOKa tyazhelymi metallami [Features of the pollution of soils in the zone of the influence of Mikhailovsky Mining Processing Plant] / M.V. Kumani, I.A. Goneev, R.A. Popkov // Teoreticheskie i prikladnye problemy sotsial'no-pravovykh, mediko-biologicheskikh, tekhniko-ehkonomicheskikh sfer zhizni obshchestva: materialy mezhdunar. nauch.-prakticheskoy konf., Kursk, RGSU, 2007, Pp. 145–147.
13. *Kumani M.V., Lisetskij F.N.* Izuchenie transporta i nakopleniya zagryaznyayushhikh veshhestv v donnykh otlozheniyakh rek agropromyshlennykh regionov [The study of the transport and the accumulation of pollutants in bottom sediments of rivers of agro-industrial regions] // Izvestiya Samar-skogo nauchnogo tsentra Rossijskoj akademii nauk, t. 13, № 1 (6), 2011, Pp. 1443–1448.
14. Kurskaya magnitnaya anomalija [Kursk Magnetic Anomaly] / Sokolov G. A., Bykhover N. A. // Bol'shaya sovetskaya ehntsiklopediya : [v 30 t.], 3-e izd., Moscow, Sovetskaya ehntsi-klopediya, 1969–1978.
15. Kurskaya oblast'. Atlas. Masshtab 1:100 000 [Kursk region. The atlas. Scale 1:100 000], Omsk, Omskaya kartograficheskaya fabrika, 2012, 96 p.
16. Kurskaya oblast'. Topograficheskaya karta. Masshtab 1:200 000 [Kursk region. The topographic map. Scale 1:100 000], Moskva, Fabrika im. V.V. Dunaeva, 1993, 33 p.
17. *Petin A.N.* Aehrokosmicheskij monitoring sostoyaniya geologicheskoy sredy zhelezorudnykh mestorozhdenij KMA: osobennosti struktury, stroeniya i funktsionirovaniya [The aerospace monitoring of the geological environment of the iron ore fields of KMA: features of the structure, the construction and the functioning] // Nauchnye vedomosti BelGU, Ser. Estest. Nauki, Belgorod, 2009, №11 (66), Pp. 133–139.
18. *Petin A.N.* Ratsional'noe nedropol'zovanie v zhelezorudnoj provintsii Kurskoj magnitnoj anomalii (problemy i puti ikh resheniya) [The rational use of mineral resources in the iron ore province of the Kursk Magnetic Anomaly (problems and ways of it solutions)] // Avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoj stepeni doktora geograficheskikh nauk, Astrakhan', Astrakhanskij gosudarstvennyj universitet, 2010, 47 p.
19. Naseleniya v gornopromyshlennykh rajonakh KMA v usloviyakh vozdejstviya anomal'nogo geomagnitnogo polya Zemli [The geoecological situation and the state of health of the population in mining regions of KMA in conditions of the impact of the anomalous magnetic field of the Earth] // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya, 2016, № 6, Pp. 179–184.
20. *Petin A.N., Pereverzev V.L.* Sostoyanie geologicheskoy sredy v staroosvoennykh regionakh (na primere Kurskoj oblasti) [The state of the geological environment in earlier developed regions (for example of the Kursk region)] // Mater. Mezhdunar. naukovo-praktich. konf.: REGION-2009 strategiya optimal'nogo rozvitku, KHar'kiv, 2009, Pp. 67–71.
21. *Petin A.N., Petina V.I.* Puti obespecheniya geoehkologicheskoy bezopasnosti nedropol'zovaniya v zhelezorudnoj provintsii KMA [Ways of the geoecological security of the sub-soil use in the iron ore province of KMA] // Zbirnik naukovikh prats': Prostorovij analiz prirodnykh i tekhnogennikh rizikov v Ukraїni, Kiiv, Institut geografii NAN Ukraїni, 2009, Pp.160–167.
22. *Petin A.N., Yanitskij E.B.* Geoehkologicheskie problemy zhelezorudnykh mestorozhdenij i puti ikh resheniya // Mater. II Mezhdunar. nauch. konf.: Problemy prirodopol'zovaniya i ehkologicheskaya situatsiya v Evropejskoj Rossii i sopredel'nykh stranakh, Moskva-Belgorod, 2006, Pp. 367–370.
23. *Rusakov A.V., Bakunovich N.O., Gorodilova N.Yu., Yakovenko M.V.* Novye dannye po kharakteristike pochvennogo pokrova okhranyaemykh uchastkov zapovednika «Belgor'e» (Belgorodskaya oblast') [New data on characteristics of the soil cover of protected areas of the «Belgor'ye» Nature Reserve (the Belgorod region)] // Problemy prirodopol'zovaniya i ehkologicheskaya situatsiya v Evropejskoj Rossii i sopredel'nykh stranakh: Materialy IV Mezhdunarodnoj nauchnoj konferentsii 11-14 oktyabrya 2010 g., Belgorod, KONSTANTA, 2010, Pp. 153–158.
24. *Tarasov L.V.* Zemnoj magnetizm [The Earth magnetism], Dolgoprudnyj, Intellekt, 2012, 193 p.
25. *Tikunov V.S., Kasimov N.S., Kotova T.V.* Atlasnoe ehkologicheskoe kartografirovanie Rossii [The atlas ecological mapping of Russia] // Sovremennaya geograficheskaya kartografiya. K 80-letiyu kafedry kartografii i geoinformatiki, Moskva, 2012, Pp. 33–145.

26. Tikunov V.S., Kasimov N.S., Kotova T.V., Rybal'skij N.G. Atlasnoe ehkologicheskoe i prirodno-resursnoe kartografirovanie Rossii [The atlas ecological and nature resources mapping of Russia] // Ispol'zovanie i okhrana prirodnykh resursov v Rossii, Moskva, NIA-Priroda, 2012, № 6 (126), Pp. 57–64.

УДК 911.2:528.9

Т.И. Кузнецова¹

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ГЕОСИСТЕМ БАССЕЙНА ОЗЕРА БАЙКАЛ В ПРЕДЕЛАХ ТЕРРИТОРИЙ РОССИИ И МОНГОЛИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

Резюме. Представлены теоретико-методические основы и практический опыт создания обзорной электронной карты «Геосистемы бассейна оз. Байкал» и производных от неё – «Чувствительность» и «Экологическая устойчивость» геосистем бассейна оз. Байкал для решения задач устойчивого развития. Специфика исследования заключается в развитии геосистемного картографического аспекта как основного приема анализа и синтеза географической информации о природной среде исследуемого региона, а также географического прогноза ее возможных изменений в результате спонтанного развития или внешнего, в том числе антропогенного воздействия. Базовая карта составлена на принципах регионально-типологического подхода и структурно-функциональной классификации геосистем, производные – посредством экологической интерпретации информации базовой карты.

Ключевые слова: бассейн оз. Байкал, геосистемы, чувствительность, экологическая устойчивость, картографирование.

Введение. В работе, выполненной в рамках электронного «Экологического атласа бассейна оз. Байкал», решается научная проблема создания карт природной среды территорий двух суверенных государств – России и Монголии – на основе представлений о геосистемах В.Б. Сочавы [1] и его последователей – ученых сибирской научной школы географов. Прикладная ценность карт природной среды геосистемного содержания для информационного обеспечения решения задач устойчивого развития несомненна. Они являются важнейшим инструментом оценки устойчивости/изменчивости и потенциальных экологических возможностей территории, поэтому могут использоваться в качестве базой основы для создания оценочных, прогнозных и рекомендательных карт.

Анализ ныне существующих картографических материалов свидетельствует о том, что в ландшафтном плане территория бассейна оз. Байкал достаточно хорошо изучена, но накопленный объем картографической информации разобщен территориально и не согласован в концептуальном отношении. До сих пор используются классификации территориальных природных единиц, в которых либо отсутствует, либо еще не достигло завершения рассмотрение их как особых геосистем. Невелик опыт создания карт природы геосистемного содержания с характеристиками, отражающими не только наблюдаемые ныне внутрискрутурные и внешне структурные взаимосвязи компонентов природной среды, но и возможные их изменения.

В статье решается проблема создания обзорной специализированной карты «Геосистемы бассейна оз. Байкал» для информационного обеспечения задач устойчивого развития крупного региона Евразии и производных от нее оценочных карт экологического содержания. Наиболее актуальны следующие теоретико-методические вопросы: 1 – разработка комплекса геосистемных признаков – индикаторов устойчивого развития; 2 – разработка прин-

¹ Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск; e-mail: rakimkam.kuznetzova@irigs.irk.ru.

ципов специализированной классификации геосистем; 3 – разработка содержания карты; 4 – картографический анализ закономерностей пространственной дифференциации природной среды исследуемого региона; 5 – зонирование территории по степени устойчивости/изменчивости природной среды.

Материалы и методы исследования. Информационную основу создания картографической системы (КС) природной среды бассейна оз. Байкал составляют изданные тематические карты, монографии и статьи, в которых приводятся систематизированные данные с представлением зональных типов ландшафтов, их тепло-, влагообеспеченности и биологической продуктивности растительного компонента [2–11]. Они использовались для эколого-фитоценотической индикации состояния геосистем. Для картографирования природной среды территории бассейна оз. Байкал используется геосистемная средовая концепция [1]. Геосистемы рассматриваются как целостные природные образования, имеющие сложное организационно-иерархическое системное устройство и развивающиеся по законам, действующим в географической среде. Понятие «среда» [1, с. 78–79] определяется как внешние условия функционирования геосистемы, а каждая геосистема рассматривается как среда формирования любого своего компонента. Для пространственной привязки материалов использованы регионально-типологические подразделения геосистем [8, 10].

Устойчивое развитие рассматривается как важное качество, определяющее существование геосистемы в постоянно изменяющейся среде. Его сущность заключается в структурном соответствии компонентов геосистемы как целого и в соответствии изменения этого целого всему комплексу свойств окружающей среды, под воздействием которой они испытывают постоянные спонтанные или антропогенные изменения обратимого или необратимого характера. Для исследования основных закономерностей пространственно-временной дифференциации геосистем используется многоаспектный геосистемный анализ: иерархический, регионально-типологический, структурно-функциональный, структурно-динамический [12, 13, 14], посредством экологической интерпретации данных которого определяются характеристики функционирования, чувствительности и экологической устойчивости геосистем.

Процесс создания КС включает: 1 – создание базовой карты геосистем; 2 – экологическую интерпретацию информации и создание системы производных классификаций геосистем; 3 – формализацию информации; 4 – модификацию контурной основы базовой карты и разработку сопряженной системы контуров производной и интерпретационных карт; 5 – создание программно-целевых тематических слоев КС; 6 – формирование единой КС. Структурно-функциональные типы создаваемых карт (базовая, производная, интерпретационные) определяют последовательность разработки и методы пространственного и тематического согласования географической информации (табл.).

Практически КС природной среды бассейна оз. Байкал представляет собой целостную систему, состоящую из сопряженной системы электронных карт и формализованной в виде сопряженных таблиц целостной системы классификаций геосистем. Созданная КС обладает свойствами, характерными для всех картографических систем: комплексностью, программно-целевой определенностью, целостностью, наглядностью, практической ценностью.

Таблица

Структура КС природной среды бассейна оз. Байкал

Типы карт	Название карт	Масштаб карт
I. Базовая	1. Геосистемы бассейна оз. Байкал	1:5 000 000
II. Производная	2. Экологическая карта	1:5 000 000
III. Интерпретационные	3. Чувствительность геосистем	1:5 000 000
	4. Экологическая устойчивость геосистем	1:5 000 000

Результаты исследования и их обсуждение. Разработана специализированная целереализующая классификация геосистем бассейна оз. Байкал. Основной единицей картографи-

рования является геом, характеристики которого «наиболее полно учитывают общее состояние физико-географических процессов и биологическую продуктивность геосистем» [1, с. 112] (см. подписи к рис. 1). В качестве основных индикационных признаков устойчивого развития природной среды региона рассматриваются интенсивность функционирования и чувствительность геосистем к внешнему воздействию, которые определяются свойством их саморегуляции «как части сложного процесса восстановления нарушенной структуры, или способностью удерживать эту структуру на некоторый промежуток времени в определенных границах» [1, с. 71]. Это свойство имеет наибольшую взаимосвязь с типами геосистем и соотносится с тепло- и влагообеспеченностью их местоположений «по принципу оптимальности», а также с биологической продуктивностью наземного растительного компонента «по принципу максимума: чем больше, тем лучше». Поэтому менее чувствительными к антропогенному воздействию являются геосистемы оптимальных условий развития с высокой биологической продуктивностью, более чувствительными – редуцированных условий развития с низкой биологической продуктивностью.

Структурно-функциональные характеристики обеспечивают прогнозирование состояния геосистем в будущем, и в этом плане очень важны для исследования устойчивого развития. Они отражают степень уравновешенности внешней и внутренней сред геосистем, которая характеризует способность их быстрого восстановления, или экологическую устойчивость [15, 16]. По мере усиления неравнозначности отклонения внутри- и внешне-структурных характеристик строятся структурно-геометрические модели экологической устойчивости геосистем: коренные (к) – наиболее стабильные; мнимокоренные (м) – стабильные; серийные (с) – менее стабильные; переходные (п) – условно стабильные; устойчиво длительнопроизводные разной степени антропогенной нарушенности – (уд). Для построения динамических моделей геомов бассейна оз. Байкал был проведен анализ интегральной интенсивности функционирования геомов и их среды (подкласс геомов), определен геом основного типа, или коренной, относительно которого установлено динамическое качество всех других (см. подписи к рис. 1).

Созданная карта «Геосистемы бассейна оз. Байкал» отображает основные закономерности пространственной дифференциации природной среды крупного региона Евразии, территория которого включает горные сооружения Прибайкалья, Забайкалья, Прихубсугулья, Восточного Саяна, Хамар-Дабана, Хангая, Хэнтя и их подгорные равнины. Структурное разнообразие геосистем бассейна оз. Байкал определяется, прежде всего, историко-эволюционным развитием региона, географическим положением в центре Азиатского материка близ условного трансконтинентального рубежа влияния Тихого и Атлантического океанов, а также расположением близ центра зимнего азиатского барического максимума. Геолого-геоморфологические особенности исследуемого региона обусловили основные закономерности пространственной структуры геосистем бассейна оз. Байкал: высотно-пооясная дифференциация; проявление барьерного, подгорного и котловинного эффекта; асимметрия макросклонов; большая контрастность их природных характеристик, выраженная в сочетании тундрового, таежного и степного типов природной среды; глубокое взаимопроникновение геосистем, относящихся к разным физико-географическим областям.

На карте (см. рис. 1) отражены основные закономерности пространственной дифференциации геомов, принадлежащих двум физико-географическим областям: Южно-Сибирской и Байкало-Джугджурской. В пределах исследуемой территории четко прослеживается проявление природных особенностей одной области в пределах другой. Например, центральноазиатские геосистемы, основная область распространения которых находится вне района исследования, широко представлены в межгорных понижениях и долинах крупных рек в восточной части Южно-Сибирской области – в Южном Забайкалье, а также в Северной Монголии – на склонах и предгорьях Пихубсугулья, Хангая и Хэнтэя. Проникают они и в пределы Байкало-Джугджурской области (по днищам котловин и долинам рек р. Баргузин, р. Верхняя Ангара). Байкалоджугджурские геосистемы, в свою очередь, занимают обширные территории в восточной части Хэнтэйского нагорья, относящегося к Южно-Сибирской области.

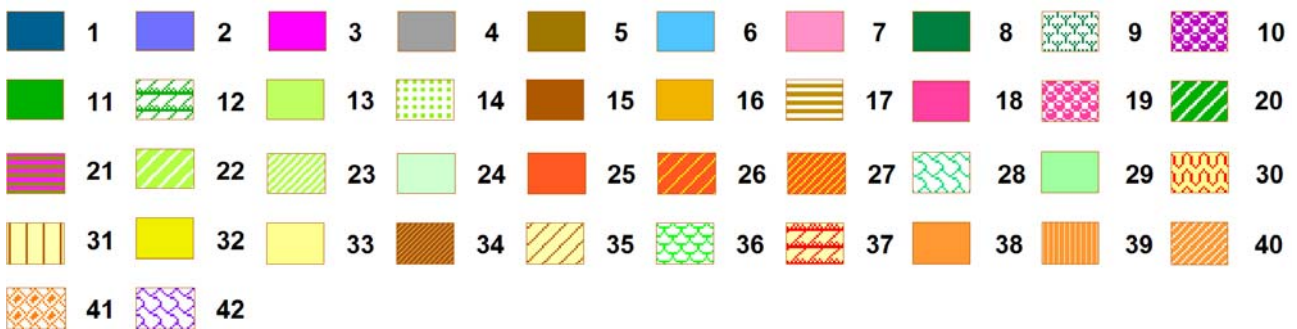
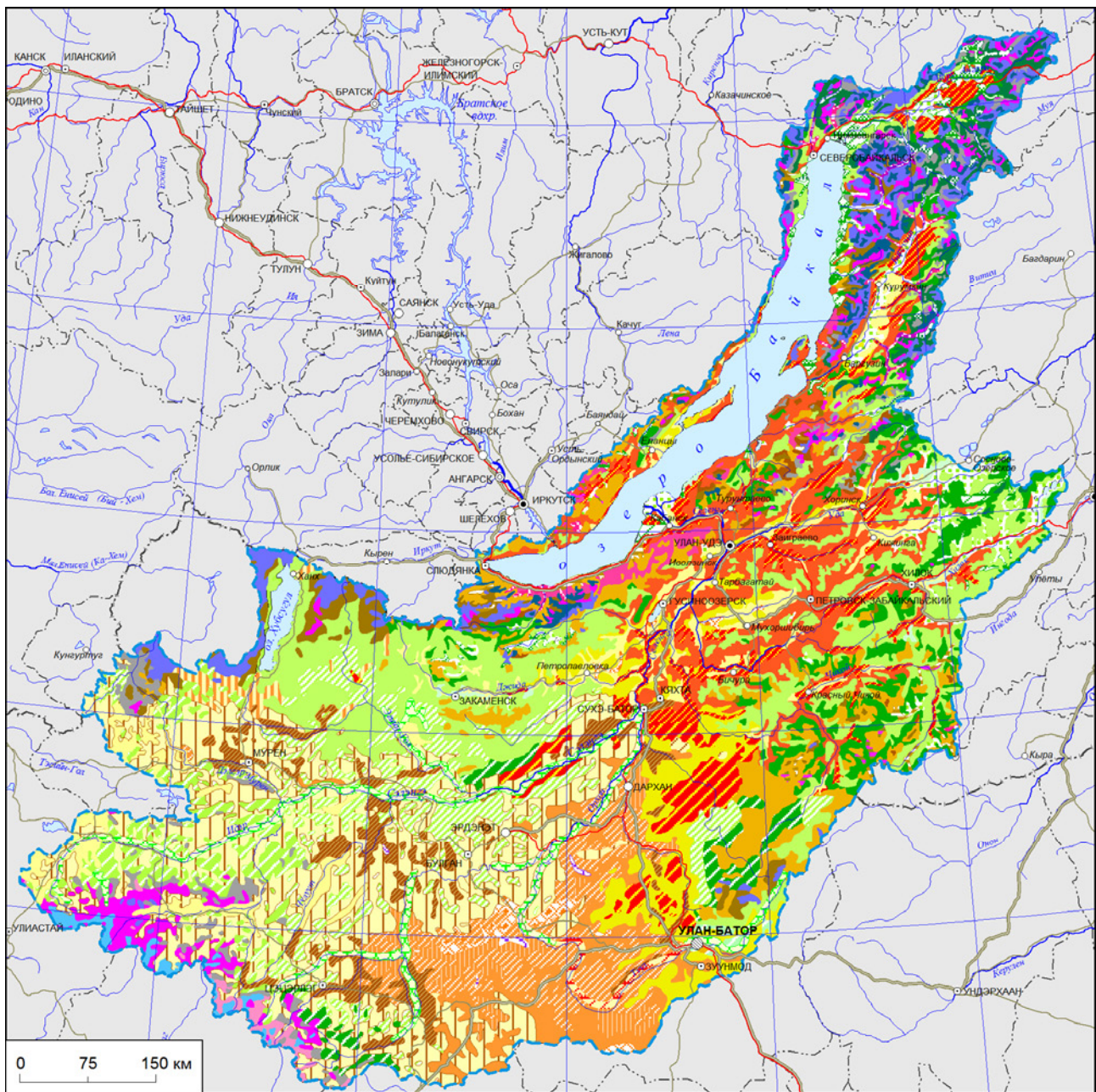


Рис. 1. Карта «Геосистемы бассейна оз. Байкал»

Природные структуры, интенсивность их функционирования и экологическая устойчивость. А. АРКТО-БОРЕАЛЬНЫЕ СЕВЕРОАЗИАТСКИЕ. А 1. Гольцовые Восточно-сибирские и Южно-сибирские минимально и низкопродуктивные очень холодных избыточно влажных и влажных местоположений. 1. Гольцовые альпинотипные (с). 2. Гольцовые криопетрофитные курумов и скал (с). 3. Гольцовые тундровые (с). А 2. Подгольцовые Восточно-

сибирские и Южно-сибирские низко- и среднепродуктивные холодных умеренно влажных и влажных местоположений. 4. Подгольцовые кустарниковые (п). 5. Подгольцовые лиственнично-редколесные (п). 6. Подгольцовые темнохвойно-редколесные (п). А 3. Высокогорные лугово-тундровые Южно-сибирские низкопродуктивные умеренно холодных умеренно влажных местоположений. 7. Высокогорные луговые (с). 8. Высокогорные кобрезиевые (с). 9. Высокогорные остепненно-луговые (п). А 4. Таежные светлохвойные Байкало-джугджурские. 10. Горнотаежные лиственничные редуцированного развития низкопродуктивные умеренно холодных и влажных местоположений (с). 11. Межгорных понижений и долин таежные лиственничные редуцированного развития низко продуктивные умеренно холодных влажных и избыточно влажных местоположений (с). 12. Межгорных понижений и долин таежные темнохвойные редуцированного развития низкопродуктивные умеренно холодных влажных местоположений (с). 13. Горнотаежные лиственничные ограниченного развития повышено продуктивные умеренно теплых влажных местоположений (к). 14. Межгорных понижений и долин таежные лиственничные ограниченного развития среднепродуктивные умеренно теплых влажных и избыточно влажных местоположений (м, частично с). 15. Горнотаежные лиственничные оптимального развития повышено продуктивные теплых умеренно влажных местоположений (м, часто уд). 16. Подгорные и межгорных понижений таежные лиственничные оптимального развития повышено продуктивные теплых умеренно влажных местоположений (м, часто уд). А 5. Таежные темнохвойные Южно-сибирские. 17. Горнотаежные темнохвойные редуцированного развития низкопродуктивные умеренно холодных влажных местоположений (с). 18. Горнотаежные темнохвойные ограниченного развития повышено продуктивные умеренно теплых влажных местоположений (к). 19. Подгорные и межгорных понижений таежные темнохвойные ограниченного развития повышено продуктивные умеренно теплых избыточно влажных местоположений (м, часто уд). 20. Горнотаежные темнохвойные оптимального развития высокопродуктивные теплых избыточно влажных местоположений (м). 21. Подгорные и межгорных понижений таежные темнохвойные оптимального развития повышено продуктивные теплых влажных местоположений (п). А 6. Таежные светлохвойные Южно-сибирские. 22. Горнотаежные лиственничные и кедрово-лиственничные ограниченного развития среднепродуктивные умеренно теплых влажных местоположений (м). 23. Подгорные и межгорных понижений таежные кедрово-лиственничные ограниченного развития среднепродуктивные умеренно теплых влажных местоположений (м). 24. Горнотаежные лиственничные оптимального развития (псевдотаежные) среднепродуктивные теплых умеренно влажных местоположений (п). Б. СЕМИАРИДНЫЕ. СЕВЕРОАЗИАТСКИЕ. Б 1. Подтаежные Байкало-джугджурские. 25. Горные подтаежные лиственничные повышено продуктивные теплых умеренно влажных местоположений (п, часто уд). 26. Подгорные подтаежные лиственничные повышено продуктивные теплых умеренно влажных местоположений (п, часто уд). Б 2. Подтаежные Южно-сибирские. 28. Горные подтаежные сосновые среднепродуктивные теплых умеренно влажных местоположений (м). 29. Подгорные подтаежные сосновые среднепродуктивные теплых умеренно влажных местоположений (п, часто уд). Б 3. Таежных долин с остепненными лугами и лугово-степные Южно-сибирские. 30. В сочетании с лиственничными лесами среднепродуктивные теплых недостаточно влажных местоположений (с). 31. В сочетании с еловыми лесами среднепродуктивные теплых влажных и недостаточно влажных местоположений (с). В. АРИДНЫЕ ЦЕНТРАЛЬНОАЗИАТСКИЕ (ДАУРО-МОНГОЛЬСКИЕ) СТЕПНЫЕ. В 1. Горностепные Хангайско-Даурские (разнотравно-дерновиннозлаковые и дерновинноразнотравные) низко- и среднепродуктивные теплых сухих условий. 32. Горностепные типчаковые (к). 33. Горностепные мятликовые (м). 34. Горностепные тонконоговые (м). 35. Межгорных понижений степные типчаковые (мерзлотные) (м). 36. Подгорные степные пижмово-тырсовые (п, часто уд). 37. Подгорные и межгорных понижений степные вострещово-тырсовые (п, часто уд). 38. Долинные степные в составе лугово-болотных, лугово-кустарниковых серий (с). В 2. Степные высоких равнин и денудационных останцов Среднехалхаско-Монгольские (дерновиннозлаковые) низкопродуктивные очень теплых очень

сухих условий. 39. Межгорных равнин тырсовые (к). 40. Межгорных равнин карагановые (м). 41. Долинные солонцеватые в сочетании с осоковыми болотами и ивняками (с). 42. Бессточных депрессий и побережий озер солончаковые и солончаковато-луговые (п).

ПРИМЕЧАНИЕ. Биологическая продуктивность – годовой прирост, выраженный в весе сухой массы органического вещества надземной и подземной частей растений (ц/га сухой массы): минимальная (менее 20 ц/га), низкая (20-40 ц/га), средняя (40-60 ц/га), повышенная (60-80 ц/га), высокая (более 80 ц/га)

Теплообеспеченность (сумма биологически активных температур воздуха: сумма среднесуточных температур за период с температурами выше 10° С): очень холодные (нет периода с суммой температур выше 10° С, холодные (600-800° С), умеренно холодные (800-1200° С), умеренно теплые (1200-1600° С), теплые (1600-2000° С), очень теплые (2000-2400° С), жаркие (2400-2600° С).

Влагообеспеченность (радиационный индекс сухости по М.И. Будыко): избыточно влажные (менее 0,5), влажные (0,5–1,0), умеренно влажные (1,0–1,5), недостаточно влажные (1,5–2,0), сухие (2,0–2,5), очень сухие (более 2,5) [2].

Как следует из содержания карты, для самых высоких отметок горных систем региона (2600-3000 м) характерно наличие гольцовых альпинотипных нивально-гляциальных геосистем южно-сибирского типа, созданных под воздействием снежников и ледников (см. подписи к рис. 1). Здесь характерны скальные и обвально-осыпные склоны, солифлюкционные процессы; прогреваемые пологие склоны и плоские вершинные поверхности фрагментарно покрыты разреженными лугами на мерзлотных и холодных горно-луговых почвах.

На этих же высотах, но в более холодных местоположениях распространены гольцовые геосистемы. При этом, если в окружении оз. Байкал наибольшие площади занимают гольцово-тундровые геосистемы байкало-джугджурского типа (преимущественно лишайниковые, мохово-лишайниковые, кустарничковые), то в высокогорьях Прихубсугулья распространены луговые высокогорные геосистемы южно-сибирского типа на дерновых и глеевых горно-луговых почвах. При этом на южных склонах Прихубсугулья встречаются небольшие фрагменты криофитноразнотравно-дерновиннозлаковых степей на горно-лугово-степных почвах. В северной и центральной части макросклона гор Хангая гольцовые геосистемы приурочены к плоским вершинам и пологим склонам, они представлены кустарниковыми и кустарничковыми тундрами с фрагментами криофитнотравяных (кобрезиевики, осочники) лугов, которые чередуются с высокогорными криофитно-разнотравными-дерновиннозлаковыми степями [17].

Для подгольцово-редколесных геосистем Прихубсугулья, Прибайкалья, Забайкалья и северного склона Хангая характерны южно-сибирские и восточно-сибирские геосистемы с лиственничными и темнохвойными кедровостланиковыми, ерниковыми, ерnikово-моховыми, овсяницево-моховыми или кобрезиевыми вариантами растительности. На вершинах Хэнтэя преимущество имеют подгольцовые темнохвойно-редколесные кедровые кустарничково-зеленомошные и кедровые с лиственницей ерnikово-моховые и ерnikово-кустарничково-моховые геосистемы.

Своеобразие природы региона составляет повсеместное распространение и разнообразие горно-таежных геосистем южно-сибирского и байкало-джугджурского типа. По интенсивности функционирования все они подразделены на категории редуцированного, ограниченного, оптимального развития, а также псевдотаежные и подтаежные геосистемы (см. подписи к рис.1). Светлохвойные горно-таежные геосистемы байкало-джугджурского типа разных условий развития распространены в Прибайкалье и северном Забайкалье. Широко они представлены и в горах Хэнтэя, особенно в местах распространения многолетнемерзлых грунтов. В межгорных понижениях и долинах распространены таежные лиственничные геосистемы с ерниковым, мохово-ерниковым или травяно-кустарничково-ерниковым подлеском байкало-джугджурского типа разных условий развития. Южно-сибирские горно-таежные лиственничные геосистемы распространены преимущественно в Прихубсугулье, Хэнтэе и северо-восточном Хангае. Псевдотаежные лиственничные геосистемы (разнотравно-

ретидиевые, бруснично-ретидиевые, осочково-ретидиевые) формируются преимущественно в резко континентальных местных условиях Хангая и Прихубсугулья.

Темнохвойно-таежные южно-сибирские геосистемы разных условий развития распространены на территории Прибайкалья и Забайкалья. Широко они представлены и в среднегорьях Хэнтэя, где сказывается увлажняющее влияние западных воздушных масс и летнего тихоокеанского муссона. Здесь находятся преимущественно кедрово-пихтовые кустарничково-зеленомошные, а также кедровые с лиственницей бадановые южносибирские горно-таежные геосистемы. На макросклонах Хамар-Дабана и Баргузинского хребта, благодаря влиянию влажных воздушных масс, распространены южно-сибирские таежные темнохвойные геосистемы оптимального развития. Для них характерны пихтовые, елово-пихтовые, кедрово-пихтовые крупнотравные леса неморального типа.

На территории бассейна оз. Байкал широко распространены южно-сибирские подтаежные темнохвойные и байкало-джугджурские подтаежные лиственничные кустарничково-травяные, травяные и остепненные геосистемы (см. рис. 1). В исследуемом районе подтаежные геосистемы байкало-джугджурского типа представлены в верховьях р. Уды, в долине р. Джиды и на юге восточного побережья оз. Байкал. Горные южно-сибирские подтаежные геосистемы распространены в Прихубсугулье, в горах Хэнтэя и восточного Хангая. В котловинах и долинах, местах распространения боровых песков, широко представлены сосновые ксерофитно-разнотравные геосистемы южносибирского типа переходные к центрально-азиатскому типу.

Распространение в регионе степных геосистем даурского типа, представленных в пределах Хангайско-Даурской группы провинций, обусловлено, прежде всего, существованием здесь особых природных условий, сформировавшихся благодаря особому характеру взаимодействия тихоокеанских и атлантических воздушных масс [17]. Северо-азиатские лугово-степные и остепненных лугов геосистемы в составе лугово-кустарничково-лесных (лиственничных) серий аллювиальных равнин представлены в Прихубсугулье, в долинах рек – притоков р. Селенги, на северо-восточном и восточном побережье оз. Хубсугул, на склонах долины р. Эгийн-Гол, р. Хухэ-Гол и пр. В районе впадения Орхона в Селенгу широко представлены разнотравно-злаковые и богаторазнотравно-злаковые степные геосистемы преимущественно на черноземных или темнокаштановых почвах.

В местоположениях с индексом сухости более 2,0 развиты сухие дерновиннозлаковые степные геосистемы монгольского типа. Широкая полоса сухостепных геосистем, связанных с каштановыми почвами и с годовой суммой осадков 150–250 мм, расположена на территории Монголии. Они характеризуются преобладанием дерновиннозлаковой степной растительности, образованной преимущественно тырсовым крупнодерновинным ковылем, часто с участием караганы. Южнее эти геосистемы сменяются опустыненными вариантами, для растительности которых характерны не крупнодерновинные тырсовидные ковыли, а мелкодерновинные ковыльки. Опустыненные геосистемы связаны со светло каштановыми почвами и незначительным годовым количеством осадков до 130–160 мм.

По данным анализа карты «Геосистемы бассейна оз. Байкал» была проведена дифференциация природной среды по степени чувствительности и экологической устойчивости к внешнему воздействию. В первую группу (см. рис. 2) «*максимально чувствительные очень нестабильные*» (1–9, 32–42) вошли североазиатские гольцовые тундровые и альпинотипные, высокогорные остепненно-луговые, подгольцовые кустарничковые, лиственнично-редколесные, каменноберезовые и темнохвойно-редколесные геосистемы очень холодных и холодных часто избыточно влажных местообитаний с минимальной или низкой продуктивностью наземной растительности. В эту же группу вошли горные степные хангайско-даурские геосистемы, которые формируются в условиях ультраконтинентального климата с муссонными проявлениями: выраженной цикличностью увлажнения и закономерным чередованием влажных и засушливых периодов лета.

Сюда же были отнесены степные геосистемы высоких равнин и денудационных останцов монгольского типа (см. подписи к рис. 1). Эти сухостепные геосистемы выполняют важную сре-

достабилизирующую водозащитную функцию, хотя их роль в регулировании стока сравнительно невелика. Вместе с этим в условиях большого испарения влаги растительный компонент этих геосистем обеспечивает сохранение существующего природного равновесия, изменение которого может привести к нарушению существующего режима увлажнения, дальнейшей аридизации почвенно-растительного покрова и, как следствие, структуры геосистем.

Во вторую группу (см. рис. 2) «*очень чувствительные нестабильные*» (10-12, 17, 24, 29) вошли горнотаежные геосистемы редуцированных условий развития, формирующиеся преимущественно на вершинных участках или вогнутых поверхностях склонов, а также склонах северной экспозиции и в межгорных понижениях и долинах инверсионного типа циркуляции воздушных масс. Темнохвойные пихтово-кедровые, лиственнично-елово-кедровые и кедровые геосистемы сопровождаются преимущественно подлеском из кедрового стланика, а лиственничные – из ерника. Все они отличаются относительно невысоким уровнем теплообеспеченности и высокой влажностью местообитаний. Они чувствительны к воздействию, имеют большое мерзлотно-защитное и водорегулирующее значение, выполняя функцию стабилизации экологической ситуации.

К этой же группе относятся сосновые боровые геосистемы с сильно остепненным разнотравным травостоем, которые развиваются на сухих песчаных почвах дюн или пологих инсоляционных склонов. Антропогенное воздействие, связанное с уничтожением здесь растительности может привести к развитию эоловых процессов. Сюда же были отнесены псевдотаежные лиственничные геосистемы, формирующиеся преимущественно в резко континентальных местных условиях среднегорий Хангая и Прихубсугулья

В третью группу (см. рис. 2) «*средней чувствительности условно стабильные*» (25-28, 30, 31) вошли подтаежные темнохвойные южно-сибирского типа и подтаежные лиственничные кустарниково-травяные, травяные и остепненные геосистемы байкало-джугджурского типа. Это наиболее освоенные и преобразованные человеческой деятельностью и лесными пожарами территории, находящиеся на разной стадии восстановления. В силу недостаточного увлажнения геосистемы, особенно склоновых инсоляционных местоположений, могут быть подвержены аридизации их почвенно-растительного компонента в условиях лесосведения. В поздний весенний и раннелетний периоды (до стадии формирования травяного растительного покрова) эти геосистемы очень пожароопасны.

Сюда же были отнесены северо-азиатские долинные лугово-степные и остепненных лугов геосистемы южно-сибирского типа в составе лугово-кустарниково-лесных (лиственничных) серий аллювиальных равнин. В целом их местоположения характеризуются ограниченным количеством осадков. Биологическая продуктивность растительного компонента этих геосистем значительно меньше, чем подтаежных, она колеблется между средней и низкой. Антропогенные воздействия здесь могут привести к изменению гидрологического режима в сторону иссушения и, как следствие, нарушению структуры геосистем. Поэтому особенно возрастает их водозащитная и почвозащитная роль. Протаивание мерзлотных почвогрунтов геосистем байкало-джугджурского типа может, наоборот, способствовать увеличению увлажнения местоположений. Все эти геосистемы выполняют разнообразные хозяйственные функции, поэтому они имеют большое техногенно-барьерное значение.

В четвертую группу (см. рис. 2) «*чувствительные относительно стабильные*» (13, 14, 15, 16) вошли геосистемы байкало-джугджурского типа ограниченного и оптимального развития, формирующиеся преимущественно в условиях распространения мерзлотных почвогрунтов. В целом для них характерна экологическая функция стабилизации. При лесосведении здесь может увеличиваться глубина протаивания почвогрунтов, которая, особенно в условиях местоположений плоских водоразделов, межгорных понижений и долин, ведет к накоплению влаги и появлению избыточного увлажнения [14]. В геосистемах подгорных местоположений переувлажнение обусловлено еще и дополнительным поступлением вод со склонов. В лиственничных геосистемах при проявлении избыточного почвенно-грунтового увлажнения возможно появление влажных ерников, восстановление которых в лесные уголья происходит очень медленно.

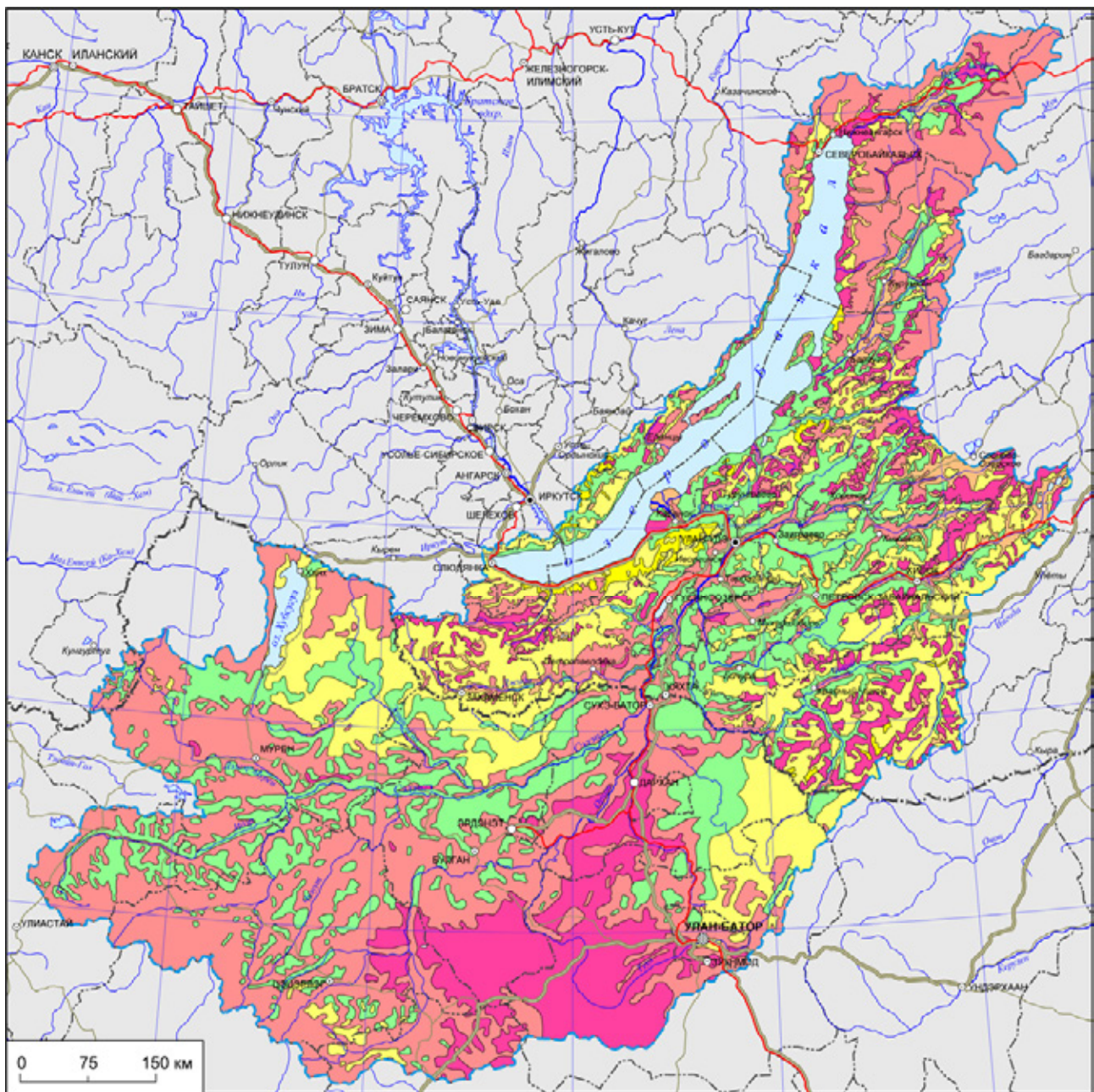


Рис. 2. Карта «Чувствительность и экологическая устойчивость геосистем»

Степень чувствительности и экологической устойчивости геосистем бассейна оз. Байкал.

1. Максимально чувствительные очень нестабильные. 1–9 – очень значительный дефицит тепла и избыток влаги низко-и среднепродуктивные; 39–42 – очень значительный дефицит влаги минимально и низкопродуктивные.

2. Очень чувствительные нестабильные. 10–12, 17 – значительный дефицит тепла избыток влаги низко-и среднепродуктивные; 32–38 – значительный дефицит влаги низко-и среднепродуктивные.

3. Средней чувствительности условно стабильные. 25–31 – некоторый дефицит влаги, повышенная продуктивность.

4. Чувствительные относительно стабильные. 15, 16 – теплые влажные средне- и повышенно продуктивные; 5. Менее чувствительные наиболее стабильные. 13, 14, 18, 19, 22, 23 – оптимальное соотношение тепла и влаги, средняя или повышенная продуктивность.

6. Малочувствительные стабильные. 20–21 – умеренно теплые с некоторым избытком влаги высокопродуктивные.

Примечания. Цифрами обозначены основные природные структуры (см. подписи к рис. 1).

В пятую группу (см. рис. 2) «менее чувствительные наиболее стабильные» (18, 19, 22, 23) были отнесены все горно-таежные геосистемы условий ограниченного развития южно-сибирского типа. Это наиболее организованные в структурном отношении системы, выполняющие средостабилизирующую экологическую функцию (см. рис. 2). В данном регионе они находятся на территориальном пределе своего распространения, но, тем не менее, они экологически устойчивы и, как правило, быстро восстанавливаются после внешнего воздействия. Для этих, преимущественно «моховых» геосистем характерна функция стабилизации (водорегулирования). В условиях континентального климата их моховая подушка обеспечивает существование особого типа экологических условий. Для сохранения моховой тайги необходимо осуществлять постоянный контроль ее состояния, соблюдать правила эксплуатации лесов и проводить мероприятия по предотвращению лесных пожаров.

В шестую группу (см. рис. 2) «малочувствительные стабильные» (20, 21) вошли геосистемы оптимальных условий развития южно-сибирского типа – умеренно теплых или теплых и избыточно влажных местообитаний повышено и высокопродуктивные: горнотаежные темнохвойные и подгорные и межгорных понижений таежные темнохвойные. Они имеют наивысший потенциал биологической продуктивности наземной растительности. Эти «травяные» геосистемы выполняют средозащитную почво- и водорегулирующую функции и требуют особого подхода при их использовании. После пожаров и рубок в лесах этих местообитаний лиственная фаза очень хорошо выражена и может длиться до 150 лет, кедровая фаза в развитии древостоя наступает лишь к 200–220 годам. Если не способствовать восстановлению этих геосистем, то велика вероятность их изменений.

Выводы. Разработанная на основе учения академика В.Б. Сочава специализированная классификация геосистем бассейна оз. Байкал позволила представить природу региона как иерархию соподчиненных регионально-типологических структурно-функциональных подразделений. Созданная карта «Геосистемы бассейна оз. Байкал» обеспечивает: изучение проблемы устойчивого развития с точки зрения присущих геосистемам пространственных закономерностей, а в конечном итоге – всей ландшафтной сферы; совмещение индивидуального и типологического принципов в исследовании геосистем разного порядка размерности и возможность прогноза изменения состояния геосистем; отображение комплекса морфотипических, функциональных и структурно-динамических характеристик геосистем, которыми описывается возможный инвентаризационный диапазон экологических ситуаций региона, и который наиболее отвечает целям и задачам картографирования; анализ эколого-географических закономерностей геосистем и разработку системы признаков изменчивости/устойчивости геосистем; выявление природных рубежей геосистем разного иерархического уровня для обобщения материала из разных источников, как необходимое условие анализа геосистем; создание без потери информации производных карт геосистем разного иерархического уровня, масштаба и содержания (посредством декомпозиции базовой карты) для решения проблем устойчивого развития.

Выполненный картографический комплексный геосистемный анализ природной среды бассейна оз. Байкал обеспечил создание карт Чувствительности и Экологической устойчивости геосистем бассейна оз. Байкал и, в конечном счете, переход от функционального этапа исследования региона к прогнозу развития ситуаций. Карты могут быть использованы в качестве инструмента информационной поддержки в решении экологических проблем обширной территории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сочава В.Б. Теоретическая и прикладная география. Избранные труды / В.Б. Сочава. – Новосибирск: Наука, 2005. – 288 с.
2. Эколого-фитоценотические комплексы Азиатской России. Опыт картографирования / Ред. академик В.Б. Сочава. – Иркутск: Изд-во ИГ Сибири и Дальнего Востока, 1977. – 69 с.

3. Эколого-географическая карта Российской Федерации, масштаб 1: 4000000. М.: ФСГК, 1996. 4л.
4. Григорьев А.А., Будыко М.И. Связь балансов тепла и влаги с интенсивностью географических процессов // Докл. АН СССР. 1965. Т. 162. № 1. С. 151–154.
5. Базилевич Н.И., Гребеничиков О.С., Тишков А.А. Географические закономерности структуры и функционирования экосистем. М.: Наука, 1986. 297 с.
6. Назимова Д.И., Ермаков Н.Б., Андреева Н.М., Степанов Н.В. Концептуальная модель структурного разнообразия зональных классов лесных экосистем Северной Евразии // Сибирский Экологический журнал. – № 5. – 2004. – С. 745–755.
7. Физико-географическое районирование. Карта-врезка / Ландшафты юга Восточной Сибири: Карта. М. 1:1 500 000 / Михеев В.С., Ряшин В.А. М.: ГУГК, 1977.
8. Кузнецова Т.И., Батуев А.Р., Бардаш А.В. Карта «Природные ландшафты Байкальского региона и их использование»: назначение, структура, содержание // Геодезия и картография. – 2009. – № 9. – С. 18–28.
9. Батуев А.Р., Лопаткин Д.А. Обоснование и картографирование территориальной структуры экологического каркаса региона // Известия Иркутского университета. Серия: Науки о Земле. 2008. – Т. 1. – № 1. С. 56–75.
10. Экологический атлас бассейна оз. Байкал. – Иркутск: изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. – 145 с.
11. Монгольская Народная Республика. Национальный атлас – Улан-Батор–Москва, Изд-во: ГУГК СССР. – 1990. – 144 с.
12. Кузнецова Т.И., Плюснин В.М. Методология информационного обеспечения анализа экологических рисков // Проблемы анализа риска. – 2012. – Т. 9. – № 5. – С. 47–62.
13. Кузнецова Т.И., Плюснин В.М. Геосистемные картографические интерпретации для информационного обеспечения управления экологическим риском Байкальского региона // Безопасность жизнедеятельности. – 2014. – № 2. – С. 43–49.
14. Михеев В.С. Ландшафтный синтез географических знаний. – Новосибирск: Наука, 2001. – 216 с.
15. Исаченко А.Г. Интенсивность функционирования и продуктивность геосистем // Изв. АН СССР. – Сер. геогр. – № 5. – 1990. – С. 5–17.
16. Крауклис А.А. Особенности географических градаций топического порядка // Топологические аспекты учения о геосистемах. – Изд-во: Наука. – Сиб. отд. – Новосибирск. – 1974. – С. 87–138.
17. Степи Евразии / отв. ред. Е.И. Лавренко. – Л.: Наука, 1991. – 146 с.

T.I. Kuznetsova¹

**GEOSYSTEMS MAPPING FOR SOLVING THE PROBLEMS
OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF LAKE BAIKAL BASIN WITHIN
THE TRANSBOUNDARY AREA OF RUSSIA AND MONGOLIA**

Abstract. The work, carried out within the framework of the electronic «Environmental Atlas of Lake Baikal basin», deals with the scientific problem of creating maps for two sovereign states Russia and Mongolia, based on perceptions of geosystems by Sochava and his followers – the scientists of the Siberian scientific school of geography.

Applied value of the environment maps with geosystems-defined content for the informational support in the resolution of sustainable development issues is undeniable. They are an essential tool in assessing stability/variability and potential ecological opportunities of the territory, so they can be used as a base for creating assessment, forecast, recommendation, and environmental maps. The analysis of

¹ V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk; e-mail: kuznetzova@irigs.irk.ru

currently existing cartographic materials shows that Baikal landscapes are well studied, but the accumulated amount of cartographic information is territorially disunited, temporally not synchronized and is not agreed conceptually. Until now, they use classifications of natural territorial units, which are poorly or just not considered as special geosystems. The experience of creating nature maps with geosystems-defined content with characteristics that reflect not only observed intrastructural and external structural relationship of environmental components, but also their possible changes.

The present paper solves the problem of creating a specialized survey map «Geosystems of Lake Baikal basin» for the informational support of maps of sustainable development in one of the major regions of Eurasia. The most relevant questions, as follows: 1 – Development of a complex of geosystems-based signs – indicators of sustainable development; 2 – Development of principles of specialized classification of geosystems; 3 – Development of maps content; 4 – cartographic analysis of patterns of spatial differentiation of natural environment in the area of interest; 5 – zoning according to the degree of stability/variability of the environment.

Key words: Lake Baikal basin, geosystems, sensitivity, environmental stability, mapping.

REFERENCES

1. Sochava V.B. Teoreticheskaya i prikladnaya geografiya. Izbrannyye trudy [Theoretical and applied geography. Selected works] / V. B. Sochava. – Novosibirsk: Nauka, 2005. – 288 p.
2. Jekologo-fitocenoticheskie komplekxy Aziatskoj Rossii. Opyt kartografirovaniya [Ecological and phytocenotic complexes of Asiatic Russia. Mapping experience]/ Ed. by Academician V.B. Sochava. – Irkutsk, Izd-vo: IG Sibiri i Dal'nego Vostoka, 1977. – 69 p.
3. Jekologo-geograficheskaja karta Rossijskoj Federacii. [Ecological and geographical map of the Russian Federation] 1: 4000000. M.: FSGK, 1996. 4 sh.
4. Grigor'ev A.A., Budyko M. I. Svjaz' balansov tepla i vlagi s intensivnost'ju geograficheskikh processov [Connection of heat and moisture balance with the intensity of geographical processes] //Dokl. AN SSSR. 1965. V. 162. № 1. Pp. 151–154.
5. Bazilevich N.I., Grebenshnikov O.S., Tishkov A.A. Geograficheskie zakonomernosti struktury i funkcionirovaniya jekosistem. [Geographic patterns of ecosystem structure and functioning] M.: Nauka, 1986. 297 p.
6. Nazimova D.I., Ermakov N.B., Andreeva N.M., Stepanov N.V. Konceptual'naja model' strukturnogo raznoobrazija zonal'nyh klassov lesnyh jekosistem Severnoj Evrazii [Conceptual model of the structural diversity of zonal classes of forest ecosystems of Northern Eurasia] // Sibirskij Jekologicheskij zhurnal. – № 5. – 2004. – Pp. 745–755.
7. Fiziko-geograficheskoe rajonirovanie. Karta-vrezka / Landshafty juga Vostochnoj Sibiri: Karta. [Physico-geographical regionalization. Insert map/ The landscapes of the south of Eastern Siberia: Map]. M. 1:1 500 000 / Miheev V.S., Rjashin V.A. M.: GUGK, 1977.
8. Kuznecova T.I., Batuev A.R., Bardash A.V. Karta «Prirodnye landshafty Bajkal'skogo regiona i ih ispol'zovanie»: naznachenie, struktura, sodержanie [Map «Natural landscapes of the Baikal region and their use»: purpose, structure, content // Geodesy and Cartography]// Geodezija i kartografija. – 2009. – № 9. – Pp. 18–28.
9. Batuev A.R., Lopatkin D.A. Obosnovanie i kartografirovanie territorial'noj struktury jekologicheskogo karkasa regiona [Substantiation and mapping of the territorial structure of the region's ecological framework] // Izvestija Irkutskogo universiteta. Serija: Nauki o Zemle. 2008. – V. 1. – № 1, Pp. 56–75.
10. Ekologicheskij atlas bassejna oz. Bajkal. [Ecological atlas of of Lake Baikal basin]. – Irkutsk: izd-vo Instituta geografii im. V.B. Sochavy SO RAN, 2015. – 145 p.
11. Mongol'skaja Narodnaja Respublika. Nacional'nyj atlas – Ulan-Bator–Moskva [The Mongolian People's Republic. National Atlas – Ulaanbaatar-Moscow], Izd-vo: GUGK SSSR. – 1990. – 144 p.
12. Kuznecova T.I., Pljusnin V.M. Metodologija informacionnogo obespechenija analiza jekologicheskikh riskov // Problemy analiza riska. [Methodology of information support for the analysis of environmental risks // Risk Analysis Problems] – 2012. – V. 9. – № 5. – Pp. 47–62.

13. Kuznecova T.I., Pljusnin V.M. Geosistemnye kartograficheskie interpretacii dlja informacionnogo obespechenija upravlenija jekologicheskim riskom Bajkal'skogo regiona // Bezopasnost' zhiznedejatel'nosti. [Geosystem cartographic interpretation for the information support of environmental risk management in the Baikal region // Health and Safety]– 2014. – № 2. – Pp. 43–49.

14. Miheev V.S. Landshaftnyj sintez geograficheskikh znaniy. [Landscape synthesis of geographical knowledge] – Novosibirsk: Nauka, 2001.– 216 p.

15. Isachenko A.G. Intensivnost funkcionirovaniya i produktivnost geosistem [The intensity of the functioning of Geosystems i produktivnost // Izv. AN SSSR]. – Ser. geogr. – № 5. – 1990. – Pp. 5–17.

16. Krauklis A.A. Osobennosti geograficheskikh gradatsiy topicheskogo poryadka [Particular geographical gradacijtopičeskogo order // Topologicheskie aspektyi ucheniya o geosistemah]. – Izdvo: Nauka. – Sib. otd. – Novosibirsk.– 1974. – Pp. 87–138.

17. Stepi Evrazii [Steppes of Eurasia] / Otv. red. E.I. Lavrenko. – L.: Nauka, 1991.– 146 p.

УДК 911:528.94: 04:004.9:004.9: 31:330.59: 338 (470.345)

С.А. Тесленок¹, И.А. Семина², К.С. Тесленок³

О НЕОБХОДИМОСТИ ВЫЯВЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ МЕТОДОВ И СПОСОБОВ ГРАФИЧЕСКОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ СОЦИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Резюме. В статье анализируется опыт исследований, посвященных оценке социальной комфортности проживания населения. В связи с необходимостью точного и быстрого анализа значительных объемов получаемой пространственно распределенной информации, актуального в социологических исследованиях, предлагается широкое применение геоинформационных систем и ГИС-технологий, объединяющих традиционные операции при работе с базами данных (запросы и статистический анализ) с преимуществами полноценной графической визуализации и географического анализа. Задачи дальнейшего развития социологических исследований решаются, в первую очередь, на основе поиска и использования новых методов математического и геоинформационно-картографического моделирования, а так же определения оптимальных способов графической визуализации их результатов.

Ключевые слова: результаты социологических исследований, графическая визуализация, компьютерное геоинформационное моделирование и картографирование, географические информационные системы, социальная комфортность проживания населения.

Введение. Для современного этапа развития мировой экономики характерны исключительно высокие роль и значение человеческого фактора. Именно человек, обладающий знаниями, способностями и возможностями, служит главной движущей силой прогресса. В связи с этим, одной из самых значимых задач общества является обеспечение оптимальных условий проживания и деятельности человека, создание наиболее благоприятной и комфорт-

¹ Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, географический факультет, кафедра геодезии, картографии и геоинформатики; Саранск, 430005, Россия; доцент, канд. геогр. н.; e-mail: teslserg@mail.ru.

² Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, географический факультет, кафедра физической и социально-экономической географии; Саранск, 430005, Россия; заведующий, доцент, канд. геогр. н.; e-mail: isemina@mail.ru.

³ Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, географический факультет, кафедра физической и социально-экономической географии; Саранск, 430005, Россия; аспирант; e-mail: kirilltesl@mail.ru.

ной среды обитания, а так же введение новых экономических категорий, позволяющих наиболее полно и точно оценить условия жизни и деятельности населения. Такая категория, позволяющая оценить комфортность проживания, получила соответствующее название – «социальная комфортность проживания населения».

Материал и методы исследований. Данное исследование в научно-методологическом плане опирается на труды отечественных и зарубежных ученых. Теоретико-методологическую основу исследования составляют работы Д.Л. Арманда, А.Г. Исаченко, Б.И. Кочурова, Г.М. Лаппо, Ю.Н. Меринова, Ф.Н. Милькова, Б.Б. Прохорова, Н.Ф. Реймерса, В.С. Тикунова, Ю.П. Хрусталева, и др.

В трудах Д.Л. Арманда, К.Н. Дьяконова, В.С. Преображенского, А.Ю. Ретеюма и др. обосновывается концепция геотехнической системы; разнообразные аспекты антропогенных ландшафтов рассматриваются в исследованиях А.Г. Исаченко, В.З. Макарова, Ф.Н. Милькова, А.М. Рябчикова, В.И. Федотова, П.Г. Шищенко и других.

Сформировавшиеся природно-антропогенные комплексы представляют собой единство природной и антропогенной (технической, культурной) составляющих (В.И. Федотов, 1977, 1985; В.А. Николаев, 1987, 1992, 2008; Б.И. Кочуров, 1997, 2003; Г.Д. Мухин, 1988, 1998; З.Н. Кулешова, 2003; А.А. Ямашкин, С.А. Москалева, 2007; P.J. Fowler, 2003 и др.). В их пределах природные, антропогенные, демографические, этнические и социокультурные факторы находятся в тесном взаимодействии, образуя однородные по условиям развития, единые, неразрывные, присущие только конкретному данному региону или территории геоэко-социосистемы. Объект географического изучения таких комплексов – сформировавшиеся и развивающиеся социально-географические системы. В эколого-экономических системах взаимосвязь экологических и экономических факторов природопользования, безопасной жизнедеятельности человека и экологической устойчивости приобретает ведущую роль, прорисовываясь наиболее четко.

Проблематика устойчивого развития подобных систем должна базироваться на научно-практической деятельности в области разработки теории и методов интегральной оценки, картографирования и моделирования экологического состояния геосистем с использованием современных информационных технологий, и в первую очередь – технологий географических информационных систем (ГИС).

В последнее время теория и методика геоинформационного картографирования и моделирования, вопросы применения ГИС-технологий и геоинформационного моделирования в научных (в первую очередь географических) исследованиях стремительно развиваются (А.М. Берлянт, В.З. Макаров, А.В. Кошкарев, С.А. Куролап, И.К. Лурье, В.С. Тикунов и другие). Важнейшей теоретико-методологической основой такого рода исследований признаны работы В.С. Тикунова. Разнообразные и разноплановые исследования среды обитания и производственной деятельности человеческого общества, тематическое картографирование, обеспечивающее эту деятельность картографическими материалами, в последние десятилетия получили новый импульс именно в связи с внедрением в науку и практику компьютерных и ГИС-технологий.

Применение инновационных методов географических исследований, среди которых выделяется геоинформационное моделирование, дает возможность получить качественно новые знания о разнообразных объектах исследования на разных масштабных уровнях организации – локальном, региональном, глобальном (Ивлиева и др., 2014; Рыбкина, 2013; Скворцова и др., 2014; Тесленок К.С., 2015; Тесленок С.А. и др., 2008; Тесленок С.А., 2010, 2014). На локальном уровне системы такого рода представлены, в числе прочих, сельскими и городскими поселениями (Долгачева, 2006; Долгачева и др., 2010; Семина, Фоломейкина, 2016).

Исследованиям городской среды, разным аспектам ее взаимодействия с человеком посвятили свои работы значительное количество ученых. Это Ю.Л. Пивоваров (1972), Ю.Г. Саушкин (1973), Дж. Форрестер (1974), З.Н. Яргина (1974), В.И. Смирнов, В.С. Кожевников, Г.М. Гаврилов (1981), В.Л. Глазычев (1984), А.М. Рудницкий (1985), Н.Б. Барбаш (1986),

В.А. Красилов (1986), Т.В. Бочкарева (1988), Л.Н. Авдоткин, И.Г. Лежава, И.М. Смоляр (1989), А.С. Ахиезер (1989), В.С. Залетаев (1989), В.И. Блануца (1990), Е.Н. Перцик (1990), Е.М. Пудовик, В.С. Тикунов, А.М. Трофимов (1990), Э.А. Лихачева, Д.А. Тимофеев (1996), Г.М. Лаппо (1997), В.Р. Битюкова (2004, 2014) и др.

Термины «комфортность среды», «комфортность географической среды» до недавнего времени употреблялись ограниченным числом ученых, среди которых могут быть названы Е.Л. Райх (1979), Ф.Н. Мильков (1996), Ю.П. Хрусталева (2000) и др. «Комфорт» (англ. «comfort») определяется последним как совокупность удобств, т.е. благоприятные условия для существования и деятельности какого либо объекта. В Большой советской энциклопедии (1973) этот термин определяется в качестве совокупности бытовых удобств (благоустроенность и уют жилищ, общественных учреждений, средств сообщения и др.). Таким образом, комфортными должны считаться только такие благоприятные для жизни и хозяйственной деятельности населения условия, которые могут быть обеспечены в результате соблюдения тех или иных социально-экономических параметров. По мнению Н.В. Маслова (2003), комфортность – это наиболее благоприятные условия жизнедеятельности людей, представляющие собой совокупность бытовых удобств, благоустроенности и экологической безопасности. В последнее время последний аспект приобретает едущую роль. Так, комфортность может определяться как критерий условий проживания населения. Н.Ф. Реймерс (1990) применительно к ландшафту определяет этот термин, как свойство ландшафта вызывать субъективное чувство и объективное состояние спокойствия при нахождении в нем, успокаивающее нервную систему и обеспечивающее комплекс здоровья человека. Другими словами, комфортность окружающей человека среды – субъективное чувство и объективное состояние полного здоровья при ее конкретных условиях, включая природные и социально-экономические показатели. В.И. Федотов, К.С. Затулей и Ю.А. Нестеров (2001) считают, что комфортность – это особое свойство экологически сбалансированных геосистем.

Экологическая и социальная комфортность проживания населения формируются под влиянием как природных, так и социально-экономических условий, и это особенно ярко проявляется на локальном уровне. Важными условиями формирования уровня комфортности служат особенности размещения населения и хозяйственный комплекс. Как отмечает Ю.Н. Меринов (2000), население является основным потребителем комфортности, а хозяйственный комплекс – крупнейшим фактором, влияющим на изменение его уровня, как в положительную, так и в отрицательную сторону. Большинство дефиниций населения согласуется с мнением Я.М. Щепаньского (1969) – это совокупность людей в пределах определенной пространственной системы или территориальная общность людей, отличающаяся от других человеческих общностей своим отношением к территории. Да и в геоэкологических исследованиях «человек вообще» отсутствует, но при этом существует «общность людей», «население».

Б.И. Кочуров с соавторами (2006) определяет понятие комфортности проживания населения применительно к определенной территории, в русле определения Н.Ф. Реймерса (1990) – как меру субъективного чувства и объективного состояния благополучия, формируемых под влиянием совокупности различных условий наиболее благоприятных для жизни и хозяйственной деятельности населения. При этом совокупность различных условий, благоприятных для жизни населения, формирует экологическую комфортность, а благоприятных для его хозяйственной деятельности – социальную комфортность проживания. Изучение социальной комфортности, в свою очередь, подразумевает анализ различных природных, социальных и экономических факторов оказывающих влияние в первую очередь на жизнедеятельность населения (развитость сферы обслуживания, наличие природных ресурсов и степень их освоенности, транспортная доступность и т.п.).

Е.И. Алешина (1999) считает, что комфортная городская среда обитания – это все городское естественно-природное пространство в определенных административных границах и совокупность застройки этого пространства зданиями и сооружениями, наполнение его предметами и знаками, позволяющими в полной мере удовлетворить индивидуальные и социальные потребности населения. Все это в итоге призвано содействовать повышению каче-

ства жизни горожан. Создание такой среды помимо макромеханизмов (власть, экономика, социум), требует эффективного действия и частных систем (архитектура, искусство, наука, дизайн), более пластичных и мобильных в достижении поставленной цели – формирования комфортной городской среды. Важнейшей составляющей таких систем является благоустройство территории. Б.Б. Прохоров (2005) понимает под ним формирование в определенных территориальных границах материально-технических и/или эстетических удобств для жизни, работы и/или отдыха людей.

Сама по себе городская среда обитания, как механизм, позволяет обеспечить только жизненно необходимые условия существования городского сообщества и его отдельного члена, жителя города. Имея в виду удовлетворение других потребностей, необходимо использовать понятие «комфортность городской среды». Соответственно для удовлетворения комплекса потребностей человека необходима комфортная городская среда обитания. Комфорт при этом понимается как удобство, спокойствие, уют, красота, гармония (эти элементы наиболее распространены).

Термин «эколого-социальная комфортность» отражает определенную парадоксальность (противоречивость) и критическую экологическую ситуацию, существующие в нынешнем мире. Он соединяет параметры с противоположными векторами: чем выше социальная комфортность, подразумевающая экономическое процветание, тем меньше шансов для сохранения экологической комфортности природной среды. Социальные и экологические факторы, хотя и находят отражение уже на мезоуровне географического пространства (а нередко и на его макроуровне), но наиболее существенно проявляются на микрогеографическом уровне. В силу иерархического размещения предприятий социальной инфраструктуры, предоставление населению наибольшего количества видов обслуживания происходит в наиболее крупных городских поселениях и пропорционально уменьшается по мере удаления от них. Такая же картина наблюдается с размещением и плотностью населения и загрязнением окружающей среды: с удалением от крупных поселений возрастает экологический аспект комфортности. Но и в удаленных от городских поселений районах экологическая составляющая комфортности имеет существенные территориальную дифференциацию – имеются значительные различия между зонами интенсивного сельскохозяйственного освоения, рекреационными и неиспользуемыми территориями. Влияние всех факторов комфортности друг на друга весьма велико, хотя в ряде случаев носит и опосредованный характер. Исходя из современных достижений научно-технического прогресса, большинство параметров, определяющих дискомфортные условия проживания населения, по крайней мере, на бытовом уровне, решаемы экономическими методами. Но стоимость этих решений для России настолько высока, что в ближайшее десятилетие не осуществима. По мнению Ю.Н. Меринова (2000) очевидно, что чем менее комфортным является первоначальный уровень всех факторов, тем большее количество инвестиций для достижения комфортного уровня потребуется. Как отмечает Б.Б. Прохоров (2005), расчеты ряда экономистов показывают, что стоимость обустройства человека в комфортном и экстремальном районах может различаться до 10–12 раз.

Ю.Н. Меринов (2001) также подчеркивает, что природа социальной инфраструктуры, в отличие от других элементов городских территориальных систем (природных, хозяйственно-экономических, экологических) двояка: с одной стороны, она в наибольшей степени направлена на повышение комфортности городской среды, с другой – является наиболее управляемой их частью. Это именно тот элемент, манипулируя которым, можно оперативно корректировать степень комфортности городской среды.

Достижение эколого-социальной комфортности территории возможно лишь при малой плотности населения – некоем подобии хуторской системы расселения XIX века. Если поселения имеют большие размеры (поселок, город), территории экологической (в данном случае природной) и социальной комфортности оказываются разделенными: социальная комфортность достигается в селитебных зонах, а экологическая – на сохранившихся (или искусственно сформированных) участках естественных природных ландшафтов. По мере развития урбанизации территории экологическая комфортность вытесняется социальной.

А.Н. Тетиор в учебном пособии «Городская экология» (2006) определяет комфортность проживания населения, как один из важнейших показателей качества городской среды. Качество среды, в свою очередь, определяется Б.И. Кочуровым (2003) как такое ее состояние, которое удовлетворяет биологическим и психическим потребности проживания населения. Различают следующие типы окружающей природной среды: здоровая или комфортная (здоровье у человека в норме), нездоровая (состояние здоровья нарушается), экстремальная (необратимые изменения состояния здоровья). Поэтому, как отмечает А.С. Степановских (2003), для сохранения здоровья населения необходимо следить за качеством окружающей среды, которое, в свою очередь, связано с качеством жизни.

Ж. Фрадье (1976) определяет качество жизни как совокупность отношений индивида, общества и природной среды, при которой каждый из этих элементов сохраняет свойственные ему характер и потребности. Высокий уровень качества жизни подразумевает и высокое качество окружающей среды, которое должно позволить человеку существовать и развиваться и как биологическому, и как социальному существу. С понятием «качество жизни» тесно связано представление об уровне жизни, по которому определяется мера реализации потребностей. Более широкое определение понятия «качество жизни» – это характеристика уровня и условий жизни населения, определяющая положение человека вне производства. Б.И. Кочуров и М.А. Жулина (2004) отождествляют данную категорию с понятием «благополучие» – совокупностью основных условий жизнедеятельности человека, проявляющихся в объеме, форме и способах их удовлетворения.

Понятие «качество жизни» может иметь различные аспекты: физический, медико-биологический, экономический, социологический. К примеру, экономический аспект характеризуется удовлетворением материальных потребностей, социологический подразумевает наличие определенного места работы, определяет место в обществе и удовлетворение потребностей для утверждения личности (посредством образования, культуры, развлечений). Наиболее характерная черта понятия «качество жизни» – жизненный уровень населения.

По Н.Ф. Реймерсу, качество жизни – соответствие среды жизни потребностям человека. Потребности человека – осознанные или неосознанные условия, обеспечивающие его жизнедеятельность или его потребность в объектах и явлениях, без которых испытывается дискомфорт, ухудшающий состояние здоровья (регистрируется по изменению уровня заболеваемости и длительности жизни в стандартизированной выборке).

Делая вывод, можно отметить, что используемое нами понятие комфортности не противоречит приведенным выше определениям, выступая в качестве самостоятельной категории геоэкологии.

Как отмечают А.В. Антипова и Б.И. Кочуров (1999, 2003), оценка комфортности проживания населения может быть экологической и эколого-географической (геоэкологической), но всегда оцениваются природно-ландшафтные условия, имеющие важное (нередко определяющее) значение для проживания человека (населения) и его хозяйственной деятельности.

Теоретической и методологической основой реализации проведенного исследования являются системно-структурный и системно-функциональный подходы к комплексному исследованию природно-социально-производственных систем и территорий региона исследования, а так же изучению взаимоотношений их подсистем и отдельных компонентов.

Системный подход к решению поставленной проблемы предполагает широкое использование как количественных, так и качественных методов. В основу работы положены инновационные методы эконометрического, нейросетевого моделирования и многомерные статистические методы. В ходе исследования проведен массовый анкетный опрос населения по репрезентативной выборке, опрос экспертов методом очных полуформализованных интервью, фокус-группы в основных социально-профессиональных группах населения, а также анализ официальных статистических материалов.

На всех этапах исследования важную роль играла система общих принципов и общенаучных подходов – комплексного, системного, интегрального, абстрактно-логического, общенаучных и специальных методов научного анализа – сравнительного, сравнительно-

географического, математического, статистического, экспертного, социологического, графического, картографического, экстраполяции, аналогий.

Одним из базовых методов, использованных данным исследованием, является уже названный метод системного анализа. Сложная сама по себе система природно-экологической и социальной комфортности проживания населения является элементом большой городской экосистемы, которая рассматривается как часть системы более высокого порядка. В свою очередь, природно-экологическая и социальная комфортность урбанизированных территорий, определяется Э.Б. Алаевым (1983) как комплекс систем, характеризующихся высоким уровнем сопряжения составляющих их элементов – сложных иерархически соподчиненных структур: урбанизированного ландшафта, транспортно-хозяйственного комплекса, городской инфраструктуры, экологического мониторинга.

Сквозными направлениями исследования являются геоинформационные методы, прежде всего, геоинформационное и компьютерное моделирование и картографирование.

Картографический метод исследований в географии был и традиционно продолжает оставаться ведущим, позволяя визуально наблюдать изменения, происходящие как с природными, так и социально-экономическими явлениями. Являясь по своей природе системным, он предоставляет уникальные возможности анализа структуры, иерархии, схемы пространственных и функциональных связей природных объектов, т.е. образует основу системного анализа. Картографический метод использовался для отражения существующих природных, социальных и экологических явлений (как элементов системы) современной среды проживания населения, а так же для совмещения с применением оверлейных операций различных картографических баз данных по всем составляющим социальной комфортности проживания населения в регионе.

Для более корректной оценки комфортности в расчетные формулы вводились весовые функции (определяемые способом экспертной оценки): каждому компоненту придавался определенный коэффициент. В качестве весов выбираются элементы нормализованного собственного вектора матрицы экспертных оценок Т.Л. Саати (1977). Эксперт проводил сравнение объектов по прямым или косвенным сведениям.

Для оценки уровня социальной комфортности проживания населения в пределах территории исследования были определены участки, обеспеченные объектами социальной инфраструктуры, а так же, с учетом радиуса обслуживания населения в соответствии нормативным значениям, городского округа Саранск Республики Мордовия выделены соответствующие зоны (рис. 1).

Б.Б. Прохоров (2005) определяет социальную инфраструктуру как совокупность отраслей экономики, предназначенную для обслуживания населения. Современная социальная инфраструктура охватывает учреждения систем жилищно-коммунального хозяйства и бытового обслуживания, транспорта и связи, общественного питания, отдыха и спорта, охраны здоровья и окружающей среды, социального обеспечения и страхования, информации и массовой коммуникации. Цель функционирования этой целостной системы взаимосвязанных элементов – не только обеспечение жизнедеятельности населения и отдельного человека, но и развитие его как гармоничной личности.

Суммарная оценка социальной комфортности по обеспеченности населения городского округа Саранск объектами социальной инфраструктуры (аптеки, поликлиники, детские дошкольные учреждения, общеобразовательные школы, предприятия общественного питания, почтовые отделения, магазины и т.п.) производилась на основе методики В.С. Тикунова (1997, 1998 и др.) (см. рис. 1).

Применяемая нормировка дает возможность выразить отклонения всей системы показателей от наилучших или наихудших оценочных значений и тем самым правильнее сдержательных позиций их соизмерить между собой. Нормировка позволяет установить количественные соотношения между значениями оценочных характеристик для исходных территориальных единиц (Долгачева, 2006).

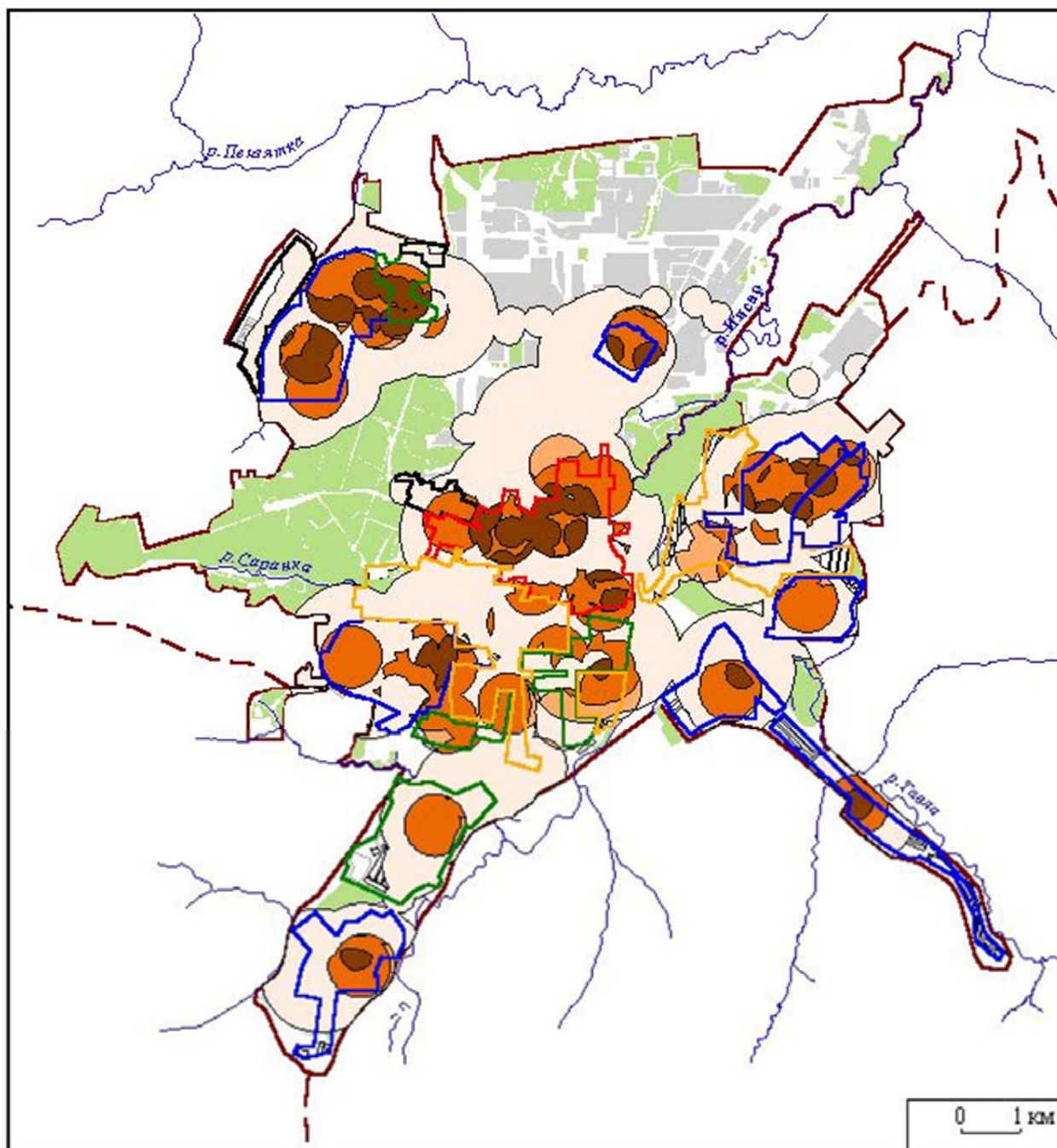


Рис. 1. Социальная комфортность проживания населения городского округа Саранск (Долгачева, 2006)

Для осуществления комплексной региональной оценки социальной комфортности проживания населения была определена и разработана система показателей и частных индикаторов.

торов, необходимых при получении интегрального (сводного) показателя социальной комфортности.

Формирование исходной информационной базы осуществлялось на основе сочетания объективного и субъективного подхода к оценке социальной комфортности. Для объективной оценки социальной комфортности привлекались данные статистической отчетности, разнообразная информация из специализированных и периодических изданий. Субъективная оценка социальной комфортности формировалась посредством проведения выборочного обследования, объектом наблюдения в котором являлось население Республики Мордовия.

После формирования исходной информационной базы проводился факторный анализ по частным критериям и отбор наиболее информативных показателей. С помощью построения эконометрических моделей осуществлялось объективное и субъективное статистическое оценивание, результаты которого были интегрированы в комплексный показатель социальной комфортности.

Результаты исследований и их обсуждение. Проведенный детальный анализ имеющегося опыта графической визуализации результатов социологических исследований показывает, что здесь абсолютно преобладают традиционные статистические таблицы и полученная на их основе инфографика: разного рода графики и диаграммы.

Реже используются блок-схемы, половозрастные пирамиды, розы-диаграммы. Практически отсутствуют или применяются ограниченно или/и в крайне незначительном количестве возможности геоинформационного моделирования и картографирования, компьютерного 3D-моделирования и анимаций, в настоящее время широко применяющиеся в науках о Земле (Ивлиева, Манухов, 2015; Тесленок К.С., 2015; Тесленок С.А. и др., 2008; Тесленок С.А., 2010, 2014).

В качестве иллюстрации сказанного можно привести актуальное исследование И.Д. Рыбкиной (Рыбкина, 2013). В нем из вполне достаточного для общего объема издания количества графических материалов (55), приведены только семь карт (мировая карта индекса развития человеческого потенциала стран-членов ООН на 2009 г., карты регионов России с наибольшей численностью населения по данным переписи 2010 г., основной полосы расселения России, систем расселения Сибири, степени заселенности территории Сибири, экологического потенциала ландшафтов макрорегионов России, оценки демографической екости регионов Сибири), причем исследуемому региону посвящены лишь три, и все они, за исключением последней, заимствованы автором из других источников.

Необходимость в точном и быстром анализе значительных объемов пространственного распределения информации, зачастую в ретроспективном аспекте, весьма актуальна и в социологических исследованиях.

Оперативное решение подобных задач дает широкое применение геоинформационных систем и ГИС-технологий, объединяющих традиционные операции при работе с базами данных (запросы и статистический анализ) с преимуществами полноценной графической визуализации и географического анализа полученных результатов (Долгачева, 2006; Долгачева и др., 2010; Ивлиева и др., 2014; Скворцова и др., 2014; Тесленок К.С., 2015; Тесленок С.А. и др., 2008; Тесленок С.А., 2010, 2014).

Оценка комфортности проживания населения на локальном и региональном уровнях представляет значительный научный интерес, позволяя в крупном масштабе реально проанализировать природные и социально-экономические условия территории более крупного размера и/или высокого иерархического уровня.

Полученная и апробированная методика комплексного оценивания социальной комфортности проживания населения региона может быть использована как для оценки динамики уровня социальной комфортности проживания населения как в отдельно взятом регионе Российской Федерации, так и для многокритериального рейтингования субъектов федеральных округов и страны в целом.

Разработка и практическая реализация системы мероприятий по оптимизации и улучшению комфортности среды проживания населения позволяют сформировать антропоген-

ный ландшафт, в наибольшей степени и наилучшим образом соответствующий требованиям населения к территории его проживания, согласуясь с основными направлениями поиска путей оптимизации среды жизни и хозяйственной деятельности человека.

Первичная обработка исходной информации и оформление результатов исследования проводились с использованием приложений в составе Microsoft Office (Access, Excel, Word, PowerPoint и др.), пакета обработки социологических данных SPSS, универсальные интегрированные системы статистического анализа и визуализации данных – пакеты прикладных программ STATISTICA, STADIA и др.

Решение задачи исследования открывает новые возможности применения нейросетевого моделирования при региональной оценке уровня социальной комфортности проживания населения как для различных социальных групп и подпроцессов социализации, так и для систем анализируемых параметров и условий внешней неопределенности, что имеет важное прикладное значение.

Геоинформационно-картографическая интерпретация и графическая визуализация результатов исследования и реализации проекта основана на широком использовании ГИС ArcView GIS версий 3.0–3.3 с дополнительными модулями расширения, ГИС Arc/Info 7.2, ГИС ArcGIS 9.3.1 с блоками ArcMap и ArcCatalog и открытого программного обеспечения ГИС. Она осуществлялась по следующим направлениям:

- 1) теоретическое обоснование проводимых исследований с использованием новых перспективных методов – геоинформационного картографирования и моделирования;
- 2) разработка и создание базовой основы специализированной региональной ГИС;
- 3) разработка и создание специализированной региональной ГИС с обоснованием инвариантных элементов (с формированием баз данных картографической и атрибутивной тематической информации по природно-производственно-экономическим системам территории исследования), являющейся базой для последующих разработки и создания серии отраслевых электронных карт и геоинформационно-картографических моделей и отработки методики их применения в практике принятия решений в сфере управления комфортностью проживания населения в регионе и природно-производственно-экономических системах его территории.

Исследование оптимальных методов и способов графической визуализации результатов социологических исследований (на примере уровня социальной комфортности проживания населения региона) в процессе геоинформационного картографирования и моделирования проводилось в следующем алгоритме:

- 1) анализ и отбор необходимого программного обеспечения;
- 2) разработка методических этапов исследования;
- 3) составление методики создания цифровых картографических основ;
- 4) формирование электронного банка данных специализированной региональной ГИС;
- 5) построение аналитических и синтетических карт социальной комфортности и условий проживания населения;
- 6) проведение геоинформационного анализа.

При оценке социальной комфортности проживания населения возникает ряд методических проблем, которые обусловлены разнообразием компонентов, значимость каждого из которых для людей имеет свою специфику. К ним относятся необходимость при оценке социальной комфортности исходить из степени удовлетворения фактической потребности населения в конкретных компонентах комфортности и проблема сопоставимости и сравнимости показателей для комплексной оценки социальной комфортности.

Анализ и оценка социально-экономических условий, оказывающих как прямое, так и опосредованное влияние на комфортность проживания населения вызывает большие трудности из-за недостаточной разработанности методических подходов.

В связи с этим на следующем этапе оценки социальной комфортности проживания населения предлагается использование методики оценки территории на основе выделения зон с учетом радиуса обслуживания населения объектами социальной инфраструктуры в со-

ответствии нормативным значениям (Долгачева, 2006). Зонирование территории осуществляется с использованием стандартных функций построения буферных зон ГИС.

На последнем этапе выполняется операция оверлея – наложения полученных карт по радиусам обслуживания и обеспеченности населения объектами социальной инфраструктуры с получением оценочной карты социальной комфортности проживания населения (см. рис. 1).

Исследование субъективной оценки населением уровня комфортности проживания в регионе планируется проводится методом анкетного опроса жителей по репрезентативной выборке.

Необходимо отметить, что известные исследования практически не затрагивают вопросов геоинформационно-картографического представления результатов социологических исследований и обеспечения процессов управления социальной комфортностью населения в регионе, где они были бы эффективны (Тесленок К.С., 2015).

В связи с этим предполагается дальнейшее изучение и анализ различных методов и способов визуализации результатов социологических исследований, включающих сравнительный анализ значительного количества показателей качества жизни и комфортности проживания населения регионов Приволжского федерального округа в целом, и Республики Мордовия в частности. Они будут выполнены на основе материалов Федеральной службы государственной статистики России международной статистической информации ООН, включая представленную в Докладах UNDP о человеческом развитии.

Наряду с использованием традиционного для социологических исследований наглядного демонстрационного материала в виде многочисленных таблиц, графиков и диаграмм, будут разработаны методы и способы геоинформационно-картографического моделирования и картографирования полученных результатов, включая картографические анимации.

Важное значение для исследования и, особенно, управления уровнем социальной комфортности проживания населения в регионе играет такой широко распространенный (главным образом в естественных науках) современный научный метод, как мониторинг. Именно мониторинг дает непосредственный выход на решение задач управления развитием различных территориальных систем (Тесленок К.С., 2015). Его результаты так же нуждаются в определении оптимальных способов графической визуализации.

Выводы. Необходимость точного и быстрого анализа значительных объемов пространственного распределения информации, зачастую в ретроспективном аспекте, весьма актуальная в социологических исследованиях, требует широкого применения для этих целей географических информационных систем и соответствующих технологий, позволяющих осуществлять полноценную графическую визуализацию полученных при проведении социологических исследований результатов.

Решение задачи дальнейшего развития социологических исследований, в первую очередь связано с поиском и использованием новых методов математического и геоинформационно-картографического моделирования, определением оптимальных способов графической визуализации их результатов.

Полученные в рамках работы математико-картографические модели могут быть применены для решения ряда прикладных задач в различных областях географии, социологии, государственном и муниципальном управлении, городском хозяйстве.

Дальнейшие исследования планируются в направлении построения экономико-математической модели оценки уровня социальной комфортности проживания населения в регионе с использованием математического аппарата интеллектуального анализа сложных процессов и использования соответствующих методов и способов графической визуализации результатов моделирования.

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 15-05-02526).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долгачева Т.А. Оценка комфортности проживания населения в городе : автореф. дисс. ... канд. географ. наук: 25.00.36. – Калуж. гос. пед. ун-т им. К.Э. Циолковского. Калуга, 2006, 22 с.
2. Долгачева Т.А., Манухов В.Ф., Бучацкая Н.В., Ивлиева Н.Г. Применение ГИС-технологий для оценки социальной комфортности проживания населения в городе. – ИнтерКарто/Интер ГИС-16 : Устойчивое развитие территории : теория ГИС и практический опыт : матер. междунар. конф. Ростов-на-Дону, 2010. С. 140–144.
3. Ивлиева Н.Г., Скворцова М.А., Манухов В.Ф., Долгачева Т.А. Применение математико-картографического моделирования для оценки социальной комфортности проживания населения (на примере Приволжского федерального округа) – ИнтерКарто/ИнтерГИС 19: Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение. Материалы Междунар. конф. Белгород, 2014. С. 177–188.
4. Ивлиева Н.Г., Манухов В.Ф. К вопросу построения картографических изображений на основе визуализации атрибутивных данных в ГИС. – Геодезия и картография, 2015. № 2. С. 31–38.
5. Рыбкина И.Д. Концепция качества жизни в геоэкологическом пространстве Сибири. Научно-популярное издание. М.-Барнаул: ИВЭП СО РАН, 2013. 102 с.
6. Семина И.А., Фоломейкина Л.Н. Оценка качества городской среды для жизнедеятельности населения и комфортности проживания (город – район – двор). – Мозаика городских пространств: экономические, социальные, культурные и экологические процессы. М., 2016. С. 253–257.
7. Скворцова М.А., Долгачева Т.А., Ивлиева Н.Г., Манухов В.Ф., Аникин В.В. К вопросу оценки социальной комфортности проживания населения в регионе. – Известия Смоленского государственного университета, 2014. № 3 (27). С. 230–239.
8. Тесленок К.С. Создание геоинформационного проекта и его использование в целях развития хозяйственных систем. – Геоинформационное картографирование в регионах России: материалы VII Всерос. науч.-практич. конф. (Воронеж, 10–12 дек. 2015 г.). Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2015. С. 134–138.
9. Тесленок С.А., Коваленко А.К., Манухов В.Ф. Использование геоинформационных технологий при создании дежурной карты пьезоизогипс водоносного горизонта. – Геодезия и картография, 2008. № 8. С. 28–31.
10. Тесленок С.А. Особенности визуализации элементарных природных комплексов цифровой ландшафтной карты. – Вестник Воронежского университета. Серия География. Геоэкология, 2014. № 3. С. 49–52.
11. Тесленок С.А. Создание тематического содержания цифровой ландшафтной карты Акмолинского Приишимья. – Проблемы региональной экологии, 2010, № 3. С. 157–163.

S.A. Teslenok¹, I.A. Semina², K.S. Teslenok³

THE NEED TO IDENTIFY THE OPTIMAL METHOD AND IS CAPABLE OF GRAPHICAL VISUALIZATION RESULTS OF SOCIOLOGICAL RESEARCH

Abstract. The article analyzes the experience of sociological research on the assessment of social comfort of the population. In connection with the need to accurately and quickly analyze large volumes obtained spatially distributed information that is relevant in sociological research,

¹ Mordovian state university of N. P. Ogarev, geographical faculty, chair of geodesy, cartography and geoinformatics, Saransk, 430005, Russia, associate professor; e-mail: teslserg@mail.ru.

² Mordovian state university of N. P. Ogarev, geographical faculty, chair of physical and social and economic geography, Saransk, 430005, Russia, head of chair; e-mail: isemina@mail.ru.

³ Mordovian state university of N. P. Ogarev, geographical faculty, chair of physical and social and economic geography, Saransk, 430005, Russia, graduate student; e-mail: kirilltesl@mail.ru.

proposed extensive use of geographic information systems and GIS technologies, combining traditional operations when working with databases (queries and statistical analysis) with the advantages of a full-fledged graphical visualization and geographic analysis. The tasks of further development of sociological studies are solved in the first place, based on the search and use of new mathematical methods and geoinformation-cartographic modeling, as well as determine the optimal ways to graphical visualization of the results.

Key words: *the results of sociological research, graphical visualization, computer geoinformation modeling and mapping, geographic information systems, social comfort of the population.*

Acknowledgement. *The study was supported Russian Foundation for Basic Research (project № 15-05-02526).*

REFERENCES

1. Dolgacheva T. A. Ocenka komfortnosti prozhivaniya naseleniya v gorode [Assessment of comfort of living of the population in the city] : the abstract Diss. ... kand. geographer. Sciences : 25.00.36. – Kaluzh. gos. ped. University named after K. E. Tsiolkovsky. Kaluga, 2006, 22 p.
2. Dolgacheva T.A., Manuhov V.F., Buchackaja N.V., Ivlieva N.G. Primenenie GIS-tehnologij dlja ocenki social'noj komfortnosti prozhivaniya naseleniya v gorode [Application of GIS technology to assess the social comfort of the population living in the city]. – InterKarto/Inter GIS-16 : Sustainable development of territories : teoriya GIS i prakticheskij opyt : Proceedings Of The International. Conf. Rostov-na-Donu, 2010. Pp. 140–144.
3. Ivlieva N. G., Skvortsova M. A., Manukhov V. F., Dolgacheva, T. A. Primenenie matematiko-kartograficheskogo modelirovaniya dlja ocenki socialnoj komfortnosti prozhivaniya naseleniya (na primere Privolzhskogo federalnogo okruga) [The application of mathematical-cartographic modeling for the evaluation of social comfort of living of the population (on the example of Privolzhsky Federal district)]. – InterCarto/Intergis 19: Sustainable development of territories : cartographic and geoinformational support. Proceedings Of The International. Conf. Belgorod, 2014. Pp. 177–188.
4. Ivlieva N.G., Manuhov V.F. K voprosu postroenija kartograficheskikh izobrazhenij na osnove vizualizacii atributivnyh dannyh v GIS [The problem of constructing cartographic images through visualization attribute data in GIS]. – Geodezija i kartografija, 2015. № 2. P. 31–38.
5. Rybkina I.D. Konceptija kachestva zhizni v geojekologicheskom prostranstve Sibiri. Nauchno-populjarnoe izdanie [The concept of quality of life in space geoeological Siberia], Moscow-Barnaul: IVJeP SO RAN, 2013. 102 p.
6. Semina I.A., Folomejkina L.N. Ocenka kachestva gorodskoj sredy dlja zhiznedejatel'nosti naselenija i komfortnosti prozhivaniya (gorod – rajon – dvor). – Mozaika gorodskih prostranstv: jekonomicheskie, social'nye, kul'turnye i jekologicheskie processy [Evaluation of the quality of the urban environment for the life of the population and the comfort of living (city – district – yard)]. Moscow, 2016. Pp. 253–257.
7. Skvortsova M.A., Dolgacheva T.A., Ivlieva N.G., Manukhov V.F., Anikin V.V. K voprosu ocenki social'noj komfortnosti prozhivaniya naseleniya v regione [To the question of assessing social comfort of the population living in the region]. – Izvestiya of the Smolensk state University. Smolensk, 2014. № 3 (27). Pp. 230–239.
8. Teslenok K.S. Sozdanie geoinformacionnogo proekta i ego ispol'zovanie v celjah razvitija hozjajstvennyh system [Creating an geoinformation project and its use in the development of economic systems]. – Geoinformacionnoe kartografirovanie v regionah Rossii: materialy VII Vseros. nauch.-praktich. konf. (Voronezh, 10–12 dek. 2015). Voronezh: Izd-vo «Nauchnaja kniga», 2015. Pp. 134–138.
9. Teslenok S.A., Kovalenko A.K., Manuhov V.F. Ispol'zovanie geoinformacionnyh tehnologij pri sozdanii dezhurnoj karty p'ezoizogips vodonosnogo gorizonta [Use of geoinformation technologies in the creation of map attendant hydroisopiezes aquifer]. – Geodezija i kartografija, 2008. № 8. Pp. 28–31.

10. *Testlenok S.A.* Osobennosti vizualizacii jelementarnyh prirodnyh kompleksov cifrovoj landshaftnoj karty [Features the visualization of elementary natural systems digital landscape map]. – Vestnik Voronezhskogo universiteta. Serija Geografija. Geojekologija, 2014. № 3. Pp. 49–52.

11. *Testlenok S.A.* Sozdanie tematiceskogo sodержaniya cifrovoj landshaftnoj karty Akmolinskogo Priishim'ja [Create thematic content of the digital landscape map Akmolinskaya Priishimye]. – Problemy regional'noj jekologii, 2010. № 3. Pp. 157–163.

УДК 528.94 : 004.9

Н.Г. Ивлиева¹, В.Ф. Манухов¹

КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ РАЗМЕЩЕНИЯ МОРДОВСКОГО ЭТНОСА НА ТЕРРИТОРИИ РОССИИ ПО МАТЕРИАЛАМ ПЕРЕПИСЕЙ НАСЕЛЕНИЯ

Резюме. В данной статье описан опыт выполненных исследований, направленных на картографическое моделирование размещения мордвы на территории России. Для мордовского народа характерно проживание существенной доли этноса за пределами этнической территории. Динамику его численности в регионах наиболее точно можно проследить по переписям населения. С помощью современных методов картографической визуализации и математико-картографического моделирования выявлены пространственно-временные особенности процесса расселения мордвы по территории России с конца XIX до начала XXI в.

Ключевые слова: картографирование, размещение мордвы, переписи населения, территория России.

Введение. Одно из двух приоритетных научных направлений Национального исследовательского Мордовского государственного университета имени Н.П. Огарева – «Фундаментальные и прикладные исследования в области финно-угроведения». Современный уровень развития картографии, картографических методов исследования и геоинформатики способствует новому этапу изучения истории формирования и развития финно-угорских народов, их особенностей, этнокультурного развития народов и формирования межнационального сообщества [Ивлиева и др., 2011]. Опыт выполненных на кафедре геодезии, картографии и геоинформатики Мордовского государственного университета исследований по финно-угорской тематике описан в ряде работ [Ивлиева и др., 2014; Калашникова и др., 2014; Картография..., 2014].

Мордва – один из финно-угорских народов многонациональной России относится к числу дисперсно расселенных этносов. Существенная ее доля проживает за пределами этнической территории. По Всероссийской переписи населения 2010 г. всего мордвы в России 744,2 тыс. чел., в Мордовии проживает 333,1 тыс. представителей титульной нации. Поэтому в исследованиях, проводимых на кафедре, особое внимание уделяется изучению пространственно-временных аспектов размещения мордовского этноса. При этом рассматриваются разные территориальные уровни: вся Россия, основные регионы преимущественного проживания мордовского этноса, Республика Мордовия и отдельные ее районы.

Целью проведенных исследований являлось создание карт, отображающих размещение мордовского этноса на территории России, на основе переписей населения с использованием ГИС-технологий. В ходе исследований проводились:

¹ Национальный исследовательский Мордовский государственный университет, Саранск, Россия; e-mail: gkg_mrsu@mail.ru.

– сбор и оценка картографических, учетно-статистических и литературных источников с точки зрения их пригодности при составлении тематических карт размещения мордовского этноса;

– подготовка цифровых карт-основ административно-территориального устройства России на разные периоды времени в приложении ArcGIS;

– составление тематических карт, показывающих долю мордвы в регионе от всего мордовского населения страны, долю мордвы от общей численности населения региона, а также карт динамики численности мордовского населения на разные периоды времени.

ГИС объединяет в единую систему пространственные и тематические данные и создает с ними единую согласованную структуру. В результате представления пространственной информации в цифровой форме открываются дополнительные возможности анализа пространственных данных [Ивлиева и др., 2015; Манухов и др., 2015].

Материалы и методы исследований. Для составления географических основ карт были использованы готовые цифровые слои политико-административного деления Российской Федерации и различные ранее изданные карты, в частности политико-административная карта СССР 1939 года масштаба 1 : 10 000 000 из Атласа командира РККА (1938 г.); Карта СССР из Атласа мира 1954 г.; политико-административные карты СССР из Атласов СССР разных годов изданий, политико-административная карта Российской Федерации, а также листы карты «Европейская Россия» из настольного атласа А.Ф. Маркса, политико-административная карта СССР масштаба 1 : 10 000 000 из Атласа командира РККА (1938 г.).

В качестве учетно-статистических источников использовались материалы переписи населения Российской империи 1897 г., всесоюзных переписей населения 1926, 1939, 1959, 1970, 1979, 1989 гг. и всероссийских переписей населения 2002 и 2010 гг. Основным источником учетно-статистических данных послужила информация с сайта еженедельной демографической газеты «Демоскоп Weekly». Применялись также справочники административно-территориального деления за разные годы для уточнения границ областей, республик, автономных (национальных до 1977 г.) округов, названий центров административных единиц.

Поскольку источниками для создания тематического содержания карт являлись только статистические материалы, учтенные по административным единицам, поэтому карты составлялись способами картограмм, картодиаграмм и точечным с учетом того, какая характеристика явления должна присутствовать на создаваемой карте суммарная или относительная.

В рамках данной работы были использованы функциональные возможности ГИС-пакета ArcGIS для геоинформационного картографирования [Манухов и др., 2015].

Результаты исследований и их обсуждение. С помощью современных методов картографической визуализации и математико-картографического моделирования можно выявить закономерности и особенности процессов расселения мордвы.

Для мордовского народа характерно проживание существенной доли этноса за пределами этнической территории. Подобное положение складывалось исторически, первоначально за счет «ползучих» миграций периода феодализма, затем массовых переселений в Российской империи и СССР. В начале II тысячелетия мордовское население занимало Окско-Сурское междуречье, включая территории современных Пензенской, Тамбовской, Нижегородской областей и Республики Мордовия. В XIII–XVI вв. отмечается переселение мордвы за пределы своей этнической территории. Во второй половине XVI – первой половине XIX в. она расселилась в Поволжье. Во второй половине XIX – начале XX в. основными регионами миграций мордвы были Заволжье (Самарская и Оренбургская губернии), азиатская часть России, Сибирь (в основном Томская губерния), Закавказье. В начале XX в. численность мордовского населения значительно возрастает в Сибири и на Дальнем Востоке.

Расселение мордовского этноса наиболее точно можно проследить по переписям населения. Демографическая динамика мордвы, отраженная в переписях и других статистических публикациях, подвергалась воздействию разнообразных факторов, среди которых важ-

нейшими были: исторические процессы, определяющие темпы и масштабы естественного русско-мордовского смешения, обусловленные в значительной мере предшествующей национальной политикой; общероссийские социальные и экономические условия, влияющие на общий рост населения страны, его структуру и др. [Абрамов, 2011].

Первой переписью в России была Всеобщая перепись Российской империи 1897 г., выявившая 1,023 млн. мордвы. Основная часть мордовского населения была сосредоточена в Европейской России (988,6 тыс.), в азиатской части России – 34 тыс. Распределение мордовского народа в Российской империи в конце XIX в. наглядно представлено в табл. 1.

Таблица 1

**Число губерний в крупных регионах Российской империи
по количеству проживающего в них мордовского населения
(указаны территориальные единицы с численностью мордвы более 1 000 чел.)**

Численность мордвы	Европейская часть	Кавказ	Сибирь	Средняя Азия	Всего
От 1 до 100 чел.	30	6	4	2	42
От 101 до 1000 чел.	15	3	2	4	24
От 1001 до 10 тыс. чел.	1 (Астраханская)	1 (Кубанская обл.)	3 (Томская, Енисейская, Тобольская)	2 (Акмолинская и Тургайская обл.)	7
От 10 тыс. до 100 тыс. чел.	5 (Тамбовская, Нижегородская, Оренбургская, Уфимская, Казанская)	-	-	-	5
Свыше 100 тыс. чел.	4 (Самарская, Симбирская, Пензенская, Саратовская)	-	-	-	4

Приведенные цифры свидетельствуют, что мордовское население России проживало в 82 губерниях / областях, однако ни в одной из них не составляло компактного большинства. Территория проживания мордовского народа была разделена между губерниями без учета национальных признаков, в связи с чем этнически однородное население Мордовии оказалось в разных губерниях. Наибольшая численность мордвы была в Самарской, Симбирской и Пензенской губерниях – 239,189 и 188 тыс. чел. соответственно.

При создании карты, представленной на рис.1, границы губерний и уездов оцифровывались с карты из атласа А.Ф. Маркса. Данные для тематического содержания карты вносились в атрибутивную таблицу, соответствующую полигональному слою уездов. Затем строились картограмма, показывающая долю мордвы в общей численности населения, и столбчатая картодиаграмма, отображающая численность мордвы в уездах. Созданная карта наглядно показывает основной ареал расселения мордвы. На коренной территории, где исторически сложился мордовский народ, согласно переписи 1897 г. проживало 50,8 % всего мордовского населения (521 639 чел.), в том числе 18,5 % – в Симбирской губернии, 18,3 % – в Пензенской, 8,8 % – Тамбовской и 5,2 % – в Нижегородской. Земли мордовского края (современной Мордовии) принадлежали Пензенской (Краснослободский уезд, значительные части Инсарского и Саранского, небольшие части Наровчатского и Керенского уездов), Симбирской (Ардатовский уезд, части Алытырского, Карсунского и Курмышского уездов), Нижегородской (части Лукояновского и Сергачского уездов) и Тамбовской (значительные части Темниковского и Спасского уездов) губерниям. В основной ареал расселения мордвы также входили Самарская, Саратовская и Оренбургская губернии.

В конце XIX в. началось активная миграция крестьян в Сибирь. Значительную массу переселенцев составляли крестьяне из Поволжья, в их числе была и мордва. Согласно переписи 1897 г., в Сибири проживало 20,8 тыс. мордвы. Огромная территория требовала освоения, и правительство стимулировало переселение крестьян. По данным Всесоюзной переписи населения 1926 г. там насчитывалось 107 794 представителя мордвы, что составляло 8%

от численности всего мордовского этноса в РСФСР. Мордовское население распределялось крайне неравномерно. Больше всего мордвы проживало в Барнаульском округе (25 059 чел.).

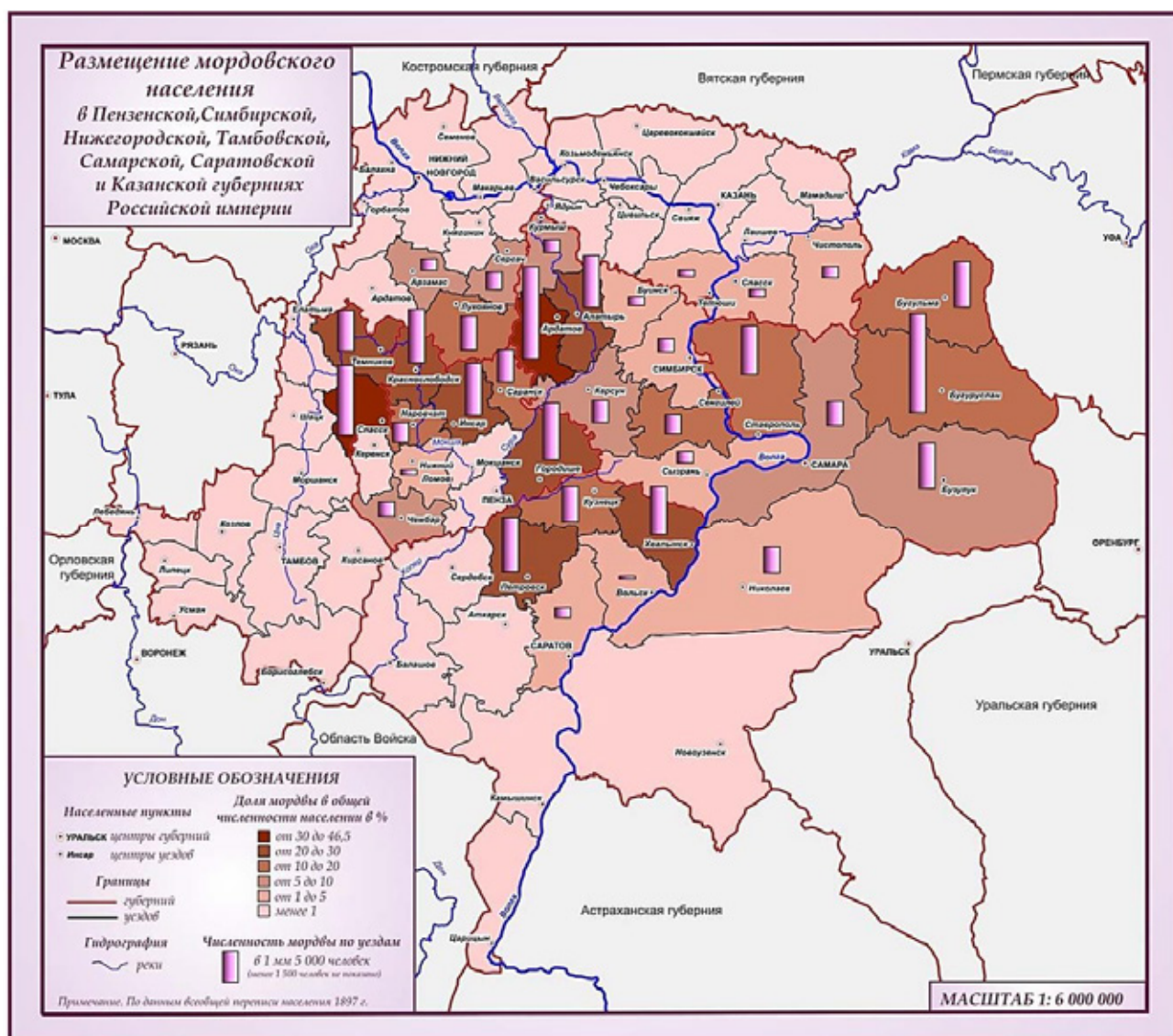


Рис. 1. Карта, составленная по материалам переписи Российской империи 1897 г.

Чтобы исследовать пространственно-временные особенности расселения мордвы в Сибири в 1920-е гг., важно было реконструировать схему административно-территориального устройства в пределах изучаемой территории на тот период. Сибирский край как административно-территориальная единица РСФСР просуществовал всего 5 лет (1925–1930 гг.). В конце 1926 г. в его состав входило 10 округов, Ойротская автономная область и Туруханский край. Пространственный охват региона очень велик и приблизительно равен площади территории современного Сибирского федерального округа. Последующие реформы сильно перестроили административно-территориальную сетку Сибири. Для формирования базы данных были использованы учетно-статистические и картографические источники информации. Это растровая копия карты Сибирского края масштаба 1: 3 000 000 1930 г. издания, статистические данные и картосхема из материалов переписи 1926 г. и литературные источники. Карта была составлена по данным 1929 г., а границы и состав округов Сибирского края за прошедший после переписи период изменились, поэтому пришлось использовать дополнительные источники для уточнения административно-территориального деления на 1926 г.

Для карты, показанной на рис. 2, была выбрана нормальная равноугольная коническая проекция со следующими стандартными параллелями: $\varphi_1 - 50^\circ$ с.ш., $\varphi_2 - 60^\circ$ с.ш. На ней спо-

собою картограммы отображен процент мордовского населения, способом картодиаграммы – численность мордовского населения в округах Сибирского края по данным Всесоюзной переписи 1926 г. В начале XX в. численность мордовского населения в Сибири значительно возрастает, и карта позволяет выявить особенности его размещения по территории края.

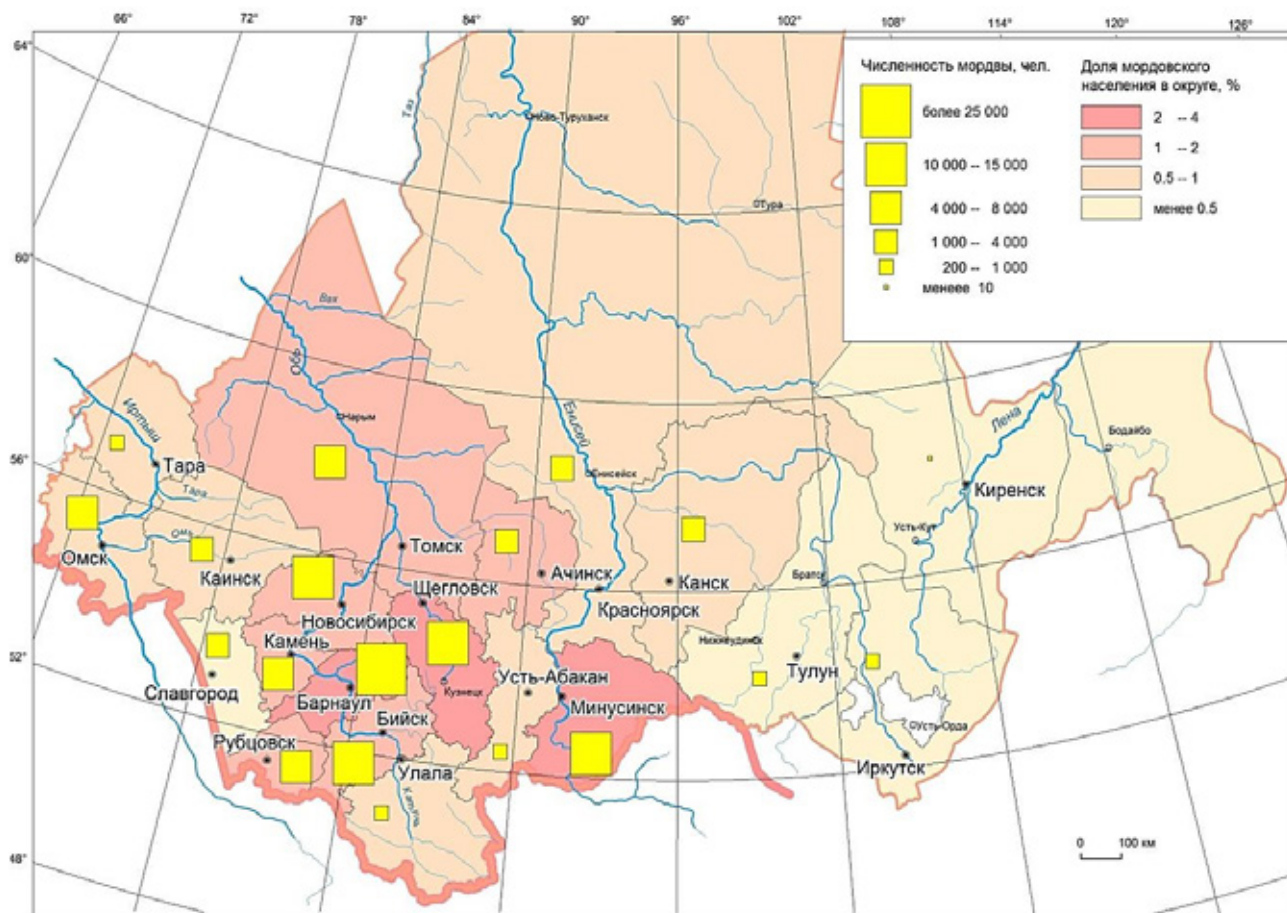


Рис. 2. Численность и доля мордвы по округам Сибирского края. 1926 г.

Далее проведено картографическое моделирование пространственно-временных особенностей размещения мордовского населения на территории России на основе материалов всесоюзных переписей населения 1939, 1959, 1970, 1979, 1989 гг. и всероссийских переписей 2002 и 2010 гг. Изменение численности мордовского этноса в целом на территории России и Мордовии с 1939 по 2010 г. представлено на диаграмме (рис. 3). Она свидетельствует о постоянном уменьшении численности мордовского народа в России. За период 1939–2010 гг. оно составило на 46 %. Согласно итогам Всероссийской переписи населения 2010 г., представителями мордовской национальности себя назвали 744,2 тысячи граждан страны.

В целях картографирования были вычислены относительные статистические показатели, такие как удельный вес мордвы в регионе от всего мордовского населения России, доля мордвы в населении региона. Были построены диаграммы распределения вычисленных значений, отсортированных по возрастанию (рис. 4.), на их основе подбирались оптимальная шкала классификации.

В итоге проделанной работы была создана серия карт на каждый год проведения переписей населения, отражающая пространственно-временные особенности размещения мордовского этноса. Выбрана картографическая проекция для карт России – нормальная равнопромежуточная коническая проекция с двумя стандартными параллелями. Выбор масштаба (1 : 35 000 000) обусловлен подробностью содержания карт, а также необходимостью полного изображения картографируемой территории на листе формата А 4.

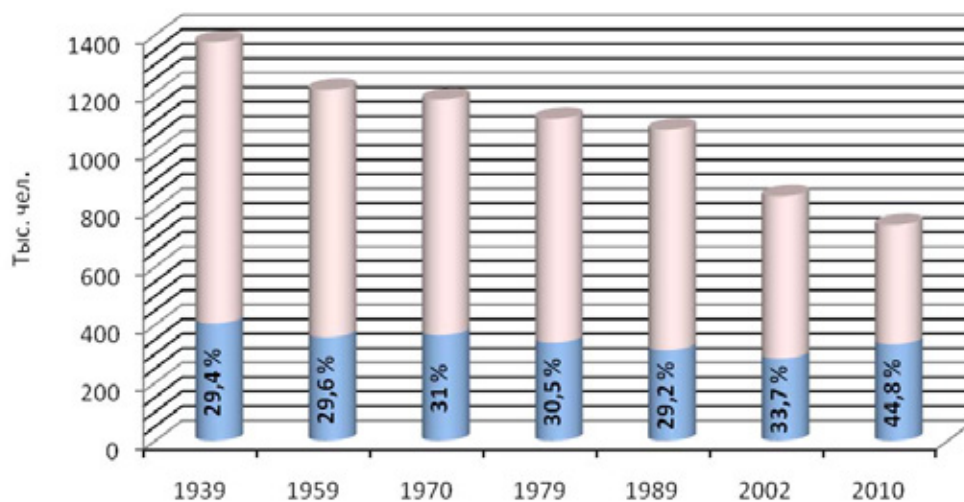


Рис. 3. Динамика численности мордвы на территории России с 1939 по 2010 г. (в нижней части столбика показана доля, приходящаяся на Мордовию)

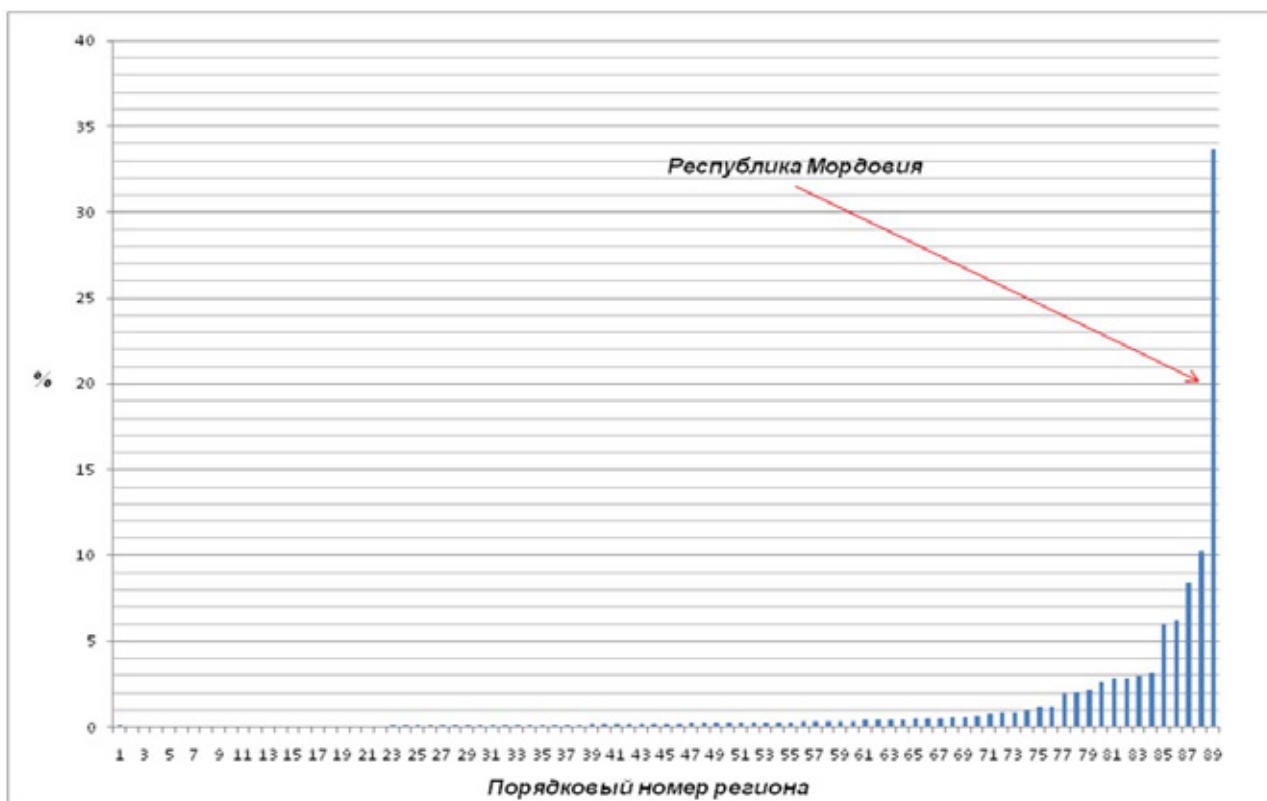


Рис. 4. Распределение мордвы на территории России по данным переписи населения 2002 г.

Карты по данным Всесоюзной переписи населения 1939 г. строились на специально составленной географической основе, соответствующей административно-территориальному делению РСФСР на этот период. Она была снята с политико-административной карты СССР масштаба 1 : 10 000 000 из Атласа командира РККА 1938 г. издания. На рис. 5 представлена картограмма, показывающая процент мордовского населения в регионах РСФСР на основе переписи населения 1939 г. Она показывает резко возросшую дисперсность мордовского народа из-за массового выселения «кулаков», разнообразных вербовок, целенаправленного переселения мордовских семей с коренной территории в районы Казахстана, Алтая и Сибири [Абрамов, 2011].



Рис. 5. Доля мордвы в регионах РСФСР в 1939 г., в %



Рис. 6. Распределение мордвы по регионам России в 2002 г., в %

Последующие реформы АТД сильно перестроили административно-территориальную сетку РСФСР – создавались новые области и края, многие регионы с 1939 г. меняли свою конфигурацию и название, изменилась также ее граница. В конце 1950-х гг. упразднением нескольких недавно образованных областей, возвращением в состав РСФСР Карелии и восстановлением национальных автономий депортированных народов территориальное деление республики приняло вид, который практически (небольшие корректировки границ, как внешней, так и внутренних, проводились) просуществовал до распада СССР. Поэтому при картографическом моделировании размещения мордовского населения на территории России по данным всесоюзных переписей населения 1959, 1970, 1979 и 1989 гг. цифровой основой служил один и тот же слой полигонов (административно-территориальных единиц). Автономные округа до 1977 г. назывались национальными округами. Для составления карт на основе материалов всероссийских переписей населения 2002 и 2010 гг. в эту цифровую основу вносились изменения. В 1993 г. Чечено-Ингушетия официально была разделена на Ингушскую республику и Чеченскую республику, а во второй половине 2000-х гг. прекратили самостоятельное существование 6 из 10 автономных округов, которые были объединены с соседними регионами. При этом изменились названия 3 субъектов Российской Федерации (образовались Забайкальский, Камчатский и Пермский края).

Для целей картографирования в атрибутивные таблицы добавлялись поля, значения которых фиксировали общую численность населения региона и отдельно мордовского населения на выбранные даты, затем рассчитывались доля мордовского этноса и удельный вес представителей мордовской национальности в регионах по отношению к их общей численности в России по итогам всех переписей. Это позволило в дальнейшем построить целую серию разновременных карт, передающих явление возрастающей насыщенностью цвета. На рис. 6 представлена одна из таких карт, показывающая размещение мордовского населения по регионам России на основе переписи населения 2002 г.

Легенда к картам едина, поскольку созданная серия карт предназначена для их сопоставления и прослеживания динамики того или иного исследуемого показателя. Основой для разработки шкалы послужили специально построенные диаграммы распределения показателей во всех регионах, за исключением Мордовии, на даты всех переписей, что позволило увидеть небольшие скачки в значениях того или иного показателя. Данные по национальной республике выделялись в отдельный класс.

Чтобы проанализировать и сравнить динамику явления, дополнительно рассчитывался среднегодовой прирост (убыль) представителей мордовской национальности в регионах России на разные даты. Для отображения этого показателя на картах снова разработана единая шкала (рис. 7).

При сравнении и анализе полученных карт можно отметить, что дисперсность расселения мордовского народа значительно возросла, что обусловлено миграциями коренного этноса за пределы регионов своего преимущественного проживания [Абрамов, 2011]. Следует отметить, что на данных картограммах небольшой абсолютный прирост в регионах с малым числом представителей изучаемого этноса формально сопоставляется с приростом / убылью в регионах со значительным количеством мордовского населения, т.е. процентные соотношения темпов прироста мордовского населения завуалировали различия в абсолютной численности мордвы по регионам. Из-за перехода к относительному показателю создается ложное впечатление о величине картографируемого явления и его территориальной изменчивости. Математически верный результат, отображенный на карте, может вводить в заблуждение [Ивлиева и др., 2015]. Так, большие значения картографируемого показателя 1970–1989 гг. в Эвенкийском автономном (до 1977 г. национальном) округе совсем не означают массовое переселение этноса в регион. В 1970, 1979, 1989 гг. здесь проживало соответственно 11, 28, 57 представителей мордвы, а в 2002 г. их число уменьшилось до 24 чел. Поэтому нужны дополнительные сведения об абсолютных характеристиках явления. Например, простая визуализация регионов, в которых на указанные даты проживало более 1 000 представителей мордовского этноса (рис. 8), делает возможным проведение подробного пространственно-временного анализа.

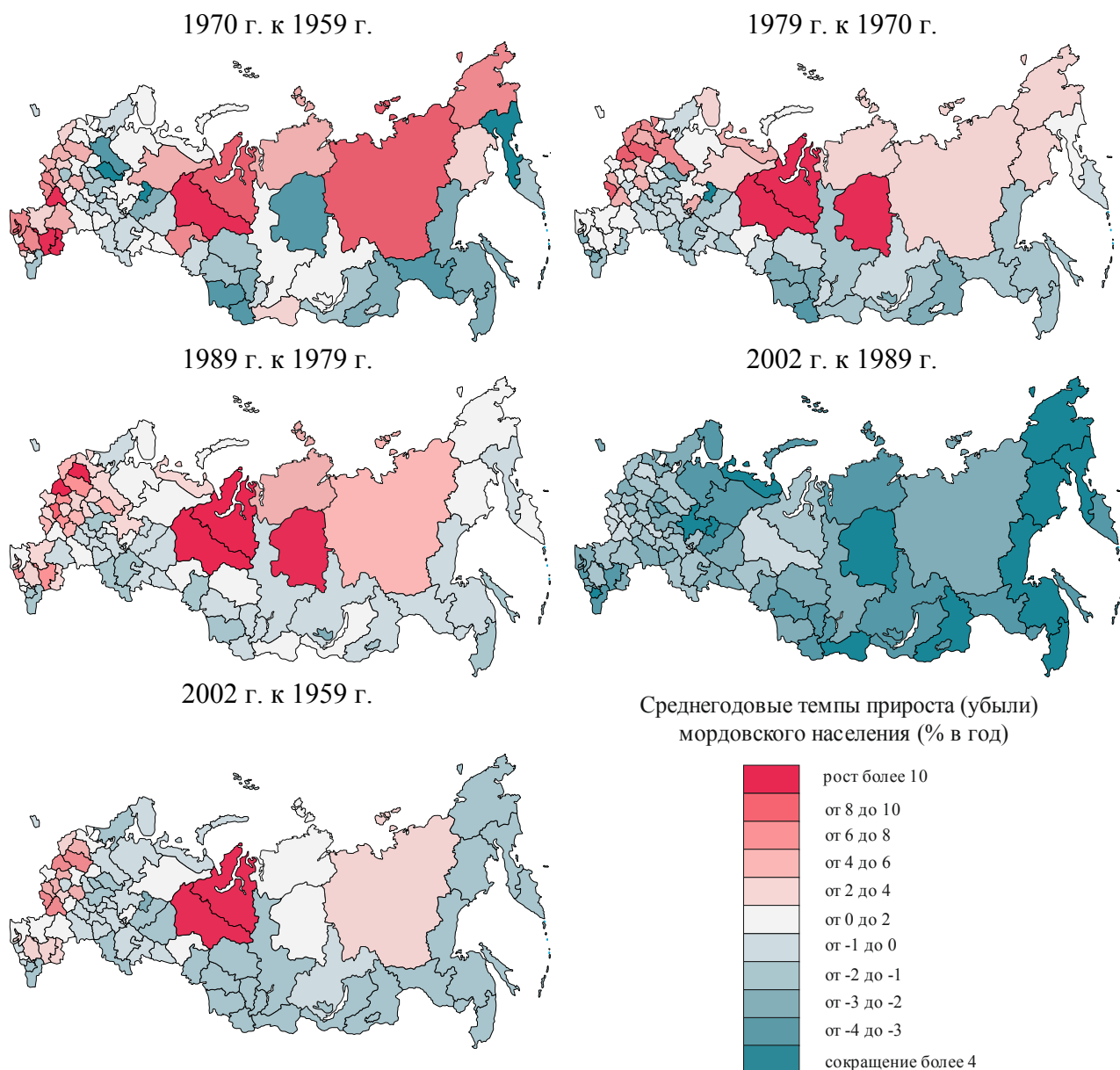


Рис. 7. Динамика численности мордвы по регионам России

Неблагоприятная демографическая ситуация Российской Федерации сказалась и на уменьшении численности мордвы в целом по стране. Мордовское население убывало значительно быстрее русского прежде всего за счет ассимиляции, стимулированной миграцией из сельских районов в города, а из Мордовии – в регионы с более высоким уровнем жизни [Абрамова, 2014]. Уменьшение проявилось во всех областях Поволжья. Например, в 2002 г. доля мордвы в населении Самарской области сократилась до 2,7%, Пензенской – до 4,9%, Ульяновской – до 3,6%.

Согласно итогам Всероссийской переписи населения 2010 г. за пределами Мордовии живет 55,2% мордвы. По данным переписи 2002 г., на долю русских в республике приходилось 60,8%, а на долю мордвы – 31,9% населения. Практически такой же была пропорция и в 1989 г. За межпереписной период численность мордвы в республике увеличилась на 49,3 тыс. чел. Резкое увеличение удельного веса титульной национальности в Мордовии по итогам переписи населения 2010 г. эксперты объясняют ростом национального самосознания – граждане, родившиеся от смешанных браков, и их потомки, которые прежде называли себя русскими, идентифицировали себя как мордву. При этом 35% представителей мордовского народа родным языком назвали русский. Среди регионов России по численности мордвы лидирует Самарская об-

ласть (65,4 тыс. человек, или 8,8% от общей численности мордвы РФ), 7,4% – в Пензенской области, по 5,2% – в Оренбургской и Ульяновской областях, 4,8% – в Москве и Московской области, 2,7% – в Башкортостане, по 2,6% – в Татарстане и Нижегородской области. Группы мордовской диаспоры проживают также в Чувашии, Челябинской, Саратовской областях и др.

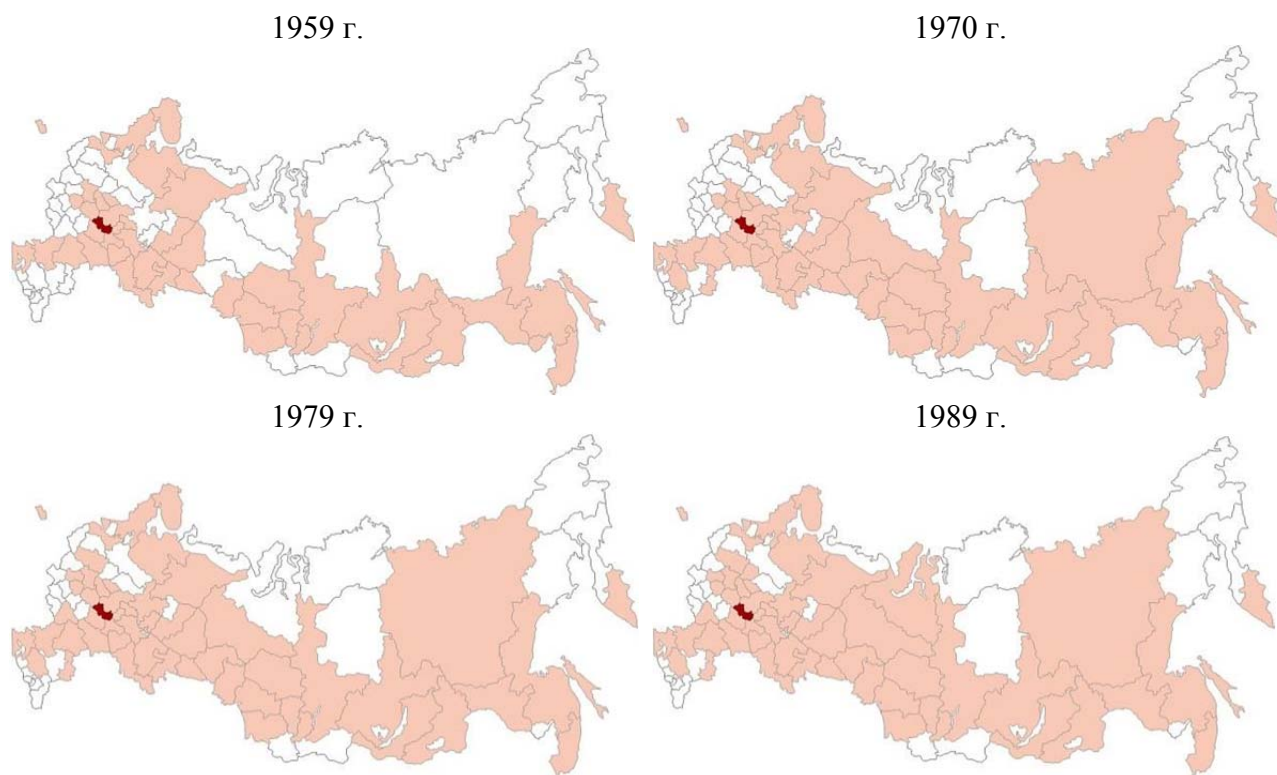


Рис. 8. Регионы России с численностью мордвы более 1 000 чел. (темным цветом выделена Мордовия)

На основе современных ГИС-технологий в зависимости от поставленной задачи несложно видоизменять форму подачи информации в целях улучшения ее восприятия и анализа: применять непрерывные (безынтервальные) шкалы, строить трехмерные блок-диаграммы, создавать условные статистические поверхности, анаморфированные изображения и т.д. Следует отметить, что в ряде случаев для логической содержательной интерпретации явления целесообразно использовать анаморфозы, позволяющие зрительно представить некоторые неочевидные факты, а возможно, даже увидеть какие-то скрытые географические закономерности. Анаморфозы строились в программе ArcView с помощью специального модуля «Построение картограмм» и модуля «Spatial Analyst». Основой для построения анаморфоз послужили данные Всероссийской переписи населения 2002 г. по численности мордвы в регионах страны. Поскольку имеются большие различия между значениями рассматриваемого показателя в примыкающих территориальных единицах, скорость сходимости алгоритмов оказалась невысокой, количество итераций возросло до сотни, а форма самих территориальных единиц изменилась до неузнаваемости. С помощью модуля «3D Analyst» в программе ArcView была построена блок-диаграмма, отражающая численность мордвы в регионах Российской Федерации.

Выводы. В последнее время стала актуальной тема возрождения и популяризации национальной культуры и традиций мордовского народа не только в Республике Мордовия и ряде регионов преимущественного проживания мордовского этноса, но и в целом по всей России. Интенсивная ассимиляция мордвы приводит к девальвации ее этнического своеобразия и национального самосознания. Созданная серия карт поможет изучить пространственно-временные особенности его размещения в контексте многонационального Российского госу-

дарства с целью сохранения уникального социокультурного ландшафта, материального и духовного потенциала мордовского народа.

Изученные материалы переписей населения наглядно показывают: чем выше плотность коренного населения, тем ниже темпы его ассимиляции. Более благоприятными в этом смысле для мордвы являются республики Башкортостан, Татарстан, Чувашия, а также Пензенская и Ульяновская области, хотя и там темпы ассимиляции значительно выше, чем в Мордовии. В современных условиях Республика Мордовия является более или менее удовлетворительным местом в России для сохранения этнического облика, языка и культуры мордовского этноса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрамов В.К.* Демографическая динамика мордовского населения России в XX в. // Финно-угорский мир. 2011. № 1(7). С. 54–61.
2. *Абрамова О.В.* Расселение и динамика численности мордовского этноса в конце XX – начале XXI в. // Финно-угорский мир. 2014. № 1(18). С. 56–61.
3. *Ивлиева Н.Г., Манухов В.Ф.* К вопросу построения картографических изображений на основе визуализации атрибутивных данных в ГИС // Геодезия и картография. 2015. № 2. С. 32–39.
4. *Ивлиева Н.Г., Манухов В.Ф.* О картографировании формирования и становления мордовской автономии // ИнтерКарто/ИнтерГИС-17 : Устойчивое развитие территорий : теория ГИС и практический опыт : материалы Междунар. конф., Белокуриха (Россия), Денпасар (Индонезия), 14–19 дек. 2011 г. Барнаул, 2011. С. 181–185.
5. *Ивлиева Н.Г., Манухов В.Ф.* О подготовке выпускных квалификационных работ краеведческой тематики студентами-картографами // ИнтерКарто/ИнтерГИС-21 : Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение : материалы Междунар. конф. Краснодар-Сочи-Сува, 12–19 нояб. 2015 г. Краснодар, 2015. С. 625–630.
6. *Ивлиева Н.Г., Манухов В.Ф.* Реализация прикладных исследований в области финно-угроведения с применением геоинформационных технологий // Финно-угорский мир. 2014. № 1 (18). С. 87–94.
7. *Калашиникова Л.Г., Манухов В.Ф.* Применение ГИС-технологий в процессе изучения расселения финно-угорских народов // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. 2014. № S4. С. 185–187.
8. Картография и геодезия в современном мире : материалы второй Всерос. науч.-практ. конф., Саранск, 8 апреля 2014 г. / редкол.: В.Ф. Манухов (отв.ред) [и др.]. Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2014. С. 268.
9. *Манухов В.Ф., Ивлиева Н.Г.* О построении картографических изображений средствами ГИС-пакетов // Педагогическая информатика. 2015. № 1. С. 55–63.
10. *Манухов В.Ф., Ивлиева Н.Г., Варфоломеев А.Ф., Долгачева Т.А.* Реализация компетентностного подхода в выпускных квалификационных работах студентов картографо-геоинформационного направления // Геодезия и картография. 2015. № 1. С.60–64.

N.G. Ivlieva¹, V.F. Manukhov¹

CARTOGRAPHIC RESEARCH OF MORDOVIAN ETHNOS RESETTLEMENT IN RUSSIA ON THE DATA OF CENSUSES

Abstract. This article describes the research on mapping modeling of Mordovians accommodation on the territory of Russia. The study discovers that a great number of Mordovians live out-

¹ Research Mordovia State University, Saransk, Russia; e-mail: gkg_mrsu@mail.ru.

side the ethnic territory. The dynamics of its population in the regions can be most accurately traced according to population censuses. With the help of modern methods of cartographic visualization and mathematical-cartographic modeling were revealed spatiotemporal characteristics of Mordovians resettlement process on the territory of Russia since the end of XIX to the beginning of the XXI century.

Key words: mapping, Mordovians resettlement, census, Russia.

REFERENCES

1. Abramov V.K. Demograficheseskaja dinamika mordovskogo naselenija Rossii v XX v. [Demographic Dynamics of Mordovian Population in Russia in the XXth Century]. *Finno-ugorskij mir*. 2011. № 1(7). Pp. 54–61.

2. Abramova O.V. Rasselenie i dinamika chislennosti mordovskogo jetnosa v konce XX – nachale XXI v. [Mordovian Resettlement and Population Dynamics at the End of XX – Beginning of XXI Century]. *Finno-ugorskij mir*. 2014. № 1(18). Pp. 56–61.

3. Ivlieva N.G., Manuhov V.F. K voprosu postroenija kartograficheskikh izobrazhenij na osnove vizualizacii atributivnyh dannyh v GIS [To the problem of construction of cartographic images on the bases of visualization of attributive data inside GIS]. *Geodezija i kartografija*. 2015. № 2. Pp. 32–39.

4. Ivlieva N.G., Manuhov V.F. O kartografirovanii formirovanija i stanovlenija mordovskoj avtonomii [On the mapping of the formation and becoming of the mordovian autonomy]. *InterKarto/InterGIS-17: Ustojchivoe razvitie territorij: teorija GIS i prakticheskij opyt : materialy Mezhdunar. Konferencii, Belokuriha (Rossija), Denpasar (Indonezija), 14–19 dek. 2011 g. Barnaul, 2011*. Pp. 181–185.

5. Ivlieva N.G., Manuhov V.F. O podgotovke vypusnyh kvalifikacionnyh rabot kraevedcheskoj tematiki studentami-kartografami [About the preparation of final qualification papers of local history subject by students cartographers]. *InterKarto/InterGIS-21: Ustojchivoe razvitie territorij : kartografo-geoinformacionnoe obespechenie : materialy mezhdunar. konf. Krasnodar-Sochi-Suva, 12-19 nojab. 2015 g. Krasnodar, 2015*. Pp. 625–630.

6. Ivlieva N.G., Manuhov V.F. Realizacija prikladnyh issledovanij v oblasti finno-ugrovedenija s primeneniem geoinformacionnyh tehnologij [Implementation of Applied Research in Finno-Ugric Studies and the Use of Geographic-Information System Technology]. *Finno-ugorskij mir*, 2014. № 1 (18). Pp. 87–94.

7. Kalashnikova L.G., Manuhov V.F. Primenenie GIS-tehnologij v processe izuchenija rasselenija finno-ugorskih narodov [Usage of GIS technology in the study of the settlement of the Finno-Ugric Peoples]. *Nauchnye trudy Kubanskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta*. 2014. № S4. Pp. 185–187.

8. Kartografija i geodezija v sovremennom mire [Cartography and Geodesy in the modern world] : materialy vtoroj Vseros. nauch.-prakt. konf., Saransk, 8 aprelja 2014 g./ redkol.: V.F. Manuhov (otv.red) [et.]. Saransk, Izd-vo Mordov. un-ta, 2014, 268 p.

9. Manuhov V.F., Ivlieva N.G. O postroenii kartograficheskikh izobrazhenij sredstvami GIS-paketov [Creation of cartographic images GIS packages means]. *Pedagogicheskaja informatika*. 2015. № 1. Pp. 55–63.

10. Manuhov V.F., Ivlieva N.G., Varfolomeev A.F., Dolgacheva T.A. Realizacija kompetentnostnogo podhoda v vypusnyh kvalifikacionnyh rabotah studentov kartografo-geoinformacionnogo napravlenija [Realization of competence approach to expert graduate w of specialists in cartography and geoinformation]. *Geodezija i kartografija*, 2015. № 1. Pp. 60–64.

Н.В. Малышева¹, Т.А. Золина²

КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ОЦЕНКИ БЮДЖЕТА УГЛЕРОДА ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Резюме. Рассмотрено территориально-пространственное представление экологического потенциала лесов по сокращению эмиссий углекислого газа в атмосферу. С помощью инструментария ГИС выполнена идентификация учетных единиц углеродного бюджета лесов регионального и локального уровней. В среде ArcGIS составлены карты эколого-ресурсного потенциала лесов, оценки годового депонирования углерода лесными экосистемами и углеродного бюджета лесов региона. Исследования проведены на примере лесных экосистем зоны хвойно-широколиственных (смешанных) лесов Европейско-Уральской части России.

Ключевые слова: депонирование углерода лесами, баланс углерода, экологический потенциал лесов, ГИС, тематические карты лесов.

Введение. Леса являются одним из наиболее распространенных и продуктивных типов наземных экосистем, вносящих значительный вклад в углеродный бюджет атмосферы. По масштабам поглощения углерода и, особенно, по размерам его длительного аккумуляирования, леса признаются наиболее надежной системой предотвращения парникового эффекта. Длительный жизненный цикл основных лесообразующих пород и замедленный биологический круговорот веществ в экосистемах бореального и умеренного пояса нашей страны способствуют накоплению углерода не только в фитомассе лесов, но и в детрите, гумусе лесных почв и торфе. Благодаря долговременному аккумуляированию запасенного углерода в лесных экосистемах достигается биосферный эффект, связанный с поглощением парниковых газов и предотвращением изменений климатической системы Земли.

Планирование и осуществление практических мер по противодействию и адаптации к изменению климата требует наличия адекватной информации об объекте, в частности, – о запасах и потоках углерода в лесах. В последние два десятилетия оценке углеродного бюджета лесов посвящены десятки тысяч работ разных научных коллективов. Повышенное внимание к проблеме расчета углеродного бюджета в лесах России и годового депонирования углерода основными типами лесных экосистем пока не привело к получению сопоставимых результатов. Численные оценки, полученные разными научными коллективами, значительно расходятся при высокой степени неопределенности. Несмотря на различие методических подходов и используемых информационных источников, все глобальные и региональные оценки получены расчетным путем и основаны на моделировании. Геоинформационная составляющая исследований, как правило, сводится к представлению результатов численных оценок на национальном, региональном или локальном уровнях, к их визуализации [Замолотчиков, 2014; Швиденко, 2014]. Известная группа канадских исследователей на начальном этапе, предворяющем модельные расчеты, использует ГИС для пространственного анализа данных с целью идентификации учетных единиц перед загрузкой в модель [Kurz, 2009]. Мы попытались также системно и последовательно подойти к решению проблемы. Сначала идентифицировали региональные единицы оценки с помощью ГИС, затем перешли к пространственной локализации лесных экосистем и их характеристик и, в заключение, к представлению в картографической форме выполненных модельных расчетов годового депонирования углерода и углеродного бюджета.

¹ Федеральное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» (ФБУ ВНИИЛМ), Пушкино, Московской области, 141200, Россия, вед. научн. сотр., канд. геогр. н.; e-mail: nat-malysheva@yandex.ru.

² Федеральное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» (ФБУ ВНИИЛМ), Пушкино, Московской области, 141200, Россия, ст. научн. сотр.; e-mail: tzolina@gmail.com.

Цель нашего исследования идентифицировать с помощью ГИС учетные единицы углеродного бюджета регионального уровня, оценить ресурсный и экологический потенциал лесов и представить результаты модельных расчетов депонирования углерода лесами и баланса углерода регионального уровня в картографической форме.

Согласно международным требованиям, подготовка ежегодного кадастра о выбросах из источников и абсорбции поглотителями CO₂ и других парниковых газов, их инвентаризация, осуществляется по секторам экономики и категориям землепользования. Методология и методика ведения национальной отчетности для сектора землепользования, изменений землепользования и лесного хозяйства (ЗИЗЛХ) и требования учета выбросов и поглощения лесами парниковых газов изложены в «Руководящих указаниях по эффективной практике для землепользования, изменений землепользования и лесного хозяйства» [http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_files/Chp3/Chp3_2_Forest_Land.pdf] и соответствующих дополнениях к ним [IPCC Guidelines..., 2006]. В наставлениях, подготовленных группой международных экспертов МГЭИК ООН, указано, что данные по сектору ЗИЗЛХ необходимо стратифицировать по географически обусловленным таксономическим единицам, для которых в итоге сформировать суммарную оценку депонирования углерода лесами и углеродного бюджета. Стратифицированными пространственными единицами служат таксоны природного районирования. Качественные и количественные характеристики лесов, обуславливающие их углерододепонирующий потенциал, связаны с их местопроизрастанием, приуроченностью к определенным лесорастительным условиям. Поэтому предварительно до выполнения оценки и расчетов целесообразно осуществить стратификацию лесных экосистем по лесорастительным зонам и лесным районам. Нормативно-правовые документы, регламентирующие организацию ведения лесного хозяйства в РФ, предусматривают использование перечня лесорастительных зон и лесных районов, утвержденных Приказом Минприроды РФ 23.12.2015 №569 (в ред. от 21.03.16 №83). При проведении исследований, инициированных Федеральным агентством лесного хозяйства Минприроды РФ, мы также придерживаемся этой системы лесорастительного районирования. Апробация геоинформационной поддержки исследований депонирования углерода лесами и расчетов углеродного бюджета выполнена на примере лесного района хвойно-широколиственных смешанных лесов Европейско-Уральской части России (ЕУЧР). Лесные экосистемы в границах этой стратифицированной географической единицы – объект наших исследований.

Материалы и методы исследований. Для подготовки пространственного деления территории России на «географически обусловленные таксономические единицы» нами создана цифровая основа с полигональным слоем лесорастительных зон и лесных районов в программной среде ArcGIS. На сегодня перечень лесорастительных зон и лесных районов, согласно отраслевым нормативно-правовым документам, включает 8 лесорастительных зон и 41 лесной район. Таким образом, с помощью инструментария ГИС идентифицированы региональные единицы учета депонирования углерода лесами и баланса углерода.

Статья 3.4. Киотского протокола, реализующего принципы РКИК ООН, предусматривает для подготовки национальной отчетности определение и территориально-пространственную идентификацию территорий, соответствующих категории «лес». В лесном хозяйстве России понятию «лес» по сущности отвечает термин «покрытые лесом земли», а земли, временно утратившие лесной покров, относят к «непокрытым лесом землям». Эти две категории в совокупности образуют «лесные земли», соответствующие категории «лес» в международных документах [IPCC Guidelines..., 2006]. На предварительном этапе нами детализированы учетные единицы углеродного бюджета регионального уровня и пространственно локализованы полигоны лесных земель в границах объекта исследований.

В сети Интернет выложены несколько карт мира с границами лесов и различным тематическим содержанием, которые составлены по данным дистанционного зондирования в последние годы. К наиболее известным относятся тематические карты лесов, подготовленные ФАО ООН [<http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/main.home>], научным коллективом из Университета

Мэриленда, США [<http://earthenginepartners.appspot.com/google.com/science-2013-global-forest>], гибридная карта, скомпилированная из всех упомянутых источников группой исследователей Института прикладного системного анализа (IIASA), Австрия [Schepaschenko, 2015].

Для пространственного представления лесотаксационных характеристик, входных параметров для расчетов депонирования углерода и углеродного бюджета в границах лесных земель, выполнено преобразование карты лесов Российской Федерации, дифференцированных по преобладающим группам древесных пород и сомкнутости древесного полога [Барталев и др., 2004]. Карта подготовлена по результатам дешифрирования космических снимков MODIS с пространственным разрешением 250 м в видимом диапазоне электромагнитного спектра, имеет географическую привязку и размещена в открытом доступе в растровых форматах (TIFF и ArcInfo GRID). Выполнена векторизация растра с подразделением площадных объектов (полигонов) на две группы: лесные и нелесные земли. Полученная пространственная основа (базовая карта) в последующем использована для дифференциации экосистем лесного района по обобщенным лесотаксационным данным, которые необходимы для подсчета углеродного бюджета, визуализации численных оценок депонированного лесами углерода, т.е. дополнения расчетов пространственным аспектом представления исходных данных и полученных результатов.

Российская система оценки антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов инициирована Распоряжением Правительства от 01.03.2006 № 278-р (в ред. 10.03.2009). Национальная отчетность по сектору ЗИЗЛХ, так же как и оценки углеродного бюджета, сделанные для национального и регионального уровней подавляющим большинством научных коллективов, основаны на использовании материалов учета лесов России – данных государственного лесного реестра (ГЛР) или, до введения в действие лесного законодательства в 2007 г., – данных государственного учета лесного фонда (ГУЛФ). Для экспериментальных работ по оценке депонирования углерода лесами и углеродного бюджета в границах объекта исследований нами использованы данные ГЛР за 2014 г. на уровне лесничеств (территориальных единиц управления лесами).

Методика оценки годичного депонирования углерода лесными экосистемами в границах лесного района хвойно-широколиственных (смешанных) лесов исходит из наставлений, разработанных группой экспертов МГЭИК ООН [<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp>]. Для оценки годичного депонирования углерода лесными экосистемами использовано уравнение расчета по среднегодовому приращению (приросту) запаса древесины с пересчетом в фитомассу и последующим вычислением чистой экосистемной (NEP) и чистой биомной продукции (NBP). Расчеты проведены Б.Н. Моисеевым по методике, изложенной в работе [Моисеев, 2009].

Результаты исследований и их обсуждение. Проведен анализ основных характеристик объекта исследований, существенных для оценки потенциала лесов по депонированию углерода. Основными характеристиками ресурсного и экологического потенциала служат породный состав лесов, возрастная структура, средние запасы стволовой древесины. Продуктивность древостоев напрямую зависит от степени богатства лесорастительных условий, которые характеризует класс бонитета насаждения. Показатель средний годичный прирост, т.е. скорость накопления запаса древесины определенной группы пород (древесной породы) за определенный период времени или приращение запаса древесины за год, характеризует производительность лесов.

Разработаны тематические карты с пространственным представлением характеристик ресурсного и экологического потенциала лесов: пространственной представленности преобладающих древесных пород в границах учетных единиц, распределения основных преобладающих групп пород (хвойных, мягколиственных, твердолиственных) по группам возраста, среднего возраста насаждений, преобладающих бонитетов основных групп пород, преобладающих средних запасов древесины основных групп пород, средних годичных приростов древесины основных групп пород и т.д. Все ресурсно-экологические показатели локализованы в границах полигонов лесных земель – учетных единиц углеродного бюджета лесов. Показатели изображены на картах способом уточненной картограммы. Карты составлены в программной среде ArcGIS for Desktop.

Хвойно-широколиственные (смешанные) леса Европейско-Уральской части России являются наиболее производительными в стране. Общий запас древесины в лесах объекта исследований составляет $4,7 \pm 0,16$ млрд. м^3 при запасе древесины на 1 га покрытых лесом земель 169 ± 23 $\text{м}^3/\text{га}$, тогда как в среднем по стране он равен 104 м^3 . В зоне хвойно-широколиственных лесов наиболее высокие по стране и показатели продуктивности. Общий средний прирост запаса древесины составляет $94,7 \pm 3,3$ млн $\text{м}^3/\text{год}$, а его относительная величина – годичный прирост на единицу площади (1 га) в среднем составляет $3,4 \pm 0,41$ $\text{м}^3/\text{га} \cdot \text{год}$. Для справки, средний прирост запаса древесины в лесном фонде России не превышает $1,3$ $\text{м}^3/\text{га} \cdot \text{год}$. Наибольший годичный прирост запаса отмечен в Калининградской, Брянской, Тульской областях – более 4 $\text{м}^3/\text{га} \cdot \text{год}$.

Исходя из величины общего среднего прироста запаса древесины по данным государственного лесного реестра (ГЛР) за 2014 г. рассчитаны показатели годичного накопления углерода экосистемами (NEP) по лесничествам, приуроченным к зоне хвойно-широколиственных (смешанных) лесов и углеродного бюджета (NBP). Выполненные работы проиллюстрированы рисунком. Карты дают представление о величине годичного депонирования углерода (NEP) разными типами лесных экосистем зоны хвойно-широколиственных лесов ЕУЧР и пространственном его распределении, а также об углеродном бюджете лесов региона (NBP). Установлено, что наибольшие средние значения чистой экосистемной (NEP) и чистой биомной продукции (NBP) на единицу площади (1 га) в год, приходятся на леса Калининградской (Нестеровское лесничество), Смоленской (Демидовское, Шумячское), Брянской (Дубровское) Тульской (Белевское, Тульское, Одоевское лесничества) областей и Республики Мордовия (Вышинское и Темниковское лесничества).

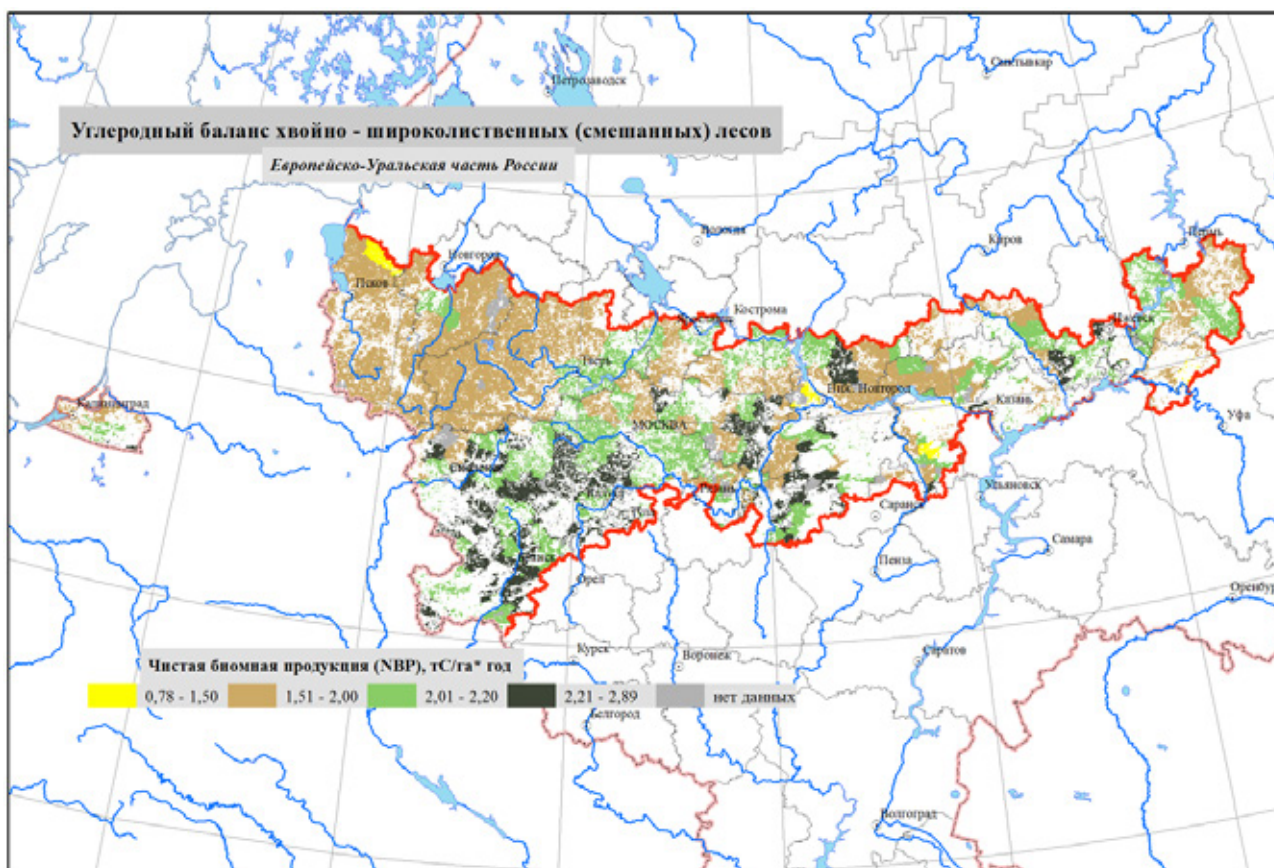


Рис. 1. Углеродный баланс хвойно-широколиственных (смешанных) лесов

Расчеты годичного депонирования и суммарные оценки потоков углерода в экосистемах хвойно-широколиственных (смешанных) лесов ЕУЧР, выполненные нами, схожи с численными оценками показателей для лесов этой же территории, сделанными авторитетным

научным коллективом ИАASA [Швиденко, 2014]. Расхождения оценок находятся в пределах стандартных ошибок расчетов.

Выводы. С помощью ГИС идентифицированы учетные единицы углеродного бюджета лесов регионального уровня. На примере зоны хвойно-широколиственных (смешанных) лесов выполнена оценка ресурсного и экологического потенциала лесов и дано территориально-пространственное представление результатов модельных расчетов депонирования углерода и баланса углерода регионального уровня. Карты дополняют анализ экологического потенциала лесов по сокращению эмиссий углекислого газа в атмосферу и модельные оценки территориально-пространственным аспектом.

Возможности ГИС для поддержки климатических исследований, связанных с оценкой экологического потенциала лесов, пока не реализованы в полной мере. Углерододепонирующий потенциал лесов рассматривается как один из экосистемных сервисов в контексте глобальных климатических изменений. Это направление исследований относится к наиболее популярным и развивающимся международным научным сообществом. Экосистемные услуги лесов, прежде всего связанные с преодолением последствий климатических изменений, в ближайшем будущем могут приобрести даже большую значимость, чем их ресурсный потенциал, ориентированный на удовлетворение потребностей в древесном сырье и иной недревесной продукции.

Благодарности. Исследование выполнено в рамках государственного задания Федеральному бюджетному учреждению «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства» (ФБУ ВНИИЛМ), утвержденного приказом Федерального агентства лесного хозяйства от 26.12.2014 № 507.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Барталев С.А., Еришов Д.В., Исаев А.С., Потапов П.В., Турубанова С.А., Ярошенко А.Ю.* Карта лесов Российской Федерации. Масштаб 1: 14.000.000. М., 2004, <http://www.forestforum.ru/gis.php>.
2. *Замолодчиков Д., Грабовский В., Куриц В.* Управление балансом углерода лесов России: прошлое, настоящее, будущее. – Устойчивое лесопользование, 2014. № 2 (39). С. 23–31.
3. Руководящие указания по эффективной практике для землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства. Программа МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. М.: МГЭИК: ВМО, 2003. 330 с.
4. *Моисеев Б.Н., Филипчук А.Н.* Методика МГЭИК для расчета годичного депонирования углерода и оценка ее применения для лесов России – Лесн. хоз-во, 2009, № 4. С. 11–13.
5. *Швиденко А.З., Щепашенко Д.Г.* Углеродный бюджет лесов России. – Сибирский лесной журнал, 2014. № 1. С. 69–92.
6. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (2006). Available at: <http://www.ipcc-nggip>.
7. *Kurz W.A., Dymond C.C., White T.M., Stinson G., Shaw C.H., Rampley G.J., Smith C., Simpson B.N., Nielson E.T., Trofimow J.A., Metsaranta J., Apps M.J.* CMS-CFS3: A model of carbon-dynamics in forestry and land-use change implementing IPCC standards. – Ecological Modelling 2009, 220, pp.480-504. doi:10.111016/j.ecolmodel.2008.10.018.
8. *Schepaschenko D.G., Shvidenko A.Z., Lesiv M.Yu. Ontikov P.V., Schepaschenko M.V., Kraxner F.* Estimation of Forest Area and its Dynamics in Russia Based on Synthesis of Remote Sensing Products. – Contemporary Problems of Ecology, 2015, Vol. 8, No 7, doi: 10.1134/S1995425515070136.
9. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml.
10. (<http://earthenginepartners.appspot.com/google.com/science-2013-global-forest>).
11. <http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/main.home>.

CARTOGRAPHIC SUPPORT THE CARBON BUDGET ESTIMATIONS OF FOREST ECOSYSTEMS

Abstract. *Forests are one of the most common and productive types of terrestrial ecosystems, with a significant contribution to the carbon budget of the atmosphere. Forests are recognized as the most reliable system to prevent the greenhouse effect, taking into consideration the scale of carbon sequestration and, especially, the long period of accumulation. Long life cycle of major forest tree species and the slow biological turnover of substances in ecosystems of the boreal and temperate zone contribute to the accumulation of carbon not only in forest biomass, but also in the detritus, humus forest soils and peat. Due to long term accumulation of stored carbon in forest ecosystems is achieved by the biosphere effect associated with the absorption of greenhouse gases and the prevention of changes in the climate system of the Earth.*

The aim of our study was to identify the carbon budget units at the regional level by GIS, to assess the resource and ecological potential of forests and to map the results of model calculations of forest carbon sequestration and carbon balance at the regional level.

Key words: *carbon sequestration by forests, forests ecosystem services, carbon budget, GIS, thematic maps.*

Acknowledgement. The study was performed in the framework of the state assignment for the Federal Budget Institution «Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry»(FBU VNIILM) approved by Russian Federal Forestry Agency (order of the Federal forestry Agency of 26.12.2014 № 507).

REFERENCES

1. Bartalev S.A., Ershov D.V., Isaev A.S., Potapov P.V., Turubanova S.A., Jaroshenko A. Ju. Karta lesov Rossijskoj Federacii [Forest Map of the Russian Federation] Masshtab 1:14000000 [Scale 1:14000 000]. M., 2004, <http://www.forestforum.ru/gis.php> (in Russian).
2. Zamolodchikov D., Grabovskii V., Kurts V. Upravlenie balansom ugleroda lesov Rossii: proshloe, nastoiashchee i budushchee [Carbon balance management of Russian forests: Past, Present and Future]. Ustoichivoe lesopol'zovanie [Sustainable forest management], 2014. No. 2(39). pp. 23–31 (in Russian).
3. *Rukovodiashchie ukazaniia po effektivnoi praktike dlia zemlepol'zovaniia, izmenenii v zemlepol'zovanii i lesnogo khoziaistva. Programma MGEIK po natsional'nym kadastram parnikovykh gazov* [IPCC Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme]. Moscow, MGEIK: VMO, 2003, 330 p. Available at: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_files/Chp3/Chp3_2_Forest Land.pdf.
4. Moiseev B.N., Filipchuk A.N. Metodika MGEIK dlia rascheta godichnogo deponirovaniia ugleroda i otsenka ee primeneniia dlia lesov Rossii [IPCC methodology for the calculation of the annual carbon sequestration and evaluation of its application for the Russian forest]. Lesnoe khoziaistvo [Forestry], 2009. No 4. Pp.11–13 (in Russian).
5. Shvidenko A.Z., Shchepashchenko D.G. Uglerodnyi biudzheth lesov Rossii [The Carbon Budget of Russian Forests]. Sibirskii lesnoi zhurnal [Siberian Forest Journal], 2014. No. 1. Pp. 69–92 (in Russian).
6. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories (2006). Available at: <http://www.ipcc-nggip>.

¹ Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry (FBU VNIILM) Pushkino, Moscow region, 141200, Russia, leading researcher, PhD; e-mail: nat-malysheva@yandex.ru.

² Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry (FBU VNIILM) Pushkino, Moscow region, 141200, Russia, senior researcher; e-mail: tzolina@gmail.com.

7. Kurz W.A., Dymond C.C., White T.M., Stinson G., Shaw C.H., Rampley G.J., Smith C., Simpson B.N., Nielson E.T., Trofimow J.A., Metsaranta J., Apps M.J. CMS-CFS3: A model of carbon-dynamics in forestry and land-use change implementing IPCC standards. – Ecological Modelling 2009, 220, pp. 480–504. doi:10.111016/j.ecolmodel.2008.10.018.

8. Schepaschenko D.G., Shvidenko A.Z., Lesiv M. Yu. Ontikov P.V., Schepaschenko M.V., Kraxner F. Estimation of Forest Area and its Dynamics in Russia Based on Synthesis of Remote Sensing Products. – Contemporary Problems of Ecology, 2015, Vol. 8, No 7, doi: 10.1134/S1995425515070136.

9. http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml.

10. (<http://earthenginepartners.appspot.com/google.com/science-2013-global-forest>).

11. <http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/main.home>.

УДК 528.44

Ю.Ю. Яковенко¹, Я.Г. Пошивайло², А.М. Яковенко³

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ЗОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕГО СЕМИПАЛАТИНСКОГО ЯДЕРНОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

Резюме. В статье представлены результаты проведения радиоэкологической оценки загрязнения территории бывшего Семипалатинского ядерного испытательного полигона. Разработана методика радиоэкологического зонирования методами геоинформационного картографирования, включающая в себя определение количественных и качественных критериев для зонирования по степени поверхностного загрязнения почвенного покрова, подвергшегося техногенному радиационному воздействию.

В результате такого зонирования можно объективно оценить степень радиационного воздействия на обследованные территории, выявить участки с высоким радиационным фоном и четко определить их границы, представляющие потенциальный риск для населения, проживающего или ведущего хозяйственную деятельность на данных территориях.

Ключевые слова: ядерный полигон, зонирование, базовые параметры загрязнения, радиоэкологические исследования, уровни загрязнения.

Введение. Семипалатинский испытательный полигон (СИП) площадью около 18,4 тысячи квадратных километров расположен на территориях трех областей республики Казахстан – Восточно-Казахстанской (54%), Павлодарской (39%) и Карагандинской (7%). За время функционирования полигона (1949–1989 годы) на его территории было проведено 456 ядерных испытаний, в том числе атмосферные ядерные испытания и модельные эксперименты на площадке «Опытное поле», подземные испытания (в штольнях и скважинах) на площадках «Дегелен», «Балапан» и «Сары-узен».

¹ Филиал «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП НЯЦ РК, 071100, Казахстан, ВКО, г. Курчатов, ул. Красноармейская 2, начальник лаборатории геоинформационных технологий, тел. 8 (72251) 2-58-63; e-mail: yak_julia@mail.ru.

² Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики, тел. (383) 361-06-35; e-mail: yaroslava@ssga.ru.

³ Институт геофизических исследований, 071100, Республики Казахстан, г. Курчатов, площадка Меридиан, Начальник лаборатории топогеодезических исследований, тел. 8 (72251) 2-31-46; e-mail: yakovenko@igr.kz.

В настоящее время территория полигона отнесена к категории земель запаса соответствующих областей. Территория СИП и деятельность на ней регламентируется нормативно-правовыми актами, в соответствии с которыми любая деятельность на ней должна быть лицензирована как деятельность по использованию атомной энергии. Согласно статьи 143 «Земельного Кодекса РК» «...Земельные участки, на которых проводились испытания ядерного оружия, могут быть предоставлены Правительством РК в собственность или землепользование только после завершения всех мероприятий по ликвидации последствий испытания ядерного оружия и комплексного экологического обследования при наличии положительного заключения государственной экологической экспертизы...». Таким образом, для получения заключения экспертизы и определения категории для земель СИП необходимым этапом является проведение комплексного экологического обследования передаваемых земель.

С 2008 года при поддержке Правительства РК было принято решение о проведении комплексного радиоэкологического обследования территории СИП Национальным ядерным центром Республики Казахстан (НЯЦ РК) [Лукашенко, 2014].

Комплексное радиоэкологическое обследование территории охватывает изучение характера и уровней загрязнения всех компонентов природной среды для всех дозообразующих искусственных радионуклидов, представляющих потенциальный риск для населения, проживающего или ведущего хозяйственную деятельность на данных территориях. Объектами исследований являются почвенно-растительный покров, водная и воздушная среды на исследуемой территории.

Для проведения оценки и разработки рекомендаций по дальнейшему использованию земель СИП необходимо провести зонирование территорий по степени радиоактивного загрязнения природных сред – радиоэкологическое зонирование, результаты которого помогут объективно оценить степень радиационного воздействия на обследованные территории, выявить участки с высоким радиационным фоном и четко определить их границы.

Окончательный вывод о пригодности исследованной территории и использовании ее в хозяйственной деятельности основывается на результатах оценки дозовых нагрузок на население, которое в дальнейшем будет находиться на данной территории (предельно допустимая эффективная доза для населения составляет 1 м^3 в/год согласно Нормам радиационной безопасности). Информация о содержании радионуклидов в верхнем слое почвы (поверхностное загрязнение) является основой для расчетов доз облучения населения на исследуемой территории.

В основу выделения зон при радиоэкологическом зонировании положены, в первую очередь, особенности поверхностного загрязнения, которые непосредственно влияют на формирование радиационной ситуации на территории полигона.

В литературе зоной называют участок территории, выделенный с определенной целью по количественным и качественным критериям, для реализации конкретных функций [Истомина и др., 2000].

Для оптимизации проведения радиоэкологических исследований с применением методов геоинформационного картографирования необходимо определить данные критерии и разработать схему зонирования по степени поверхностного загрязнения территорий, подвергшихся техногенному радиационному воздействию.

Материалы и методы исследований. Территория полигона, где непосредственно проводились испытания – основные технические площадки «Опытное поле», «4», «4А», Балапан», «Дегелен» и «Сары-Узень», использоваться для проживания человека и ведения хозяйственной деятельности никогда не будут, это 9% от общей площади территории полигона. Поэтому план проведения исследований поверхностного загрязнения предусматривает обследование территории за пределами технических площадок.

Методология детального проведения радиоэкологических исследований представлена на рисунке (рис. 1).



Рис. 1. Схема проведения радиоэкологических исследований

С учетом всех особенностей поверхностного загрязнения принят следующий план исследования [Уставич и др., 2014]:

- отбор проб почвы по сетке 1x1 км со сгущением при необходимости;
- глубина отбора проб почвы 0–5 см, площадь отбора 10 x 10 см;
- гамма-спектрометрический анализ ^{137}Cs , ^{241}Am (^{60}Co , $^{152,154}\text{Eu}$);
- радиохимический анализ $^{238, 239+240}\text{Pu}$, ^{90}Sr .

Чтобы разработать алгоритм и автоматизировать процесс зонирования территории с помощью ГИС, необходимо определить факторы, которые влияют на размер и форму зон, какие зоны считать незагрязненными (фоновыми), затем разработать схему зонирования территории.

Качественные характеристики поверхностного загрязнения. К основным радиационным событиям, определяющим радиоактивное загрязнение поверхности территории Семипалатинского полигона, относятся:

- воздушные, приземные, наземные ядерные испытания и модельные эксперименты, проведенные на территории площадки «Опытное поле»;
- испытания боевых радиоактивных веществ на площадках «4» и «4а»;
- подземные ядерные испытания в штольнях (горизонтальная горная выработка) и скважинах, а также с выбросом грунта на площадках «Балапан», «Дегелен» и «Сары-Узень» и «Телькем».

Анализ и систематизация собранных исторических материалов, результатов аэрогам-массеток, проведенных на территории Семипалатинского полигона (рис. 2) и частичные площадные наземные исследования, позволили выявить общую картину радиационной обстановки на полигоне.

На текущий момент можно выделить 4 основных типа поверхностного радиоактивного загрязнения местности за пределами технических площадок, которые определяют пространственные параметры радиационного поверхностного загрязнения:

1. Следы радиоактивных выпадений от взрывов большой мощности, вышедшие за пределы мест проведения испытаний более чем на 100 км.
2. Следы радиоактивных выпадений от ядерных испытаний средней и малой мощности, вышедшие за пределы мест проведения испытаний от нескольких километров до 20–30 км. К

данному типу загрязнения можно отнести и радиоактивные выпадения, сформированные в результате экскавационных ядерных взрывов («Атомное озеро», скважины на площадке «Сары-Узень»), а также испытания с нештатной радиационной ситуацией (аварийные выбросы) на площадках «Дегелен» и «Балапан».

3. Радиоактивное загрязнение русел водотоков вследствие выноса техногенных радионуклидов из мест проведения ядерных испытаний за пределы технических площадок – ручьи горного массива Дегелен, река Шаган.

4. Радиоактивные «пятна» площадью в несколько квадратных километров, расположенные на удалении от мест проведения испытаний и вне основных следов радиоактивных выпадений. Данный тип загрязнения был зафиксирован в результате проведения комплексных исследований, проводимых Национальным ядерным центром Республики Казахстан с 2008 г. [Кобзарь, 2006].

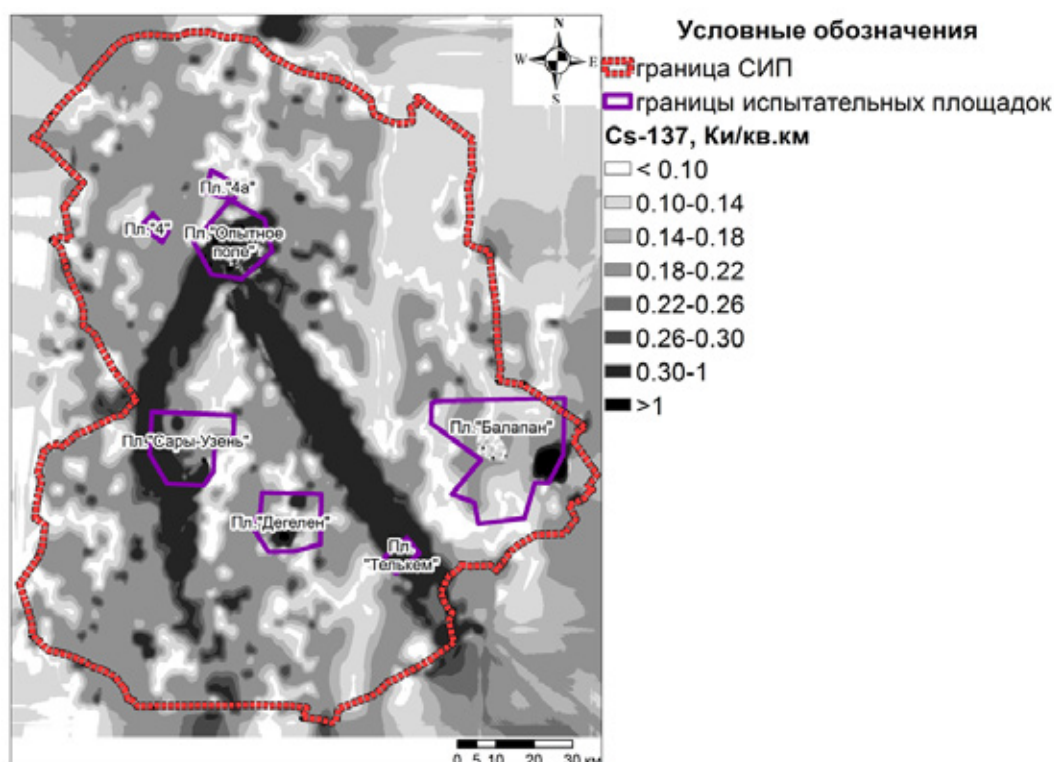


Рис. 2. Распределение ^{137}Cs на территории СИП по результатам аэрогаммасъемки 1991 г.

Третий тип загрязнения не рассматривается как критерий в рамках данной статьи, так требует дополнительных исследований других сред окружающей среды кроме почвы.

Площадное загрязнение (территория следа радиоактивного облака) первого и второго типа можно классифицировать следующим образом: следы от взрывов, по расчетным оценкам, длина которых составляет 15–100 км и ширина 7–12 км. Распределение активности происходит вдоль оси следа и в направлении, ортогональном оси следа облака взрыва.

Размеры четвертого типа загрязнения – «пятен», расположенных вне основных следов радиоактивных выпадений и на значительном удалении от технических площадок СИП, составляют в ширину – 1–3 км, в длину – 1–8 км. Принятая схема обследования по сети 1x1 км позволяет обнаруживать радиоактивные «пятна» площадью несколько квадратных километров, что сопоставимо с площадями выпаса скота и сенокосными угодьями. Говоря иначе, при исследовании территорий, которые планируется использовать для хозяйственной деятельности, принятая схема обследования гарантирует обнаружение участков радиоактивного загрязнения площадью, соизмеримой с размерами сельхозугодий.

Очевидно, что на СИП существуют и более «мелкие» участки радиоактивного загрязнения, площадью менее 1 квадратного километра, которые практически невозможно выявить при обследовании территории по сети 1x1 км. Однако, необходимо понимать, что если рассматривать сценарий «фермер, ведущий натуральное хозяйство», который предусматривает выпас скота (20–30 квадратных километров, в зависимости от вида животных) на данной территории, вклад в дозу облучения радиоактивного «пятна» площадью, например, 5 квадратных километров будет нивелироваться разницей в площадях. К тому же, выпас животных отличается от стойлового содержания, т.е. животные практически все время выпаса передвигаются, а значит остаются в зоне влияния «пятна» непродолжительное время.

Размеры «пятен» и «следов» различны и зависят от мощности взрывов, конкретной метеорологической обстановки, ландшафтной обстановки в местах проведения взрывов. Площадь «пятна», не влияющего на общую годовую дозу, полученную человеком, учитывая все входные параметры, условно принята 5 км², в дальнейшем необходимо подтвердить данный параметр расчетным путем.

Количественные характеристики поверхностного загрязнения. Основными источниками радиоактивного поверхностного загрязнения территории вследствие рассматриваемых ядерных взрывов к данному времени, являются активность долгоживущих радионуклидов ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs и активность изотопов Pu. Определяющее значение указанных радионуклидов обусловлено их относительно большой наработкой в ядерных взрывах, высоким биологическим действием, значительным промежутком времени с момента проведения взрывов, вследствие чего активность более короткоживущих радионуклидов исчезла или резко снизилась из-за их естественного распада.

Количественные значения активности искусственных радионуклидов в почвенном покрове на исследуемой территории определяются по результатам комплексных гамма-, бета- и альфа-спектрометрических измерений образцов верхнего слоя почвы (0–5 см). Принятый комплексный подход позволяет идентифицировать максимально возможное количество долгоживущих радионуклидов, формирующих дозу облучения от техногенных источников излучения. Так, содержание ¹³⁷Cs и ²⁴¹Am в почве определялось гамма-спектрометрическим методом; концентрация ⁹⁰Sr и ²³⁸Pu, ²³⁹⁺²⁴⁰Pu – спектрометрическими измерениями после предварительной радиохимической подготовки образца. Радионуклиды ⁶⁰Co, ¹⁵²Eu, ¹⁵⁴Eu и др. также идентифицируются, если их содержание в почве находится на уровне выше предела измерений спектрометрической аппаратуры.

Однако радиохимический анализ ²³⁹⁺²⁴⁰Pu и ⁹⁰Sr является очень затратным. А в силу своего происхождения, ²³⁹⁺²⁴⁰Pu генетически связан с ²⁴¹Am, а ⁹⁰Sr с ¹³⁷Cs, поэтому для определения количественного критерия для зонирования территории будут рассматриваться именно результаты гамма-спектрометрических анализов ²⁴¹Am и ¹³⁷Cs.

На начальных этапах исследований количественным критерием для зонирования территории по степени загрязнения являлась только одна более или менее достоверная величина – «фон глобальных выпадений» для данной территории.

Глобальные выпадения обусловлены мелкодисперсными аэрозольными частицами, долгое время находящимися в тропосфере и стратосфере после чрезвычайных ситуаций. Затем искусственные радионуклиды из атмосферы с осадками и сухими выпадениями поступают на поверхностный слой почвы – глобальные выпадения. Плотность (фон) глобальных выпадений зависит от географической широты местности, от времени, прошедшего после выброса искусственных радионуклидов в атмосферу, от сезона и сильно зависит от метеорологических факторов.

Но эта величина не может однозначно характеризовать загрязнение территории полигона и прилегающей к нему территории. Это связано с тем, что территория полигона и прилегающие территории находятся в зоне ближних радиоактивных выпадений и, как следствие, подверглась гораздо большему радиоактивному воздействию, чем зона дальних выпадений.

Для расчета фона территории СИП были проанализированы данные, полученные за несколько лет проведения комплексных исследований на его территории. Был обобщен весь

накопленный материал и на его основе определены базовые параметры, характеризующие «фоновые территории СИП» [Каширский и др., 2013].

Данные территории располагаются в географически разных частях полигона и на существенно разном расстоянии от основного источника поверхностного загрязнения – площадки «Опытное поле». Для проведения статистического анализа имеющиеся результаты по всем проведенным радиологическим исследованиям были объединены в один общий массив. После анализа объединенных данных, полученные средние значения удельных активностей ^{137}Cs и ^{241}Am в почве с 10 % интервалом (10 % интервал был выбран исходя из того, что 10 % это стандартная погрешность гамма-спектрометрического анализа) были определены как базовые параметры (БП), характеризующие фоновые территории СИП – «условно-фоновые» (таблица 1).

Таблица 1

Базовые параметры для «условно-фоновых» территорий СИП

Вид радионуклида	^{137}Cs	^{241}Am
БП, Бк/кг	18	0,9

Обработка результатов исследований. Один из важных этапов исследования поверхностного загрязнения территории – обработка и анализ полученных результатов. Большой массив данных, полученный в результате исследований и характеризующий распределение радионуклидного загрязнения на местности, необходимо анализировать таким образом, чтобы в первую очередь приёмы обработки экспериментальных данных позволили делать обоснованные выводы о степени загрязнения, что в значительной мере повышает эффективность радиоэкологических исследований.

Обработка и анализ данных осуществляется методами математической статистики в несколько этапов:

1. Расчет статистических параметров: объем распределения (количество данных), средняя арифметическая, среднее квадратичное отклонение, коэффициент вариации.

2. Определение выпадов (аномально высоких значений) и исключение их из общего массива данных.

Для получения достоверных результатов статистической обработки весь массив данных анализируется на наличие выпадов – значений, резко отличающиеся от остальных данных в выборке. Выпады являются единичными случаями проявления активности в определенном измерении в силу различных обстоятельств. Их наличие не характеризует площадное загрязнение, за исключением площадок проведения ядерных испытаний, где количество выпадов может быть достаточно большим. Для определения выпадов используется нормированное отклонение – показатель ценности измерения по отношению к общему массиву данных. После исключения выпадов повторяется этап 1.

3. Составление вариационного ряда (гистограммы).

Существуют различные рекомендации по составлению ряда, которых мы придерживаемся [Кобзарь, 2006]. Обобщаем все расчеты в общую таблицу и строим вариационный ряд в виде гистограммы, ординатами которой являются частоты, абсциссами – середины классов.

4. Функция распределения. Проверка с применением критерия Пирсона χ^2 (хи-квадрат) гипотезы о соответствии распределения радионуклида нормальному (логнормальному) закону распределения.

При логнормальном распределении для расчета средней величины используют среднюю геометрическую величину. Средняя геометрическая, как правило, незначительно отличается по величине от средней арифметической (всегда меньше). Поэтому, исходя из данного соотношения, для характеристики данных берется средняя арифметическая как «оценка сверху».

Результаты исследований и их обсуждение. На первоначальном этапе проведения исследований для выявления зон с повышенными значениями удельной активности искус-

ственных радионуклидов использовался метод построения графиков распределения значений удельной активности ^{137}Cs и ^{241}Am вдоль профилей (рис. 3) [Айдарханов, 2013].

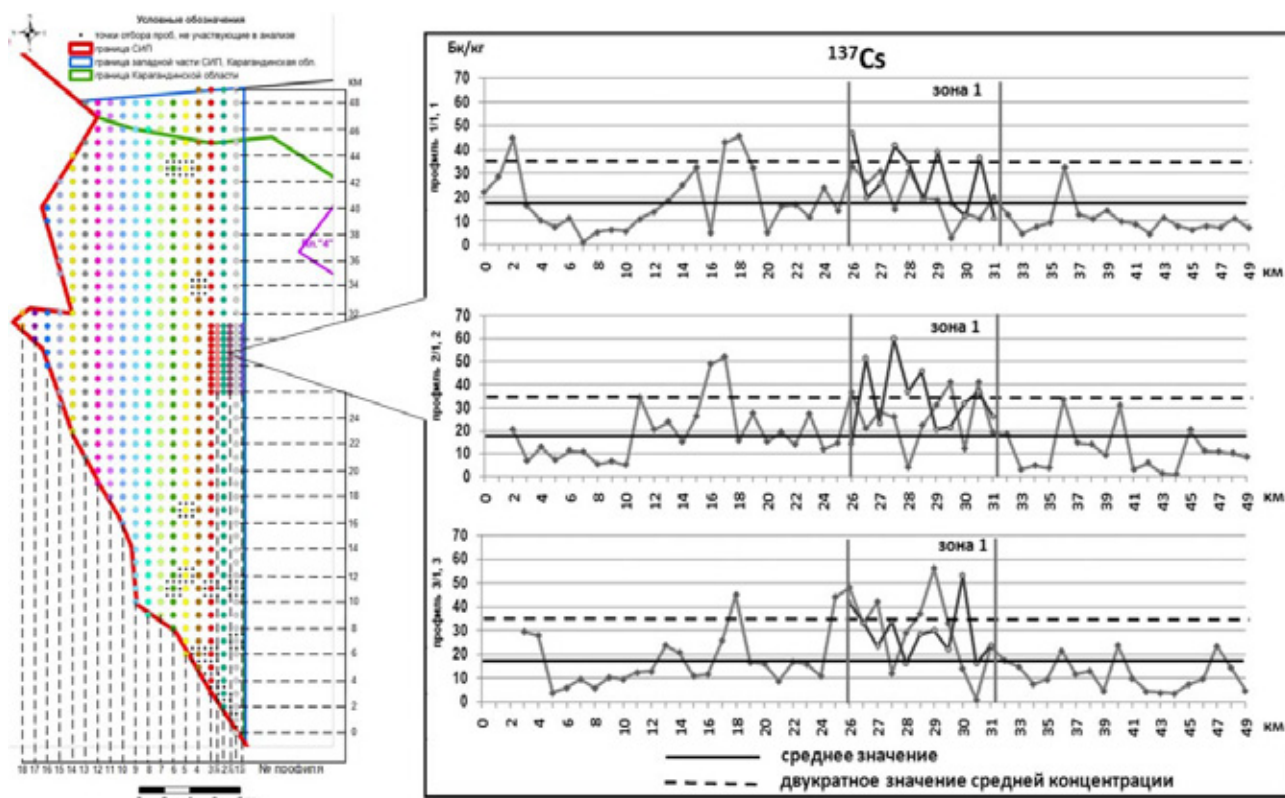


Рис. 3. Графики значений концентраций ^{137}Cs в почве по шести профилям

Однако, вариативность значений высока: для профиля 2–3 раза, для зоны – 2 раза. Это затрудняет анализ данных не увеличивая количество образцов. Поэтому от этого метода постепенно отказались.

Поиск очагов загрязнения и фоновых величин содержания радиоактивных элементов только с помощью методов математической статистики не дает должного эффекта. Нужно использовать в комплексе методы статистики и геостатистики, так как все данные имеют пространственную привязку. Опора на геостатистический анализ позволяет значительно повысить уровень надежности и качество решений, принимаемых при использовании пространственно-распределенной информации. Наиболее удобный способ для решения нашей задачи – метод с использованием геоинформационного картографирования с учетом количественных и качественных критериев.

Итак, пространственные параметры радиационного поверхностного загрязнения можно определить следующим образом:

- локальные радиоактивные «пятна» площадью менее 5 км^2 не являются зоной «с повышенными концентрациями»;
- площадное загрязнение (в том числе территории следов) более 5 км^2 являются зоной «с повышенными концентрациями»;
- форма зоны вытянута вдоль оси следа (критерий-форма).

Для проведения зонирования территории по степени радиоактивного загрязнения был выбран следующий количественный критерий: содержание радионуклидов в почвах территории считается фоновым (территория незагрязненной), если значения содержания радионуклидов не превышают БП.

Учитывая данные критерии, разработана методика проведения зонирования, которая представлена в виде схемы (рис. 4).

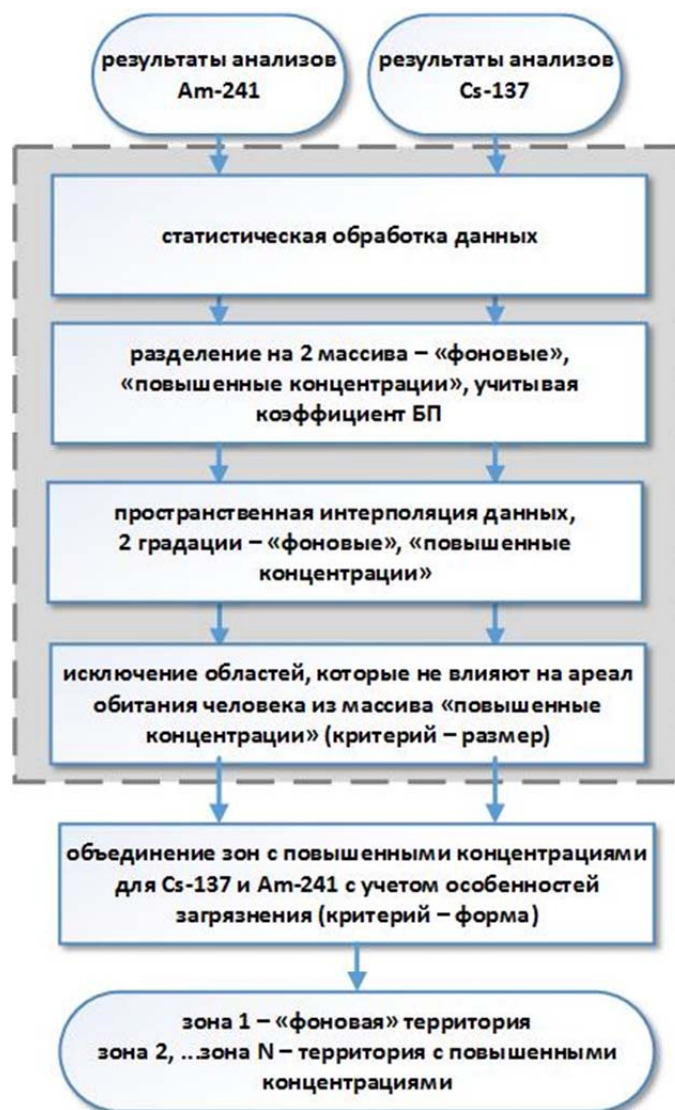


Рис. 4. Схема зонирования территории

На данной схеме определены этапы обработки данных для проведения зонирования. Сначала необходимо параллельно обработать два массива данных по ^{137}Cs и ^{241}Am : статистический анализ исходных данных (массива), полученный в результате анализа проб, затем сравнение средних концентраций радионуклида с критерием «базовых параметров». Следующий этап – это разделение данных на две генеральные совокупности: «фоновые» и «повышенные концентрации». Следующим шагом строятся и обрабатывают изолинии (геостатистика) – построение карт площадного распределения (кригинг) с двумя градациями с учетом пространственных параметров и исключение зон, не попадающих под данные параметры.

И завершающий этап – это объединение зон с общими границами по радионуклидам ^{137}Cs и ^{241}Am с учетом особенностей загрязнения (форма зоны).

В итоге выделенная зона (зоны), удовлетворяющая БП, является условно-фоновой (причем в пространстве это может быть не единая площадь), а остальные зоны (зона) – это зоны с повышенной концентрацией. Происхождение которых необходимо дополнительно выяснять.

Данная методика позволит ввести элементы автоматизации в процесс зонирования территории с помощью ГИС и опробовать это на практике.

Выводы. Для проведения радиоэкологической оценки поверхностного загрязнения необходимо произвести зонирование территорий по степени загрязненности, в результате такого зонирования можно объективно оценить степень радиационного воздействия на об-

следованные территории, выявить участки с высоким радиационным фоном и четко определить их границы, представляющие потенциальный риск для населения, проживающего или ведущего хозяйственную деятельность на данных территориях. Наиболее удобный способ для решения этой задачи – геоинформационное картографирование.

Один из важных этапов современных радиоэкологических исследований – обработка и анализ полученных результатов. Большой массив данных, получаемый в результате радиоэкологических исследований и характеризующий распределение радионуклидного загрязнения, необходимо качественно обрабатывать.

Были определены количественные и качественные критерии для зонирования по степени поверхностного загрязнения территорий, подвергшихся техногенному радиационному воздействию.

Анализ и систематизация исторических материалов, результатов аэрогаммасъемок, и частичные площадные наземные исследования, проведенные ранее, позволили выявить общую картину радиационной обстановки на полигоне и определить качественные характеристики.

Количественные критерии основываются на применении базовых параметров, характеризующих «фоновые территории СИП».

Данные критерии позволили применить методы геоинформационного картографирования и автоматизировать ряд процессов в рамках предлагаемой методики зонирования территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона и опробовать это на практике.

Таким образом, нами сделаны шаги для решения основной задачи, стоящей при обследовании мест радиационного загрязнения техногенного характера – поиск очагов загрязнения и фоновых величин содержания радиоактивных элементов и определения границ разрешенного землепользования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана [Оптимизация исследований территорий Семипалатинского испытательного полигона с целью их передачи в хозяйственный оборот]: монография / под. рук. С.Н. Лукашенко. – Павлодар: Дом печати, 2015. – Вып. 5. – 356 с. – ISBN 978-6017112-99-8.

2. *Истомина Е.А., Черкашин А.К.* Применение математических методов и ГИС-технологий при функциональном зонировании территории // Экология ландшафта и планирование землепользования. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. – С. 98–105.

3. *Каширский В.В., Лукашенко С.Н., Яковенко Ю.Ю., Романенко Е.В.* О некоторых характерных параметрах радионуклидного загрязнения бывшего Семипалатинского испытательного полигона. Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана [Сборник трудов Института радиационной безопасности и экологии за 2011–2012 гг.]. – Вып. 4. – Т. 2. – Павлодар: Дом печати, 2013. – С. 11–23.

4. *Кобзарь А.И.* Прикладная математическая статистика: для инженеров и научных работников / А.И. Кобзарь. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – С. 205–208.

5. *Лукашенко С.Н.* Комплексная оценка современной радиоэкологической ситуации «северной» части Семипалатинского испытательного полигона: авто-реф. дис. канд. биол. наук 03.01.01 / Лукашенко Сергей Николаевич. – Обнинск, 2014. – 22 с.

6. *Уставич Г.А., Зятькова Л.К., Пошивайло Я.Г., Яковенко Ю.Ю.* Применение геоинформационных технологий при составлении карт-схем для мониторинга и оценки радиационной обстановки на Семипалатинском испытательном ядерном полигоне. Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка, 2014. – № 4/С. – С. 200–206.

7. *Aidarkhanov A.O., Lukashenko S.N., Lyakhova O.N., Subbotin S.B., Yakovenko Yu.Yu.* Mechanisms for surface contamination of soils and bottom sediments in the shagan river zone within former semipalatinsk nuclear test site / Journal of Environmental Radioactivity. – 2013. – Vol. 124. – Pp. 163–170.

**DEVELOPMENT OF TECHNIQUE FOR ZONING
THE FORMER SEMIPALATINSK TEST SITE TERRITORY USING
GEOINFORMATIONAL MAPPING**

***Abstract.** The paper presents the results of studies on radio-ecological assessment of pollution carried out at the former Semipalatinsk test site. The technique of radio-ecological zoning with methods of geoinformation mapping, including the determination of qualitative and quantitative criteria depending on the degree of superficial soil layer pollution, exposed to anthropogenic radiative impact, is offered.*

The result of such zoning makes it possible to evaluate the degree of radiation impact on the surveyed area, identify areas with high background radiation and define the borders representing potential risks to the public, residing or carrying out business activities within the area.

***Key words:** nuclear test site, zoning, basic contamination parameters, radioecological researches, contamination levels.*

REFERENCES

1. Aktualnyye voprosy radioekologii Kazakhstana. Optimizatsiya issledovaniy territoriy Semipalatinskogo ispytatelnogo poligona s tselyu ikh peredachi v ekonomicheskoy oborot [Topical issues in radioecology of Kazakhstan. Optimization of studies at territories of the Semipalatinsk test site in order to transfer them to economic turnover]: monograph / Under the guidance of S.N. Lukashenko. – Pavlodar: Dom Pechati [Publishing House], 2015. – Issue 5. – 356 p. – ISBN 978-6017112-99-8.

2. Istomina Ye.A., Cherkashin A.K. Primeneniye matematicheskikh metodov i GIS-tehnologiy pri funktsionalnom zonirovaniy territoriy [Application of mathematical techniques and GIS technologies in functional territorial zoning] // Landscape ecology and land use planning. – Novosibirsk: Izdatelstvo SB RANSB – RAS Printing House, 2000. – Pp. 98–105.

3. Kashirsky V.V., Lukashenko S.N., Yakovenko Yu.Yu., Romanenko Ye.V. O nekotorykh kharakternykh parametrah radionuklidnogo zagryazneniya na byvshem Semipalatinskom ispytatelnom poligone [Concerning some characteristic parameters of radionuclide contamination at the former Semipalatinsk test site]. Topical issues in radioecology of Kazakhstan [Proceedings of the Institute of Radiation Safety and Ecology over 2011–2012]. – Issue 4. – Vol. 2. – Pavlodar: Dom Pechati – Publishing House, 2013. – Pp. 11–23.

4. Kobzar A.I. Prikladnaya matematicheskaya statistika: dlya inzhenerov i nauchnykh rabotnikov [Applied mathematical statistics: for engineers and scientists] / A.I. Kobzar. – M.: FIZMATLIT, 2006. – Pp. 205–208.

5. Lukashenko S.N. Kompleksnaya otsenka sovremennoy radioekologicheskoy situatsii «severnoy» chasti Semipalatinskogo ispytatelnogo poligona: avtoreferat dissertatsii kand. biol. nauk 03.01.01 [Integrated assessment of the current radioecological situation in the «northern» part of the Semipalatinsk test site: author's abstract of a thesis, Cand. Sc. {Biology} 03.01.01] / Lukashenko Sergey Nikolayevich. – Obninsk, 2014. – 22 p.

¹ Brunch «Institute of Radiation Safety and Ecology» of the RSE NNC RK, 071100, Kazakhstan, EKD, Kurchatov city, 2, Krasnoarmeyskaya st, Head of the laboratory for geoinformational technologies, Tel. 8 (72251) 2-58-63; e-mail: Yakovenko_Yu@nnc.kz.

² Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Novosibirsk city, 10, Pahotnogo st., candidate of technical sciences, Associate Professor, Chair of Cartography and geoinformatics, tel. (383) 361-06-35; e-mail: yaroslava@ssga.ru.

³ Head of Laboratory of Topogeodetic Research, Institute of Geophysical Research, 071100, Republic of Kazakhstan, Kurchatov, Meridian site, tel. (722-51)2-31-46; e-mail: yakovenko@igr.kz.

6. Ustavich G.A., Zyatkova L.K., Poshivailo Ya.G, Yakovenko Yu.Yu. Primeneniye geoinformatsionnykh tekhnologiy pri sostavlenii kart-skhem monitoring i otsenki radiatsionnoy situatsii na Semipalatinskoy ispytatel'noy yadernoy poligone [Application of geoinformation technologies in constructing schematic maps to monitor and estimate the radiation situation at the Semipalatinsk nuclear test site]. News of higher education institutions. Geodesy and aerial photography, 2014. – No. 4/S. – Pp. 200–206.

7. Aidarkhanov A.O., Lukashenko S.N., Lyakhova O.N., Subbotin S.B., Yakovenko Yu.Yu. Mechanisms for surface contamination of soils and bottom sediments in the shagan river zone within former semipalatinsk nuclear test site / Journal of Environmental Radioactivity. – 2013. – Vol. 124. – Pp. 163–170.

УДК 581.9

М.Ю. Грищенко¹, А.Е. Гнеденко², М.В. Бочарников³

СОСТАВЛЕНИЕ КРУПНОМАСШТАБНОЙ КАРТЫ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ТИГИРЕЦКОГО ХРЕБТА (АЛТАЙСКИЙ КРАЙ)

Резюме. Изучение растительного покрова важно при исследовании геосистем, так как характер и распределение растительности отражает многие составляющие геосистем. В настоящей работе представлен процесс составления карты растительности на центральную часть Тигирецкого хребта по полевым материалам, полученным в июле 2015 года, и спутниковым снимкам. Составлена карта растительности в масштабе 1:50 000, иллюстрирующая пространственное распределение растительного покрова рассматриваемой территории; выявлены основные закономерности пространственной структуры растительного покрова.

Ключевые слова: картографирование растительности, географическое дешифрирование, Западный Алтай.

Введение. Картографирование растительности является неотъемлемым элементом изучения геосистем. Растительность – индикатор многих параметров среды, так как характер её произрастания и видовой состав обусловлены целым рядом факторов. Одним из важнейших методов изучения растительности является картографический метод, позволяющий отражать на картах пространственные закономерности организации растительного покрова. Актуальность настоящей работы определяется малоизученностью растительного покрова центральной части Тигирецкого хребта, несмотря на его разнообразие, обусловленное наличием большого количества экологических ниш (из-за гористости территории) и пограничным расположением территории на стыке природно-биогеографических областей: Заволжско-Казахстанской, Урало-Сибирской и Алтай-Саянской, откуда происходит занос видов [Огуреева, 1980].

Картографируемая территория расположена в низкогорьях и среднегорьях Тигирецкого хребта в южной части Алтайского края; частично охватывает территорию Тигирецкого заповедника (рис 1). Господствующий горный рельеф территории определяет климатические особенности и закономерности вертикальной поясности основных типов почв и растительности. Характер атмосферных процессов определяется открытостью территории к Северному Ледовитому океану, районам Средней Азии и Казахстана, что обуславливает проникновение на неё как холодных арктических масс, так и теплых тропических [Гвоздецкий и др., 1978].

¹ МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет; e-mail: m.gri@geogr.msu.ru.

² МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет; e-mail: gnedenko.a.e@mail.ru.

³ МГУ им. М.В. Ломоносова, географический факультет; e-mail: maxim-msu-bg@mail.ru.

Положение Тигирекского заповедника на территории Алтайского края



Рис. 1. Положение картографируемого участка на территории Алтайского края

Флора самого заповедника насчитывает 722 вида высших сосудистых растений. Основу растительного покрова Тигирецкого хребта составляют леса черневой тайги, в которых произрастают некоторые растения доледникового периода (третичные реликты): осмориза остистая (*Osmorhiza aristata*), копытень европейский (*Asarum europaeum*), колокольчик широколистный (*Campanula latifolia*) и др. На высотах менее 700 м значительные площади занимает пояс лесостепей, включающий участки степей, кустарниковых зарослей и лесов. На большей части заповедника преобладают осиново-пихтовые леса и кедрово-пихтовые леса, образующие горнотаёжный пояс на высотах 700 – 1200 метров. Высокогорный пояс образуют кедрово-пихтовые редколесья с участками субальпийских, альпийских лугов и горных тундр, занимающие высоты свыше 1200 метров [Труды..., 2011].

Материалы и методы исследования. В качестве основных источников информации использованы данные полевых исследований (геоботанические описания) и спутниковые снимки высокого и очень высокого пространственного разрешения, полученные спутниками Landsat 8 и Spot-5. Использование снимков высокого и очень высокого пространственного разрешения обусловлено не только охватом территории и масштабом составленной карты, но и возможностью применения к ним автоматизированной обработки.

Данные полевых исследований представляют собой полные геоботанические описания, составленные в июне–июле 2015 года, всего составлено 151 описание. Ими охвачен широкий спектр растительных сообществ, типичных для данной местности, и несколько высотных поясов: лесостепной, горнотаёжный и высокогорный. В ходе работы над картой были выбраны наиболее репрезентативные из них для создания эталонов.

Геоботанические описания закладывались в типичных местах на территории каждого фитоценоза и составлялись на пробной площади, размером 100 м². При выраженном рельефе описания закладывались по катене. При выраженной мозаичности растительного покрова проводились описания разных однородных участков и отмечалось процентное соотношение их площади в данном фитоценозе [Методика..., 1938].

Помимо геоботанических описаний, при составлении карты использованы снимки со спутников Spot-5 и Landsat 8, полученные в июле 2014 и июле 2015 года. Пространственное разрешение снимка, полученного со спутника Landsat-8, составляет 30 м, а со спутника Spot-5–10 м. При визуальном дешифрировании снимков использовался синтез в стандартных псевдоцветах – применялась комбинация ближнего инфракрасного, красного и зелёного каналов.

Помимо спутниковых снимков, использована цифровая модель рельефа SRTM для построения горизонталей и карт экспозиций, углов наклона и вогнутости склонов. Эти материалы необходимы при составлении итоговой карты растительности, поскольку растительные сообщества имеют свою экопическую приуроченность. Качество горизонталей, построенных по цифровой модели рельефа, проверено по топографическим картам масштаба 1:50 000 на исследуемую территорию.

Перед дешифрированием космических снимков полевые геоботанические описания структурированы и подготовлены для их использования при дешифрировании.

Предварительно проведена неконтролируемая классификация снимков методом Iso Cluster для оценки качества результатов автоматизированного дешифрирования. По результатам неконтролируемой классификации были достоверно выделены некоторые сообщества, но для итоговой карты этого было недостаточно, поэтому далее проведена контролируемая классификация. Используются результаты контролируемой классификации снимка со спутника Spot-5, как характеризующегося более высоким пространственным разрешением.

Контролируемая классификация с использованием эталонов выполнена методом максимального правдоподобия. Для предотвращения неверной классификации типов растительности, схожих по спектральным характеристикам, из снимка Spot-5 было выделено два участка: предгорный, включающий преимущественно лесостепной пояс, и горный. Поскольку классы имеют разное число эталонных участков, то при классификации им всем был задан равный вес, чтобы классы, к которым формально отнесено большее число пикселей, не вносили погрешность. Классы заданы с учетом их непересечения в поле спектральных яркостей.

По завершению автоматизированного дешифрирования проведено визуальное дешифрирование. Необходимость его проведения обусловлена тем, что растительные сообщества, входящие в состав одного типа растительности, слабо различаются по своим спектральным характеристикам и их автоматизированное дешифрирование затруднительно даже с использованием эталонов. Визуальное дешифрирование проведено на основе данных об экопической приуроченности растительных сообществ и их внешних признаках. Экопическая приуроченность – совокупность условий среды (неорганических), которые составляют местообитание растительного сообщества. То есть различные сообщества имеют свои требования к окружающей среде и произрастают в местах, соответствующих определенным условиям [Работнов, 1976]. Основными условиями, влияющими на распределение растительности, являются гипсометрический уровень, угол наклона рельефа, экспозиция, выгнутость/вогнутость склонов, поскольку они определяют распределение влаги и солнечной радиации. В связи с этим, при проведении визуального дешифрирования использовались карты, построенные на основе цифровой модели рельефа SRTM.

Результатом является карта растительности центральной части Тигирецкого хребта в масштабе 1:50 000 (рис. 2). Оформление карты было выполнено в соответствии с картой растительности из атласа Алтайского края [Атлас..., 1978]. Это обусловлено тем, что карта из атласа включает картографируемую территорию и оформлена в соответствии с рекомендуемой цветовой шкалой для карт растительности. В основу цветового оформления заложены особенности экологических условий фитоценозов (цветовой тон) и их соподчиненность (оттенки цвета).

Результаты и их обсуждение. На основе составленной карты проведен анализ пространственной структуры растительного покрова. Внутри каждого высотного пояса размещение типов растительности характеризуется определенными закономерностями, подчиняющиеся условиям среды. Для их выявления проанализировано соотношение площади контуров различных типов растительности внутри каждого пояса и условия, влияющие на их распространение.

В целом на карте больше представлен лесостепной пояс – 45% от общей площади картографируемой территории, далее следует горнотаёжный пояс, который по общей занимаемой площади немного меньше – 38%. Менее всего представлен высокогорный пояс, площадь которого составляет 17% от площади карты. Такое распределение площадей, занимаемых

высотными поясами, объясняется тем, что картографируемая территория расположена преимущественно в низко- и среднегорной части хребта, соответствующих зоне лесостепей и горной тайги. Высокогорный пояс приурочен к водоразделам отрогов основного хребта, спускаясь ниже по склонам северной экспозиции, что объясняет его малое распространение в пределах картографируемой территории.

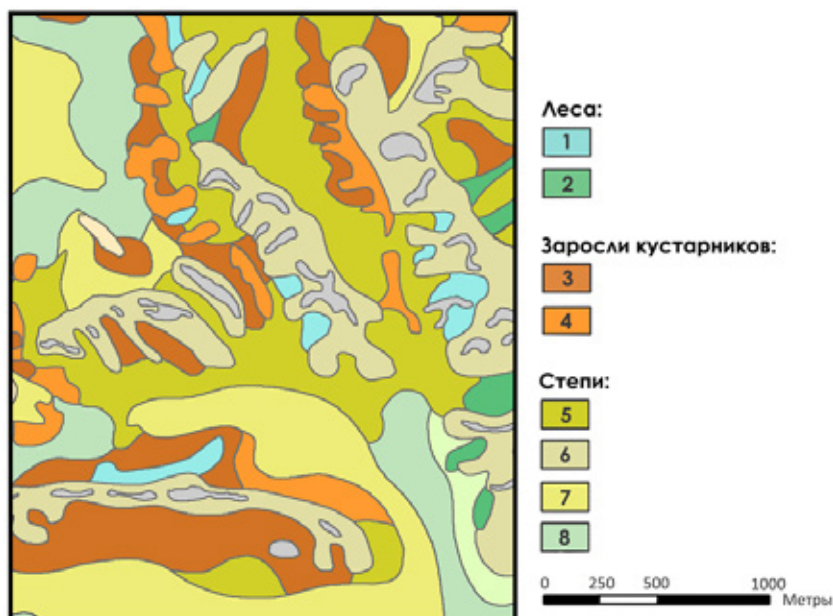


Рис. 2. Фрагмент карты растительности на участок Драгунского плато в лесостепном поясе.

Леса: 1 – Берёзовые (*Betula pendula*) леса по пологим склонам северной экспозиции,

2 – Лиственничные (*Larix sibirica*) леса по крутым склонам северной экспозиции.

Заросли кустарников: 3 – Карагановые (*Caragana arborescens*) сообщества у подножий отдельно стоящих возвышенностей и днища ложбин, 4 – Спирейные (*Spiraea media*) сообщества по бортам балок и склонам средней крутизны западной и восточной экспозиции.

Степи: 5 – Кустарниковые степи (*Spiraea trilobata*, *Rosa spinosissima*) по пологим склонам преимущественно южной экспозиции, 6 – Петрофитно-разнотравно-дерновиннозлаковые (*Orostachys spinosa*, *Sedum hybridum*, *Thymus elegans*) степи по водоразделам и выходам коренных пород на склонах южной экспозиции, 7 – Разнотравно-дерновиннозлаковые луговые (*Stipa pennata*, *Helictotrichon altaicum*) степи по субгоризонтальным поверхностям водоразделам, 8 – Разнотравно-злаковые остепнённые луга (*Dactylis glomerata*, *Phleum phleoides*) по пологим склонам восточной и западной экспозиции.

Установлено, что основными факторами распределения растительного покрова является экспозиция склона, угол наклона и гипсометрический уровень. Для разных поясов их влияние неодинаково: в лесостепном и высокогорном поясе наблюдаются значительные контрасты в распределении типов растительности, в то время как горнотаёжный пояс довольно однородный и смена типов растительности происходит преимущественно со сменой гипсометрического уровня. Наибольшее типологическое разнообразие характерно для лесостепного и высокогорного поясов, что связано с разнообразием факторов, влияющих на распределение типов растительности.

Выводы. По результатам работы сделаны следующие выводы:

1. При проведении автоматизированной классификации снимков горных территорий следует проводить дешифрирование отдельно по предгорьям и горным территориям для предотвращения смещения типов растительности, схожих по спектральным характеристикам.

2. Сочетание автоматизированного и визуального дешифрирования позволяет наиболее детально выделить растительные сообщества: автоматизированное дешифрирование позво-

ляет выделить основные типы растительности и отдельные сообщества, при визуальном дешифрировании возможно наиболее детальное выделение растительных сообществ.

3. Установлены закономерности пространственной структуры растительного покрова на основе составленной карты и вспомогательных карт (углов наклонов, экспозиции склонов, выпуклости-вогнутости склонов). Для разных поясов их влияние неодинаково: в лесостепном и высокогорном поясе наблюдаются значительные контрасты в распределении типов растительности, в то время как горнотаёжный пояс довольно однородный и смена типов растительности происходит преимущественно со сменой гипсометрического уровня.

4. Распределение занимаемых площадей для высотных поясов неодинаково: в большей степени представлены пояса лесостепной и горнотаёжной, что связано со среднегорным рельефом территории: высокогорный пояс расположен в верхней части основного хребта и его отрогов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гвоздецкий Н.А., Михайлов Н.И. Физическая география СССР. Азиатская часть. – М.: Мысль, 1978. – 512 с.
2. Методика полевых геоботанических исследований. – М.: Изд-во АН СССР, 1938. – 216 с.
3. Огуреева Г.Н. Ботаническая география Алтая. – М.: Наука, 1980. – 189 с.
4. Работнов Т.А. О биогеоценозах // Бюллетень МОИП, отдел биологический. 1976. – Т. 81. – Вып. 2.
5. Атлас Алтайского края. М., Барнаул: Гл. управл. геодез. и картограф. 1978. – Т. 1. – 222 с.
6. Труды Тигирекского заповедника. Вып. 4. Биота Тигирекского заповедника. Барнаул, 2011. – 235 с.

М.У. Grishchenko¹, А.У. Gnedenko², М.У. Bocharnikov³

COMPOSING THE HIGH-SCALE VEGETATION MAP OF THE CENTRAL PART OF TIGIREK RIDGE (ALTAY KRAY)

***Abstract.** The study of the vegetation cover is important during the study of geosystems because the nature and distribution of vegetation represent many components of geosystems. This paper presents the process of drawing up the vegetation map of the central part of the Tigirek ridge based on field data obtained in July 2015 and satellite imagery. Compiled vegetation map at a scale of 1:50 000 showing the spatial distribution of the vegetation of the territory; basic regularities of the spatial structure of vegetation were revealed.*

***Key words:** vegetation mapping, geographical interpretation of satellite images, West Altay.*

REFERENCES

1. Gvozdetsky N.A., Mikhailov N.I. Fizicheskaya geografiya SSSR. Aziatskaya chast [Physical geography of the USSR. Asian part]. – Moscow: Mysl, 1978. – 512 p.
2. Metodika polevykh geobotanicheskikh issledovaniy [Methods of field geobotanical research]. Moscow: Izdatelstvo AN SSSR, 1938. – 216 p.

¹ M.V. Lomonosov MSU, Faculty of Geography; *e-mail*: m.gri@geogr.msu.ru.

² M.V. Lomonosov MSU, Faculty of Geography; *e-mail*: gnedenko.a.e@mail.ru.

³ M.V. Lomonosov MSU, Faculty of Geography, maxim-msu-bg@mail.ru.

3. Ogureyeva G.N. Botanicheskaya geographiya Altaya [Botanical geography of Altay]. – Moscow: Nauka, 1980. – 189 p.
 4. Rabotnov T.A. O biogeotsenozakh [About biogeocenoses] // Byulleten MOIP, otdel biologicheskoy. 1976. – Vol. 81. – No. 2.
 5. Atlas Altayskogo kraya [Altay kray atlas]. Moscow, Barnaul: Glavnoye upravleniye geodezii i kartografii. 1978. – Vol. 1. – 222 p.
 6. Trudy Tigireksskogo zapovednika. Vyp. 4. Biota Tigireksskogo zapovednika [Proceedings of Tigireksky zapovednik. Volume 4. Biota of Tigireksky zapovednik].
-

УДК 556

Ye.I. Avdyushkina¹, T.V. Bolbukh², N.A. Kocheeva³, O.V. Juravleva⁴, N.A. Yurkova⁵

MINERALIZATION OF RIVER WATERS IN GORNY* ALTAI AND ITS SPATIAL AND SEASONAL VARIABILITY

Abstract. Judging from the rate of total mineralization of natural waters, it is possible to rather quickly and easily estimate the degree of variability of indicators of their chemical composition. In the presented work, the greatest attention is paid to the consideration of this indicator. Changes in the mineralization of waters in Gorny Altai depend on many factors, some of which are determined by geographical conditions of the environment. In Gorny Altai these conditions are very diverse. The elevation above sea level varies from 250 to 4,500 m. Watersheds rise over the bottoms of river valleys and hollows from 200 up to 1,000 meters and more. All characteristics of the chemical composition of river waters are within the limits close to background values. The results of the research reflect the general tendency of gradual increase in general mineralization downstream in the rivers.

In the majority of river basins in Gorny Altai, the mineralization of waters is higher in winter than in summer. However, there are basins where seasonal dynamics have the opposite tendency.

The increase in mineralization in the river basins near the settlements is of great concern to the authors.

Key words: Mountainous country, natural water, mineralization, variability of chemical composition of natural waters.

Introduction. The majority of Gorny Altai is located within the limits of the Altai Republic. The Altai Mountains are a part of Altai-Sayan Mountainous Country. They are located in its southwestern part and occupy the highest position (here the highest peak of Siberia, Mt. Belukha, is situated).

The objective of this research is to study the specific character of distribution of chemical elements in the surface waters in the Altai.

Research goals: 1) to study the character of distribution of chemical elements in the major river basins; 2) to reveal the sites with background and abnormal indicators of chemical composition of river waters; 3) to estimate the concentration of heavy metals in the water of the major rivers.

The topicality of the research is determined by the important role of the territory in stream-flow formation, the intensification of natural resources usage, including water resources, and also changes occurring in the behavior of the basic characteristics of weather and climate: air temperature and precipitation [Avanesjan, Suhova, 2011].

¹ Gorno-Altaysk State University (GASU); e-mail: knh@gasu.ru.

² Gorno-Altaysk State University (GASU); e-mail: knh@gasu.ru.

³ Gorno-Altaysk State University (GASU); e-mail: nina_kocheewa@mail.ru.

⁴ Gorno-Altaysk State University (GASU); e-mail: juravolg@mail.ru.

⁵ Gorno-Altaysk State University (GASU); e-mail: dipgasu@mail.ru.

Materials and research methods. The results of field works and of monitoring research (from 1992 to 2012) done on the basis of the accredited Republican chemical-ecological laboratory (RCEL) (certificate of accreditation POCC RU 0001.510063) of Gorno-Altai State University by order of the Department of Natural Resources of the Ministry of Nature of the Russian Federation in the Altai Republic were used as the information basis. While carrying out laboratory works, researchers used modern physical and chemical methods, and employed techniques approved by the regulatory documentation in accordance with the established procedure for monitoring and ecological control.

Sampling of surface waters was done in various seasons and across the entire territory of Gorny Altai. The most remote and difficult of access sampling points were in the Southeastern Altai (the Ukok plateau), on the Tashanta River (the Chujsky hollow), and in the Eastern Altai along the middle reach of the Chulyshman River (Figure 1).

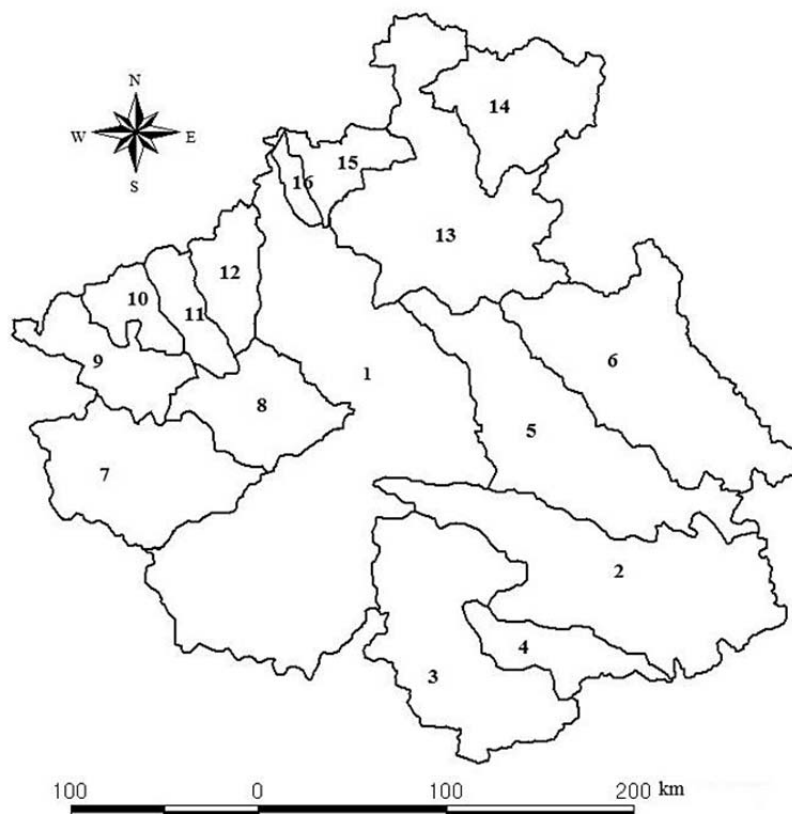


Fig. 1. Major Rivers Basins in the Altai Republic

1 – Katun; 2 – Chuya; 3 – Argut; 4 – Dzhazator; 5 – Bashkaus; 6 – Chulyshman; 7 – Koksa; 8 – Ursul; 9 – Charysh; 10 – Anuj; 11 – Peschanaya; 12 – Sema; 13 – Biya; 14 – Lebed’; 15 – Isha; 16 – Maima

Laboratory research was done by using standard techniques of testing chemical composition of natural waters.

Discussion of results. The Katun River Basin covers the greatest area of Gorny Altai. A high degree of differentiation of its landscape conditions causes a dispersion of values of chemical composition indicators of the river waters. Waters of alkaline reaction, soft, and falling into hydrogen carbonate class of calcium groups, are characteristic of this basin. Indicators of acidity and general rigidity range from 6.39 to 8.05 – acidity, and from 0.31 to 4.49 mg-ekv/dm³ – general rigidity.

About half of the winter runoff samples collected in the Katun River Basin had a mineralization index below the average; in the Charysh River Basin, 64% were below the average.

For summer runoff of the Katun River Basin, a background value of general mineralization was calculated. It appeared to be lower than general mineralization value in the low-mountain parts of the basin in the high water period (See Table 1). The maximum difference in the indicators of

general mineralization between the high-water and low-water periods was 119 mg/dm³ and was recorded in low mountains.

Table 1

Value of general water mineralization in the Katun River Basin in different seasons

Indicator	April–May	July–August	July–August (the Argut, the Chuya, the Koksa; the Katun is not included)
Background value of general mineralization mg/dm ³	305	276	120
Mean square deviation mg/dm ³	54	61	59
Maximum value mg/dm ³	378	368	259
Minimum value mg/dm ³	214	214	40
Range mg/dm ³	164	154	219
Variation coefficient (%)	18	22	49
Arithmetic mean value of general mineralization for low-mountain part mg/dm ³	336	270	–

During winter runoff the average value of general mineralization in the low-mountain part of the basin was 152 mg/dm³.

An increase in the value of general mineralization of more than one standard deviation was recorded in the settlements: Yelanda and Souzga (the Katun River Basin), Kok-Pash (the Chulyshman River Basin), Ust'-Kan (the Charysh River Basin), and Sychevka (the Peschanaya River Basin).

During the summer period, the general water mineralization in the Katun River in the uppermost sampling point was 251 mg/dm³ (high mountains); in the lowermost sampling point – 222 mg/dm³ (low mountains). In the low-mountain part of the basin, a mineralization value less than those in the high-mountain part was recorded in only one sampling point, which was located much farther downstream than the others. It should be noted that the leap was recorded after a gradual increase in the mineralization values downstream, and it did not essentially affect the trend character. Similar situations took place in some other big and small basins in the Altai Republic. In our opinion, a more difficult distribution of general mineralization value in comparison with high-water periods is characteristic of the summer period. This fact was indirectly confirmed by the research of correlation of the drainage with the dynamics of temperature and precipitation regimes conducted at Gorno-Altai State University [Avanesjan, Suhova 2011].

In the high-mountain part of the Katun River Basin, its tributaries had similar character of their nourishment (except the Chuya River). However, that territory had the greatest variation of mineralization values, hydrogen index, etc. It is necessary to notice that physical and geographical conditions of different areas of the high-mountain part of the Katun River Basin were different. Nominally it was possible to single out two big areas: the Ukok plateau and the upstream area of the Katun River (area of «Kucherla») (See Table 2).

In Table 2, the results of water sampling in the high-mountain part of the Katun River Basin are given. Only the samples taken from the rivers mentioned above are included into the table. In the Table all test samples are arranged 'downstream.' The results of test sampling of those tributaries characterized by a wide range of values are not presented in the Table.

The analysis of dynamics of hydrochemical indicators shows that within the limits of the Ukok plateau it was not possible to unequivocally establish the dependence of those characteristics on the hypsometric height of sample points. Thus, downstream in the Kalguty River, the increase was determined based on only two indicators (from nine examined): hydrogen content and concentration of potassium and sodium ions. Downstream in the Dzhazator River, there was a decrease in the values of four hydrochemical indicators. Downstream in the Katun River («Kucherla») in Table

2) (Figure 1), the values of hydrogen content and concentration of potassium and sodium ions increased, while all other indicators, including the general mineralization, decreased at the decline in hypsometric level of the basin (See Table 2). However, on the whole, the general mineralization in the Katun River Basin increased from high-mountain to low-mountain areas.

Table 2

Indicators of river water chemical composition in the upper part of the Katun River Basin [Kocheeva, Bolbukh, Avdyushkina, 2007]

Indicators	pH	Total hardness	Ca ⁺	Mg ⁺	K ⁺ Na ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻	Cl ⁻	Mineralization
the Kalguty River (the Ukok plateau)									
Upper course	6.44	1.65	28.1	3.0	4.6	73.2	26.9	2.7	138.5
Middle course	7.18	0.35	6.0	0.6	5.0	15.3	9.6	3.6	40.0
Lower course	7.25	1.69	22.0	7.1	13.9	106.8	19.2	3.2	172.2
the Dzhazator River (the Ukok plateau)									
Upper course	7.43	1.9	26.1	7.3	12.5	112.9	19.2	5.4	183.3
Middle course	7.0	1.15	16.0	4.3	11.4	54.9	28.8	3.7	119.1
Lower course	7.74	1.23	14.0	6.4	1.1	61.0	9.6	2.7	94.9
the Kucherla River (upper part of the Katun River Basin)									
Upper course	7.36	3.73	46.6	9.8	5.7	173.8	19.2	3.9	259.0
Middle course	7.63	2.48	40.6	5.5	7.1	137.3	19.2	4.3	214.0
Lower course	7.67	1.55	23.1	4.9	14.0	112.9	9.6	4.1	169.0

Test samples taken at the mouth of the rivers Kucherla, Muzdy-Bulak, Tyun, and Chuya showed that water in the major rivers was diluted with their less mineralized tributaries. The maximum dispersion was received for «near-mouth» parts of the rivers: the Kucherla (186 mg/dm³) (tributary of the Katun River) and the Muzdy-Bulak (172 mg/dm³) (tributary of the Kalguty River). The rivers Kalguty and Muzdy-Bulak were the tributaries of the Argut river and were located on the Ukok plateau, one the most difficult to access area, where economic activity was hardly developed and research activity was complicated. However, when the Argut River flowed into the Katun River, the water in the latter substantially changed even visually. The changes in the chemical composition were proved to be true by the results of our test sampling (See Table 1).

The water in the rivers of the high-mountain part of the Katun River Basin was characterized not only by the greatest dispersion of values of chemical composition indicators, but also by minimum values of the general mineralization (See Table 1, 2). For that part of the basin, it was possible to say that all surface waters were poorly mineralized and thus the purest. However, 30 % of test samples showed the increase in the general mineralization by more than one data point of standard deviation calculated for the high-mountain part of the basin. Along with the recorded high gradient of mineralization in the near-mouth parts of some tributaries, it testified to a difficult mechanism of formation of the chemical composition of natural waters and was determined by many environmental and geographical factors, one of which for that part of the basin was the permafrost. Two multi-directional processes of freezing were characteristic for the cryolithic zone: concentration of salts in solutions and ice desalination. Notably, sparingly soluble compounds (carbonates) were captured by ice, while readily soluble compounds (chlorides and sulphates) remained in water [Posokhov, 1985, p. 117; Spravochnoye, 1979].

Numerous deposits and ore occurrence located in the high-mountain parts of the Katun and Chulyshman Basins [Bolbukh, 2005; Gusev, 1998] influenced their water chemical composition, including the value of general mineralization. Sharp jumps in mineralization recorded during the research (the Tjun River) could possibly be explained by the influence of secondary dispersion auras. At the same time glacial clays could adsorb a part of chemical elements dissolved in soil waters, that caused the decrease in their concentration in surface waters (the Kalguty river, See Table 2).

In the Muzdy-Bulak River (the Ukok plateau) we recorded one of the lowest values of permanganate oxidability and content of biogenic elements. 97% of the obtained data coincided with similar values of the Zhumaly River in the area of «Warm Springs,» where radon springs were situated and some kind of radon healing center operated. Therefore, in our opinion, more careful and complex sampling of water in the Muzdy-Bulak River is necessary.

Water quality was influenced by the presence of heavy metals in its structure. During 2004 we studied distribution of heavy metals in water in the rivers of the high-mountain part of the Altai. It was established that the concentration of heavy metals in the rivers of that part of the basin did not exceed the maximum concentration limit (MCL) for fishery waters [Avanesjan, Suhova, 2011]. The test sampling indicated that the concentration of lead, copper, zinc, manganese, and iron reached its minimum values in summer. At the beginning of autumn, the concentration of those elements started to increase. Copper and manganese concentration reached its maximum values in January-March, and lead and zinc in September-January. The iron content in surface water during autumn, winter and spring was characterized by similar values, which did not exceed summer value. Mercury behaved a little differently: the minimum values were recorded from September till March, and in April-May they reached maximum values which exceed MCL two times. Copper content was close to MCL. Iron content was 3-5 times lower than MCL; the concentration of heavy metals was one order less than MCL.

In 2002 the character of intra-annual distribution of heavy metals in the Katun River in the area of Platovo settlement (foothills) was studied. The researchers established that concentration of lead, copper, and zinc reached their maximum values in summer; manganese content at that time was high enough; iron content was minimum and similar to the high-mountain zone. The iron content increased to its maximum value in the spring; in the autumn and winter it was at the level close to the maximum level. The highest values of manganese were recorded in the autumn. Concentration of mercury in water increased in the spring and reached its maximum value in the summer. The maximum concentration of mercury and copper in the Katun River exceeded MCL 9 and 4 times (accordingly); the concentration of lead, zinc and cadmium was below MCL by a factor of one hundred, chrome and manganese by a factor of ten, arsenic by a factor of a thousand, and iron levels were three times less than MCL.

The main source of surface water pollution in the lowland and foothill parts of the Katun River Basin was sewage dumping.

The basins of the rivers: Charysh, Peschanaya, and Anuj were located in the northwestern areas of the Altai Republic. The high population and developing industry made the research of dynamics of water chemical composition in the local rivers very relevant.

The general mineralization values of river waters in those basins were higher than in other basins of Gorny Altai. Thus, the greatest value of general mineralization was recorded in the Kann River (basin of the Charysh River) at 617 mg/dm³; the mineralization of the Peschanaya River water near the administrative border of the Altai Republic at 508 mg/dm³, and of the Anuj River – 331 mg/dm³.

The analysis of the distribution of mineralization values in the Charysh River Basin showed that the mineralization of tributaries in the basin was higher than the mineralization of the major river (See Table 3). Besides, the lowest and the highest mineralization values were also recorded in the tributaries. Evidently there, as well as in the high-mountainous part of the Katun River Basin, a variety of landscape conditions influenced more upon the formation of chemical composition of minor rivers. Their confluence caused the intermixing of waters having different concentrations of basic chemical elements, which in its turn defined a more homogeneous structure of water in the major rivers and a gradual increase in the value of chemical composition indicators downstream.

The seasonal dynamics of the indicator considered in Northwestern Altai was also worth attention. Thus, mineralization of the Peschanaya and the Anuj Rivers during winter season was higher than in summer; in the Charysh River and its tributaries it was lower in winter than in summer (See Table 3).

Table 3

Statistical characteristics of river water chemical composition in the Charysh River Basin (mg/dm³)

River	Winter runoff					Summer runoff				
	\bar{X}	σ	V (%)	min	max	\bar{X}	σ	V (%)	min	max
the Charysh	218.1	49.6	18	189	255	348.3	60.5	17	296	410
Tributaries of the Charysh	269.9	99.9	37	172	325	399.7	146.7	37	207	607
The whole Charysh River Basin	247.7	76.2	31	172	325	381	118.3	30	207	607

Notes to the Table 3

\bar{X} – Arithmetic mean value of general mineralization; σ – mean square deviation of general mineralization value; V – variation coefficient of general mineralization value; min – minimum of general mineralization value; max – maximum variation of general mineralization value.

In the Charysh River Basin the general mineralization value ranged within one quadratic deviation, i.e. the anomalies of the chemical composition did not form in that basin. The only exception was the deviation of mineralization in one of the tributaries of the Charysh River to more than one standard deviation in summer runoff (See Table 3).

The basin of the Biya River was characterized by rather uneven distribution of residential zones and industrial enterprises. For example, in the Seika settlement there was a mining industrial complex, while in the upper reaches of the Chulyshman River there was not any settlement. To get an objective picture of the chemistry of the natural waters in the Biya River Basin, we did not take into account (See Table 4) the results of the chemical analysis of water in the Seika River Basin since it had experienced the greatest degree of anthropogenic impact [Gusev, 1998].

In whole the water in the Biya River basin was assigned to a hydrocarbonate class of the calcium group. The basic «contribution» to the salt composition of water in the rivers of the Biya Basin, as well as on the whole investigated territory, was made the by ions of hydrocarbonates, calcium and magnesium.

Table 4

Statistical characteristics of river water chemical composition in the Biya River Basin (mg/dm³) [Kocheeva, Bolbukh, Avdyushkina, 2007]

River	Winter runoff					Summer runoff				
	\bar{X}	σ	V (%)	min	max	\bar{X}	σ	V (%)	min	max
The Chulyshman River Basin	219	94,2	43	147	357	133,4	48	40	150	330
The Biya	185	58,9	32	127	289	161,1	45,5	28	150	330
The whole Biya River Basin	191	62,6	33	127	357	150,4	45,5	30	150	330

The comparative analysis of behaviour of hydrochemical indicators of the rivers in the Northwestern and Northeastern Altai revealed some similarities in their distribution. Thus, variation coefficients of the general mineralization value in the basins of the Charysh and the Biya were characterized by close values both in summer and winter periods. The variation coefficients in the basins of the mentioned rivers in general also had insignificant differences, while the variation coefficients of the major rivers differed greatly; one was twice the other. (See Tables 3, 4). In the basins of the Charysh and the Biya, the mineralization of their tributaries fluctuated in the bigger range than the mineralization of the major river (See Table 3, 4). The maximum value of the variation coefficient was obtained for the Chulyshman River (Figure 1). In the Katun River Basin, the close value was obtained for high mountain tributaries (See Table 1).

Variation coefficient of pH level in river basins of Gorny Altai (%)

The Katun River Basin				The Chulyshman River Basin	The Biya River basin	Basins of the Peschanaya, the Anui and the Charysh Rivers
High-mountain zone		Mid-mountain zone	Low-mountain zone			
«Ukok»	«Kucherla»					
7	4	7	6	4	8	9

The fluctuations of pH level in different basins of Gorny Altai were in close intervals. In the Katun River Basin it changed from 6.44 to 8.04; in the Biya River Basin the recorded fluctuations were in the range of 7.2–8.0; in the basin of the rivers Charysh, Peschanaya and Anui – 6.5–8.03. Variations in that value in different river basins of Gorny Altai did not exceed 9% (See Table 5). However, the minimum values of the variation coefficient of pH were characteristic of the Chulyshman River and a part of the high mountain zone of the Katun River («Kucherla»). In our opinion, such small variation could be the reason of similar landscape conditions.

Thus, water in the Altai rivers, as well as in the majority of the world's rivers, has low and sometimes moderate mineralization [Kivatskaya, 2006]. The research revealed the absence of sites with abnormal chemical composition of river waters in all basins of major Altai rivers. All characteristics of chemical composition of river waters were within the limits close to background values. However, the background values for the whole territory of the basin, for the major river and for separate parts of the basin sometimes differed greatly. The greatest difference was recorded between the high mountain and foothill parts of the basin.

The conducted research showed that high mountain parts of the Altai rivers' basins were characterized by the most difficult and diverse conditions of formation of river waters chemical composition; they suffered from any external influence to a greater extent. The maximum gradients in distribution of general mineralization value and hydrogen value were recorded in those areas. The minimum values of river waters mineralization were also recorded there.

The concentration of heavy metals in the Katun River Basin was small and tended to increase from highlands to foothills. In the specified parts of the basin the concentration of heavy metals had unequal seasonal distribution that could be caused by various sources of their inflow.

Conclusions. The results of approbation reflect the general tendency to gradual increase in general mineralization downstream the rivers (See Table 2: the Kucherla, the Dzhazator). It is important to stress that such increase in mineralization occurs non-uniformly. Inside the basins, the same non-uniformity in distribution of investigated indicators is characteristic for all tributaries of major rivers (See Table 1 – the Kalguty). In the basins of the the Katun, the Biya and the Charysh rivers, the mineralization of their tributaries is characterized by more essential fluctuations than in the major rivers. The distribution character of other indicators of chemical composition of waters is more complicated, and further complex research to reveal a clear tendency in their behaviour is required. Thus, for example, jumps in the value of indicators of river waters' chemical composition can be caused by frontal atmospheric phenomena (downpour), which at the given stage of research did not occur.

Another important fact revealed by our research team is the decrease in mineralization in the lower part of the Katun River Basin after high water (See Table 1). Probably, more complicated distribution of general mineralization value is characteristic for the summer period in comparison with high water.

The increase in general mineralization in densely populated areas with more developed economic activities (the lower part of the Katun Basin, the basins of the rivers Charysh, Peschanaya and Anui) during the high water period is very important. It reflects the existence of anthropogenic impact on all components of natural systems in the course of year. However, during the cold period, this process is shielded by low air, soil and ground temperatures which determine the speed of exogenous processes.

In the last 20 years, the negative orientation of changes in the maximum drain of the Altai rivers most abounding in water (the Katun and the Biya), which form their drain in all altitude zones, was replaced with the positive [Avanesjan, Suhova, 2011]. Therefore, on such rivers the probability

of formation of maximum water levels in the high water period, followed by an exit of flood waters, has increased. The major reason for it is the spring warming, causing simultaneous snowmelt in several altitude zones during the spring high water, conditioning high drainage intensity; whereas in the years before intense warming, the snowmelt spread over altitude zones for a longer time, shifting to summer months, and the high water period was longer. The comparison of an averaged runoff hydrograph of the rivers for the observation period of 1946-1976 and 1976-2000 also testifies to it. Therefore, the probability of high water levels in high water periods, and consequently dangerous flooding on such rivers before modern warming was less.

Acknowledgement. Work is performed with the support of state task of the Ministry of education and science of the Russian Federation No. 440 and the RFBR 16-45-040266 p_a.

REFERENCES

1. *Avanesjan R.A. and M.G. Suhova.* Napravlenost sovremennyh izmenenij gidrometeorologicheskikh kharakteristik Altaiskoi gornoi oblasti [Trend of modern changes in hydrometeorological characteristics of the Altai mountain area] // Modern Problems of Science and Education. 2011. No. 6; URL: www.science-education.ru/100-5219 (rus).

2. *Bolbukh T.V.* Raspredeleniye i prirodno-antropogennaya transformatsiya himicheskogo sostava poverhnostnykh vod v basseine reki Katun' (Gorny Altai) [Distribution and nature-anthropogenous transformation of chemical composition of surface water in the Katun River basin (Gorny Altai)]. PhD Thesis Abstract. Gorno-Altaiisk, 2005. 22 p. (rus).

3. *Gusev A.I.* Metallogeniya Gornogo Altaya i perspektivy obnaruzheniya netraditsionnykh tipov orudneniya [Metallogeny of Gorny Altai and prospect of unconventional types of mineralization detection]. Mineralno-syr'yevaya baza Respubliki Altai. Gorno-Altaiisk, 1998. Pp. 16–18 (rus).

4. *Kivatskaya A.V.* Ecologo-geohimicheskiye posledstviya kechnogo vyshchelachivaniya zolota (na primere OAO «Rudnik 'Veselyi», Respubliki Altai) [Ecological and geochemical consequence of compact gold extraction (on the example of «Mine 'Veselyi», Altai Republic)]. PhD Thesis Abstract. Tomsk, 2006. 22 p.(rus).

5. *Kocheeva N.A., Bolbukh T.V., Avdyushkina Ye.I.* Prostranstvennaya i sezonnaya izmenchivost' mineralizatsii rechnykh vod Gornogo Altaya [Spatial and seasonal variability of river waters in Gorny Altai]. Bulletin of Russian Geographical Society, 2007. Vol.139. No.6. Pp. 57–64.

6. *Posokhov E.V.* Ionnyi sostav prirodnykh vod. Genesis i evolyutsiya [Ionic composition of natural waters. Genesis and evolution]. Leningrad, 1985. 256 p. (rus).

7. Spravochnoye rukovodstvo gidrogeologa [Hydrogeologist reference manual]. Vol. 2. Leningrad, 1979. 295 p. (rus).

УДК 528.94: 910.4

Н.Г. Ивлиева¹, В.Ф. Манухов¹

ОБ ОПЫТЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ МАРШРУТОВ ПУТЕШЕСТВИЙ П.С. ПАЛЛАСА И И.И. ЛЕПЁХИНА ПО СРЕДНЕМУ ПОВОЛЖЬЮ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Резюме. Описывается опыт картографирования маршрута путешествий П.С. Палласа и И.И. Лепёхина в Среднем Поволжье в 1768–1769 гг. с использованием геоинформационных тех-

¹ Национальный исследовательский Мордовский государственный университет, Саранск, Россия; e-mail: gkg_mrsu@mail.ru.

нологий. Подобраны картографические и литературные материалы. На основе первоисточников составлено подробное описание маршрутов. Определено местоположение всех населенных пунктов, перечисленных учеными в своих трудах. Особое внимание уделено географическим названиям населенных пунктов и путям сообщения. По результатам проведенных исследований создана база данных населенных пунктов, расположенных по маршруту путешествий. На ее основе проводилась локализация маршрутов научной экспедиции. Выполнена реконструкция отображаемой на карте действительности на исследуемый временной период. Сформированная база данных позволяет картографировать маршруты экспедиции в Среднем Поволжье, а также создавать временные картографические анимации.

Ключевые слова: картографирование, картографическая анимация, ГИС-технологии, маршрут путешествий, Среднее Поволжье.

Введение. В настоящее время в исторических исследованиях все чаще используются геоинформационные технологии [Владимиров, 2005]. На любом уровне историко-географических исследований трудно обойтись без пространственного представления изучаемых событий и явлений. Все исторические объекты имеют ту или иную пространственную локализацию. Это место можно отметить на карте, осуществив, таким образом, его географическую привязку и получив представление о его нахождении в системе пространственных координат. Главным преимуществом геоинформационных систем является возможность одновременно обрабатывать тематические, пространственные и временные данные; управлять большими и комплексными массивами данных; поддерживать новые методы анализа данных; визуализировать результаты.

Геоинформационное картографирование позволяет более наглядно представить исследуемые исторические события. Карта, по своей выразительности, часто способна заменить страницы текстовых описаний. Поэтому ГИС-технологии стали необходимым инструментом исследования маршрутов известных путешественников.

До сих пор волнуют и привлекают внимание исследователей и краеведов маршруты научных экспедиций XVIII в., организованные Российской академией наук [Гуркин, 2006], поэтому изучение топонимики маршрутов и картографирование подробного пути экспедиции в Среднем Поволжье, несомненно, вызывает интерес.

Материалы и методы исследований. В отличие от общегеографических карт, при работе над исторической картой основной упор делается не на картографические материалы, а на литературные источники, нужные для разработки ее содержания. Поэтому в первую очередь пришлось подробно изучить труды путешественников. Это «Путешествие по разным местам Российского государства» П.С. Палласа и «Дневные записки путешествия доктора и Академии наук адъюнкта Ивана Лепёхина по разным провинциям Российского государства в 1768 и 1769 году», а также опубликованные письма П.С. Палласа [Научное..., 1993]. Экспедиционные дневники, коллекции и материалы первых лет путешествия были обработаны путешественниками во время зимовок по горячим следам, и практически сразу же изданы.

В качестве основного картографического источника при создании карт использовались цифровые слои топографической карты масштаба 1: 1 000 000. При составлении географической основы исторических карт ввиду значительных изменений во времени отдельные элементы содержания корректировались по дополнительным источникам, которые позволили реконструировать их (и относящиеся к ним названия) на соответствующий период.

Основные сведения по исторической географии дают старые географические карты. В нашей работе они применялись для нанесения путей сообщения, уточнения местоположения населенных пунктов, проверки транскрипции и т. п. К сожалению, картографические материалы, помогающие в разработке содержания исторической карты на третью четверть XVIII в., немногочисленны. Наиболее близкими по времени являются планы генерального межевания уездов и «Российский атлас...», изданный в Петербурге в 1792 г. На картах атласа дано много населенных пунктов с топонимами, но, к сожалению, дорожная сеть не показана. Они

служили вспомогательным материалом для разрешения вопросов по транскрипции географических наименований населенных пунктов и небольших рек, значимых в тот период. Основным источником являлись листы Специальной карты Европейской России Стрельбицкого, созданной в масштабе 10 верст в одном дюйме (1 : 420 000), в работе использовались также и топографические карты – прежние и современные, которые дали возможность уточнить основу и надежнее локализовать часть тематического содержания.

В рамках данной работы были использованы функциональные возможности ГИС-пакета ArcGIS для геоинформационного картографирования.

Результаты исследований и их обсуждение. Одна из основных трудностей создания исторических карт заключается в том, что по имеющимся материалам не всегда можно обеспечить необходимую для карты предельную локализацию того или иного события. Несмотря на подробное описание путешествий П.С. Палласом и И.И. Лепёхиным, перенести их на карту оказалось нелегко из-за отсутствия конкретных историко-географических данных. Так, Специальная карта Европейской России Стрельбицкого составлялась в 1865–1871 гг., т.е. спустя 100 лет после изучаемого путешествия. Именно поэтому потребовался глубокий анализ с целью выделения на карте сохранившихся элементов содержания, отражающих действительность в период проведения экспедиции, а также воссоздания отсутствующих объектов, устаревших в связи с произошедшими изменениями.

Территориальные рамки исследования нами были несколько расширены за пределы Среднего Поволжья. Путь путешественников был подробно изучен от города Владимира, где они встретились и откуда в Муром – следующий пункт Симбирского тракта поехали разными дорогами: П.С. Паллас – через Касимов, а И.И. Лепёхину достался прямой путь.

Для проектируемой карты была выбрана равноугольная коническая проекция с двумя стандартными параллелями – 53° и 57° с. ш.; средний меридиан – 46° в. д. Работа с картографическими источниками, как для основы, так и для тематического содержания начинается с проведения предварительной оценки соответствия содержания основного картографического источника изучаемым временным рамкам [Ивлиева и др., 2011]. Больше всего это касалось административных границ, гужевых дорог и населенных пунктов.

Гидрография, представленная на современной цифровой основе масштаба 1 : 1 000 000, сразу же вызвала сомнения в пригодности для составления географической основы исторических карт. Создание крупных водохранилищ на Волге сильно изменило форму ее береговой линии и главнейших притоков. Поэтому река Волга и ее притоки Кама и Черемшан были оцифрованы с карты «Поволжье» из Атласа СССР 1954 г. издания. Остальные реки, были взяты с готового цифрового слоя, так как происшедшие небольшие изменения русел рек неощутимы на мелкомасштабных картах.

Из путей сообщения показывались только существовавшие на тот период гужевые дороги. Поскольку путешественники передвигались на повозках, то их маршруты естественным образом привязывались к направлениям существующих дорог. Симбирский почтовый тракт, по которому ученые планировали добраться до Симбирска, проходил от Москвы через Владимир, Муром, Арзамас, Алатырь, Промзино городище, Тагай, Тетюши. Но путешественники сошли с основного тракта. Маршрут Лепёхина отклонился к северу и прошел через Курмыш, а Палласа – к югу, через Пензу. Новые пути прокладывались по существовавшим на тот период почтовым и проселочным дорогам. Так, П.С. Паллас в результате вышел на Саратовский тракт. Этим объясняется посещение им таких городов, как Саранск, Пенза, и других населенных мест, расположенных на тракте. Весенняя и осенняя распутица, отсутствие безопасности на тех или иных участках дорог вызывали необходимость изменения маршрутов передвижения, нередко исследователи сворачивали с основных трактов намеренно с целью посещения каких-либо достопримечательных мест.

Известно, что пути сообщения между одними и теми же пунктами в разные временные промежутки по тем или иным причинам могли не совпадать. Поэтому пришлось тщательно проверять, соответствуют ли пути сообщения, снятые с карт более позднего исторического периода,

тем направлениям, которые имели тракты в изображаемые хронологические рамки, тем более что в связи проводившимися позднее реформами административного деления Российской империи значительно поменялась и дорожная сеть. Каждый уездный центр соединялся дорогами с губернским, связывались центры соседних губерний и т.п. Для определения местоположения трактов, по которым двигались путешественники, привлекались старые карты.

Административные границы на исследуемой территории изменялись многократно. В дневниках ученых нечасто, но все-таки встречается информация об административной принадлежности того или иного населенного места. Чтобы не было разночтений, на составляемую карту были нанесены губернские границы, соответствующие изучаемому периоду. Для этого был подобран ряд картографических материалов дореформенного периода (Атлас Российской империи, карты отдельных губерний и т.п.), изучены литературные источники.

Чтобы сделать возможным детальный показ маршрута передвижения исследователей, было проведено специальное дополнительное исследование, которое включало определение местоположения всех населенных пунктов, перечисленных учеными в своих трудах, и реконструкцию на исследуемый временной период отображаемой на карте действительности. Для этих целей привлекались различные картографические и литературные материалы. Населенные пункты, как известно, – наиболее быстро устаревающий элемент карт. Это потребовало проведения тщательного анализа изменений сети населенных пунктов в пределах картографируемой территории со второй половины XVIII в. по настоящее время. В ходе исследования было установлено, что многие населенные пункты были упразднены, переименованы или же вошли в состав других поселений, у некоторых изменился статус [Картография..., 2014]. Для показа населенных пунктов, значимых в конце 60-х гг. XVIII в., но отсутствующих на основном картографическом источнике, пришлось привлекать как современные, так и старые карты. Это планы генерального межевания уездов, топографо-межевые карты более крупного масштаба и списки населенных мест по отдельным губерниям. Более или менее точная локализация многих упраздненных населенных пунктов и трактов проводилась на основе их приуроченности к рекам, оврагам, водоразделам, дорогам, контурам растительности и т.п.

На основе описаний путешественников (по сути путевых дневников) были составлены их подробные маршруты с указанием всех населенных пунктов, расстояний между ними и даты посещения. Все сведения сначала были представлены в электронной таблице Excel. Они содержали различные характеристики – названия населенных мест, расстояния между соседними пунктами, даты их посещения путешественниками (даты прибытия и отбытия для населенных мест, где они останавливались на ночлег, осмотр или отдых), тип поселения, преобладающий этнос, достопримечательности и др. Затем в ГИС-пакете ArcGIS были созданы два точечных слоя с населенными пунктами по маршрутам путешественников. Один из них показан на рис. 1. При этом одна часть объектов была отобрана с готового цифрового слоя, другая добавлена в БД ГИС путем локализации точечных объектов вручную в режиме редактирования на основе специально проведенного исследования. Присоединение ранее созданных таблиц Excel проводилось по общему уникальному полю.

По результатам проведенных исследований создана база данных населенных пунктов, расположенных по маршруту путешествий [Ивлиева и др., 2016]. В дальнейшем на ее основе проводилась локализация маршрутов. Поэтому основные требования к ней сводились к ее полноте, позиционной, временной и тематической точности. Что означало охват всех населенных пунктов по маршруту путешествий с указанием их точного месторасположения и наименований, и обеспечивало возможность ретроспективного восстановления состояния объектов. Особое внимание уделялось наименованиям географических объектов. Для населенных пунктов в базе данных указывались три названия: из первоисточников, историческое наименование, соответствующее тому времени, в современном написании и современное название (для ныне существующих объектов). Географические названия населенных пунктов требовали самого серьезного внимания. Ведь карта с неправильными или неточными названиями оказалась бы недостоверным справочником по маршрутам путешественников. При проведении исследований пришлось испытать большие трудности по локализации селений,

наименования которых устарели либо даны в первоисточнике в неправильном написании. В работе Палласа, уроженца Берлина, многие наименования населенных пунктов содержат ошибки, вероятнее всего, связанные с передачей топонимов при проведении полевых исследований) на немецком языке с обратным переводом на русский. В путевых записях обоих путешественников встречаются также названия, употребляемые местными жителями в разговорной речи, описки и т.п.

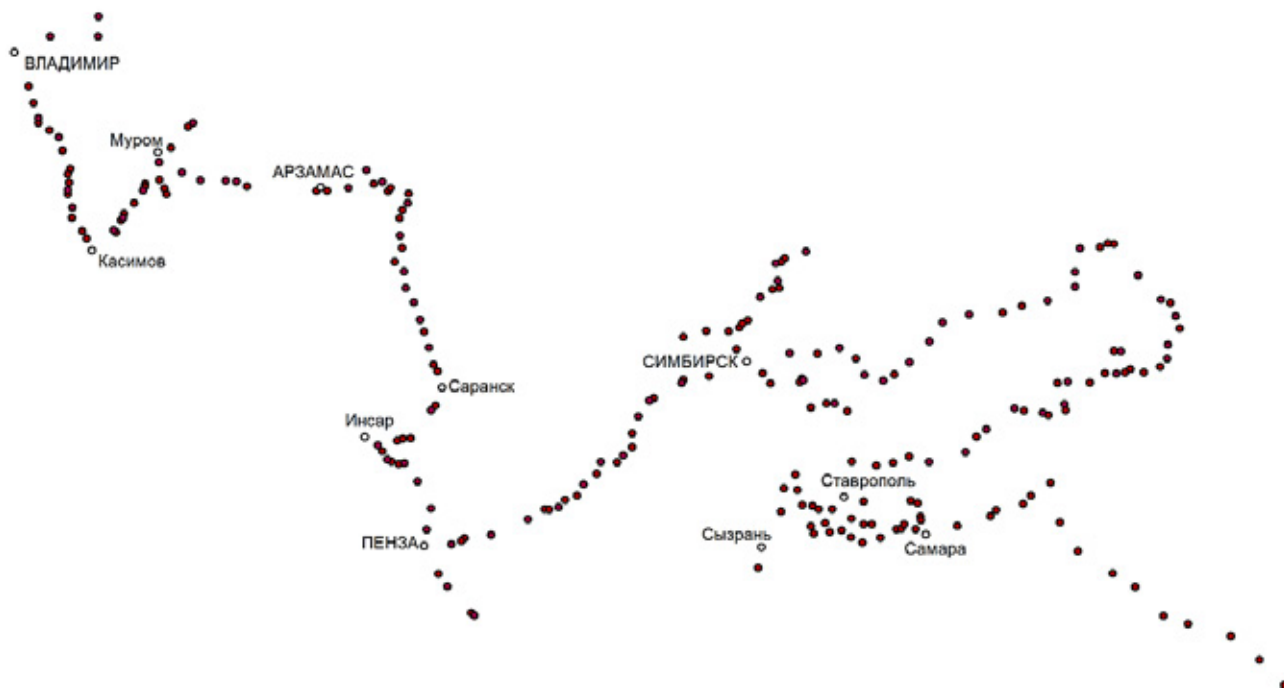


Рис. 1. Точечный слой с населенными пунктами по маршруту путешествия П.С. Палласа

На следующем этапе, последовательно соединяя полилиниями все расположенные по маршруту населенные пункты, в ГИС были созданы два линейных слоя. Они представляют маршруты путешествий П.С. Палласа и И.И. Лепёхина. Каждая отдельная полилиния соответствовала однодневному перемещению путешественника.

Использование стандартных ГИС-программ значительно упростило процесс создания тематических карт [Ивлиева и др., 2015]. На основе сформированной базы пространственных данных можно создать несколько карт. Например, можно дать целостную картину путешествий П.С. Палласа и И.И. Лепёхина с отображением не только маршрутов, населенных мест, но и описанных ими достопримечательностей или же особое внимание уделить непосредственно топонимии маршрутов (наименованиям всех населенных пунктов). Обзорная карта, демонстрирующая маршруты путешественников в 1768 г. от Владимира, представлена в работе [Ивлиева и др., 2016]. При оформлении карт соблюдалось требование, чтобы путь научной экспедиции легко прослеживался и не смешивался с другими элементами.

Подготовленные векторные слои позволили в ГИС-пакете ArcGIS создать картографическую анимацию. Во временной анимации основным параметром служит время начала и окончания показа объекта. В атрибутивные таблицы, ассоциированные со слоями населенных пунктов и маршрутов путешествий, были включены соответствующие поля, и для каждого объекта указаны даты его посещения учеными. Далее достаточно было установить для соответствующих слоев свойства времени, указав одно или два поля с датами в атрибутивной таблице, временной шаг, и активизировать их. В ArcGIS 10 для создания временных анимаций добавлен инструмент Бегунок времени (Time slider). Одновременно анимировать во времени можно любые слои с включенным свойством времени. Последовательно добавляющиеся данные по маршруту каждого путешественника визуализируются в виде анимиро-

ванной карты. Созданная в ArcMap анимация наглядно демонстрирует пространственно-временные особенности путешествий с 19 июля 1768 г. по 25 июня 1769 г. Одному кадру соответствует один день. Продолжительность анимации настраивается непосредственно заданием времени в секундах для проигрывания всей анимации [Ивлиева и др., 2012]. Для точного определения момента времени в легенду была добавлена специально созданная шкала.

При проигрывании анимации можно делать паузу и просматривать отдельные кадры, сопоставляя пути передвижений П.С. Палласа и И.И. Лепёхина. Например, на рис. 2 продемонстрирован кадр анимации, зафиксированный состоянием на 23.09.1768 г. П.С. Паллас только прибыл в Симбирск, так как вначале посетил Касимов, затем осматривал окрестности Муром, а добравшись по почтовому тракту от Муром до Арзамаса, он свернул к реке Пьяна и обследовал места вдоль нее. Из-за невозможности проведения полноценных полевых исследований в связи с резким похолоданием путешественник повернул от Пьяны на юг и поехал далее в Симбирск не через Алатырь, а через Саранск и Пензу. При этом ученый продолжал заниматься изучением местности, по которой проезжал. И.И. Лепёхин, который раньше добрался до Симбирска, причем не по самому кратчайшему пути, а через Курмыш, к этому времени уже исследовал местность вдоль р. Большой Черемшан. Затем он оправился в село Спасское недалеко от Бугульмы, где в тот период проживал известный исследователь и ученый П.И. Рычков, по совету которого изучил местность вдоль р. Сок, возвращаясь в Симбирск через Ставрополь.

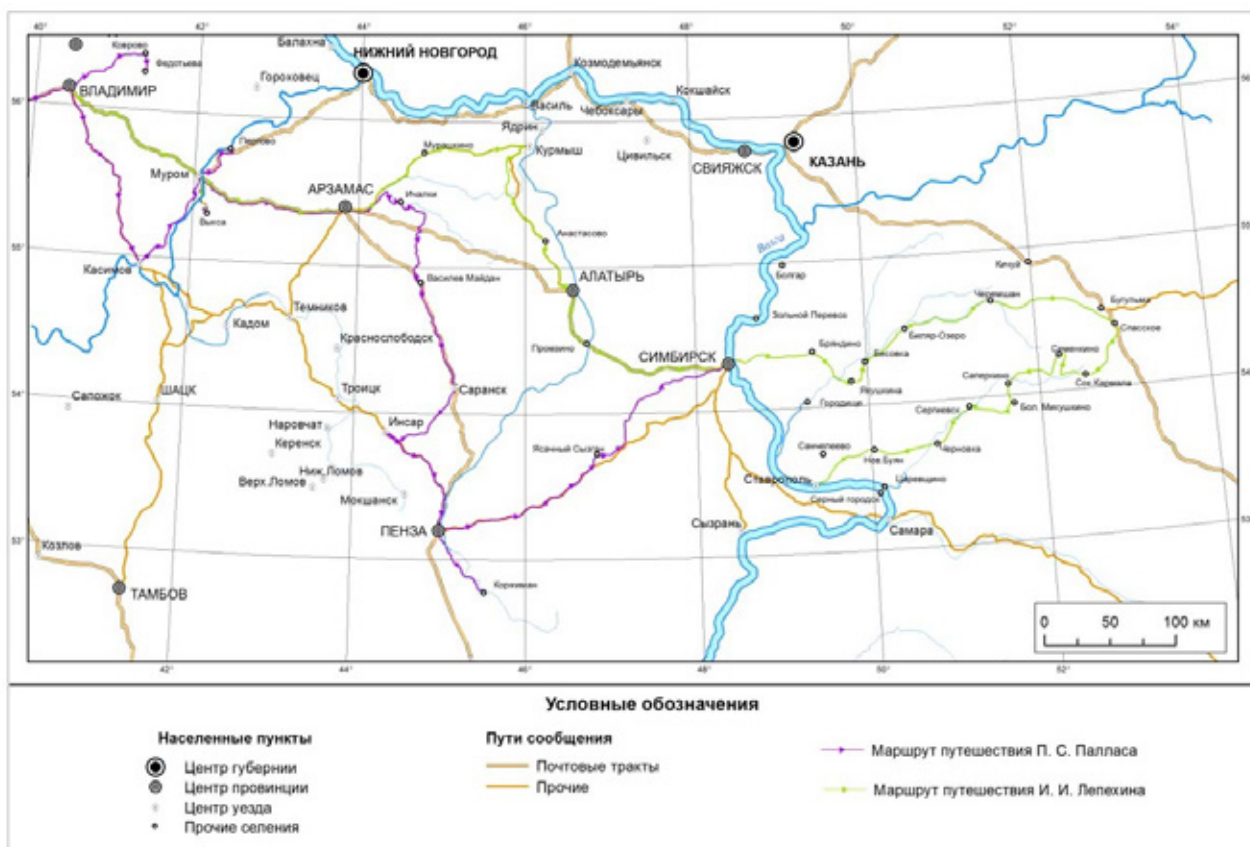


Рис. 2. Маршруты путешествий П.С. Палласа и И.И. Лепёхина по состоянию на 23.09.1768 г.

Созданная анимация при просмотре будет восприниматься лучше, если ее озвучить. Можно подготовить зрителей, предварительно ознакомив их с маршрутами путешествий. Готовая анимация далее экспортировалась в видеофайл (формат AVI), чтобы ее можно было просматривать в любой стандартной программе проигрывания видеофильмов.

Выводы. В настоящее время все более актуальным становится применение методов геоинформационного картографирования в историко-географических исследованиях. Отоб-

ражение маршрутов путешествий посредством анимации может служить не только простой демонстрацией пути передвижения, но и в качестве исследовательского инструмента. Следует заметить, что выполнение такой работы в вузе способствует формированию и развитию информационной компетентности обучающихся и педагогов, проявлению самостоятельности и активности студентов, а также продвижению в их интеллектуальном и личностном развитии [Манухов и др., 2014; Манухов и др., 2015; Семина, 2015]. Несомненно, дальнейшее развитие современных геоинформационных технологий будет способствовать все более широкому их использованию при изучении и анализе пространственно-временных особенностей исторических событий и процессов. Полученные результаты могут быть полезны историкам, географам, занимающимся изучением и сохранением наименований географических объектов как составной части историко-культурного наследия регионов, краеведам, туристам и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Владимиров В.Н.* Историческая геоинформатика: геоинформационные системы в исторических исследованиях: монография. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2005. 192 с.
2. *Гуркин В.А.* Паллас и Лепёхин в Симбирской провинции // Вопросы истории естествознания и техники. 2006. № 3. С. 113–131.
3. *Ивлиева Н.Г., Манухов В.Ф.* К вопросу построения картографических изображений на основе визуализации атрибутивных данных в ГИС // Геодезия и картография. 2015. № 2. С. 32–39.
4. *Ивлиева Н.Г., Манухов В.Ф.* О картографировании маршрутов путешествий П.С. Палласа и И.И. Лепёхина по Среднему Поволжью // Геодезия и картография. 2016. № 4. С. 53–59.
5. *Ивлиева Н.Г., Манухов В.Ф.* О картографировании формирования и становления мордовской автономии // ИнтерКарто/ИнтерГИС-17: Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: материалы Междунар. конференции (Белокуриха (Россия), Денпасар (Индонезия)), 14–19 декабря 2011 г. Барнаул, 2011. С. 181–185.
6. *Ивлиева Н.Г., Манухов В.Ф.* Современные информационные технологии и картографические анимации // Педагогическая информатика. 2012. № 1. С. 36–42.
7. Картография и геодезия в современном мире : материалы второй Всероссийской научно-практической конференции, Саранск, 8 апреля 2014 г. / редкол.: В.Ф. Манухов (отв.ред) [и др.]. Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2014. 268 с.
8. *Манухов В.Ф., Щевелева Г.М.* Формирование компетенций в профессиональном образовании картографо-геоинформационного направления // Интеграция образования. 2014. Т. 18. № 3 (76). С. 39–45.
9. *Манухов В.Ф., Ивлиева Н.Г., Варфоломеев А.Ф., Долгачева Т.А.* Реализация компетентностного подхода в выпускных квалификационных работах студентов картографо-геоинформационного направления // Геодезия и картография. 2015. № 1. С.60–64.
10. Научное наследие П.С. Палласа : письма, 1768–1771 гг. / пер. с нем., сост. И. Осипов. СПб.: Тиаид, 1993. 250 с.
11. *Семина И.А.* Применение инновационных методов обучения географии в высшей школе // Интеграция образования. 2015. Т. 19. № 2 (79). С. 100-108.

N.G. Ivlieva², V.F. Manukhov¹

EXPERIENCE IN THE MAPPING TRAVEL ROUTES P.S. PALLAS AND I.I. LEPEKHIN ACROSS MIDDLE VOLGA REGION USING GIS-TECHNOLOGIES

Abstract. This article describes the experience of P.S. Pallas and I.I. Lepekhin mapping travel routes in the Middle Volga region in 1768–1769 years with application of GIS-technologies. On the

¹ Research Mordovia State University, Saransk, Russia; e-mail: gkg_mrsu@mail.ru.

basis of primary sources a detailed description of the routes is compiled. A special study, which included location of all localities listed by scientists in their works is determined. The researchers have devoted particular attention to geographical names of settlements and traffic routes. Database of settlements located along the route of travel is created. For these purposes different cartographic and literary materials are involved. Using standard GIS software has greatly simplified the process of creating thematic maps. Formed database also allows to create a cartographic animation and temporal cartographic animation in the Middle Volga region.

Key words: mapping, cartographic animation, GIS-technologies, travel route, the Middle Volga.

REFERENCES

1. *Vladimirov V.N.* Istoricheskaja geoinformatika : geoinformacionnye sistemy v istoricheskikh issledovanijah : monografija [Historical geoinformatics: GIS in historical research]. Barnaul : Izd-vo Alt. un-ta, 2005. 192 p. (in Russian).
2. *Gurkin V.A.* Pallas i Lepjohin v Simbirskoj provincii [Pallas and Lepekhin in Simbirsk province]. *Voprosy istorii estestvoznaniya i tehniki*. 2006. No 3. Pp. 113–131. (in Russian).
3. *Ivlieva N.G., Manuhov V.F.* K voprosu postroenija kartograficheskikh izobrazhenij na osnove vizualizacii atributivnyh dannyh v GIS [To the problem of construction of cartographic images on the bases of visualization of attributive data inside GIS]. *Geodezija i kartografija*. 2015. No. 2. Pp. 32–39. (in Russian).
4. *Ivlieva N.G., Manuhov V.F.* O kartografirovanii marshrutov puteshestvij P. S. Pallasa i I. I. Lepjohina po Srednemu Povolzh'ju [Mapping travel routes P. S. Pallas and I. I. Lepekhin across Middle Volga region] *Geodezija i kartografija*. 2016. No. 4. Pp. 53–59. (in Russian).
5. *Ivlieva N.G., Manuhov V.F.* O kartografirovanii formirovanija i stanovlenija mordovskoj avtonomii [On the mapping of the formation and becoming of the mordovian autonomy]. *InterKarto/InterGIS-17: Ustojchivoe razvitie territorij: teorija GIS i prakticheskij opyt: materialy Mezhdunar. konferencii (Belokuriha (Rossija), Denpasar (Indonezija))*, 14–19 dekabnja 2011 g. Barnaul, 2011. Pp. 181–185. (in Russian).
6. *Ivlieva N.G., Manuhov V.F.* Sovremennye informacionnye tehnologii i kartograficheskie animacii [Modern information technology and map animation]. *Pedagogicheskaja informatika*, 2012. No. 1. Pp. 36–42. (in Russian).
7. *Kartografija i geodezija v sovremennom mire [Cartography and Geodesy in the modern world] : materialy vtoroj Vserossijskoj nauchno-prakticheskoi konferencii, Saransk, 8 aprelja 2014 g./ redkol.: V.F. Manuhov (otv.red) [et.]*. Saransk, Izd-vo Mordov. un-ta, 2014, 268 p. (in Russian).
8. *Manuhov V.F., Shheveleva G.M.* Formirovanie kompetencij v professional'nom obrazovanii kartografo-geoinformacionnogo napravlenija [Growing Competences in Professional Education in Cartographical and Geoinformation Bachelor Programme]. *Integracija obrazovanija*, 2014. V. 18. No. 3(76). Pp. 39–45. (in Russian).
9. *Manuhov V.F., Ivlieva N.G., Varfolomeev A.F., Dolgacheva T.A.* Realizacija kompetentnostnogo podhoda v vypusnyh kvalifikacionnyh rabotah studentov kartografo-geoinformacionnogo napravlenija [Realization of competence approach to expert graduate w of specialists in cartography and geoinformation]. *Geodezija i kartografija*, 2015. No. 1. Pp. 60–64. (in Russian).
10. *Nauchnoe nasledie P.S. Pallasa : pis'ma, 1768–1771 gg. / per. s nem., sost. I. Osipov.* The scientific legacy PS Pallas: Letters, 1768–1771 gg [The scientific legacy PS Pallas: Letters, 1768–1771]. SPb.: Tialid, 1993, 250 p. (in Russian).
11. *Semina I.A.* Primenenie innovacionnyh metodov obuchenija geografii v vysshej shkole [The Application of Innovative Methods of Teaching Geography in Higher School]. *Integracija obrazovanija*. 2015. V. 19. No 2 (79). Pp. 100–108. (in Russian).

Г.А. Баймаганбетова¹, Е.И. Голубева²

КОСМИЧЕСКИЕ СНИМКИ ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЗЕЛЕННОГО КАРКАСА Г. АСТАНЫ

Резюме. Статья посвящена использованию данных ДЗЗ для оценки состояния зеленого каркаса в столице Республики Казахстан. В результате работы впервые проведено комплексное обследование территории города Астаны при использовании ДЗЗ и ГИС-технологий, что может быть полезным при планировании посадок новых зеленых насаждений, организации рекреационных зон и ландшафтном планировании города.

Ключевые слова: урбанистика, зеленый каркас, Данные Дистанционного зондирования Земли, ГИС-технологии

Введение. Увеличение городских территорий, связанное с ростом численности населения, обретает все более глобальные масштабы. Урбанизация является естественным процессом, который оказывает колоссальное влияние на природную среду. Жизнь любого крупного города невозможно представить без взаимодействия различных перекликающихся и взаимосвязанных социокультурных и природно-ландшафтных факторов. Города – это яркий пример глубочайшего антропогенного преобразования среды и для его эффективного развития в целом, следует проводить научно обоснованную градостроительную политику. В первую очередь, она заключается в функциональном зонировании городской территории с целью наиболее эффективного ее использования.

Современный город должен обладать следующими показателями:

Функциональность;

Автономность;

Экологичность;

Комфортность для проживания человека.

Безусловно экологичность и комфортность среды проживания человека, в том числе, определяется качеством зеленого каркаса, который выполняет природоохранную, рекреационную и санитарно-гигиеническую функции. Растения, в особенности древесные насаждения, благотворно влияют на микроклимат города, его эстетическую привлекательность, и, самое важное, на здоровье населения.

Астана – новая столица и динамично развивающийся центр Республики Казахстан. На сегодняшний день, согласно данным Агентства по статистике Республики Казахстан, население города составляет чуть более 850 тыс. человек, входя в тройку крупнейших городов страны. [Агентство по статистике РК] Дальнейшее развитие и расширение города может привести к негативным последствиям: увеличению количества транспорта, сточных вод, образования твердых бытовых отходов и выбросов в атмосферу, что зачастую влечет за собой ухудшение качества воздуха, воды, увеличение уровня шума и др. последствия.

Актуальность. Астана – город, в котором только формируется зеленый каркас, значение которого очень велико, но изучен недостаточно. В преддверии всемирной выставки ЕХРО-2017, которая будет проводиться в Астане, исследование зеленого каркаса становится еще более актуальным, так как озелененные территории должны соответствовать мировым стандартам и выполнять не только экологическую функцию, но и иметь эстетическую и ландшафтно-рекреационную привлекательность.

¹ Московский Государственный университет, Географический факультет; e-mail: gunya_19.05@mail.ru.

² Московский Государственный университет, Географический факультет; e-mail: egolubeva@gmail.com.

Оценка степени озеленения и мониторинг зеленых насаждений сегодня трудно представить без использования Данных Дистанционного зондирования, позволяющих получать объективную и достоверную информацию достаточно оперативно и с необходимой периодичностью. [Тикунов, 1997] В Астане мониторинг зеленых насаждений проводился один раз без использования Данных Дистанционного зондирования Земли и охватил всего один административный район. В связи с этим роль ДДЗ, как современный и оперативный способ оценки состояния зеленых насаждений, имеет очевидные перспективы.

Цель работы – анализ формирования зеленого каркаса города Астаны.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Определить динамику площади озелененных территорий г. Астана по космическим снимкам;
2. Рассчитать NDVI для оценки формирования зеленого каркаса;
3. Провести сравнительный анализ административных районов г. Астаны по структуре зеленого каркаса.

Материалы и методы исследований. Широкий диапазон возможностей современных ГИС-технологий для решения прикладных задач позволил определить различные показатели «озелененности» города:

- общая площадь зеленых насаждений города;
- площадь зеленых насаждений по административным районам;
- обеспеченность зелеными насаждениями на душу населения в целом по городу, и административным районам;
- рассчитать на основе вегетационного индекса (NDVI) состояние (плотность) зеленых насаждений и запас фитомассы;
- посмотреть в процессе формирования зеленого каркаса динамику с 1989 по 2015 годы.

В ходе работы была использована программа ArcGIS и снимки Landsat 4, Landsat 5 и Landsat 7 за 1989, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 годы [Геологическая служба США].

Дешифрирование снимков для определения площади озелененных территорий проводилось с помощью комбинации каналов данных Landsat TM / ETM+: Комбинация 4-5-1 (рис. 1), совместно с комбинацией 3-2-1 (рис. 2), которая позволила дешифрировать здоровую растительность, которая отображается в оттенках красного, коричневого, оранжевого, поскольку здоровая растительность дает сильное отражение в 4 и 5 каналах [Баймаганбетова, Голубева, 2016]. Использование комбинации 3-2-1 параллельно с этой комбинацией позволило различить затопляемые территории и растительность.

Для оценки состояния и изменения зеленого каркаса нами был рассчитан NDVI. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный относительный индекс растительности, показатель количества фотосинтетически активной биомассы (или вегетационный индекс). [Рис, 2006] Этот индекс достаточно широко используется для оценки растительного покрова и вычисляется по формуле:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED),$$

где NIR – инфракрасный канал, RED – красный канал.

Согласно данной формуле, плотность растительности (NDVI) в определенной точке изображения равна разнице интенсивностей отраженного света в красном и инфракрасном диапазоне, деленной на сумму их интенсивностей. Расчет индекса для каждого пиксела космического снимка по красной и ближней инфракрасной спектральным зонам позволяет получить производное изображение – карту NDVI.

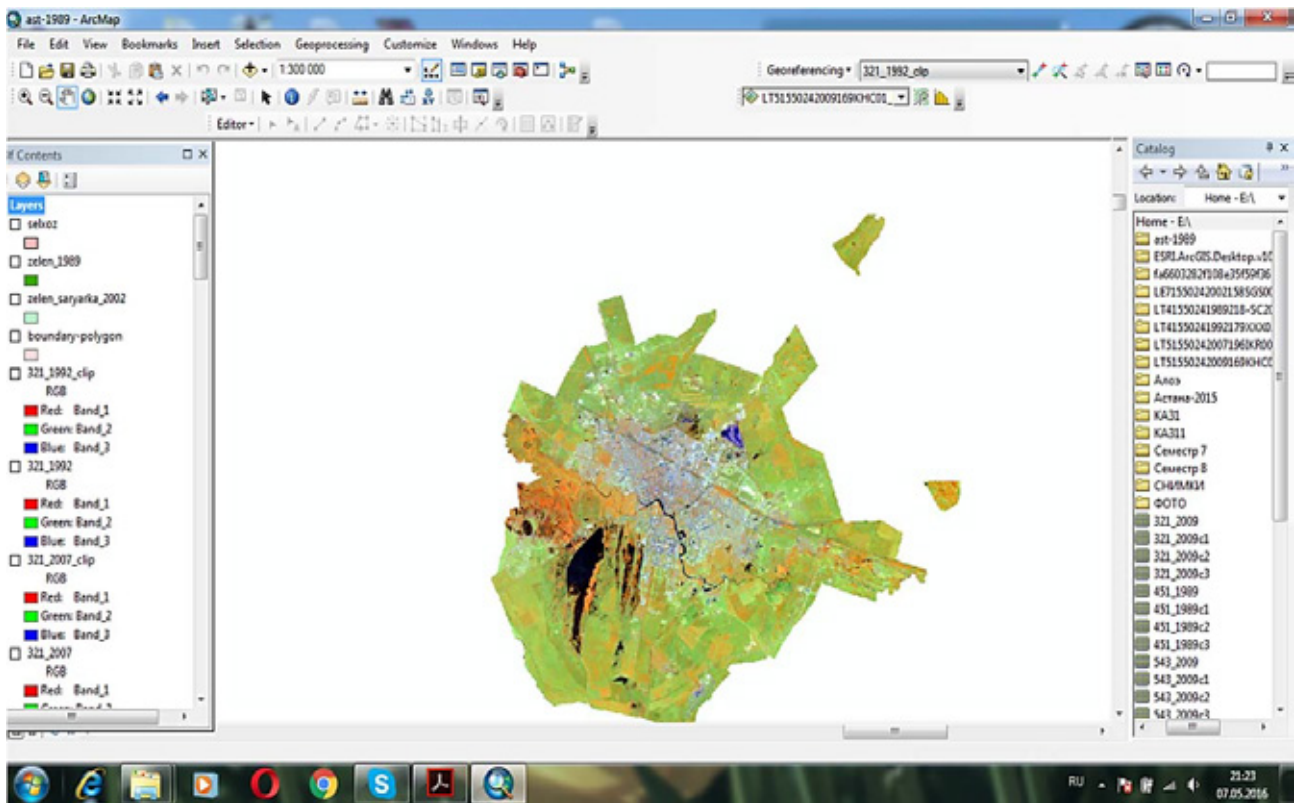


Рис. 1. Комбинация каналов 4-5-1 (Составлено авторами)

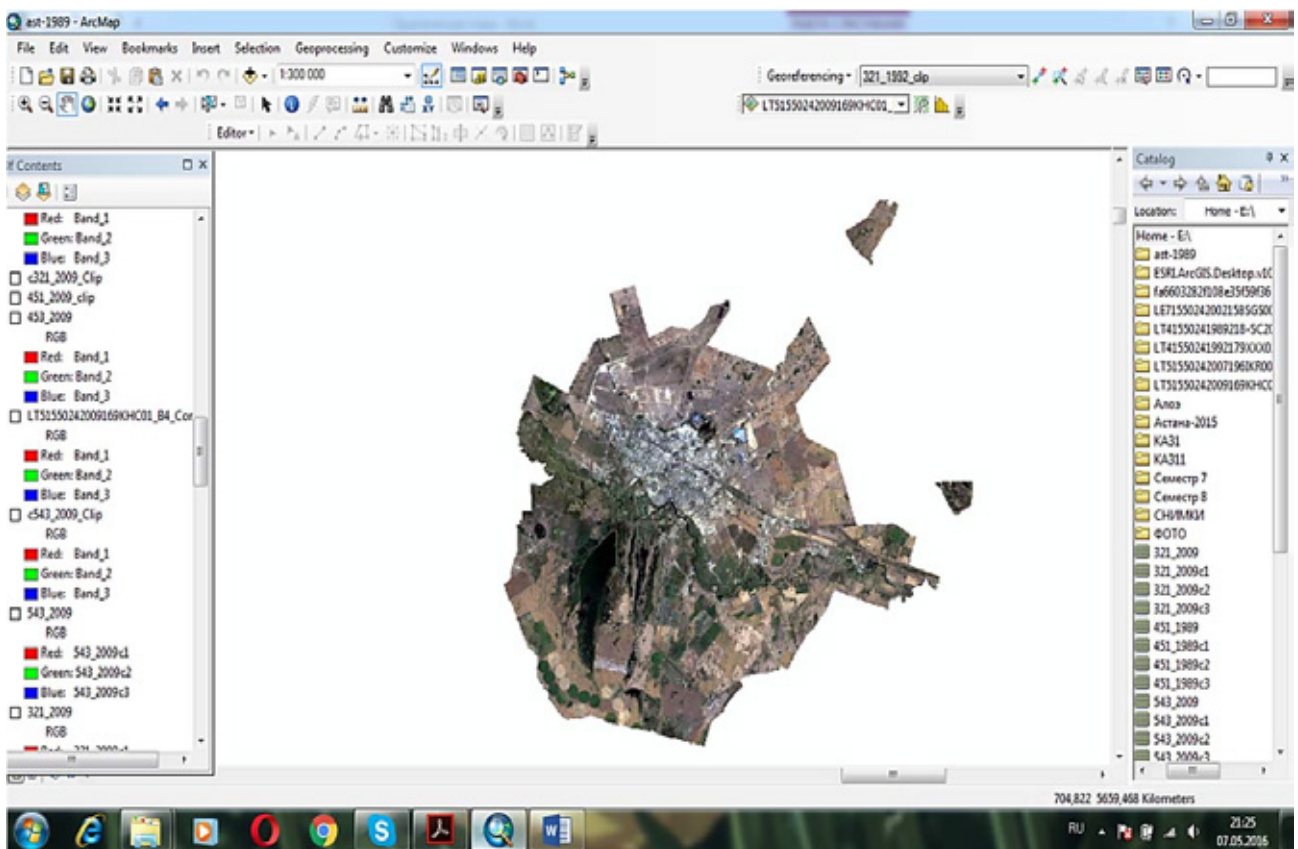


Рис. 2. Комбинация каналов 3-2-1 (Составлено авторами)

Индекс NDVI наиболее эффективно применять для идентификации угнетенной и погибшей растительности, продуктивность которой сильно отличается от здоровой. NDVI поз-

воляет выявить проблемные зоны угнетенной растительности, давая возможность принимать наиболее верные в долгосрочной перспективе решения, направленные на повышение урожайности. Участки с различным состоянием растительности или объемом зеленой фитомассы могут быть изображены разными цветами. [Шовенгердт, 2013] Значение NDVI меняются в диапазоне от -1 до 1 (табл. 1).

Таблица 1

Значения NDVI в диапазоне от -1 до 1 [Рис, 2006]

Тип объекта	Отражение в красной области спектра	Отражение в инфракрасной области спектра	Значение NDVI
Густая растительность	0.1	0.5	0.7
Разряженная растительность	0.1	0.3	0.5
Открытая почва	0.25	0.3	0.025
Облака	0.25	0.25	0
Снег и лед	0.375	0.35	-0.05
Вода	0.02	0.01	-0.25
Искусственные материалы (бетон, асфальт)	0.3	0.1	-0.5

Вегетационный индекс (NDVI) применялся для оценки состояния зеленых насаждений г. Москвы, г. Хабаровска, что говорит о том, что данная методика очень эффективна при изучении формирования зеленого каркаса городских территорий. Для г. Астана вегетационный индекс NDVI применяется впервые.

Существуют определенные комбинации каналов для различных спутников (Табл.2). В связи с тем, что мы использовали снимки Landsat 4,5,7 формула расчета NDVI выглядела следующим образом (рис. 3):

$$\text{Float («Канал 4» – «Канал 3»)} / \text{Float («Канал 4» + «Канал 3»)}$$

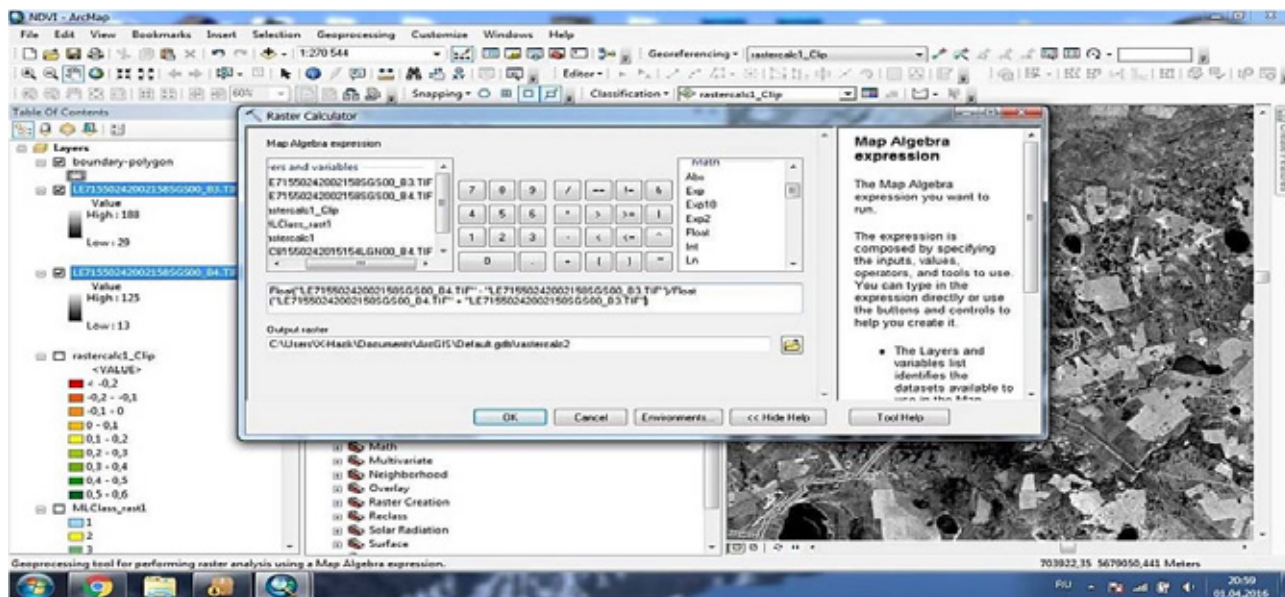


Рис. 3. Введение формулы расчета NDVI в инструменте Map Algebra (Составлено авторами)

Алгоритм расчета NDVI встроен в программу ArcGIS, что облегчает задачу при обработке больших массивов данных. При поиске снимков для работы был выбран диапазон с июня по август, поскольку данный период наиболее оптимален при использовании вегетационного индекса.

Комбинации каналов при расчете NDVI [gis-lab.info]

Практическая глава - Word

Таблица 2.

MSS Landsat(4,5)	5 (0.6-0.7 мкм), 6 (0.7-0.8 мкм) или 7 (0.8-1.1 мкм)
TM Landsat(4,5)	3 (0.63-0.69 мкм), 4 (0.76-0.90 мкм)
ETM+ Landsat7	3 (0.63-0.69 мкм), 4 (0.75-0.90 мкм)
AVHRR NOAA	1 (0.58-0.68 мкм), 2 (0.72-1.0 мкм)
MODIS Terra(Aqua)	1 (0.62-0.67 мкм), 2 (0.841-0.876 мкм)
ASTER Terra	2 (0.63-0.69 мкм), 3 (0.76-0.86 мкм)
LISS IRS(1C/1D)	2 (0.62-0.68 мкм), 3 (0.77-0.86 мкм)

Изначально полученные данные выглядят не лучшим образом и требуют доработки. (Рис. 7) Что подразумевает переход к градиентной палитре от фиксированных значений, что позволяет выбрать цвета для лучшего отображения ситуации в определенный период.

Первичная картина требует доработки (рис. 4), что подразумевает от фиксированных значений к градиентной палитре, выбора цветов при отображении ситуации в определенный период.

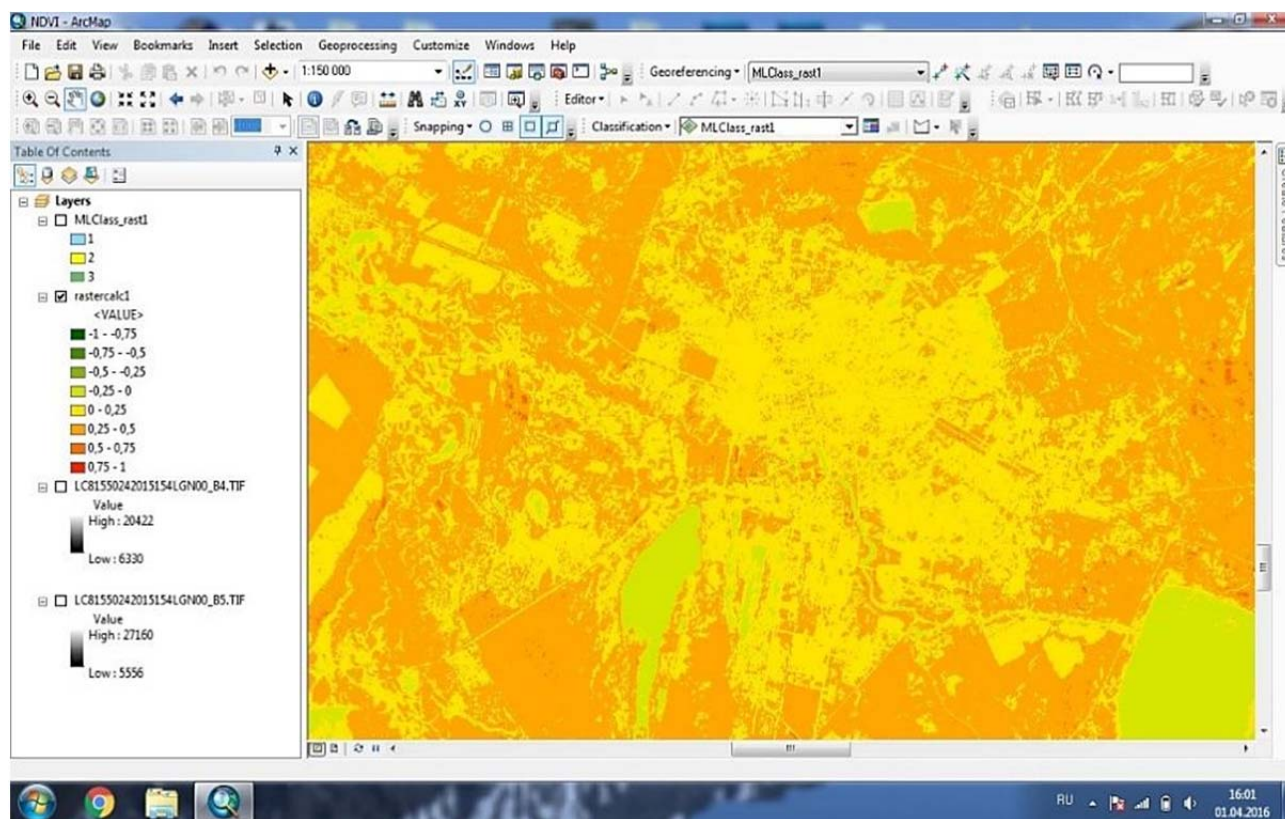


Рис. 4. Один из этапов расчета NDVI (составлено авторами)

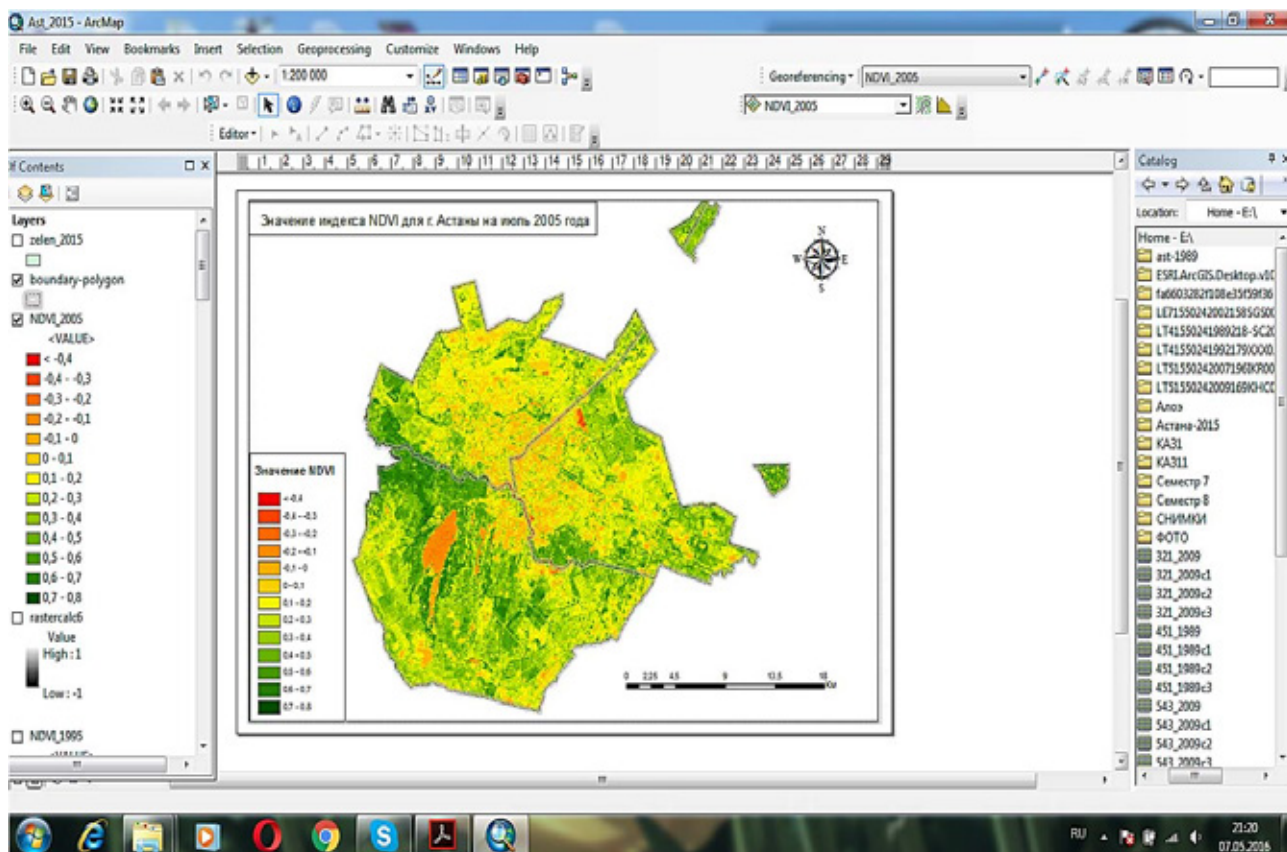


Рис. 5. Создание карты NDVI (составлено авторами)

Результаты исследований и их обсуждение. Полученные результаты позволили сравнить площади озелененных территорий со здоровой растительностью с 1989 года по 2015 г. Динамика площадей со здоровой растительностью, в целом, положительная (рис. 6). В 1989 году составляла 791,2 га, а в 2015 году достигла 1186,1 га. В 2005 году наблюдается значительное сокращение площади с 903,2 га до 611,2 га, что связано с началом строительства новых жилых комплексов и других сооружений, приведшее к уничтожению зеленых насаждений.

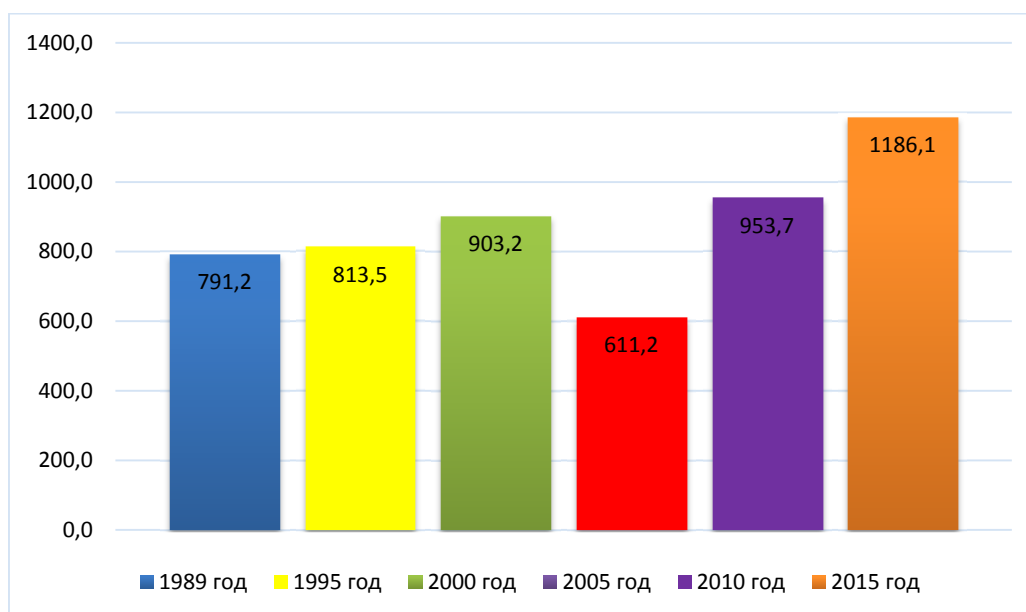


Рис. 6. Динамика площади озелененных территорий со здоровой растительностью, га в г. Астана (составлено авторами)

Как уже отмечалось, в г. Астана три административных района с различной площадью. Самым большим по площади является район Есиль (3112 га), меньшую территорию занимают районы Алматы (2105 га) и Сарыарка (1926 га).

По площади озелененных территорий со здоровой растительностью на 2015 лидирует Сарыаркинский район (492,8 га), существенно меньше Есильский (361,4) и Алматинский (331,7) районы (рис. 7).

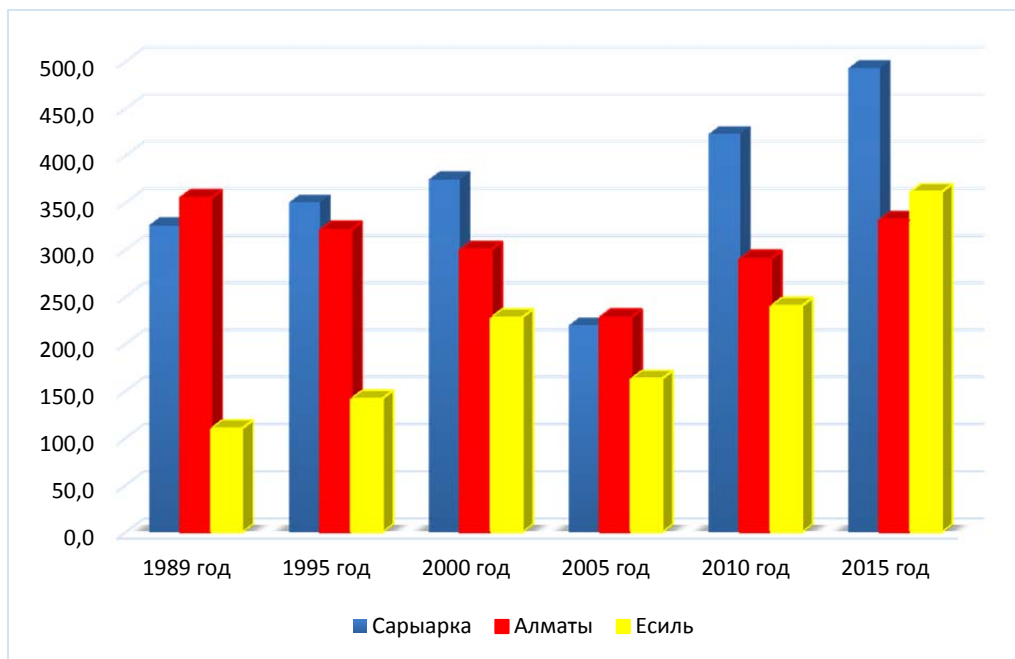


Рис. 7. Динамика площади озелененных территорий со здоровой растительностью, га по административным районам г. Астана (составлено авторами)

Если рассматривать динамику, то в Алматинском районе площади начинают сокращаться еще к 2000 г. Это связано с тем, что район начал застраиваться раньше остальных, тогда как площади зеленых насаждений в Сарыаркинском и Есильском районе начали сокращаться к 2005 г.

По нормативам уничтожение зеленых насаждений предполагает их высадку в конце строительства любого объекта – жилых или административных зданий. Об этом свидетельствует тот факт, что к 2010 г. площади зеленых насаждений постепенно возвращались к значениям, которые были в начале 2000-х годов.

К 2010 г. резко выросла площадь озелененных территорий со здоровой растительностью в районе Сарыарка, что связано, по-видимому с тем, что в первую очередь началось благоустройство набережной р. Есиль, а также строились основные магистрали с высадкой зеленых насаждений вдоль дорог.

Есильский район быстро начал озеленяться, благодаря тому, что все административные здания были перенесены сюда, и этот район сейчас представляет собой практически новый город с развитой инфраструктурой и зеленым каркасом. В 1989 г. левый берег р. Ишим (соответственно Есильский район) представлял собой сельскохозяйственные земли с небольшой площадью озелененных территорий со здоровой растительностью (110,3 га). Сейчас Есильский район опережает Алматинский с площадью 361,4 га, т.е. за 25 лет площадь увеличилась в 3 раза.

Площадь озелененных территорий на одного жителя ($\text{м}^2/\text{чел}$) по городу на сегодня составил $13,9 \text{ м}^2/\text{чел}$, что соответствует норме (рис. 8). Благодаря тому, что в Есильском районе живет наименьшее количество жителей, этот район лидирует по данному показателю и на 2015 год составляет $28,5 \text{ м}^2$ озелененных территорий на душу населения. Изменения с 1989 по 2015 год в Алматинском и Сарыаркинском районах коррелируют. Резкие снижения площадей на душу населения в Есильском районе отражают скорость заселения левого берега р. Ишим.

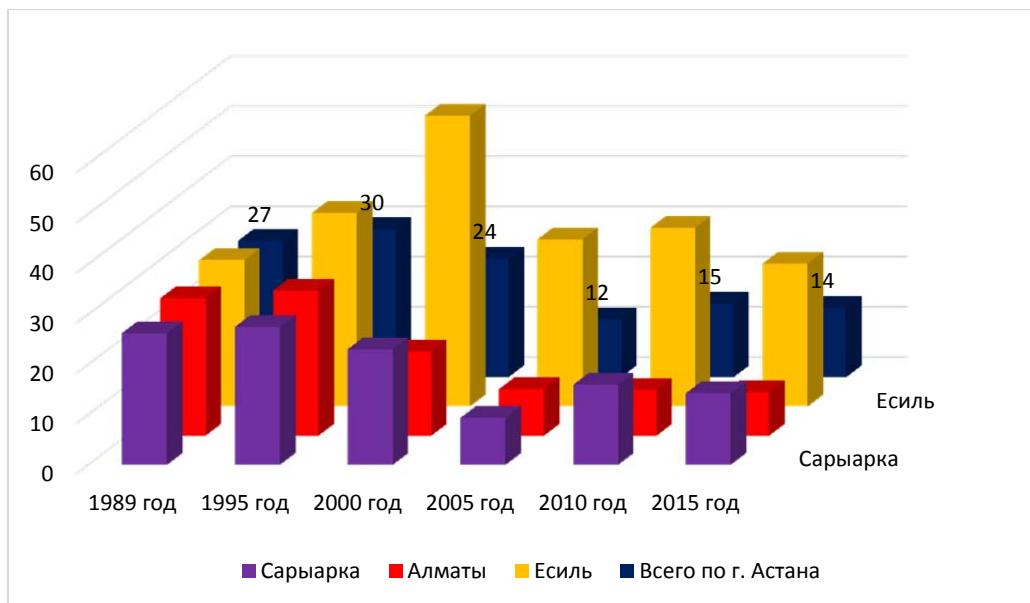


Рис. 8. Площадь озелененных территорий на одного жителя, м²/ чел. (составлено авторами)

Результаты, полученные в ходе расчета NDVI можно показать в виде карт на исследуемый период: июль месяц 1989, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 годов.

Интересно, что результаты, полученные за 1989 г. сильно отличаются от других дат, поскольку преобладание значений NDVI 0,6–0,9 на левом берегу р. Ишим (нынешнего Есильского района) связано с тем, что вся территория была отдана под пашни и соответственно, значения NDVI в данном случае отражали состояние посевов, а не озелененность.

Значения NDVI также реагируют на влажность почв, что видно в виде кругов орошаемых земель в юго-западной части современного города.

К 1995 г. пашни перестали обрабатываться и урожайность полей в Есильском районе резко снизилась, что повлияло на снижение значения индекса NDVI. В других районах также можно проследить изменения, значение NDVI снизилось вдоль правого берега р. Ишим, земли которой также раньше были под сельскохозяйственными угодьями, а в 1995 г. поменяли свою функцию.

Ситуация с зелеными территориями меняется после того, как город стал столицей Республики Казахстан, что заметно на карте NDVI 2000 г. Значения индекса от минус 0,6 до минус 0,1 отражают, что растительность полностью уничтожена и город начал застраиваться на прежде существовавших здесь сельскохозяйственных территориях.

При этом, сохранились территории с густой растительностью, преобладавшей за границей застройки и вдоль р. Ишим, где существовали дачные участки с большим количеством садов с яблоней домашней, облепихой крушиновидной, черной смородиной и др. [Кебекбаев, 2016].

К 2005 году в городе началось активное строительство новых сооружений, снос частных домов и дачных участков, что приводило к уничтожению здоровых древесных насаждений и заболачиванию территорий вдоль р. Ишим (особенно рядом с о. Талдыколь), что хорошо отражается в изменении значений NDVI, которые снизились в Алматинском и Сарыаркинском районах.

Значение индекса NDVI на июль 2010 г. отражают начало процесса формирования зеленого пояса столицы, часть которой входит в границу города. Площади озелененных территорий, которые уничтожались во время строительства начали возмещать за границей застройки, вплоть до начала зеленого пояса столицы.

Карта NDVI за 2015 г. отражает положительную тенденцию развития зеленого каркаса города. Поскольку высокие значения NDVI выявляются за счет новых саженцев, приживаемость которых достигает почти 90%. Хорошо видны зеленые полосы вдоль основных магистралей и зеленая зона в санитарно-защитной зоне аэропорта г. Астаны.

Расчет индекса NDVI помог выявить общую тенденцию развития зеленого каркаса города. Видно, что к 2015 году сформирован зеленый пояс города, парки, скверы, бульвары, которые были созданы за последние 10 лет, что делает город более «зеленым», благодаря использованию саженцев, соблюдению норм, предусмотренных в Концепции озеленения столицы. В дальнейшем, предлагаемый метод может быть использован для мониторинга состояния зеленых насаждений.

Выводы. В настоящее время становятся актуальными вопросы формирования и реконструкции городских насаждений. В связи с чем, весьма важным является изучение зеленого каркаса города, имеющего важнейшее значение в создании комфортной среды проживания, оказывая комплексное положительное влияние на здоровье человека. Зеленые насаждения создают эстетически привлекательные и комфортные микроклиматические условия, улучшают качество воздуха, ионизируют и насыщают фитонцидами, подавляющими развитие патогенной микрофлоры, опасной для здоровья человека.

Проведенное исследование по оценке формирования зеленого каркаса города Астаны позволяет сделать следующие выводы:

– Город Астана располагается в степной зоне, с характерным резко континентальным климатом, с морозной продолжительной зимой и жарким летом, сильными и сухими ветрами, что влияет на возможности выживания зеленых насаждений города. Поэтому важно учитывать эти природные особенности при подходе к концепции озеленения и выбору растений.

– Определение изменения площадей озелененных территорий г. Астана проводилось с использованием ГИС-технологий, а также снимков Landsat 4, Landsat 5, Landsat 7, что позволило выявить состояние на 1989, 1995, 2000, 2005, 2010, 2015 г. Расчеты вегетационного индекса (NDVI) для оценки состояния зеленого каркаса г. Астаны, показали тенденцию развития города. Интересно, что результаты, полученные за 1989 г. сильно отличаются от других дат, поскольку преобладание высоких значений NDVI 0,6-0,9 на левом берегу р. Ишим (нынешнего Есильского района) связано с тем, что территория была отдана под пашни и соответственно, значения NDVI в данном случае отражали состояние посевов, а не озелененность.

– Сравнительный анализ структуры зеленого каркаса административных районов г. Астаны показал, что во всех случаях заметна положительная динамика. Спад в 2005 г. связан с началом активного строительства и уничтожением больших площадей озелененных территорий, в том числе дачных участков, которые были сосредоточены, преимущественно, в Есильском районе. Заметно, что динамика развития зеленого каркаса в Есильском и Сарыаркинском районах схожа, тогда как Алматинский район начал застраиваться раньше и поэтому площади озелененных территорий со здоровой растительностью начали сокращаться еще с 1990-х годов. По площади озелененных территорий на душу населения выделяется Есильский район – новый, хорошо озелененный, но еще мало заселенный.

– Как основную тенденцию можно отметить, что к 2015 году город становится более «зеленым». Он становится все более привлекательным не только с точки зрения архитектуры, но и его зеленого каркаса. Так, существенно расширился его зеленый пояс, парки, скверы, бульвары, многие из которых были высажены за последние 5 лет, придавая городу красоту и комфорт.

***Благодарности.** Работа выполнена при частичной поддержке проекта РФФИ 15-05-01788 «Ландшафтно-экологическое планирование городских территорий при изменении их функционального назначения на основе «зеленых» технологий.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баймаганбетова Г.А., Голубева Е.И., Зимин М.В. Данные дистанционного зондирования Земли для оценки состояния зеленых насаждений г. Астана. // Материалы 6-й Всероссийской (с международным участием) конференции «Аэрокосмические методы и геоинфор-

мационные технологии в лесоведении, лесном хозяйстве и экологии», ИКИ РАН. – М., 2016. С. 88–91.

2. Кебекбаев А.Е. Опыт озеленения г. Астаны с использованием интродуцентов. // Сборник докладов Второй научно-практической конференции «Современные тенденции в озеленении и питомниководстве». – Астана: ТОО «Типография Форма Плюс», 2016. С. 49–51.

3. Рис У.Г. Основы дистанционного зондирования. – М.: Техносфера, 2006. 336 с.

4. Тикунов В.С. Моделирование в картографии: Учебник. – М.: Издательство МГУ, 1997. – 405 с.

5. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Методы и модели обработки изображений. – М.: Техносфера. 2013. – 592 с.

6. Агентство по статистике Республики Казахстан. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.stat.gov.kz>.

7. Географические информационные системы и дистанционное зондирование. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gis-lab.info>.

8. Геологическая служба США. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.usgs.gov>.

G.A. Baimaganbetova¹, E.I. Golubeva²

SATELLITE IMAGES FOR MAPPING AND MONITORING OF GREEN FRAME OF THE CITY OF ASTANA.

Abstract. *Astana – a city in which only formed a green frame, the value of which is very large, but has not studied. On the eve of the world exhibition EXPO-2017 to be held in Astana, the study of green frame becomes even more urgent, since green spaces must comply with international standards and to fulfill not only the environmental function, but have aesthetic and landscape-recreational attraction. Purpose – analysis of the formation of green frame the city of Astana. To achieve the goal the following tasks: 1) Determine the trend of green areas Astana on satellite images; 2) Calculate the NDVI to assess the formation of a green carcass; 3) Carry out a comparative analysis of the administrative districts of Astana on the structure of the green frame.*

Key words: *Urban studies, green frame, Earth remote sensing data, GIS technology.*

REFERENCES

1. Baimaganbetova G.A., Golubeva E.I., Zimin M.V. Dannyye distantsionnogo zondirovaniya Zemli dlya otsenki sostoyaniya zelenyih nasazhdeniy g. Astana. [Remote sensing of earth to assess the status of green space of Astana city] // Materialy 6-y Vserossiyskoy (s mezhdunarodnyim uchastiem) konferentsii «Aerokosmicheskie metody i geoinformatsionnyie tehnologii v lesovedenii, lesnom hozyaystve i ekologii», ИКИ РАН. – М., 2016. Pp. 88–91.

2. Кебекбаев А.Е. Опыт озеленения г. Астаны с использованием интродуцентов. [Experience landscaping Astana using exotic species] // Sbornik dokladov Vtoroy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sovremennyye tendentsii v ozelenenii i pitomnikovodstve». – Астана: ТОО «Типография Форма Плюс», 2016. Pp. 49–51.

3. Рис У.Г. Osnovy distantsionnogo zondirovaniya. [Fundamentals of Remote Sensing]. – М.: Техносфера, 2006. – 336 p.

4. Тикунов В.С. Modelirovaniye v kartografii [Modelling in cartography]: Uchebnyk. – М.: Izdatelstvo MGU, 1997. – 405 p.

¹ Moscow State University, Faculty of Geography; e-mail: gunya_19.05@mail.ru.

² Moscow State University, Faculty of Geography; e-mail: egolubeva@gmail.com.

5. *Shovengerdt R.A.* Distantionnoe zondirovanie. Metody i modeli obrabotki izobrazheniy [Remote sensing. Methods and image processing model]. – М.: Tehnosfera. 2013. – 592 p.
 6. The Agency of Statistics of the Republic of Kazakhstan. [web resource]. Access: <http://www.stat.gov.kz>.
 7. Geographical information systems and remote sensing. [web resource]. Access: <http://gis-lab.info>.
 8. The United States Geological Survey. [web resource]. Access: <https://www.usgs.gov>.
-

УДК 551.345+528.88+911.2+528.94

А.А. Медведков¹

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ КРИОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ТЕПЛОВЫХ СНИМКОВ

***Резюме.** В работе рассматривается дистанционный метод выявления и картографирования криогенных ландшафтов. Данные природные комплексы визуально выразительны не только на местности, они выделяются также и по термическим характеристикам на картах поверхностных температур, полученных путем обработки данных со спутников Landsat TM и Terra ASTER. Возможность использования для этой цели тепловых снимков опирается на работы М.И. Будыко о структуре теплового баланса земной поверхности и подтверждается данными полевых исследований.*

***Ключевые слова:** криогенные (мерзлотные) ландшафты, ландшафтная индикация, мерзлотный экотон, ландшафтно-геоэкологическое картографирование, тепловая инфракрасная съемка.*

Введение. Изучение последствий изменения климата – одна из важнейших задач современной науки. Ландшафты наиболее чутко реагирующие на внешние температурные изменения располагаются на южной периферии криолитозоны, в подзонах островной и прерывистой «вечной» мерзлоты. Периферия криолитозоны или мерзлотный экотон – это территория с повышенной мозаичностью ландшафтов и спорадическим распространением высокотемпературных мерзлых грунтов. Здесь система «вечная» мерзлота – ландшафт претерпевает особенно быстрые изменения. Ландшафты, формирующиеся на близко залегающих к дневной поверхности многолетнемерзлых породах, именуется нами мерзлотными (криогенными). Данные природные комплексы наиболее уязвимы к любым внешним воздействиям, будь то антропогенное или климатическое влияние. Данная особенность мерзлотных геосистем требует её обязательно учета как при хозяйственном освоении территорий, так и открывает новые возможности для мониторинговых научных исследований в целях изучения отклика ландшафтов на быстрые изменения климата. В связи с этим, представляется важным выявление криогенных ландшафтов и их картографирование. Данное исследование проводилось нами в срединной части Енисейского меридиана (рис. 1).

Методы и материалы. В полевых условиях по заложенным трансектам производилась индикация криогенных ландшафтов и их дальнейшее изучение. Трансекты охватили наиболее типичные и интересующие нас мерзлотные и немерзлотные урочища, относящиеся

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра физической географии мира и геоэкологии, Москва, 119991, Россия, старший научный сотрудник, канд. геогр. н.; e-mail: a-medvedkov@bk.ru.

к различным структурным уровням рельефа (рис. 1). Было выявлено, что главный фактор наличия многолетней мерзлоты на юге бореальной криолитозоны – состав поверхностных отложений (Горшков и др., 2003). Поэтому граница плейстоценовых ледниковых и озерно-ледниковых отложений, преимущественно пелитового состава, выступает здесь в качестве важного ландшафтно-геокриологического рубежа. К северу от данного рубежа, в ледниковой плейстоценовой зоне, широкое развитие получили дисперсные грунты и приуроченная к ним «вечная» мерзлота. Южнее, в перигляциальной зоне плейстоцена, дисперсные грунты получили значительно меньшее развитие, а вслед за ними сократилась и площадь мерзлотных ландшафтов.

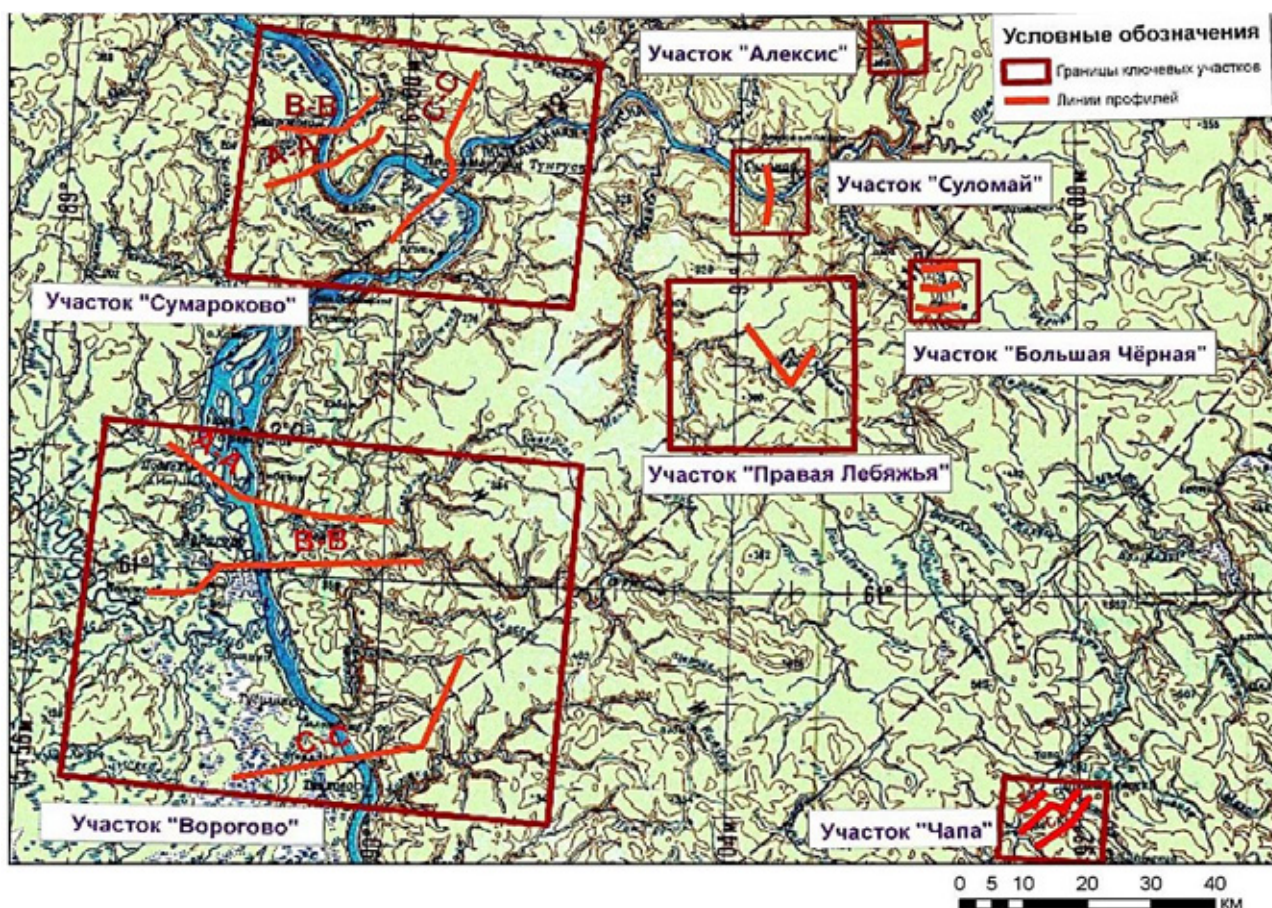


Рис. 1. Карта ключевых районов и участков исследований с указанием линий трансектов, по которым проводилась индикация криогенных ландшафтов в Среднеенсейской Сибири

Наряду с выделением мерзлотных ландшафтов по их характерным особенностям в полевых условиях, нами был использован и дистанционный метод их выявления, на основе анализа температурных карт, полученных путем обработки данных со спутников Landsat TM и Terra ASTER (рис. 2). Относительно высокое пространственное разрешение данных, полученных с космоснимков, определяет более детальный анализ термических характеристик ландшафтов. После тематической предобработки данных дистанционного зондирования были составлены карты распределения температуры поверхности. Картографирование температур поверхности осуществлено применительно к безоблачным условиям, все измерения июльские и относятся к первой декаде месяца. Полученные значения поверхностной температуры отражают меру потока явного тепла, выбрасываемого ландшафтом. Такие данные оказались весьма индикативными применительно и к мерзлотным, и к немерзлотным ландшафтам, что подтверждено нами при полевых исследованиях на севере Енисейского края (рис. 3) [Медведков, 2014].

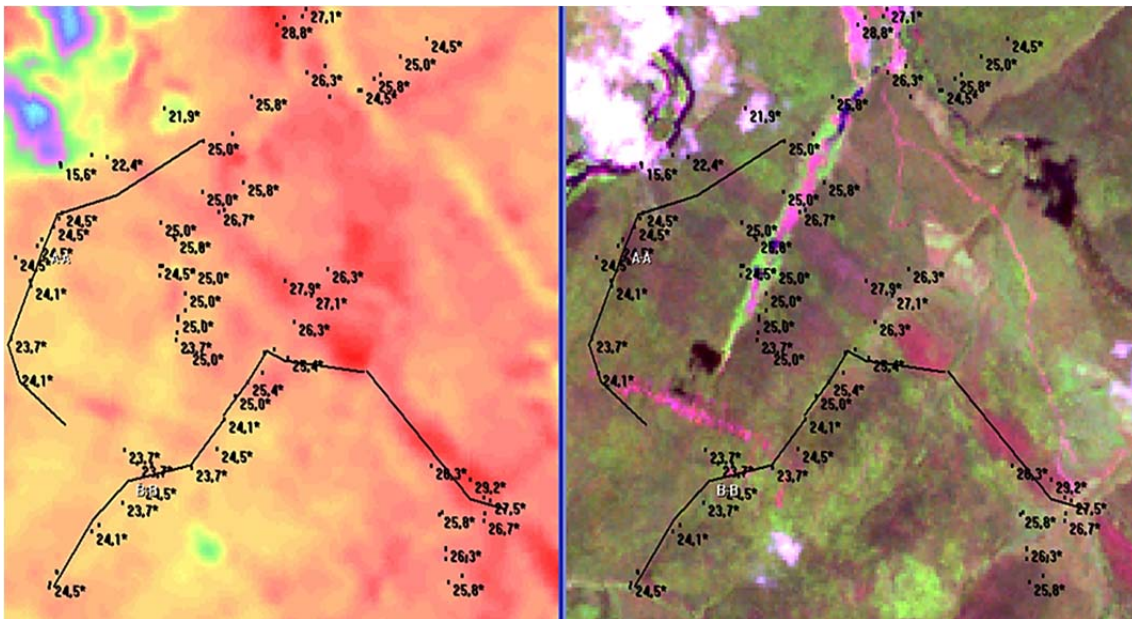
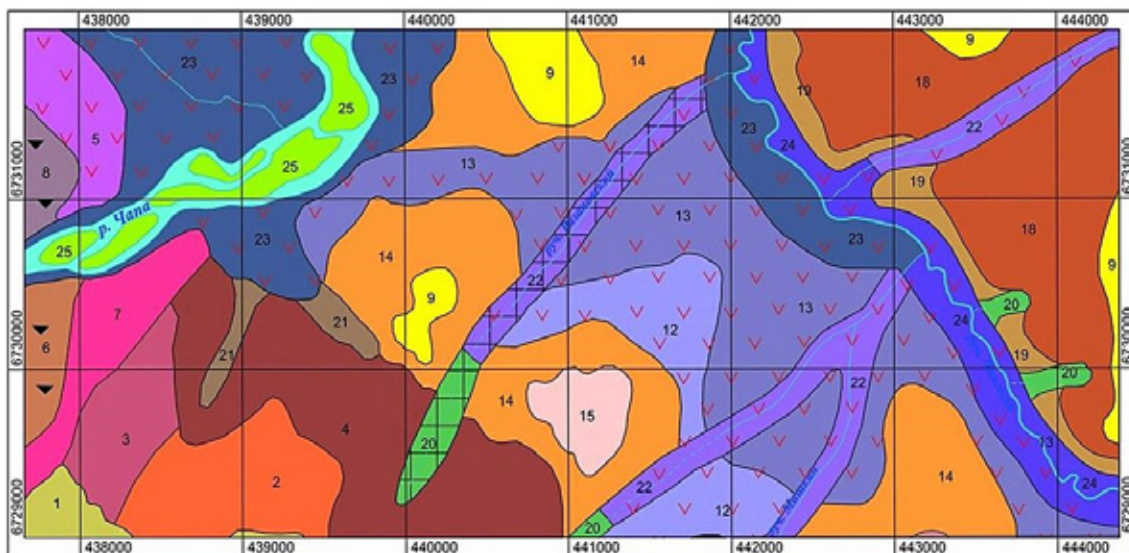


Рис. 2. Карта распределения температур поверхности и синтезированное изображение снимка Landsat ТМ на ключевом участке «Чапа» (север Енисейского края). Ломанные линии – температурные профили, проведенные вдоль ландшафтно-индикационных трансектов



Исходный масштаб: 1:30000

1
километры

Рис. 3. Фрагмент ландшафтно-индикационной карты ключевого участка «Чапа» (север Енисейского края)*

* *Внемасштабными знаками и штриховкой на карте (рис. 2) показаны: антропогенно-измененные днища ложков и поймы малых рек под молодым подростом из березы, осины, сосны, ели и др. с формирующимся напочвенным покровом на техногенных скелетных почвах (); урочища с явными признаками воздействия мерзлотных процессов: а) на растительный покров (разреженность древостоя, его наклонное положение, широкое распространение стелящейся пихты, багульника и карликовой березки, обилие осоки и хвощей, преобладание сфагновых мхов, из кустарничков – типична голубика); б) на дневную поверхность (кочковатость, наличие солифлюкционных наплывов, валиков и окон-разрывов, термокарстовых просадок и др.); в) на свойства почвы (оглеение, высокая влагонасыщенность, криотурбированные горизонты, значительная толщина торфа и др.) (); места распространения глыбово-щебнистых отложений с минимальным (5-10%) содержанием мелкозема ().*

Результаты и их обсуждение. Возможность использования поверхностных температур для индикации криогенных ландшафтов опирается на вывод М.И. Будыко [Будыко, 1974], что тепловой баланс земной поверхности $R = LE + P$, где LE – теплота испарения, т.е. поток скрытого тепла и P – турбулентный поток явного тепла от подстилающей поверхности. Эти показатели теплового баланса земной поверхности широко используются для оценок связи изменения потока явного тепла и приземной температуры в зависимости от типа и состояния растительного покрова и его структуры [Золотокрылин, 2003]. Конкретизируя этот вывод применительно к рассматриваемой проблеме отметим, что растительный покров криогенных ландшафтов визуально выразителен и соответственно имеет особую структуру (древостой характеризуется разреженностью и угнетенностью, типично наклонное положение деревьев; напочвенный покров характеризуется наличием мхов и кустарничков с преобладанием сфагновых мхов, часто встречаются редины и ерники, кочкарники и кочкарные болота, отмечается обилие осоки дернистой, типична голубика). Поэтому используемый метод оказался весьма информативным для выявления и картографирования криогенных ландшафтов и показал высокую степень корреляции полевых данных и полученных термических характеристик ландшафтов на основе анализа тепловых снимков.

Чем больше поток явного тепла, тем меньше его количество в скрытой форме, в виде транспирации и физического испарения с растительного полога. Это оказалось типичным для криогенных ландшафтов, отличающихся пониженными значениями фитомассы, слабой дренированностью и повышенными значениями поверхностных температур [Медведков, 2016]. Ландшафт с минимальным выбросом явного тепла имеет самый высокий потенциал влагообмена и более низкие значения поверхностной температуры (рис. 2). Такие природные комплексы с максимальной интенсивностью участвуют в водоэнергообмене и лидируют по воспроизводству фитомассы. Эту роль в сибирской тайге выполняют немерзлотные ландшафты, а лидерами среди них выступают елово-кедровые леса.

Синтезированный анализ температур поверхности (рис. 2) и данных полевых исследований позволяет на примере ключевого участка «Чапа» (рис. 3) подчеркнуть принципиальные различия между мерзлотными и немерзлотными ландшафтами, проявляющиеся в структуре их растительного покрова и фитопродукционных характеристиках:

1) Наибольшими запасами фитомассы (55–58 т/га) обладают немерзлотные ландшафты, расположенные на вершинных поверхностях и дренируемых склонах (контуры на карте №№ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8). Для данных немерзлотных урочищ типично: наличие прямостоящей древесной растительности, близкое залегание к поверхности скальных пород и малая мощность поверхностных отложений, относительно хорошая дренированность.

2) Наименьшие запасы фитомассы (38–43 т/га) характерны для мерзлотных комплексов: гласисо-пойм малых рек и слабодренируемых межвершинных поверхностей, с угнетенным и разреженным древостоем (контуры на карте №№ 12, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25). Для данных мерзлотных урочищ типичны следующие характерные индикаторы: угнетенность растительного покрова, его видовая обедненность, низкий бонитет древостоя, заметные нарушения дневной поверхности с характерным микро- и мезорельефом, криотурбированный почвенный профиль, повышенная обводненность почв и поверхностных отложений, проявление криогенных процессов и явлений.

Выводы. Таким образом, обобщенный анализ температур поверхности и данных полевых исследований позволил нам также и по показателям поверхностной температуры отличить мерзлотные ландшафты от немерзлотных. Первые характеризуются наименьшими запасами фитомассы и более высокими значениями поверхностной температуры, а вторые выделяются по менее высоким термическим характеристикам, но отличаются наибольшими запасами фитомассы. Данный метод можно использовать в мониторинговых исследованиях, наблюдая за соотношением мерзлотных и немерзлотных ландшафтов, и изменением их термических характеристик. Также возможно его применение и для оценки устойчивости ландшафтов к антропогенной нагрузке, приобретающее всё большую актуальность для труднодоступных районов – территорий нового освоения.

Благодарности. Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (16-35-00327-мол_a) и Совета по грантам Президента РФ для государственной поддержки молодых российских учёных – кандидатов наук (МК – 7614.2015.5).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Будыко М.И. Климат и жизнь. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 472 с.
2. Горшков С.П. Климат, мерзлота и ландшафты Среднеенейского региона / Ванденберг Дж., Алексеев Б.А. и др. – М., 2003. – 90 с.
3. Золотокрылин А.Н. Климатическое опустынивание. – М.: Наука, 2003. – 246 с.
4. Медведков А.А. Опыт ландшафтно-геоэкологического картографирования на севере Енисейского кряжа // Известия РАН. Серия географическая. 2014 № 1. С. 91–94.
5. Медведков А.А. Среднетаежные геосистемы Приенейской Сибири в условиях меняющегося климата. – М.: Макс-Пресс, 2016. – 144 с.

A.A. Medvedkov¹

MAPPING OF PERMAFROST LANDSCAPES BASED ON THE ANALYSIS OF THERMAL IMAGES

Abstract. This paper presents the method of remote detection and mapping of permafrost landscapes. These natural complexes visually are significant not only on the terrain, but easily distinguished by thermal characteristics on surface temperature maps, obtained by processing data from Landsat TM and Terra ASTER. The possibility of using thermal images data for such aim relies on the work of M.I. Budyko about the structure of earth's surface heat balance. This method is also confirmed by field studies.

Key words: permafrost landscapes, landscape indication, permafrost ecotone, landscape-geocryological mapping, thermal-infrared survey.

Acknowledgement. The study was supported by Russian Foundation for Basic Research (project 16-35-00327-mol_a) and supported by the Council for Grants under President of Russia (project МК – 7614.2015.5).

REFERENCES

1. Budyko M.I. Klimat i zhizn'. [The climate and life]. – L.: Gidrometeoizdat, 1974. – 472 p.
2. Gorshkov S.P. Klimat, merzlota i landshafty Sredneenisejskogo regiona [The climate, permafrost and terrain Sredneeniseyskogo region] / Vandenberg Dzh., Alekseev B.A. i dr. – M., 2003. – 90 p.
3. Zolotokrylin A.N. Klimaticheskoe opustynivanie [Climatic desertification]. – M.: Nauka, 2003. – 246 p.
4. Medvedkov A.A. Opyt landshaftno-geoekologicheskogo kartografirovaniya na severe Enisejskogo kryazha [Experience the landscape and geo-environmental mapping in the north of the Yenisei Ridge] // Izvestiya RAN. Seriya geograficheskaya. 2014 № 1. Pp. 91–94.
5. Medvedkov A.A. Srednetaezhnye geosistemy Prienisejskoj Sibiri v usloviyah menyayushchegosya klimata. [Srednetaezhnom Geosystems Prieniseyskoy Siberia in a changing climate]. – M.: Maks-Press, 2016. – 144 p.

¹ Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Russia, 119991, Moscow, GSP-1, 1 Leninskiye Gory, senior researcher, PhD in Geography; e-mail: a-medvedkov@bk.ru.

И.В. Глущенко¹

МОДЕЛИРОВАНИЕ МИГРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ С ПОМОЩЬЮ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

***Резюме.** В работе рассматриваются особенности и пространственные закономерности миграции населения в Российской Федерации в конце XX – начале XXI веков. Анализируются потоки международной и внутрироссийской миграции населения по субъектам России. Рассматриваются возможности использования геоинформационных методов в изучении демографических и миграционных процессов.*

***Ключевые слова:** миграция населения, международная миграция, внутрироссийская миграция, геоинформационные технологии, кластерный анализ, центрографический метод, индекс Морана.*

Материал и методы исследований. Исследование основывалось на материалах федеральной службы государственной статистики России. Исследуемый период охватывает 20 лет – с 1994 по 2014 годы. Данные рассматриваются по периодам, выделенным Ж.А. Зайончковской. [Зайончковская и др., 2011], [Белозеров, Панин, Черкасов, 2014].

Методы, используемые в исследовании – статистический, картографический и геоинформационный.

Статистический метод выражается в расчете и анализе сальдо миграции в субъектах России. Картографический метод выражался в создании комплекса карт: территориальной структуры миграционного прироста по исследуемым периодам (с 1994 по 2014 г.). Геоинформационный метод позволил рассчитать центров тяжести, провести кластерный анализ внутрироссийского и международного миграционного прироста.

Геоинформационный анализ проводился в программе ArcGis Desktop, использовался модуль «Пространственная статистика».

Результаты исследований и их обсуждение. Конец XX века характеризуется активными миграционным движением населения в России, ломкой традиционных жизненных устоев, репатриацией и вынужденной миграцией, направленной в основном из стран ближнего зарубежья, а также из зон вооруженных конфликтов в более «спокойные» субъекты.

В 1994 году большая часть Европейской России (за исключением Европейского севера) имела высокий миграционный прирост. Коэффициент миграционного прироста от 5 до 15 чел. на 1000 населения был более чем в половине субъектов Европейской России. Раздельный анализ внутрироссийского и международного миграционных потоков показал, что в первом рассматриваемом периоде миграционный пророст со странами ближнего зарубежья наблюдался во всех субъектах Европейской России за исключением Кабардино-Балкарии (по Чеченской республике и Ингушетии данные отсутствуют), а также Сахалина, Якутии, Чукотки и Еврейской автономной области. Следует отметить высокую долю Тюменской области, Ханты-Мансийского и Ямало-Ненецкого автономных округов, вызванную экономической привлекательностью данных регионов.

Внутрироссийский миграционный прирост показывал четкую западную направленность – наблюдался в большинстве субъектов Европейской России, на Урале, в равнинной части Северного Кавказа, а также в южных регионах Западной Сибири. Большую его часть миграционного прироста сформированы в Москве и Санкт-Петербурге с областями, а также регионы равнинной части Северного Кавказа.

¹ Северо-Кавказский Федеральный Университет, институт математики и естественных наук, кафедра социально-экономической географии, геоинформатики и туризма, Ставрополь, 355009, Россия, аспирант; e-mail: gluschenko.ivan@mail.ru.

Второй период (1998–2002 гг.) характеризовался ослаблением миграционного движения и сокращением объема миграции. Так, с 1998 по 2002 год миграционный прирост сократился почти в 4 раза с 321 до 87 тыс. чел. Миграционный отток наблюдался во всех регионах Восточной Сибири и Дальнего Востока. В этих регионах он складывался в большей степени за счет внутрироссийского, в меньшей за счет международного потока. Внутрироссийский тренд показывает сокращение числа субъектов, привлекательных для переселенцев из других субъектов. (Забегаая вперед, следует сказать, что тенденция уменьшения числа субъектов привлекательных для мигрантов – долговременная, распространяется на все последующие периоды) [Зайончковская и др., 2011]. Среди особенностей необходимо отметить возросшую роль Белгородской области и Ханты-Мансийского автономного округа – не только для внешней, но для внутрироссийской миграции.

Таблица 1

Лидеры внутренней и внешней миграции по периодам*

Период	Внутрироссийский миграционный прирост	Человек	Международный миграционный прирост	Человек
1994–1997	– Ставропольский край – Ленинградская область – Самарская область	50536 43356 40135	• Ханты-Мансийский автономный округ • Ростовская область • Тюменская область	81849 81798 79544
1998–2002	• Краснодарский край • Ленинградская область • Белгородская область	64772 51196 37444	• Краснодарский край • Белгородская область • Челябинская область	38038 34928 33650
2003–2007	1. Краснодарский край 2. Ленинградская область 3. Белгородская область	85671 49270 29953	9. Краснодарский край 10. Белгородская область 11. Татарстан	28991 20815 20705
2008–2014	1. Краснодарский край 2. Ленинградская область 3. Новосибирская область	226375 83504 58080	1. Тюменская область 2. Краснодарский край 3. Новосибирская область	96737 82717 51472

*За исключением Москвы, Московской области и Санкт-Петербурга

Третий период (2002–2007 гг.) окончательно обозначил центры притяжения мигрантов в России: в первую очередь Москва и Санкт-Петербург с областями, Татарстан, Краснодарский край, Нижегородскую и Калининградскую области, в меньшей мере Свердловскую и Кемеровскую области. Во всех этих субъектах замечен высокий как внутрироссийский, так и международный миграционный прирост. Следует отметить, что весь внутрироссийский прирост сократился именно до этих центров расселения. Что касается стран ближнего зарубежья, здесь наоборот наблюдается тенденция к расширению числа субъектов, принимающих мигрантов из этих стран, не принимают мигрантов только 7 субъектов: Чеченская республика, республики Кабардино-Балкария, Коми, Калмыкия, Омская, Амурская и Мурманская области.

Четвертый период (2008–2014 годы) показывает интересную особенность – международный миграционный прирост наблюдается исключительно во всех субъектах РФ, в то время как внутрироссийский сократился с 20 до 18 субъектов исключив Кемеровскую область и Ставропольский край и добавив Новосибирскую и Томскую области. Можно сказать, что тенденция концентрации населения в крупных агломерациях, а также городах-миллионерах, где уровень жизни достаточно высок, наблюдавшаяся еще с начала 2000-х годов, полностью закрепились.

Что касается внешнего по отношению к России миграционного прироста, его «распространенность» во всех субъектах является следствием возрастающего потока трудовой миграции из стран Средней Азии. Не смотря на то, что этнический мониторинг мигрантов не ведется с 2007 года [Белозёров В.С., Чихичин В.В. Глущенко И.В., 2016], а процент русских в миграционном обороте с середины 1990-х годов снижался, трудно предположить, что в потоке из этих стран большую долю составляют русские. Скорее всего это отражение огромного размаха нелегальной трудовой миграции, а точнее её легальной части.

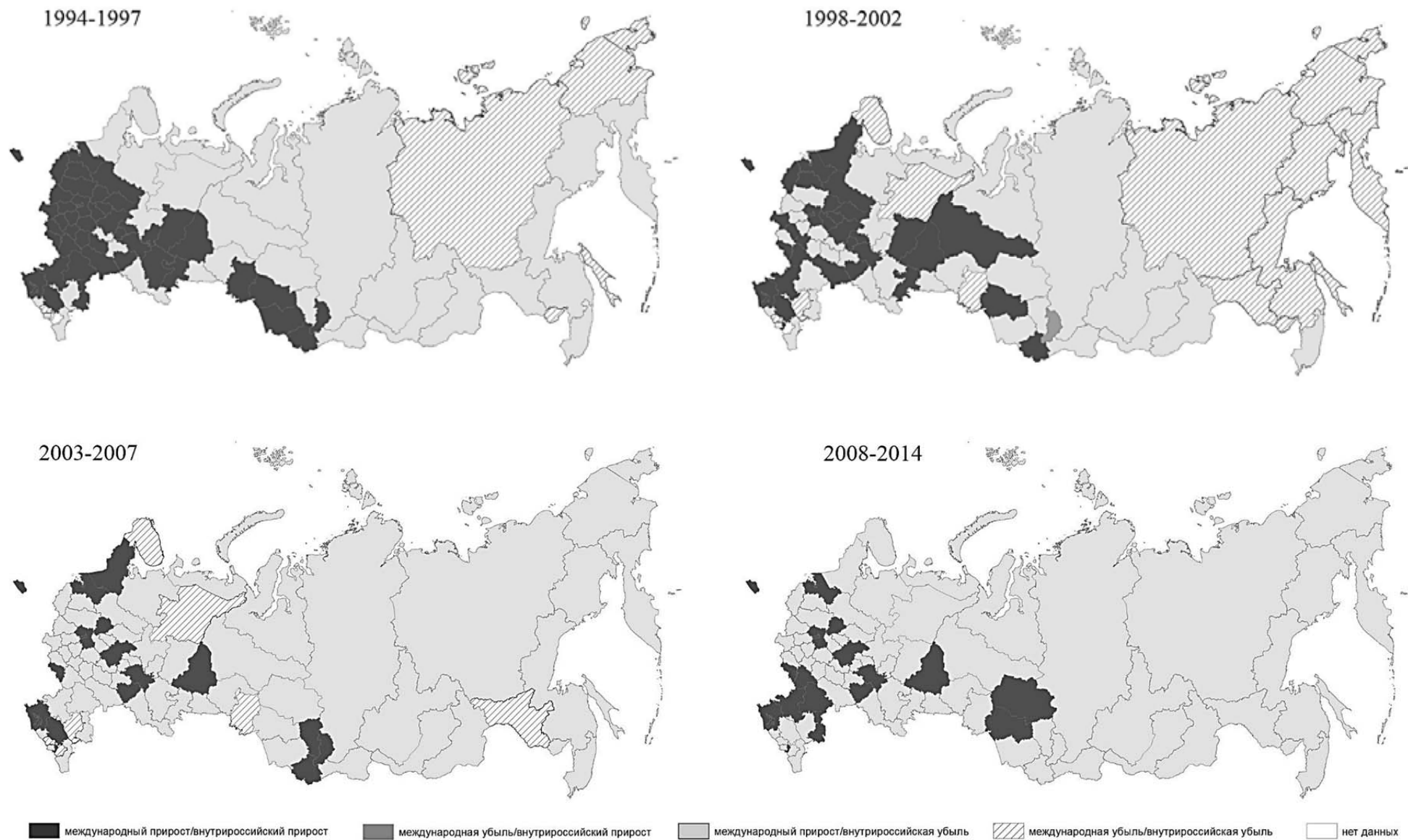


Рис. 1. Структура миграционного прироста в Российской Федерации



Рис. 2. Модели центра тяжести миграционного прироста в России в 1994–2014 гг.

Центры тяжести. Центрографический метод позволяет выявить направление смещения центра тяжести какого-либо процесса во времени. В данном исследовании он применялся для исследования динамики центров расселения внутри российских и международных мигрантов на территории России.

Центр внутрироссийской миграции имеет северную динамику, вернее приближается к Москве. Если в первом периоде он находился в Тамбовской области, в следующем он был в Рязанской, а в двух последующих в Московской области.

Центр международной миграции в первом и четвертом периоде находился в республике Татарстан, во втором и третьем в Ульяновской области. Он показывает, что на рубеже XX–XXI века преобладало западное направление, сменившаяся затем восточным. Общий центр тяжести миграционного прироста и миграционной убыли более подробно рассматривался в статье [Белозеров, Панин, Черкасов, 2014].

Кластерный анализ. Кластерный анализ – один из основных геоинформационных методов, позволяющий выделить объекты со схожими признаками. Для кластерного анализа использовался индекс Морана. На его основе, в зависимости от метода взаимодействия соседних объектов (в данном случае субъектов РФ) показываются регионы с высокой пространственной корреляцией по какому-либо показателю, объединяя их в кластеры, а также регионы с выделяющимися из окружения значениями. Другими словами, если несколько субъектов имеют высокий миграционный прирост со странами ближнего зарубежья и находятся рядом друг с другом, то индекс Морана будет велик, а если находятся на более отдаленных расстояниях или не имеют общих границ, то он будет меньшим, либо нулевым.

Необходимо сказать, что данный метод является лишь способом моделирования, а выбор метода взаимодействия с соседними объектами определяет точность построения модели. Например, для регионов России, подойдет метод «примыкания» (оцениваются только примыкающие по границам соседи), в то время как метод равных расстояний (на определенном расстоянии от данного объекта) не будет точным, так как субъекты в несколько раз разнятся по площади и по форме.

Математические расчеты индекса Морана проиллюстрированы ниже. Инструмент рассчитывает среднее значение и дисперсию для атрибутов, которые оцениваются. Затем из значения каждого объекта вычитается среднее, создавая отклонение от среднего. Значения

отклонений для всех соседних объектов (например, объекты в пределах указанного диапазона расстояний) умножаются друг на друга, чтобы создать векторное произведение.

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{i,j} z_i z_j}{S_0 \sum_{i=1}^n z_i^2}$$

где z_i – отклонение атрибута для объекта I от его среднего значения ($x_i = X$).

$W_{i,j}$ – пространственный вес объектов i и j , n – общее число объектов и S_0 – совокупность пространственных весов:

$$S_0 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{i,j}$$

Z_I – оценка статистики рассчитывается как:

$$z_I = \frac{I - E[I]}{\sqrt{V[I]}}$$

где:

$$\begin{aligned} E[I] &= -1/(n-1) \\ V[I] &= E[I^2] - E[I]^2 \end{aligned}$$

Данный анализ применяется уже несколько лет в науке, в том числе и в отечественной, для оценки социальных процессов [Лободина, Шмидт, 2013], [Тимонин, 2012]. По исследуемым периодам были построены карты, отображающие наличие групп регионов с высоким коэффициентом корреляции.

Москва и Московская область на протяжении всего периода имела высокую пространственную корреляцию, как активный реципиент и международных и внутрироссийских мигрантов. Необходимо также отдельно выделить Санкт-Петербург – как привлекательный до 2008 года в первую очередь для внутрироссийских мигрантов, а в последние 7 лет и для международных переселенцев.

Рассмотрим остальные субъекты России. Первый период отразил следующие особенности – высокий коэффициент пространственной корреляции наблюдался (рис 3.):

- в Равнинной части Северного Кавказа, а также в Москве и Московской области – регионах притяжения внутрироссийской миграции;
- на севере Сибири и Дальнем Востоке – регион внутрироссийской миграционной убыли;
- цепочка от Краснодарского края до Ханты-Мансийского автономного округа – регион притяжения международных мигрантов;
- Дальний Восток и республика Якутия – регион международной миграционной убыли.

Второй период показал следующее:

- Санкт-Петербург, Москва, Московская область – регионах притяжения внутрироссийской миграции;
- Якутия, Забайкальский край (в то время Читинская область и Агинский Бурятский автономный округ) – регион внутрироссийской миграционной убыли;
- Москва и область, а также регион от Воронежской до Челябинской области – район притяжения международных мигрантов;
- Якутия, Амурская область, Хабаровский край – регион международной миграционной убыли.

Последующие периоды не показали определенной взаимосвязи между субъектами, за исключением описанных выше Москвы, Московской области и Санкт-Петербурга.



Рис. 3. Пространственные кластеры миграционного прироста населения в 1994–1997 году на основе Индекса Морана (а – международной, б – внутрироссийской)

Выводы. Распределение миграционного потока в исследуемый период имело неравномерный характер: общая закономерность – направленность на запад, на Европейскую территорию России.

Внутренний и внешний потоки имели различные пространственные особенности. В то время, как внутренний миграционный прирост сосредотачивался в крупных городах, агломе-

рациях с высоким уровнем жизни населения, внешний миграционный прирост к началу 2000 годов показав ту же тенденцию, постепенно распределился по всей территории России и к 2010 году охватил полностью все субъекты РФ.

Центр миграционного прироста внутрироссийской миграции на протяжении исследуемого периода смещался на север (к Москве), внешней миграции – к началу 2000-х на запад, к началу 2010-х вернулся на восток.

Кластерный анализ на основе Индекса Морана, показывает достаточно неплохой результат при выборе правильного метода взаимодействия соседних объектов. При исследовании более равномерных процессов – природных его эффективность выше. Тем не менее, он дает возможность за маленький промежуток времени, выявить пространственные закономерности исследуемых объектов.

Благодарности. Исследование выполнено в рамках гранта Президента Российской Федерации (НСШ-9300.2016.6 «Иностранные мигранты в России: стратегии и практики интеграции и адаптации в региональные сообщества»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белозеров В.С., Панин А.Н., Черкасов А.А. Исследование миграционных процессов между Россией и странами ближнего зарубежья с использованием ГИС-технологий. Миграционные процессы в России: проблемы адаптации и интеграции мигрантов: сборник материалов Всероссийской научно-практической видеоконференции и расширенного заседания Общественно-консультативных советов при УФМС России по Ставропольскому краю, республики Северной Осетии-Алании и Кабардино-Балкарской республики/ под ред. В.С. Белозёрова, Н.А. Щитовой. – Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2014 – 172 с.

2. Белозёров В.С., Чихичин В.В. Глущенко И.В. Региональные особенности этнических миграций на Северном Кавказе. // Наука. Инновации. Технологии. – Ставрополь, 2016 – №1 – 226 с.

3. Зайончковская Ж.А., Мкртчян Н.В., Тюрюканова Е.В., Флоринская Ю.Ф. Миграция // Население России 2009. Семнадцатый ежегодный демографический доклад. / Отв. ред. А.Г. Вишневский; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2011. С. 251–294.

4. Лободина О.Н., Шмидт Ю.Д. Оценка влияния пространственных факторов на интенсивность инновационных процессов. Известия Дальневосточного федерального университета. Экономика и управление. 2013. № 3 (67). С. 20-30.

5. Тимонин С.А. Геоинформационные методы исследования этнических процессов в регионах России. Географические науки в обеспечении стратегии устойчивого развития в условиях глобализации. Материалы международной научно-практической конференции. Минск, Беларусь. – 2012 г.

I.V. Glushchenko¹

MODELING OF MIGRATION PROCESSES USING INFORMATION TECHNOLOGY

Abstract. The paper discusses the features and spatial patterns of migration in the Russian Federation at the end of XX – beginning of XXI centuries. Analyze the flow of internal and international migration of population by region of Russia. The possibilities of using geoinformation methods in the study of demographic and migration processes.

Key words: migration, international migration, internal Russian migration, GIS technology, cluster analysis, tsentrografichesky method, Moran index.

¹ Federal State Autonomous Educational Institution for Higher Professional Education «North-Caucasus Federal University», Institute of Mathematics and Natural Sciences, Department of Social and Economic Geography, Geoinformatics and Tourism, Stavropol, 355009, Russia, a graduate student; e-mail: glushchenko.ivan@mail.ru.

Acknowledgement. Research carried out in the framework of the Russian President's grant (NSH-9300.2016.6 «Foreign workers in Russia: strategy and practice of integration and adaptation to the regional community»).

REFERENCES

1. Belozеров V.S., Panin A.N., Cherkasov A.A. Issledovanie migracionnyh processov mezhdru Rossiej i stranami blizhnego zarubezh'ya s ispol'zovaniem GIS-tekhnologij. Migracionnye processy v Rossii: problemy adaptacii i integracii migrantov: sbornik materialov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj videokonferencii i rasshirennogo zasedaniya Obshchestvenno-konsul'tativnyh sovetov pri UFMS Rossii po Stavropol'skomu krayu, respubliki Severnoj Osetii-Alanii i Kabardino-Balkarskoj respubliki [The Study of migration processes between Russia and CIS countries using GIS technologies. Migration processes in Russia: problems of adaptation and integration of migrants: proceedings of all-Russian scientific-practical video conference and an extended meeting of the Public Advisory Council at the Federal migration service of Russia in the Stavropol Krai, the Republic of North Ossetia-Alania and the Kabardino-Balkar Republic]/ pod red. V.S. Belozyorova, N.A. SHCHitovoj. – Stavropol': Izd-vo SKFU, 2014. – 172 p.

2. Belozyorov V.S., Chihichin V.V., Glushchenko I.V. Regionalnye osobennosti etnicheskikh migracij na Severnom Kavkaze [Regional peculiarities of ethnic migrations in the North Caucasus]// Nauka. Innovacii. Tekhnologii. – Stavropol, 2016. – № 1. – 226 p.

3. Zajonchkovskaya Zh.A., Mkrtychyan N.V., Tyuryukanova E.V., Florinskaya Yu.F. Migraciya // Naselenie Rossii 2009. Semnadcatyj ezhegodnyj demograficheskij doklad. [Migration // Population Of Russia 2009. The seventeenth annual demographic report0]/ Otv. red. A.G. Vishnevskij; Nac. issled. unt «Vysshaya shkola ehkonomiki». – M.: Izd. dom Vysshej shkoly ehkonomiki, 2011. Pp. 251–294.

4. Lobodina O.N., Shmidt Yu.D. Ocenka vliyaniya prostranstvennyh faktorov na intensivnost' innovacionnyh processov [Estimation of influence of spatial factors on the intensity of innovation processes] Izvestiya Dal'nevostochnogo federal'nogo universiteta. EHkonomika i upravlenie. 2013. № 3 (67). Pp. 20–30.

5. Timonin S.A. Geoinformacionnye metody issledovaniya ehnicheskikh processov v regionah Rossii. Geograficheskie nauki v obespechenii strategii ustojchivogo razvitiya v usloviyah globalizacii. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii [Geoinformation research methods ethnic processes in the regions of Russia. Geography in ensuring sustainable development strategies in the context of globalization. Materials of international scientific-practical conference]. Minsk, Belarus'. – 2012.

УДК 003.62+912.64+004.93+535.39(81)

В.С. Белозеров¹, А.А. Черкасов², Н.А. Щитова³

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ ГИС В РАМКАХ ПРОЕКТА «ИНОСТРАННЫЕ МИГРАНТЫ В РОССИИ...»

Резюме. В статье представлены концептуальные подходы организации геоинформационной системы в рамках проекта «Иностранные мигранты в России: стратегии и прак-

¹ Северо-Кавказский федеральный университет, кафедра социально-экономической географии, геоинформатики и туризма, Ставрополь, 355000, Россия, заведующий, докт. геогр. н.; e-mail: vsbelozеров@yandex.ru.

² Северо-Кавказский федеральный университет, кафедра социально-экономической географии, геоинформатики и туризма, Ставрополь, 355000, Россия, доц. каф., кан. геогр. н.; e-mail: cherkasov_stav@mail.ru.

³ Северо-Кавказский федеральный университет, кафедра социально-экономической географии, геоинформатики и туризма, Ставрополь, 355000, Россия, проф. каф., докт. геогр. н.; e-mail: stavgeo@mail.ru.

тики интеграции и адаптации в региональные сообщества». Методика, представленная в работе, основана на многолетнем опыте авторов по организации геоинформационных систем в рамках исследования проблем народонаселения, в частности миграционных, этнодемографических процессов, а также учитывает международные практики по созданию и внедрению ГИС.

Ключевые слова: геоинформационная система, геоинформационные технологии, ГИС планирование, миграционные процессы, иностранные мигранты, адаптация и интеграция мигрантов.

Введение. Россия привлекательна для значительного количества иностранных мигрантов как ближнего, так и дальнего зарубежья. Сюда направлены потоки постоянных и временных (трудовых и образовательных), добровольных и вынужденных мигрантов, при этом каждая категория преследует свои собственные цели. Мигранты, представляющие различные регионы мира, имеют индивидуальные особенности и установки, например, языковые, этноконфессиональные, культурные, бытовые. В большинстве случаев это может служить барьером для их успешной интеграции и адаптации. При этом одной из главных проблем, с которой сталкиваются специалисты-миграциологи, является слабая обеспеченность актуальной информацией, как статистической так и аналитической. Информационный вакуум заполняется недостоверными сведениями, формируются мифы и извращенные представления о том, кто и зачем приезжает, каковы их мотивы и формы коммуникации. В результате среди местного населения развиваются негативные эмоциональные реакции и складывается отрицательное отношение к мигрантам, особенно к тем, которые отличаются по этническим или религиозным признакам [Тикунов и др., 2015]. Все это может провоцировать нарастание социально-демографического напряжения и приводить к конфликтным ситуациям.

В рамках проекта «Иностранные мигранты в России: стратегии и практики интеграции и адаптации в региональные сообщества» предлагается создание системы оперативного мониторинга миграционной ситуации в разных российских регионах, способной накапливать, обновлять и систематизировать информацию, обеспечивать надежное хранение данных, как статистических, так и социологических, получаемых в результате проведения массовых опросов, фокус групп, углубленных интервью, контент-анализа и др. Неотъемлемая и важнейшая функция предлагаемой ГИС заключается в автоматизированном картографировании, построении графических моделей, создании разнообразных аналитических отчетов на разных пространственных уровнях.

Материалы и методы исследований. Коллектив авторов на протяжении ряда лет работает над методикой полимасштабного геоинформационного мониторинга миграционных [Белозеров и др., 2014], этнических [Черкасов, 2013], демографических [Belozerov и др., 2013] и других социальных процессов в России. Использование накопленного опыта с опорой на известные международные практики по организации и внедрению ГИС (например, методика планирования ГИС, подробно описанная в трудах Р. Томлинсона) [Tomlinson, 2003], позволяет выдвинуть комплекс концептуальных подходов по организации социально-демографических географических информационных систем для реализации мониторинговых процедур.

Результаты исследований и их обсуждение. Разработка ГИС «Иностранные мигранты в России» проводилась поэтапно.

Первый этап включал обсуждение стратегических целей создания ГИС, определение ее структуры и набора выполняемых функций. Главная цель создаваемой системы – обеспечить возможности выявления и полноценного анализа форм и стратегий поведения иностранных мигрантов, описания основных моделей их адаптации и интеграции в различных российских региональных и локальных сообществах, определения наиболее эффективных интеграционных сценариев.

В соответствии с поставленной целью были определены следующие базовые требования к ГИС:

- способность накапливать, обновлять и систематизировать актуальную информацию, об иностранных мигрантах;
- обеспечивать надежное хранение данных;
- обеспечивать возможность работы с материалами, полученными в ходе социологических исследований;
- обеспечивать оперативную аналитическую деятельность посредством построения картографических и различных графических моделей; создания аналитических отчетов на разных пространственных уровнях (от странового до поселенческого);
- возможность работы с базами глобальных, содержащих информацию об этнокультурной, демографической, конфессиональной, урбанистической, социальной структуре населения в разных регионах России [Белозеров, Черкасов 2013].

На втором этапе была осуществлена разработка стратегии планирования и функционирования ГИС. Основным результатом явилась концептуальная схема ГИС «Иностранные мигранты в России», выполненная в виде функционально-холистической модели (рис. 1). Модель отражает способы и формы хранения всего разнообразия входных пространственных данных с логически привязанной атрибутивной информацией в оригинальной базе данных. Важным обстоятельством функционирования картографической базы данных является обеспечение возможности реализации полимасштабного подхода – выполнение картографирования на разных пространственных уровнях (мировом, страновом, региональном, муниципальном, поселенческом, локальном) (рис. 1).

На данном этапе были также определены формы получения итоговых и отчетных материалов. Кроме традиционных справок и обзоров с графо-картографическим сопровождением, ГИС позволяет формировать разномасштабные атласы, атласные информационные системы (АИС). Определены категории пользователей (клиентов) ГИС и их потенциальные возможности.

На третьем этапе был организован технологический семинар, с привлечением широкого круга участников – потенциальных пользователей ГИС (разработчиков-геоинформатиков, представителей профессиональных сообществ, занимающиеся миграционными процессами, ученых-миграциологов, других заинтересованных лиц) В рамках семинара были уточнены потребности перспективных клиентов ГИС в информации и аналитических материалах об иностранных мигрантах.

На четвертом этапе было определено использование базового программного обеспечения. Была выбрана программная платформа ArcGIS Spatial Analyst фирмы ESRI [Белозеров и др. 2015]. Ключевыми компонентами данной ГИС являются: инструменты для ввода и оперирования географической информацией; система управления базой данных (DBMS или СУБД); инструменты поддержки пространственных запросов, анализа и визуализации (отображения); графический пользовательский интерфейс (GUI или ГИП) для легкого доступа к инструментам.

На пятом этапе была прописана структура формирования баз данных. Ключевым требованием к организации баз данных явилась возможность их адекватного использования на разных пространственных уровнях. Отдельное внимание уделено единообразию организации и хранения данных, возможности обмена данными между базовой ГИС и дополнительными модулями (в частности, модулем сбора и обработки материалов социологических исследований). Так же здесь был подготовлен унифицированный реестр по имеющимся данным и данным, планируемым получить в ходе реализации проекта.

На шестом этапе были прописаны требования к получаемым продуктам, визуализации итоговой информации. Составлен расширенный реестр возможных картографических и графических материалов, определены наиболее эффективные способы и методы математико-картографического моделирования (центрографический, типологический, анаморфированных изображений, качественного и количественного фона, ареалов, движения стрелок и т.д.).

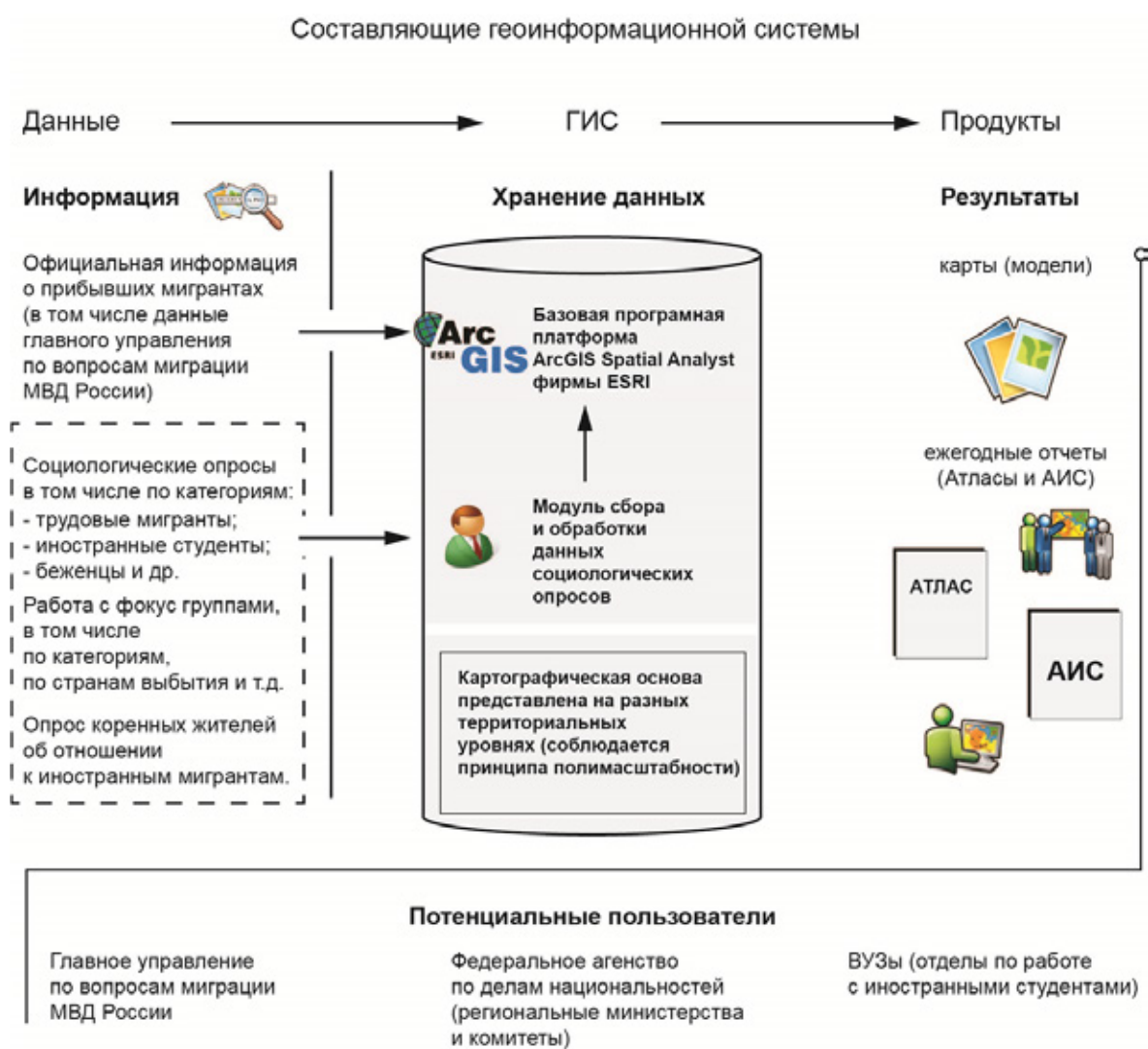


Рис. 1. Концептуальная схема ГИС «Иностранцы в России»

Седьмой этап включает в себя переход от концептуальной схемы к непосредственной разработке ГИС, в том числе анализ финансовой составляющей ее компонентов, оценка затрат и необходимого профессионального ресурса, Этап завершается составлением дорожной карты и непосредственного плана создания ГИС.

Выводы:

- предлагаемая поэтапная система планирования ГИС в рамках проекта «Иностранцы в России: стратегии и практики интеграции и адаптации в региональные сообщества» позволяет минимизировать возможные ошибки, а так же оптимизировать время и качество работы по успешному ее внедрению в практическую работу;
- представленная ГИС позволяет выполнять аналитическую деятельность на основе крупных массивов актуальных данных об адаптационно-интеграционных процессах мигрантов, синтезировать и сопоставлять разнородные сведения, получаемые из статистических и социологических источников; автоматизировать процесс анализа, повышая оперативность и эффективность работы органов государственной власти при разработке мер региональной миграционной политики.

Благодарности. Исследование выполнено в рамках гранта Президента Российской Федерации (НС-9300.2016.6 «Иностранцы в России: стратегии и практики интеграции и адаптации в региональные сообщества»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белозеров А.А., Панин А.Н., Приходько Р.А., Чихичин В.В., Черкасов А.А. Этнический атлас Ставропольского края – Ставрополь: изд-во ФОК-Юг, 2014. – 314 с.: ил.
2. Белозеров В.С. Панин А.Н. Черкасов А.А. ГИС в исследовании этнических процессов в России // Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт «ИнтерКарто-ИнтерГИС – 18». – Смоленск, из-во СГУ, 2012. С. 276–280.
3. Белозеров В.С. Черкасов А.А. Чихичин В.В. Атлас расселения народов России: подходы и особенности создания // Вестник СКФУ № 6(39). – Ставрополь: из-во СКФУ, 2013. С. 31–36.
4. Белозеров В.С. Черкасов А.А. ГИС-мониторинг этнических процессов в России // Современная наука и инновации. – Ставрополь, 2013. № 1. С. 157–161.
5. Тикуннов В.С., Белозеров В.С., Щитова Н.А., Панин А.Н., Черкасов А.А. Геоинформационный мониторинг: инструмент пространственно-временного анализа миграции населения // Вестник Московского университета Серия 5 География № 2. – М., 2015. С. 33–39.
6. Черкасов А.А. Мониторинг этнических аспектов урбанизации в России на основе ГИС-технологий // автореферат диссертации канд. геогр. наук. – Ставрополь, 2013.
7. Belozеров V. Tikunov V. Cherkasov A. Ibrahimov A. Caliskan V. Geoinformation technologies in the study of ethnic aspects of urbanization in Russia // Geography, environment, sustainability. – 2013. – № 4(6). – Pp. 19–30.
8. Tomlinson R. Thinking about GIS: geographic information system planning for managers. – Redlands; California: ESRI Press, 2003. – 325 p.

V.S. Belozеров¹, A.A. Cherkasov², N.A. Schitova³

THE CONCEPT OF CREATING A GIS IN THE FRAMEWORK OF THE PROJECT «FOREIGN WORKERS IN RUSSIA...»

Abstract. Digital Earth usually refers to a particular perception of the Geospace mode, which differs from the perception by Geospace maps.

Key words: geographic information system, GIS technology, GIS planning, migration, foreign migrants, adaptation and integration of migrants.

Acknowledgement. The study was performed within the grant of President of Russian Federation (NSH-9300.2016.6 «Foreign migrants in Russia: strategies and practices of integration and adaptation in a regional community»).

REFERENCES

1. Belozеров А.А., Панин А.Н., Приходько Р.А., Чихичин В.В., Черкасов А.А. Этнический атлас Ставропольского края [Ethnic Atlas of the Stavropol Territory]. – Ставрополь: изд-во ФОК-Юг, 2014. – 314 p.: ил. (in Russian).
2. Belozеров V.S. Pанин A.N. Cherkasov A.A. GIS v issledovanii jetnicheskikh processov v Rossii [GIS in the study of ethnic processes in Russia] // Ustojchivoe razvitie territorij: teoriya GIS i

¹ North-Caucasian Federal University, Department of Social and Economic Geography, Geoinformatics and tourism, Stavropol; e-mail: vsbelozеров@yandex.ru.

² North-Caucasian Federal University, Department of Social and Economic Geography, Geoinformatics and tourism, Stavropol; e-mail: cherkasov_stav@mail.ru.

³ North-Caucasian Federal University, Department of Social and Economic Geography, Geoinformatics and tourism, Stavropol; e-mail: stavgeo@mail.ru.

praktičeskij opyt «InterKarto-InterGIS – 18». – Smolensk, iz-vo SGU, 2012. pp. 276–280. (in Russian).

3. *Belozеров V.S. Cherkasov A.A. Chihichin V.V.* Atlas rasselenija narodov Rossii: podhody i osobennosti sozdanija [Atlas resettlement of peoples of Russia and especially the creation of approaches] // Vestnik SKFU № 6(39). – Stavropol': iz-vo SKFU, 2013. Pp. 31–36. (in Russian).

4. *Belozеров V.S. Cherkasov A.A.* GIS-monitoring jetnicheskikh processov v Rossii [Atlas resettlement of peoples of Russia and especially the creation of approaches] // Sovremennaja nauka i innovacii. – Stavropol', 2013. № 1. Pp. 157–161. (in Russian).

5. *Tikunov V.S., And Belozеров V.S., Shitova N.A. Panin A.N., Cherkasov A.A.* Geoinformational monitoring: a tool for spatial-temporal analysis of migration of population // Bulletin of Moscow University, Series 5, Geography, № 2. – M., 2015. Pp. 33–39. (in Russian).

6. Cherkasov A.A. Monitoring jetnicheskikh aspektov urbanizacii v Rossii na osnove GIS-tehnologij [Monitoring of the ethnic dimensions of urbanization in Russia on the basis of GIS technologies] // avtoreferat dissertacii kand. geogr. nauk. – Stavropol', 2013. (in Russian).

7. Belozеров V. Tikunov V. Cherkasov A. Ibrahimov A. Caliskan V. Geoinformation technologies in the study of ethnic aspects of urbanization in Russia // Geography, environment, sustainability. – 2013. – № 4(6). – Pp. 19–30.

8. Tomlinson, R. Thinking about GIS: geographic information system planning for managers. – Redlands; California: ESRI Press, 2003. – 325 p.

УДК 314.743

С.В. Рязанцев¹

РУССКОГОВОРЯЩИЕ СООБЩЕСТВА КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ РОССИИ: СТАТИСТИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ

Резюме. В статье рассматриваются особенности эмиграции из Российской Федерации на протяжении 1990–2010-х годов, то есть после распада СССР. Выявлены особенности современной системы учета эмиграции из России и даны реальные оценки численности российских эмигрантов на основе корректировки данных Федеральной службы государственной статистики с данными стран, принимающих российских мигрантов. Выявлены географические особенности расселения эмигрантов из России, а также факторы, способствующие формированию русскоговорящих сообществ за рубежом. Выявлены шесть видов идентичности, которая позволяет дать примерные оценки численности русскоговорящих сообществ. В статье обосновывается термин «русскоговорящие сообщества» вместо термина «русская диаспора», что подкрепляется результатами эмпирических статистических и социологических исследований. Русскоговорящие сообщества рассматриваются как фактор в перспективе способный обеспечить устойчивое функционирование и развитие российской экономики и государства. Однако, сделан вывод о том, что в настоящее время ресурс русскоговорящих сообществ недооценен российским государством, а диаспоральная политика пока неэффективна.

Ключевые слова: Россия, статистика, эмиграция, русскоговорящие сообщества.

Введение. В условиях глобальных миграций фактор диаспоры становится важным элементом обеспечивающим устойчивое развитие любого государства. Согласно данным озву-

¹ Член-корреспондент РАН, доктор экономических наук, профессор, руководитель Центра демографии Института социально-политических исследований РАН; e-mail: riasan@mail.ru.

ченным первым заместителем Генерального секретаря ООН Я. Элиассоном: «В настоящее время большинство стран являются одновременно странами происхождения, назначения и транзита мигрантов. Например, в России проживают 12 млн. иммигрантов, около 11 млн. россиян являются эмигрантами в других странах мира» [Пресс-конференция..., 2016]. Русские проживающие за рубежом являются сегодня второй по численности диаспорой после китайской, представляя собой значительный социально-демографический ресурс развития российского государства, который может быть использован при правильном подходе в интересах устойчивого развития России.

Однако, каким термином лучше называть эмигрантов из России и граждан России, проживающих за границей? Можно ли использовать термины «русская диаспора» или «российская диаспора»? Широкая трактовка «диаспоры» сводится к рассмотрению таковой как этнической группы, проживающей вне исторической родины или основного ареала расселения. При этом не имеет принципиального значения степень самоорганизации и этнической самоидентификации людей, составляющих диаспору [Авксентьев и др., 1997].

Иной подход (узкая трактовка термина «диаспора») предполагает наличие институциональных структур, которые помогают ее представителям сохранять этническую, языковую и культурную идентичность. Например, С. Джанозян считает диаспорой этническую группу, существующую на протяжении нескольких поколений, сохраняющую родной язык, элементы собственной культуры и традиций [Джанозян, 2015]. В совместной статье отечественных социологов Ж.Т. Тощенко и Т.И. Чаптыковой под диаспорой понимается «устойчивая совокупность людей единого этнического происхождения, живущая за пределами своей исторической родины (вне ареала расселения своего народа) и имеющая социальные институты для развития и функционирования данной общности» [Тощенко и др., 1996]. В другой работе Ж.Т. Тощенко понимает под «диаспорой» устойчивую совокупность людей единого этнического происхождения, живущих в ином этническом окружении за пределами своей исторической родины (или вне ареала расселения своего народа), имеющих социальные институты для развития данной национальной общности [Тощенко, 1997]. При этом «маркерами» диаспоры он считает пребывание этноса за пределами страны происхождения, отрыв от исторической родины, сохранение национальной самобытности и содействие ее развитию, устойчивость к ассимиляции, наличие организационных форм своего существования, осуществление социальной защиты своих членов [Тощенко, 1997]. Это определение, однако, не отражает некоторые другие характеристики диаспоры, например, культурные и психологические особенности этнической общности. Отечественный демограф А.Г. Вишневецкий добавляет к «маркерам» диаспоры рассеяние по отношению к родине, коллективную память и мифологизацию утраченной родины, возвратную миграция (репатриация), чувство солидарности с этническими собратьями [Вишневецкий, 2000]. Американский социолог М.Дж. Эсман считает, что диаспора – это этническое меньшинство, проживающее вне страны происхождения, но сохраняющее с ней те только эмоциональных и сентиментальных, но и политических связей [Esman, 1990]. В другой работе он же отмечает, что члены диаспоры особым образом воспринимают свое положение в отрыве от родины и эмоциональную связь с ней, а также подчеркивает возможность влияния диаспоры на экономические и политические события, как в стране пребывания, так и в стране происхождения [Esman, 1990]. Отечественный ученый В.И. Дятлов понимает под диаспорой «особый тип человеческих взаимоотношений, специфическая система формальных и неформальных связей, жизненных стратегий и практик людей, основанных на общности исхода с «исторической родины», на усилиях по поддержанию образа жизни в «рассеянии» – в качестве национального меньшинства в иноэтничном обществе» [Дятлов и др., 2009].

В советские времена государство пыталось жестко ограничивать выезд за рубеж не только на постоянное место жительства, но и значительно регламентировало временные поездки населения за границу (туризм, командировки, деловые поездки, трудовую миграцию). Распад Советского Союза и падение «железного занавеса» кардинально изменили ситуацию – эмиграция как будто прорвала «плотину» – российские граждане и граждане стран бывшего

СССР устремились в различные государства мира в самых разных формах. Причем то, что эмиграция после распада СССР значительно возросла было понятно по косвенным источникам (прежде всего, по данным о количестве иммигрантов в принимающих странах), а отечественная статистика почему-то фиксировала совершенно противоположную тенденцию – сокращение численности эмигрантов. Подобная «слепота» отечественной статистики была обусловлена использованием прежних методов учета эмиграции применительно к существенно разнообразившимся ее формам.

Многие российские граждане эмигрировали, сохраняя жилье и регистрацию по месту жительства (иными словами «прописку») и оставались абсолютно незаметными для государства с точки зрения эмиграции. Государство упорно продолжало фиксировать и считать эмигрантами только тех, кто снялся с регистрационного учета по месту жительства в России. А между тем, многие российские граждане приобретали недвижимость и фактически большую часть времени жили за границей, сохраняя жилье и «прописку» в России. Многие российские граждане работали за рубежом, имея контракты различной продолжительности, а некоторые выезжали по туристическим визам и потом искали работу за границей. К первой категории, как правило, относились высококвалифицированные специалисты и ученые, которые трудоустраивались через официальные контракты, ко второй – российские граждане, искавшие работу по неформальным каналам. Кроме того, распространенными каналами эмиграции стали брак россиянок с иностранцами, иностранные усыновления детей, выезд студентов на временную работу с последующим пребыванием в стране, а также выезд пенсионеров на проживание в другом государстве. Все эти формы эмиграции современная российская статистика как будто бы не замечает и не фиксирует. Поэтому, будучи масштабным и значимым с точки зрения социально-демографических последствий феноменом для общества, эмиграция из России остается для российского государства лишь частично осязаемой.

Отсутствие достоверной информации о масштабах и характеристиках эмигрантов, а также четкой стратегии к эмиграции и русскоговорящим общинам, порождало соответствующее отношение российского государства к эмиграции и эмигрантам. В советские времена эмиграцию государство рассматривало по принципу «Нет человека – нет проблемы». В лучшем случае о покинувших страну эмигрантах не упоминалось, а в худшем – они считались «предателями родины». После открытия «железного занавеса» и начала массовой эмиграции пренебрежение государства сменилось безразличным отношением к эмигрантам как потерянному демографическому и экономическому ресурсу. Даже российские граждане, оказавшиеся за границей в трудной ситуации, не всегда могли получить помощь и поддержку государства.

Постепенно, с середины 2000-х гг., российское государство перешло к налаживанию диалога с «диаспорой» – с 2007 г. начала действовать специальная программа возвращения соотечественников в Россию, стали проводиться конгрессы соотечественников, создавались организации по их поддержке. Но в принципе государство не имеет представления о реальных масштабах и структуре эмиграционных потоков из России. Практически ничего неизвестно о формах и каналах эмиграции, стратегиях поведения эмигрантов и ориентирах их на возвращение в Россию. В государственных документах всех, имеющих отношение к России называют уже устоявшимся термином «соотечественники» без дифференциации на категории, а, следовательно, применяются общие формы работы. Между тем «соотечественники» очень разнообразный феномен, который включает эмигрантов различных волн и нескольких поколений, родившихся в принимающих странах, в разной степени владеющих русским языком, с разными ориентациями на Россию.

Материалы и методы исследования. Источники информации об эмиграции из России можно разделить на две категории. Первая категория – данные об миграционных потоках из России, а вторая категория – данные о численности (контингентах) русскоговорящего населения в принимающих странах. Первая категория характеризует масштабы процесса эмиграции, а вторая – результат эмиграции.

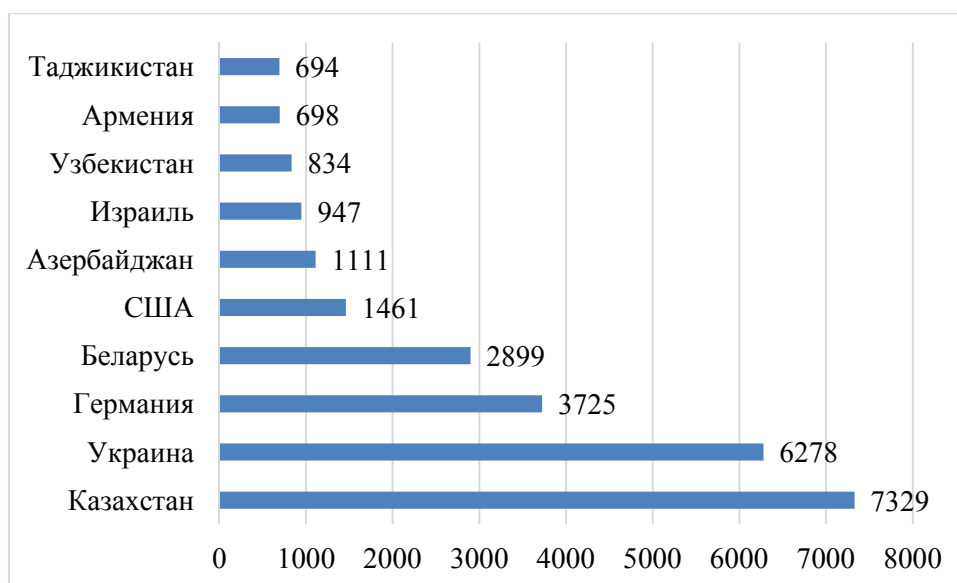


Рис. 1. Основные направления эмиграции из России в 2010 г. (данные Росстата), человек

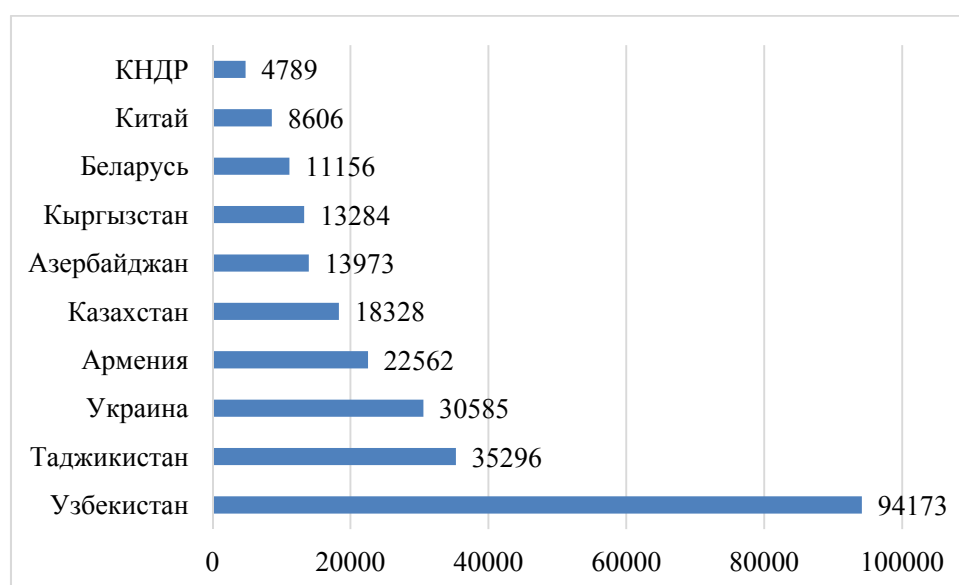


Рис. 2. Основные направления эмиграции из России в 2014 г. (данные Росстата), человек

Сведения об эмиграционных потоках представлены как в России, так и за рубежом. Первый источник – данные *Федеральной службы государственной статистики (Росстата)*. Они показывают численность эмигрантов из России, выехавших на постоянное место жительства за рубеж на основе данных о снятии с регистрационного учета по месту жительства. Данные публикуются в сборнике «Численность и миграция населения Российской Федерации» и «Демографический ежегодник России». В эти цифры долгое время не попадали временные трудовые и учебные мигранты. В 2011 г. были изменены условия учета иностранных граждан в России, которые «бумерангом» нарушили статистику об эмиграции российских граждан. С 2011 г. в статистику об эмиграции стали автоматически попадать сведения об истечении срока регистрации иностранных граждан, находившихся в стране более 9 месяцев. В результате чистая статистика об эмигрантах из России была «дополнена» и соответственно серьезно искажена иностранными гражданами. И если по итогам 2011 г. эта порча данных была еще незначительной, то в 2012 г. она кардинально нарушила данные о эмиграции. Например, в 2010 г. (действовала старая система учета эмигрантов) из России в Узбекистан эмигрировало только 834 человека, то в 2011 г.

(новая система) – уже 2207 человек, а в 2014 г. 94173 человек. Совершенно очевидно, что Узбекистан не мог стать таким популярным направлением русской эмиграции всего за два-три года. В данном случае речь идет об узбекистанских гражданах, снятых с миграционного учета. Данная неразбериха с эмиграционной статистикой совершенно перевернула список стран – основных направлений эмиграции. Если по итогам 2010 г. в перечне лидеров находились Казахстан, Украина, Германия, Беларусь, США, то в 2014 г. новыми направлениями эмиграции российских граждан вдруг стали Узбекистан, Таджикистан, Украина, Армения, Китай. Новый список стран-лидеров по постоянной эмиграции стал удивительно напоминать в зеркальном отражении список стран-основных поставщиков временных трудовых иммигрантов в Россию.

В этой статистической «неразберихе» для оценки реальных направлений эмиграции из России разумнее брать государства, расположенные за пределами бывшего СССР, поскольку как показывают социологические опросы, эмиграционные ориентиры большинства российских граждан устремлены отнюдь не в страны СНГ. Данный факт подтверждают исследования общественного мнения. В частности, опросы РОМИР,¹ проведенные по единой методике в 2005 и 2012 гг. зафиксировали устремления российских граждан на эмиграцию именно в страны «дальнего зарубежья». Правда, если в 2005 г. около 19% городских жителей России хотели эмигрировать, то в 2012 г. их доля составила уже около 31%. При этом географические приоритеты эмиграции россиян стали более разнообразными. Например, в 2005 г. более половины опрошенных россиян (51%) хотели эмигрировать в европейские страны, 23% – в США и Канаду, 18% – в Австралию и Новую Зеландию. В 2012 г. при сохранении лидирующих позиции европейских стран (37%), возросла роль Австралии и Новой Зеландии (23%), Японии и стран Юго-Восточной Азии, а также стран Латинской Америки (почти вдвое). Эмиграционные установки на США и Канаду среди россиян несколько сократились до 19% [Все больше россиян..., 2012]. Опираясь на данную логику можно выделить перечень стран наиболее популярных среди эмигрантов из России в 2014 г. по данным Росстата (рис. 3). Однако, нужно учитывать, что данные по Китаю, КНДР, Вьетнаму, Турции существенно «испорчены» трудовыми мигрантами, у которых истек срок регистрации, а по Индии – учебными мигрантами. И отделить четко в современной статистике их, к сожалению, не представляется возможным. Получалась парадоксальная ситуация, в России за счет улучшения статистики об иммиграции («досчет» временных мигрантов, пребывающих в стране более 9 месяцев) значительно ухудшилась статистика об эмиграции на постоянное место жительства за границу.

Второй источник сведений об эмиграции – *данные Федеральной миграционной службы России (ФМС)*, которая прекратила свое существование с июня 2016 г., войдя в состав МВД. Они показывали численность российских граждан, которые выехали для временного трудоустройства за границей. Сведения можно считать относительно доступными – они публиковались в сборнике «Мониторинг легальной трудовой миграции в России» (издавался до 2009 г.) и «Труд и занятость в России». Недостатком данного массива информации является учет только тех временных трудовых мигрантов из России, которые трудоустроились через официальные каналы (фирмы, имеющие лицензию ФМС на трудоустройство, а также непосредственно через ФМС). Однако, исследования показывают, что многие российские граждане в настоящее время находят работу за рубежом, минуя компании, имеющие лицензии на трудоустройство за границей. В результате масштабы временной трудовой эмиграции из России наверняка в разы выше, чем это показывали данные ФМС.

¹ В опросах принимали участие 1 тыс. респондентов в возрасте от 18 до 50 лет и старше, проживающие в городах с населением от 100 тыс. и больше, из 8 федеральных округов. Выборка репрезентирует взрослое, экономически активное городское население России (http://romir.ru/studies/390_1348084800/).

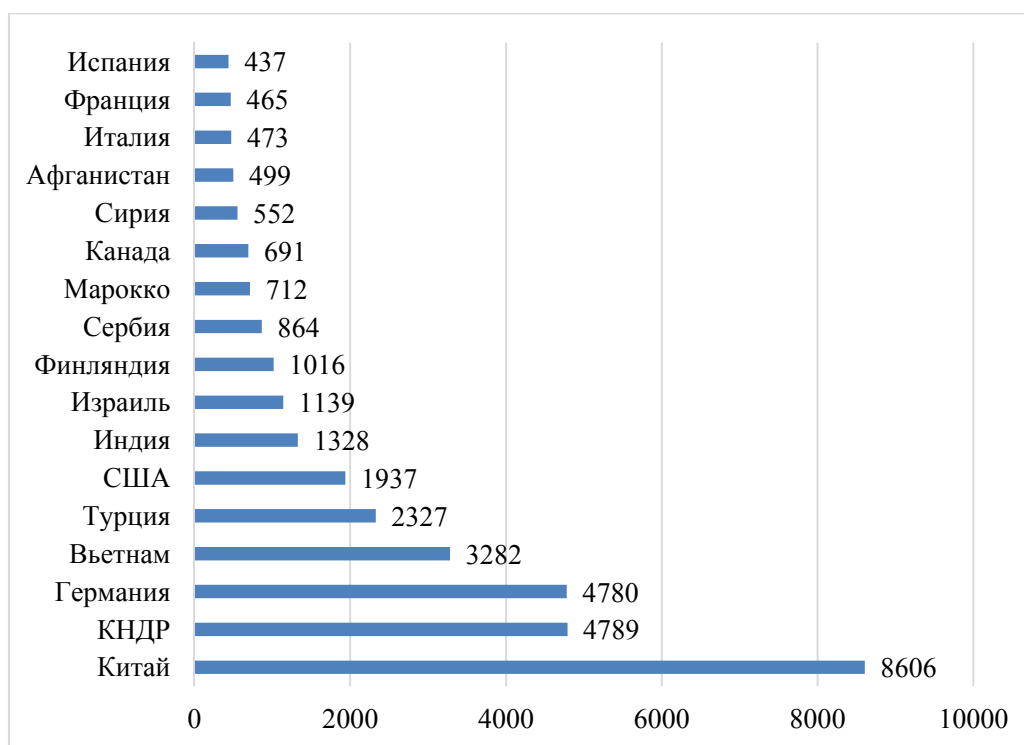


Рис. 3. Основные направления эмиграции из России в страны за пределами бывшего СССР в 2014 г. (данные Росстата), человек

По этим данным временная трудовая эмиграция из России составляла 60–70 тыс. человек в последние годы. В 2015 г. согласно данным ФМС немногим более 57 тыс. российских граждан выехали через официальные каналы на работу за границу. Большая часть российских временных трудовых эмигрантов направляется на работу в Америку и Европу. В последнее время все заметнее присутствие россиян на рынках труда в Азии, Австралии и Латинской Америке (это «новые» направления трудовой эмиграции россиян). Основными странами трудоустройства россиян являются Либерия, Кипр, Маршалловы острова, Нидерланды, Мальта и др. Большинство из этих государств являются странами с «дешевыми флагами», к которым приписаны морские суда, были или остаются офшорами, позволяют в упрощенном порядке приобретать недвижимость и вкладывать капитал, что привлекает россиян. Страны СНГ на фоне государств «старого» зарубежья пользуются гораздо меньшей популярностью у россиян, хотя трудовая миграция в них тоже присутствует в небольших объемах (224 человека в 2015 г.). Сопоставление зарубежных и отечественных данных по трудовой миграции россиян за границу свидетельствует о том, что миграция из страны была как минимум в 2 раза больше (по некоторым странам в отдельные годы еще больше). Поэтому реальные масштабы временной трудовой эмиграции из России на порядок выше – по нашим оценкам они составляют, как минимум, 150–200 тыс. человек ежегодно.

В региональном отношении в трудовую эмиграцию в большей степени вовлечены жители приграничных регионов Российской Федерации. Расчеты показывают, что доля трудовых эмигрантов в занятом населении на региональном уровне максимальна именно в приграничных регионах: Приморской и Хабаровском краях, Краснодарском крае, Карелии, Калининградской и Ленинградской областях. Причем сложились устойчивые «миграционные коридоры»: жители регионов Дальнего Востока преимущественно ориентированы на работу в странах Азиатско-Тихоокеанского региона (Японии, Корее, Китае, Австралии, странах Юго-Восточной Азии); мигранты из регионов Северного Кавказа в основном выезжают в страны Ближнего Востока (Турцию, ОАЭ, Кипр, Израиль и пр.); жители северо-западных приграничных районов – в государства Скандинавии (Норвегию, Швецию, Финляндию); мигранты из Европейской части России стремятся на работу в Европу, США, Канаду.

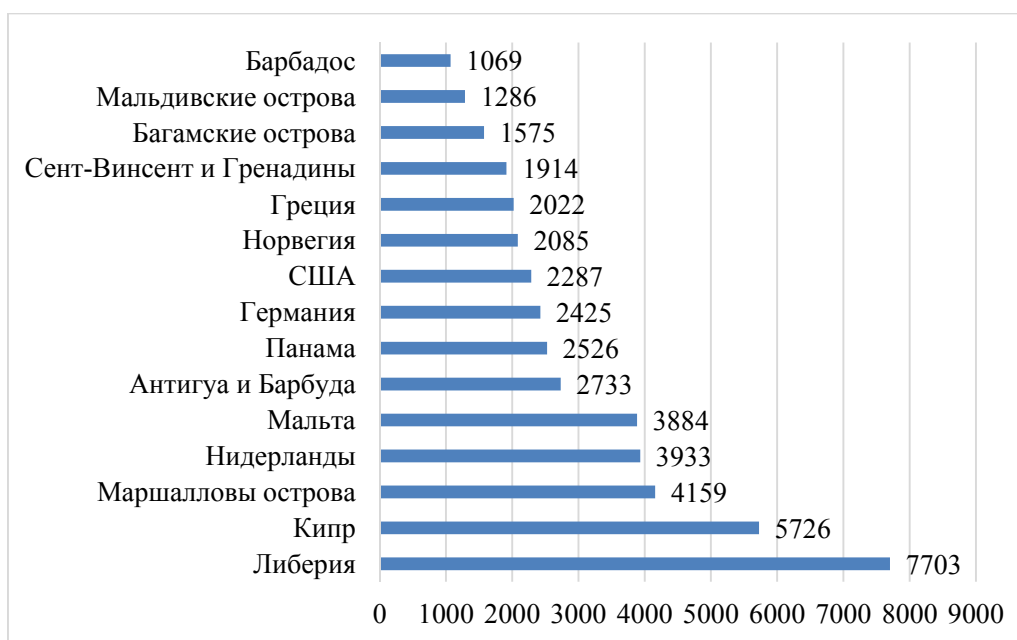


Рис. 4. Основные направления временной трудовой эмиграции из России в страны за пределами бывшего СССР в 2015 г. (данные ФМС), человек

В большинстве своем трудовые мигранты из России – мужчины. Третья часть (35%) трудовых мигрантов – люди в молодом возрасте от 16 до 29 лет. Четвертая часть (26%) – в возрасте от 40 до 49 лет. Пятая часть (21%) – от 30 до 39 лет. Это свидетельствует о том, что на международном рынке труда востребованы молодые люди. Особенно заметен этот перекося у женщин – трудовых эмигрантов из России, большинство их которых относятся к молодым возрастным группам. За рубежом наиболее востребованными являются россияне со средним специальным (профессиональным) образованием – это примерно 40%-50% от всех выехавших по контрактам за рубеж. Российские работники за рубежом с высшим образованием составляют примерно треть миграционного потока. На международном рынке легче всего трудоустраиваются россияне, имеющие рабочие специальности – около половины трудового миграционного потока, в первую очередь связанные с судоходством и рыболовством. На них приходится приблизительно половина от всех рабочих специальностей. Примерно четверть всех трудоустроенных по контрактам за рубежом – специалисты в технической сфере и области искусства и культуры. Шестая часть потока трудовых мигрантов – руководители. Анализ данных российской статистики показывает, что 64% мигрантов работали в транспортной отрасли до переезда из России, 65% трудовых эмигрантов сохранили свою специализацию и также работали в транспортной отрасли в принимающих странах. В большинстве своем, это моряки и технический персонал морских судов. Временная трудовая миграция также имеет тенденцию к переходу в постоянную миграцию – многие трудовые мигранты остаются на постоянное место жительства в принимающих странах.

Четвертый источник – данные национальной статистики стран, принимающих основные потоки мигрантов из России. Эти данные публикуются национальными службами принимающих стран. Однако, в некоторых государствах по-прежнему используется категория «граждане бывшего СССР», хотя такой страны нет уже более 20 лет. На международном уровне эти сведения систематизируются и публикуются Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) ежегодно в сборнике «Обзор миграции». Эти сведения доступны по следующим категориям: численность эмигрантов из России в ежегодной динамике (миграционные потоки); численность российских граждан, получивших гражданство принимающих стран в ежегодной динамике; численность людей, родившихся в России, но проживающих на территории принимающей страны в ежегодной динамике; численность граж-

дан России, проживающих за рубежом в ежегодной динамике. Парадоксально, но данные зарубежной статистики фиксируют большую численность россиян за границей и более адекватно отражают масштабы явления российской эмиграции. Наиболее системным источником информации можно считать доклад Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), который обобщает сведения по большинству экономически развитых стран и некоторым развивающимся странам. Доступны три вида данных по гражданам России: в общих миграционных потоках, в потоках соискателей убежища, в динамике получения гражданства принимающей страны. Однако перечень стран варьируется в каждой из указанных категорий. В Израиле по-прежнему собираются данные по категории «граждане бывшего СССР». Отмечу, что наиболее значительным миграционный приток граждан России в 2013 г. согласно национальным данным отмечался в Германию, Испанию, Израиль, Францию, Австрию и ряд других европейских стран. Сопоставление данных зарубежных стран с российскими показывает, что они в разы выше. Например, по Испании – в 22 раза, по Франции – в 14 раз, по Германии – в 8 раз.

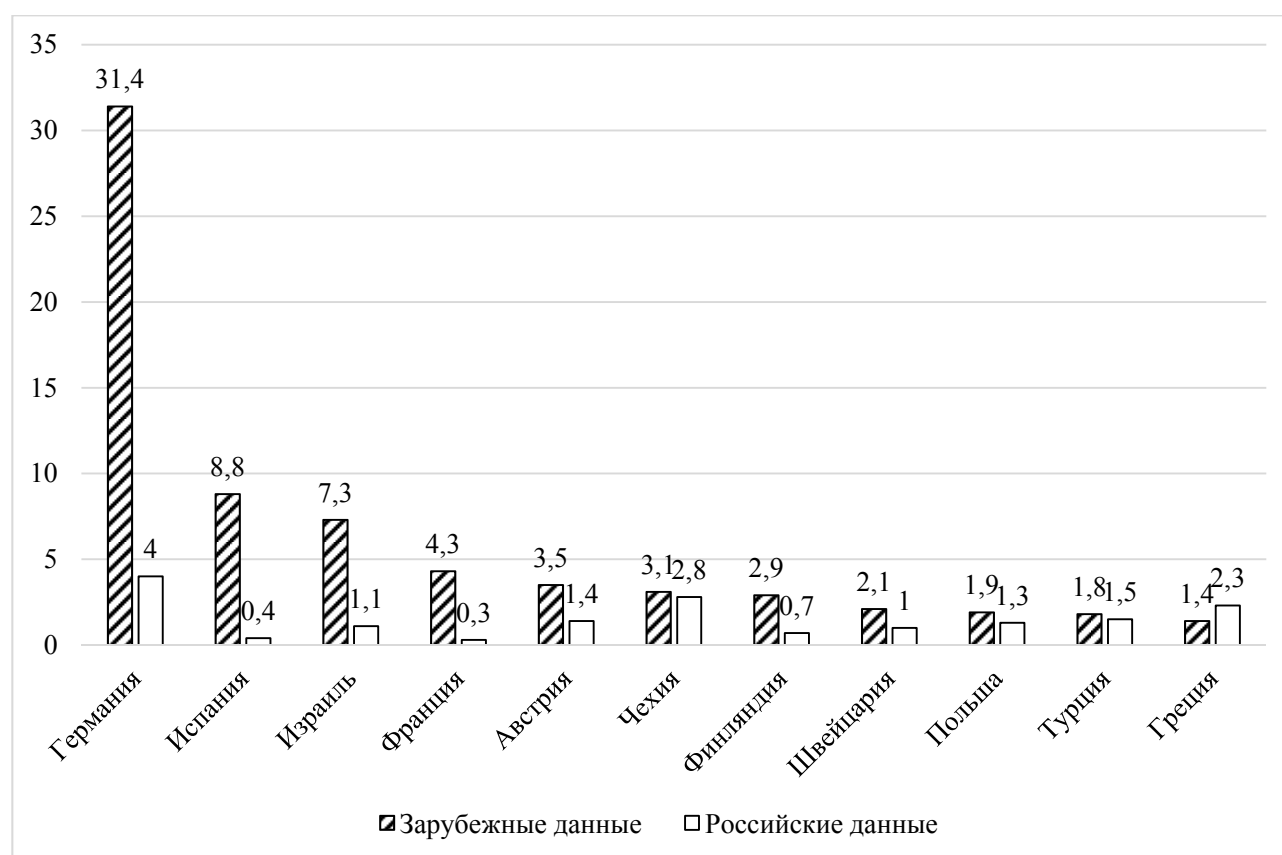


Рис. 5. Миграционные потоки из России в страны за пределами бывшего СССР в 2013 г. (сопоставление российских и зарубежных данных), тыс. человек [International Migration Outlook, 2015]

Примечание: данные по Турции и Греции доступны только за 2010 г.

Данные по въезду российских граждан в США, Канаду, Австралию, Новую Зеландию, Великобританию не отражаются в докладе ОЭСР, скорее всего, по причине их незначительности на фоне миграционных потоков из других стран. Но для России масштабы эмиграции в эти государства значительны. Например, по данным службы безопасности США в 2014 г. около 9 тыс. человек, родившихся в России, получили законный статус постоянного жителя страны. Это составило всего 0,9% от всех иммигрантов в США (страна в 2014 г. приняла 1017 тыс. иммигрантов). Аналогичное сопоставление американских и российских данных показывает превышение первых над вторыми в 5-7 раз.

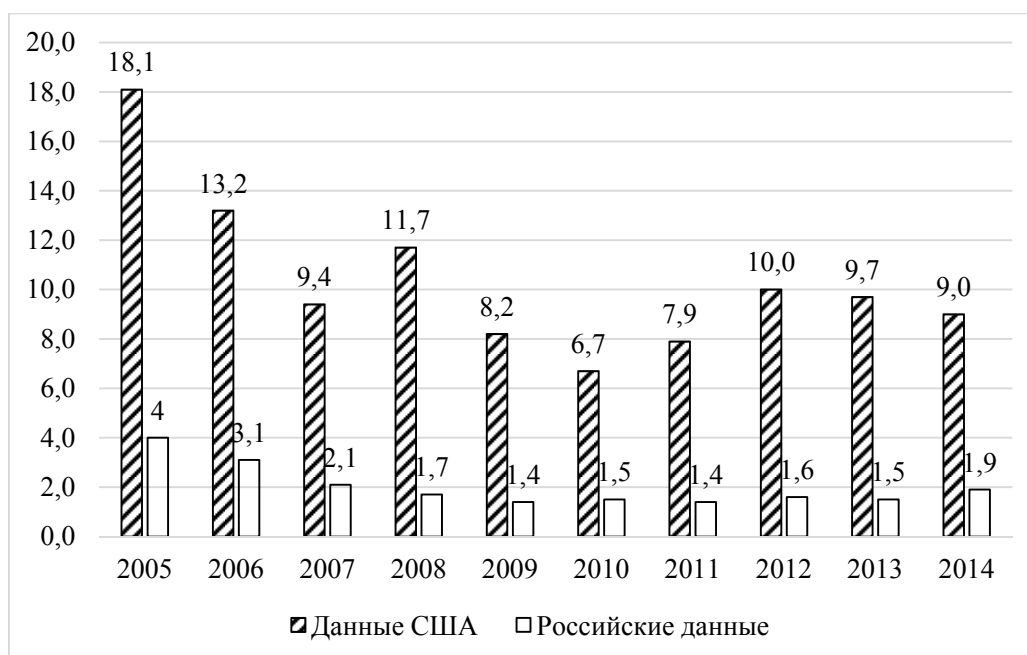


Рис. 6. Миграционные потоки из России в США в 2005-2014 г. (сопоставление российских и американских данных), тыс. человек [Yearbook of Immigration Statistics: 2014]

Наши расчеты показывают (с учетом описанных выше ограничений), что по данным российской статистики за период с 1991 по 2015 гг. Россию покинуло около 5,3 млн. человек (табл. 1). Однако, если данные скорректировать на основе статистики принимающих государств, то данную цифру следует увеличить как минимум в 2 раза, т.е. масштабы эмиграции из России могли составлять не менее 10–11 млн. человек за указанный период.

Таблица 1

**Динамика эмиграции из Российской Федерации за границу в 1991-2015 гг., человек
[Численность и миграция населения..., 2016]**

	Выезд на постоянное место жительства	Выезд на временную работу	Общая эмиграция
1991 г.	88 281	Нет данных	88 281
1992 г.	102 910	Нет данных	102 910
1993 г.	493 119	Нет данных	493 119
1994 г.	345 623	8 083	353 706
1995 г.	347 338	11 176	358 514
1996 г.	291 642	12 290	303 932
1997 г.	232 987	21 121	254 108
1998 г.	213 377	32 507	245 884
1999 г.	214 963	32 717	247 680
2000 г.	145 720	45 760	191 480
2001 г.	121 166	45 759	166 925
2002 г.	106 685	49 265	155 950
2003 г.	94 018	47 637	141 655
2004 г.	79 795	56 290	136 085
2005 г.	69 798	60 926	130 724
2006 г.	54 061	65 747	119 808
2007 г.	47 013	69 866	116 879
2008 г.	39 508	73 130	112 638
2009 г.	32 458	66 285	98 743
2010 г.	33 578	70 236	103 814

2011 г.	36 774	67 549	104 323
2012 г.	122 751	64 370	187 121
2013 г.	186 382	58 093	244 475
2014 г.	308 475	58 093	308 475
2015 г.	353 233	57 138	410 371
Итого	4 161 655	1 074 038	5 235 693

Примечание: * – данные за январь-ноябрь 2015 г.

Российское государство имеет весьма приблизительное представление и не имеет единого источника информации о численности русскоговорящих сообществ. Россотрудничество – федеральное агентство по работе с соотечественниками, проживающими за рубежом, полагает, что за пределами Российской Федерации проживают около 30 млн. человек, чьей исторической родиной является Россия [Программа работы ..., 2014]. Полагаем, что наиболее реалистичной представляется численность русского и русскоговорящего населения за пределами России около 25-30 млн. человек. Это означает, что русскоговорящие сообщества находятся на втором месте в мире после китайской диаспоры.

Для определения численности русскоговорящих сообществ, прежде всего, необходимо остановиться на основных принципах их идентификации (можно выделить «шесть кругов русской идентичности»).

Первый – *этнокультурная идентификация* – определяется в ходе переписей и опросов, когда людям предлагается идентифицировать себя с русской этнической группой (принцип самоидентификации). В переписном листе обычно задается вопрос об этнической или расовой принадлежности (США, Канада, Австралия, Новая Зеландия). Преимуществом данного подхода является возможность охвата значительных групп русскоязычного населения, которые идентифицируют себя с таковыми на основе психологических, эмоциональных, исторических, культурных признаков. К недостаткам – потерю части русскоязычного населения, которое успешно интегрировалось в принимающих обществах и отказалось от русской идентичности по разным причинам. Наиболее показательным примером можно назвать США, в которых в 2000 г. называли себя русскими 2,6 млн. человек.

Второй – *географическая идентичность* – определяется по месту рождения в ходе переписей населения на основе вопроса «В какой стране Вы родились?». Данную статистику собирают некоторые страны, в том числе США, Канада, Австралия. Преимуществом данного метода – четкая географическая связь с Россией. Но ключевым недостатком данной статистики является выпадение из нее русских, которые родились за пределами России (например, «харбинцы» родились, как правило, в Китае; или русские из стран бывшего СССР часто проходят как граждане Казахстана, Узбекистана, Украины и пр.). Например, в США в 2014 г. проживало 390 тысяч человек, чьим местом рождения является Россия, что составляет 0,9% от иммигрантов в США [State Immigration Data Profiles, 2014].

Третий – *языковая идентичность* – определяется в ходе переписей на основе признака использования русского языка дома или в ходе опросов – владение русским языком. В мире владеют русским языком за пределами России около 127 млн. человек [Программа работы ..., 2014]. Например, в США в 2010 г. 881 тыс. человек говорит на русском языке дома [Statistical Abstract of the USA, 2012]. Однако, последние волны эмигрантов из России очень хорошо интегрируются в принимающие общества, быстро изучают или улучшают знания языка, и порой уже в первом поколении мало отличаются от местного населения. Во-втором поколении многие потомки мигрантов из России не только говорят с акцентом на русском языке, но и не используют его дома, не интересуются ситуацией в России. А в третьем поколении и вовсе можно констатировать такой феномен как «угасание русского языка» [Рязанцев и др., 2014]. Например, руководитель русской общины в Аделаиде, Михаил Иванович, рассказывал: «Мой сын родился в Австралии. Он говорит со мной по-русски конечно. Но мои внуки вообще не говорят по-русски. Я пытаюсь с ними говорить. А они переходят на английский постоянно».

Четвертый – *гражданская идентичность* – определяется на основе наличия гражданства Российской Федерации. Фиксируется в ходе переписей населения некоторых стран мира. Преимущество данного метода – наличие четкого критерия – российского паспорта. Но ключевой недостаток заключается в том, что многие российские граждане постепенно переходят в гражданство принимающей страны и становятся потерянными для статистики. А кроме того, многие люди, сохраняют российский паспорт или получают российский паспорт для своих детей только для удобства перемещения в Россию. Среди российских граждан широкое распространение получило явление «многогражданства» (наличие нескольких паспортов). Вице-премьер по социальным вопросам правительства РФ О. Голодец в одном из интервью назвала цифру: «Около 817 тыс. наших сограждан имеют сейчас двойное гражданство, а еще 157 тыс. – вид на жительство в других странах. Итого – без малого миллион» [Лемуткина, 2015].

Пятый – *административная идентичность* – определяется на основе регистрации временно или постоянной проживающих граждан России за границей в российских консульских учреждениях (статистику ведет МИД России). Преимуществом данной статистики можно считать относительную легкость фиксации и четкие критерии учета российских граждан. Многие граждане России, проживающие за рубежом, обращаются в консульские учреждения для получения новых заграничных паспортов, получение свидетельств о рождении детей, заверения документов, запроса официальных справок, оформления доверенностей, участия в российских выборах. Но у многих российских граждан, проживающих за границей, отсутствует мотивация обращения и регистрации в отечественных консульствах. Данное обстоятельство признают и сами российские дипломаты. Поэтому основной недостаток данной статистики – охват исключительно тех граждан Российской Федерации, которые имеют мотивацию к регистрации в консульстве, и как следствие, существует их значительный недоучет. На официальном сайте МИД России сообщается, что в 2015 г. более 2 млн. российских граждан было зарегистрировано в консульских учреждениях за рубежом [Консульский департамент МИД России, 2016]. За последние десять лет численность зарегистрированных российских граждан увеличилась на полмиллиона – в 2006 г. на консульском учете за рубежом состояли 1,5 млн. российских граждан [МИД России, 2014]. Проведенные интервью показывают, что многие выходцы из России слабо ориентированы на общение с официальными представительствами российского государства за рубежом. Данная цифра представляется сильно заниженной.

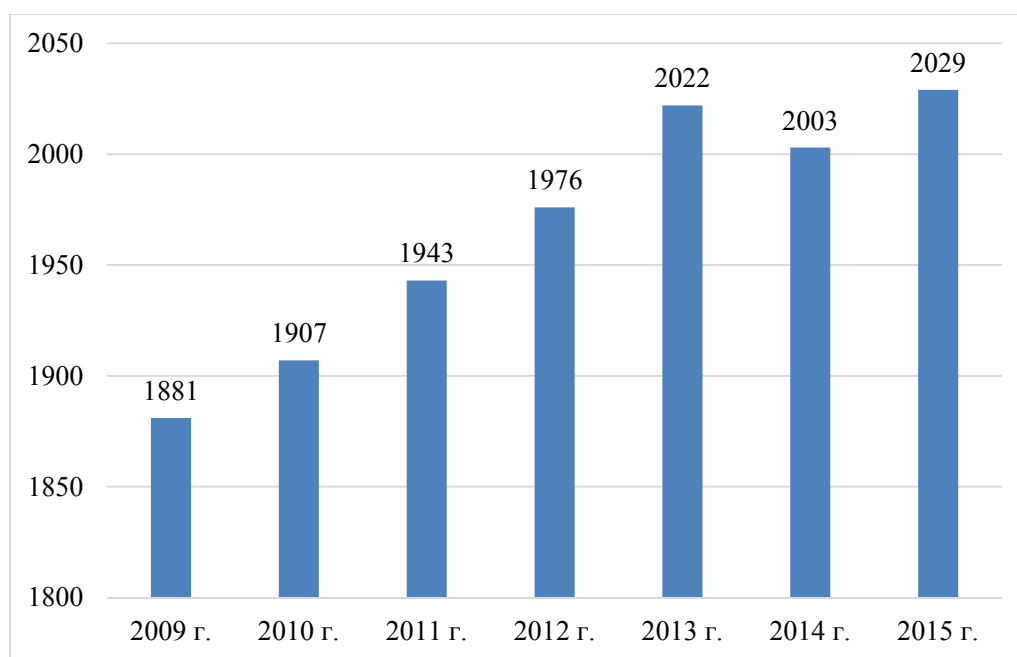


Рис. 7. Численность граждан России, зарегистрированных в консульских учреждениях за границей в 2009–2015 гг., тыс. человек [Консульский департамент МИД России, 2016]

Шестая – *религиозная идентичность* – может фиксироваться в переписях населения или на основе оценок численности прихожан русских православных церквей. Преимущество статистики – включает категорию населения, которая духовно ориентирована на православные духовные ценности как неотъемлемую часть «русского мира», русской культуры. Недостатки – существуют группы невоцерковленного русскоговорящего населения и атеисты (например, регулярное посещение церкви практически не свойственно молодым поколениям русскоговорящих сообществ); из статистики выпадают другие религиозные направления иммигрантов из России (например, мусульмане, буддисты, католики и пр.); также трудно учесть религиозные группы живущие изолированно (например, староверы); внутри православной церкви существует раскол, разделяющий прихожан между различными церквями (русская православная церковь и за рубежом); в статистику наоборот в эту у другие этнические группы исповедующие православие (греки, сербы, украинцы и пр.).

Необходимо также понимать, что не во всех странах существует возможность получить статистику по всему спектру данных критериев идентификации в силу особенностей проведения переписей населения, наличия источников информации в российских государственных структурах.

Результаты исследований и их обсуждение. Можно ли называть все многообразие эмигрантов из России, русских, россиян, граждан России, соотечественников каким-то одним собирательным термином: «русская диаспора» или «русскоговорящие сообщества»? Не претендуя на новое определение термина «диаспора», рассмотрим ее признаки применительно к русским, русскоговорящим и российским гражданам, проживающим за рубежом.

Во-первых, расселение за пределами страны происхождения, в иной этнокультурной среде. Даже этот, казалось бы, простой критерий, не работает в полной мере в случае русских, проживающих за границей. Значительная часть из них родилась в границах некогда единого государства – СССР. Они никуда и никогда не мигрировали с момента своего рождения, изменились только границы, которые отсекли их от Российской Федерации. Единственно после распада СССР в 1991 г. за пределами России оказалось примерно 25 млн. русских и представителей российских народов. Также около 2 млн. человек с «русскими корнями» на тот момент проживали в странах, не входивших в состав СССР. Таким образом, значительная часть «зарубежных» русских хотя формально и оказалась за пределами страны происхождения, но на самом деле никуда не перемещалась. Скорее переместились границы государства. Безусловно, значительная часть русских и российских народов (татар, башкир, удмуртов, чеченцев и др.) покинула в 1990-е гг. новые государства, переехав, прежде всего, в Российскую Федерацию.

Во-вторых, компактность проживания. Данный критерий практически не свойственен русским и представителям народов России. Как правило, они живут очень дисперсно и не стремятся к компактному проживанию. А в некоторых случаях, напротив, стремятся дистанцироваться от своих соотечественников. В большинстве своем «виноват» в этом высокий уровень образования выходцев из России. Многие из них имеют высшее образование, являются профессионалами и при выборе районов расселения ориентируются в большей степени на социально-экономический статус окружающего населения, чем этно-территориальный. Конечно, бывают исключения. Наиболее яркой эксклюзией можно считать русскоязычный район Брайтон-бич в Нью-Йорке, который начал формироваться как место компактного проживания евреев, эмигрировавших из СССР в 1970–1980-е гг. И принимавший в последствии представителей других волн иммигрантов из России. Но притягивал он не всех, а скорее менее успешных иммигрантов, плохо знавших английский язык и имевших низкие шансы для успешной адаптации на американском рынке труда. Профессионалы с высоким уровнем образования и степенью владения английским языком, несмотря на трудности, стремились расселяться вне этого «русскоязычного анклава», умышленно дистанцируясь от него. Выдержка из интервью эмигранта из России, ныне стоматолога в Нью-Йорке: *«На меня Брайтон-бич всегда производил тягостное впечатление. Какие-то странные люди там.*

Вроде и говорят по-русски, но какие-то не такие. Могу я туда пойти конечно, например, поесть в ресторане, но не люблю потом как-то болею психологически. Не знаю почему. И конечно же жить там я не смог бы, ни в коем случае». Менее ярко выражены русские районы в других американских городах. Выдержка из интервью с сотрудницей банка в Дэвисе (штат Калифорния), происходит из Молдовы, имеет американское гражданство: *«В Сакраменто есть так называемый русский район, там живет много выходцев из бывшего СССР. Но это в основном те, кто живет на социальные пособия, приехал и не может найти хорошей работы, плохо знают и не стремятся учить английский. Как правило, старшее поколение. Я там вначале жила, но потом вырвалась оттуда и переехала. Но мой бывший муж, он тоже из Молдовы, живет там. Его все устраивает и так. Но он не хочет учить английский язык. А меня не устраивало. Я хотела расти профессионально, училась дополнительно (банковскому делу), изучала английский язык. И очень рада, что вырвалась из этого района».* Массовый характер миграции в Германию привел к образованию определенных «русских» анклавов в немецких городах. Это обычно недорогие районы с социальным жильем, где через несколько лет эмиграции в Германию остались наиболее плохо адаптировавшиеся русскоговорящие эмигранты, но была создана инфраструктура, наиболее подходящая данной категории мигрантов [Что ждет Германия..., 2013].

Во-третьих, *сохранение формальных и неформальных связей между членами сообщества, которые направлены на сохранение языка, культуры и традиций исторической родины.* Иногда формальные и неформальные связи русскими за границей поддерживаются. Например, выдержка из одного интервью бывшей российской гражданки, вышедшей замуж за бразильца: *«Я нашла через социальные сети соотечественниц в моем городе. Они вышли замуж за местных бразильцев. Большинство из России, есть девушка из Беларуси. Мы встречаем один раз в неделю, как правило. Пьем кофе, общаемся, ходим по магазинам вместе. Иногда хочется поговорить по-русски».* Более консервативными в сохранении русской культуры и традиций можно являются религиозные группы староверов, оказавшая волею судеб в некоторых регионах мира. Например, в Бразилии (штат Гойяс), Уругвае и США (штат Орегон). Эти «островки» русской культуры также подвержены влиянию глобализации и интеграции. Молодежь, несмотря на прессинг предыдущих поколений, все чаще использует интернет, электронные средства коммуникации, постепенно изменяет образ жизни, мало интересуется ситуацией в современной России.

В-четвертых, *наличие действенных институтов внутри данного сообщества, отстаивающих интересы, способствующих адаптации и интеграции мигрантов, развивающих отношения со страной происхождения.* Несмотря на существование различных Ассоциаций российских соотечественников в ряде стран, никаких институциональных или организационных структур среди русскоговорящих общин не существует. Большинство существующих организаций направлено на сохранение культурных особенностей и традиций России за рубежом. Практически не существует организаций, направленных на адаптацию русскоговорящих мигрантов в принимающие общества и их дальнейшую поддержку. Существующие в настоящее время в 80 странах мира российские центры науки и культуры ориентируются на поддержание культурных контактов с соотечественниками, проживающими за рубежом, не привнося в свою деятельность политический или экономический аспекты.

В-пятых, *эмоционально-психологическая, социально-экономическая и политическая ориентация этнического сообщества на страну происхождения, а также «мифологизация» этнической родины.* На фоне ярких примеров китайской, армянской, еврейской и других диаспор, имеющих не просто тесную эмоционально-психологическую связь, но также мощное социально-экономическое и политическое взаимодействие со страной происхождения, русскоязычные общины значительно проигрывают. Несмотря на то, что многие представители русских и российских народов, проживающие за рубежом, эмоционально ориентированы на Россию: посещают родственников, слушают российские новости, имеют друзей и знакомых в России, даже иногда принимают участие в российских выборах и пр. Тем не менее, в сознании многих людей с «русскими корнями» существует стремление дистанцироваться от России и

СССР, они не особенно стремятся вести бизнес с российскими партнерами, часто пытаются перевести в страну своих родных и близких, а иногда и прямо критикуют российское общество и власть. Причин тому несколько, но главные из них заключаются в том, что многие эмигранты покинули Россию по политическим или социально-экономическим причинам. Кроме того, негативный образ России поддерживается за рубежом некоторыми средствами массовой информации и препятствует сохранению политической ориентации на родину. Также само государство их происхождения долгое время рассматривало эмигрантов как «предателей родины», не поддерживало русскоговорящие общины на государственном уровне, не способствовало развитию контактов с ними. В результате «мифологизация» России как этнической родины явление крайне редкое в русскоговорящих общинах и свойственное, как правило, таким социально-демографическим группам из волн «старой эмиграции» как «харбинцы» (русские из Китая) и «староверы» (русские в странах Латинской Америки, США).

В-шестых, *стремление влиять на политическую и социально-экономическую сферы жизни стран пребывания в интересах страны происхождения («этнический лоббизм») абсолютно не свойственно русским, проживающим за границей.* Возможность влиять на политическую и экономическую ситуацию в принимающих странах возникает в ситуации формирования четких коллективных интересов. У русских такие интересы, как правило четко не сформулированы. А российское государство долгое время никак не поддерживало сами русскоговорящие общины за границей, а после начала программ поддержки соотечественников и до сих пор не сформулировало четких стратегий взаимодействия с ними, а иногда предпринимает неуклюжие шаги, отпугивающие их (например, необходимость декларирования наличия двойного гражданства, ужесточение условий участия в программе возвращения соотечественников и вступления в гражданство, необходимость сдачи экзамена по русскому языку для получения разрешительных документов на работу, разрешения на временное проживание и вида на жительство в России). И тем более не рассматривает возможности лоббирования соотечественниками своих интересов в зарубежных странах. Условными примерами этнического лоббирования можно считать попытки мэра Риги отстаивать интересы русскоязычного населения в Латвии. Но в целом, конечно же, влияние русскоговорящих общин на социально-экономическую и политическую жизнь страны проживания крайне ограничено, практически отсутствуют «русские» организации, занимающиеся лоббированием интересов русскоговорящих общин, российского бизнеса, и тем более, России как государства.

Выводы. Таким образом, в отношении русских и граждан России, проживающих за границей, представляется целесообразным использовать не термин «русская (российская) диаспора», а термин *«русскоговорящие сообщества».*

Во-первых, *«русскоговорящие», а не «русские»,* потому что основным объединяющим их признаком является русский язык, а отнюдь не этничность или страна происхождения. Именно всех тех, кто говорит по-русски чаще всего и считают русскими в принимающих странах, хотя среди них могут быть евреи, немцы, татары, чеченцы и др. Интересными феноменами можно назвать «русских немцев» в Германии (мигранты из бывшего СССР, имеющие немецкие корни, говорящие по-русски), «русские греки» (этнические греки из бывшего СССР), «русскоязычные мигранты» в Израиле (мигранты из всех стран бывшего СССР), «русские мусульмане» в Малайзии (чеченцы, приехавшие после распада СССР), «русские» в США, Канаде, Австралии, европейских странах (все кто приехал из всех стран бывшего СССР, независимо от этничности). И в этом случае для принимающего общества не имеет значения гражданство, этническая и религиозная принадлежность человека. Для него все они русские, в смысле люди, говорящие по-русски. Русский язык занимает шестое место в мире по распространенности – на нем говорят около 127 миллионов человек за пределами России. Данная цифра может служить максимальной оценкой численности русскоязычного населения за пределами России («русскоговорящего мира»). В эту категорию, однако, входят и иностранцы, которые знают русский язык, но не имеют этнических или исторических связей

с Россией. Например, во многих бывших социалистических странах (Куба, Монголия, Вьетнам, страны Восточной Европы) русский язык обязательно изучался в школах.

Во-вторых, *«сообщества», а не «диаспоры»*. Потому что консолидация среди русскоговорящего населения как типичное явление практически отсутствует. А формы общения между русскоязычным населением за границей имеют как правило неустойчивые и временные формы. Характерные признаки диаспоры русским практически не свойственны. Русские прекрасно интегрируются в принимающих странах, абсолютно не замыкаясь на собственной этничности. А в случае успешной интеграции даже склонны менять свою самоидентификацию. Наиболее ярким примером является «удивительное» сокращение численности русскоязычного населения в США. В 2000 г. называли себя русскими 2,6 млн. человек, в то время как в 1990 г. таковыми себя считали 2,9 млн. человек. Совершенно очевидно, что данное уменьшение происходило из-за смены идентификации представителей русскоговорящих сообществ с «русского» на «американца» вследствие успешной адаптации и ассимиляции в принимающем обществе. Например, в наших исследованиях мы зафиксировали случай в Сиднее, где программист-эмигрант последней волны из России, женившийся на гражданке Австралии, назвал сына Майклом (не Михаилом) и не хочет общаться с ним по-русски. Очень показательный, но, конечно, экстремальный случай – отец лишает ребенка знания дополнительного языка. Очевидно, что столь успешная ассимиляция русских в принимающих странах обусловлена их стремлением к интеграции, а также некоторыми объективными характеристиками мигрантов из России. Они, обычно, имеют высокий уровень образования, активны в бизнесе, прагматичны, легко приспосабливаются к новой ситуации, быстро осваивают язык. Практически не развита организованная государственная или общественная инфраструктура адаптации русских мигрантов за рубежом. Например, «русские» общественные организации, действующие за рубежом, выполняют функции «клубов по интересам» для уже адаптировавшихся мигрантов, нежели оказывают реальную поддержку вновь прибывшим мигрантам.

В-третьих, *«сообщества», а не «сообщество»*. Поскольку русскоговорящие группы крайне своеобразны не только в пределах принимающих стран, но даже отдельных регионов одного государства. Границы между ними порой возникают на самой разной почве и проходят весьма жестко, вплоть до конкуренции и даже отторжения. Приведем несколько наглядных примеров, обнаруженных в ходе экспедиционных исследований. Первый – в Австралии. Здесь сложились разногласия между разными сообществами русских иммигрантов: «харбинцами», «евреями из России» и «новыми русскими мигрантами». Второй пример – США. Здесь русскоговорящие сообщества представлены различными этническими группами: русские, украинцы, белорусы, казахи, узбеки, евреи и др. Такое этническое разнообразие не вносит единства в русскоговорящее сообщество. Организациям, занимающимся делами общин трудно выбрать культурные и ценностные ориентации, тяжело договорится по поводу политических процессов, происходящих в стране пребывания и стране происхождения. Когда начался военный конфликт на востоке Украины в 2014 г. произошел раскол между русскими и украинцами, проживающими в некоторых частях США (например, в Калифорнии). Они представляют собой очень разнообразную группу населения в этническом, религиозном, социальном и политическом отношениях. Русские эмигранты за рубежом оказались в разное время, выехав из России по разным причинам и в разных социально-экономических и политических условиях. Например, в числе эмигрантов из России, кроме этнических русских много евреев, немцев, украинцев, татар, чеченцев, армян и представителей многих других народов. Большинство из них говорят по-русски, поскольку прожили в России долгое время и несколько поколений. Русский язык – это вторая важнейшая характеристика мигрантов из России (кроме страны происхождения). Кроме того, русский язык – реальный социальный инструмент, скрепляющий русских за рубежом. В последнее время в разных странах активизировалась публикация газет и журналов на русском языке. Часто сами мигранты и их окружение называют «русскими» всех, кто имеет хоть какое-то отношение к России (родился там, приехал оттуда, его родители или прародители русские по происхождению, говорит на русском языке и пр.).

Программы поддержки соотечественников во многом лишены стратегии и не ориентированы на потребности самих русскоговорящих общин и реализуются в отрыве от ситуации в странах их проживания. В большинстве своем представляют собой набор стандартных мероприятий при посольствах, на которые выделяются значительные деньги из федерального бюджета. Даже такие структуры как Фонд «Русский мир» и Россотрудничество, которые, казалось бы, должны быть более гибкими в вопросах поддержки культурной, научной, образовательной деятельности русскоговорящих общин, зачастую используют устаревшие подходы, а порой и просто некорректные методы работы. Автор статьи в ходе полевых исследований в разных странах неоднократно сталкивался с практиками отсутствия поддержки реально работающих курсов русского языка, в то время как средства на эти цели в федеральном бюджете выделялись, но они просто не доходят до соотечественников. Совершенно неудивительно, что в этой ситуации выходцы из России и их потомки просто не хотят общаться с российскими государственными институтами.

Во-первых, хорошая идея привлечь соотечественников из-за рубежа в Россию на практике обернулась проблемами для многих из них в вопросах получения российского гражданства. Много примеров, когда, приехав в Россию, люди не могут годами стать ее гражданами. Или старожилы, которым не могут предоставить земли в обработку. Во-вторых, неплохая идея возвращения выдающихся российских ученых-эмигрантов, полностью дискредитировала себя на фоне бедственного положения и мизерной оплаты труда российских ученых, которые чудом сохранили научные школы, не эмигрировав ранее. В-третьих, запрет на усыновление детей гражданами США (закон «Димы Яковлева») выглядит крайне странным на фоне колоссального количества брошенных детей в России, которые никому не нужны и не будут никогда усыновлены российскими гражданами. Основной причиной столь непоследовательных действий государства в отношении эмиграции и диаспоры является то, что все перечисленные шаги (за исключением программы возвращения соотечественников) концептуально не вписаны в государственную демографическую и миграционную политику. В-четвертых, необходимость декларации наличия второго гражданства и банковских счетов в зарубежных банках для российских граждан может подтолкнуть к эмиграции некоторую часть населения из России. Наконец, в-пятых, многие действия государства в области работы с диаспорой и реэмигрантами носят разнонаправленный характер с другими шагами (или их отсутствием) в области социально-экономического развития. Привлечение из-за рубежа и использование ресурса диаспоры должны быть не самоцелями, а дополняющими инструментами социально-экономического развития страны. Нельзя привлекать ученых-эмигрантов из-за рубежа, не улучшая условия труда и исследований в науке. Неслучайно, концепция миграционной политики России до 2025 г. не может сказать ничего внятного относительно эмиграции. В документе эмиграция упоминается только вскользь в одном предложении: «Эмиграция из страны продолжается», но никакого рецепта ее сокращения не предлагается. Да собственно и не может быть предложено объективно по описанным выше причинам.

***Благодарности.** Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 16-18-10435 «Эмиграция из России и формирование русскоговорящих общин: новые тенденции, социально-демографические и экономические последствия»).*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авксентьев А.В., Авксентьев В.А. Этнические группы и диаспоры Ставрополя. – Ставрополь: Изд-во Ставропольского гос. Университета, 1997.
2. Джанозян С. Об определении понятия «диаспора» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ysu.am/files/07S_Jangozyan.pdf.
3. Вишневский А.Г. Распад СССР: этнические миграции и проблема диаспор// Общественные науки и современность. – № 3, 2000.

4. Все больше россиян задумываются об эмиграции. Исследование РОМИР [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://romir.ru/studies/390_1348084800/.
5. Дятлов В., Мелконян Э. Армянская диаспора// Очерки социокультурной типологии/ Под общ. ред. А. Искандарян. – Ереван: Институт Кавказа, 2009.
6. Информация Консульского департамента МИД России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kdmid.ru/opendata/default1.aspx>.
7. Информация предоставлена Министерством иностранных дел Российской Федерации по официальному запросу Института социально-политических исследований в 2007 г.
8. Лемуткина М. Все за бугор!// Московский комсомолец. – 3 октября 2015. – № 216.
9. Пресс-конференция заместителя Генерального секретаря ООН Я. Элиассона 12 января 2016 г. в Нью-Йорке (США) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.un.org/russian/news/story.asp?NewsID=25229#.V3jXmIt5kW3>.
10. Программа работы с соотечественниками, проживающими за рубежом от 19 ноября 2014 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://rs.gov.ru/sites/default/files/programma_raboty_s_sootech_2015-2017_3.pdf.
11. Рязанцев С.В., Гребенюк А.А. «Наши» за границей. Русские, россияне, русскоговорящие, соотечественники: расселение, интеграция и возвратная миграция в Россию. – М.: ИСПИ РАН, 2014.
12. Статистическая информация о численности и составе российских граждан, выехавших на работу за границу при содействии организаций, имеющих лицензии на этот вид деятельности за 2015 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://limited.guvm.mvd.ru/about/activity/stats/Statistics/Statisticheskaja_informacija_o_chislenno/item/60535/.
13. Тощенко Ж. Диаспора как объект социальной политики// Постсоветское пространство: суверенизация и интеграция. – М., 1997.
14. Тощенко Ж.Т., Чаптыкова Т.И. Диаспора как объект социологического исследования// Социологические исследования. – 1996, № 12.
15. Численность и миграция населения российской Федерации в 2015 году. – М.: Федеральная служба государственной статистики, 2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gks.ru/bgd/regl/b16_107/Main.htm.
16. Что ждёт Германия от русских немцев// Calgary Russian Community. – 4 ноября 2013. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://zarubegom.com/chto-zhdyot-germaniya-ot-russkih-nemtsev/>.
17. Esman M.J. Diasporas and international relations, Modern Diasporas in international politics, New York, Croom Helm, 1986.
18. Esman M.J. Ethnic pluralism an international relations, Canadian review of studies in nationalism, Toronto, 1990, Vol. XVII, № 1–2.
19. International Migration Outlook OECD Paris 2015 [web resource](http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/social-issues-migration-health/international-migration-outlook-2015_migr_outlook-2015-en#page316).
20. Persons Obtaining Lawful Permanent Resident Status by Region and Country of Birth: Fiscal Years 2004 to 2013. Yearbook of Immigration Statistics 2013 [web resource] www.dhs.gov/sites/default/files/publications/ois_yb_2013_0.pdf.
21. State Immigration Data Profiles, United States, Demographics & Social, Washington, D.C., Migration Policy Institute, 2014 [web resource] <http://www.migrationpolicy.org/data/state-profiles/state/demographics/US>.
22. Statistical Abstract of the United States: 2012. Population, The U.S. Census Bureau, Suitland, 2012 [web resource] <https://www.census.gov/library/publications/2011/compendia/stat-ab/131ed.html>.
23. Yearbook of Immigration Statistics: 2014. Washington, D.C.: U.S. Department of Homeland Security, Office of Immigration Statistics, 2015 [web resource] (<https://www.dhs.gov/yearbook-immigration-statistics-2014-lawful-permanent-residents>).

**THE RUSSIAN-SPEAKING COMMUNITY AS A FACTOR
OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT RUSSIA: STATISTICS
AND GEOGRAPHICAL APPROACH TO THE ASSESSMENT**

Abstract. *The article discusses the features of emigration from the Russian Federation during 1990–2010-ies, that is, after the collapse of the USSR. Identified singularity-of modern accounting system of emigration from Russia and are given real-estimate of the number of Russian immigrants based on correction data of Federal Service of State Statistics data from countries receiving Russian migrants. Identified geographical features of the settlement of immigrants from Russia, as well factors, promoting the formation of the Russian-speaking communities abroad. Identified six types of identity that allows a rough estimation of the number of Russian-speaking communities. The article explains the term «Russian-speaking communities» instead of the term «Russian diaspora», which is supported by the results of empirical statistical and sociological studies. Russian-speaking community considered as a factor in the future capable of providing a stable functioning and development of the Russian economy and the state. However, it was concluded that at present, the Russian-speaking community resource is undervalued by the Russian state, and diasporal policy is ineffective.*

Key words: *Russian, statistics, emigration, the Russian-speaking community.*

REFERENCES

1. Avksentev A.V., Avksentev V.A. Etnicheskie gruppy i diasporyi Stavropolya [Ethnic groups and Diaspora of Stavropol] – Stavropol: Izd-vo Stavropolskogo gos. Universiteta, 1997.
2. Dzhanozyan S. Ob opredelenii ponyatiya «diaspora» [The definition of the term «Diaspora»] [web resource] http://ysu.am/files/07S_Jangozyan.pdf.
3. Vishnevskiy A.G. Raspad SSSR: etnicheskie migratsii i problema diaspor [The Collapse of the USSR: ethnic migration and the problem of diasporas] // *Obschestvennyie nauki i sovremenost.* – № 3, 2000.
4. Vse bolshe rossiyan zadumyvayutsya ob emigratsii [More and more Russians are thinking about emigrating] ROMIR [web resource] http://romir.ru/studies/390_1348084800/.
5. Dyatlov V., Melkonyan E. Armyanskaya diaspora [Armenian Diaspora] // *Ocherki sotsiokulturnoy tipologii/ Pod obsch. red. A. Iskandaryan.* – Erevan: Institut Kavkaza, 2009.
6. Informatsiya Konsul'skogo departamenta MID Rossii [Information of Consular Department of the MFA of Russia][web resource]. <http://www.kdmid.ru/opendata/default1.aspx>.
7. Informatsiya predostavlena Ministerstvom inostrannyih del Rossiyskoy Federatsii po ofitsialnomu zaprosu Instituta sotsialno-politicheskikh issledovaniy v 2007 [Information provided by the Ministry of foreign Affairs of the Russian Federation at the official request of the Institute of socio-political studies in 2007].
8. Lemutkina M. Vse za bugor! [All over the hill!][// *Moskovskiy komsomolets.* – 3 oct. 2015. – № 216.
9. Press-konferentsiya zamestitelya General'nogo sekretarya OON Ya. Eliassona 12 yanvarya 2016 v Nyu-Yorke [Press conference of Deputy UN Secretary-General J. Eliasson, January 12, 2016 in new York (USA)][web resource].
10. Programma raboty s sootchestvennikami, prozhivayuschimi za rubezhom ot 19 noyabrya 2014 [The program of work with compatriots living abroad of 19 November 2014] [web resource] http://rs.gov.ru/sites/default/files/programma_raboty_s_sootech_2015-2017_3.pdf.
11. Ryazantsev S.V., Grebenyuk A.A. «Nashi» za granitsey. Russkie, rossiyane, russkogovor-yaschie, sootchestvenniki: rasselenie, integratsiya i vozvratnaya migratsiya v Rossiyu [«Our» abroad. Russian, Russians, Russian-speaking compatriots: resettlement, integration and return migration to Russia] M.: ISPI RAN, 2014.

¹ Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Economics, Professor, Head of the Center for Demography of the Institute Social and Political Studies of the RAS; e-mail: riazan@mail.ru.

12. Statisticheskaya informatsiya o chislennosti i sostave rossiyskikh grazhdan, vyiehavshih na rabotu za granitsu pri sodeystvii organizatsiy, imeyuschih litsenzii na etot vid deyatel-nosti za 2015 g. [Statistical information on the number and composition of Russian citizens who left to work abroad with the assistance of the organizations having a license for this activity for 2015] [web resource]. http://limited.guvm.mvd.ru/about/activity/stats/Statistics/Statisticheskaja_informacija_o_chislenno/item/60535/.
13. *Toschenko Zh.T.* Diaspora kak ob'ekt sotsialnoy politiki [Diaspora as an object of social policy] Postsovetskoe prostranstvo: suverenizatsiya i integratsiya. – M., 1997.
14. *Toschenko Zh.T., Chapyikova T.I.* Diaspora kak ob'ekt sotsiologicheskogo issledovaniya [Diaspora as an object of sociological research// Sociological studies] Sotsiologicheskie issledovaniy. – 1996, № 12.
15. Chislennost i migratsiya naseleniya rossiyskoy Federatsii v 2015 godu [The number and migration of population of the Russian Federation in 2015] M.: Federal-naya sluzhba gosudarstvennoy statistiki, 2016 [web resource]. http://www.gks.ru/bgd/regl/b16_107/Main.htm.
16. Chto hochet Germaniya ot russkikh nemtsev [What awaits Germany from Russian Germans]// Calgary Russian Community. – 4 nov. 2013. – [web resource] <http://zarubegom.com/chto-zhdyot-germaniya-ot-russkikh-nemtsev/>.
17. *Esman M.J.* Diasporas and international relations, Modern Diasporas in international politics, New York, Croom Helm, 1986.
18. *Esman M.J.* Ethnic pluralism an international relations, Canadian review of studies in nationalism, Toronto, 1990, Vol. XVII, № 1-2.
19. International Migration Outlook OECD Paris 2015 [web resource] (http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/social-issues-migration-health/international-migration-outlook-2015_migr_outlook-2015-en#page316).
20. Persons Obtaining Lawful Permanent Resident Status by Region and Country of Birth: Fiscal Years 2004 to 2013. Yearbook of Immigration Statistics 2013 [web resource] www.dhs.gov/sites/default/files/publications/ois_yb_2013_0.pdf.
21. State Immigration Data Profiles, United States, Demographics & Social, Washington, D.C., Migration Policy Institute, 2014 [web resource] <http://www.migrationpolicy.org/data/state-profiles/state/demographics/US>.
22. Statistical Abstract of the United States: 2012. Population, The U.S. Census Bureau, Suitland, 2012 [web resource] <https://www.census.gov/library/publications/2011/compendia/stat-ab/131ed.html>.
23. Yearbook of Immigration Statistics: 2014. Washington, D.C.: U.S. Department of Homeland Security, Office of Immigration Statistics, 2015 [web resource] (<https://www.dhs.gov/yearbook-immigration-statistics-2014-lawful-permanent-residents>).

УДК 528.946+551.504.3.054

Е.А. Божилина¹, А.А. Ильин²

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ КАРТЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ДЛЯ КЛЮЧЕВОГО УЧАСТКА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Резюме. В работе предложено построение комплексной карты загрязнения атмосферного воздуха на примере ключевого участка Красноярского края. Для создания карты

¹ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики, Москва, 119991, Россия, доцент, канд. геогр. н.; e-mail: bozilina@mail.ru.

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, кафедра картографии и геоинформатики, Москва, 119991, Россия, магистр; e-mail: _aleha_92@inbox.ru.

разработана оригинальная методика ограничения зон распространения выбросов в атмосферу от промышленных предприятий вблизи городов на основе климатических данных. Предложенная методика основывается на учете повторяемости направлений и скоростей ветра и продолжительности нахождения загрязняющих веществ в атмосфере.

Использованные способы картографического изображения – количественный фон (выбросы на единицу площади в пределах зон потенциального распространения загрязняющих веществ), локализованные диаграммы (выбросы и индекс загрязнения атмосферы по городам), изолинии (значения потенциала загрязнения атмосферы).

Использование комплексной карты позволяет уточнить влияние переноса загрязняющих веществ на формирование уровня загрязнения в городе наряду с объемами выбросов и значениями потенциала загрязнения атмосферы.

Ключевые слова: *загрязнение атмосферы, зоны выбросов загрязняющих веществ, учет ветрового режима, комплексная карта, ключевой участок Красноярского края.*

Введение. Картографирование распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе является одной из ключевых задач в изучении важных экологических проблем, таких как комплексная оценка загрязнения атмосферного воздуха, региональное экологическое нормирование и других. Для выделения зон промышленных выбросов, распространения выбросов от лесных пожаров в настоящее время разрабатываются отдельные экспериментальные методики [Кирсанов, 2015; Агаин и др., 2007; Соен и др., 2012]. В основном для анализа используются метеорологические данные и проводится оценка за небольшой промежуток времени. Одной из целей исследований загрязнения атмосферы на территории ключевого участка Красноярского края было создание комплексной карты на основе картографирования выбросов и других параметров загрязнения в пределах потенциально возможных зон распространения загрязняющих веществ.

В государственных докладах «О состоянии и об охране окружающей среды в Российской Федерации» за отдельные годы и в различных обобщающих монографиях для оценки выбросов на единицу площади приводятся карты, построенные способом картограмм. Недостатки статистических подходов в картографировании загрязнения атмосферного воздуха сказываются, прежде всего, на неправильности показа средней интенсивности выбросов на единицу площади в пределах всей территории политико-административных единиц.

Нами предлагается создание комплексных карт загрязнения атмосферы, на которых выбросы на единицу площади следует показывать в пределах зон воздействия выбросов промышленных предприятий в атмосферный воздух вокруг городов, а также совместно показывать выбросы, индексы загрязнения и потенциал загрязнения атмосферы.

Рассмотрим вкратце некоторые из предлагаемых нами методов картографирования и выявления зон распространения загрязняющих веществ.

Материал и методы исследований. В качестве ключевого участка выбрана территория промышленного пояса Красноярского края включающего города: Ачинск, Боготол, Богородино, Дивногорск, Енисейск, Железногорск, Заозёрный, Красноярск, Канск, Лесосибирск, Минусинск, Назарово, Норильск, Сосновоборск, Ужур, Уяр, Шарыпово, Зеленогорск.

Этот участок отличается большим промышленным освоением, особенно на фоне всей остальной территории Красноярского края, отдельные карты-врезки подготовлены для города Норильск. Также выбранный ключевой участок характеризуется значительными выбросами в атмосферный воздух и высоким уровнем загрязнения атмосферы в отдельных городах.

Для создания комплексной карты были проведены следующие этапы работ:

1. Создание карты зон потенциального распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.
2. Разработка карты выбросов на единицу площади в пределах зон потенциального распространения загрязняющих веществ.
3. Составление карты индексов загрязнения атмосферы по городам.
4. Создание комплексной карты загрязнения атмосферы.

Для создания карты зон потенциального распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе разработана оригинальная методика выделения границ зон распространения выбросов в атмосфере от промышленных предприятий вблизи городов на основе климатических данных. Эта методика основывается на учете направлений и скоростей ветра и продолжительности нахождения загрязняющих веществ в атмосфере.

Для расчетов были использованы данные о сроках нахождения загрязняющих веществ в атмосфере. Разные вещества, выбрасываемые в атмосферу, могут находиться там различное количество времени [Хорват, 1990; Суркова, 2002]. Так молекулы двуокиси серы и азота содержатся в атмосфере от нескольких до десяти суток, их называют сильно изменяющимися, а не разрушающуюся до тысячи лет группу инертных газов называют устойчивыми [Хорват, 1990].

Согласно этим данным соединения серы, в том числе сероводород и оксид серы, а также оксид азота находятся в атмосфере от нескольких до десяти суток, в частности время пребывания серы в атмосфере составляет около 2 суток, а для соединения азота около 8 суток. В основу вычисления была положена информация о нахождении соединений серы в атмосфере как наиболее опасных и приводящих к образованию кислотных дождей. Таким образом, рассчитывался перенос за срок 2 суток нахождения выбросов в атмосфере на основе скорости ветра по соответствующему расстоянию розы ветров, с учетом его повторяемости и масштаба карты.

Границы ареалов зон возможного распространения загрязнения первоначально выделялись отдельно для января и июля. На первом этапе были составлены розы-диаграммы повторяемости ветров в январе-июле для 18 городов на территории ключевого участка. Источником для их составления послужили таблицы повторяемости направлений и скорости ветра, опубликованные в приложении 4 «СНиП 2.01.01-82 Строительная климатология и геофизика». Таблицы рассчитаны по многолетним данным и дают информацию, локализованную по пунктам.

Для каждого направления розы ветров в программном продукте ArcGIS проведено вычисление расстояний переноса с учетом скорости и продолжительности нахождения ингредиентов выброса в атмосфере. Затем была внесена поправка на повторяемость соответствующего направления ветра в процентах. С использованием этих вычислений по всем направлениям были определены крайние точки. Намеченные крайние точки были соединены и образованные кривые линии сглажены в автоматическом режиме, а затем откорректированы вручную. Границы зон возможного распространения загрязнений в январе и июле были отображены на соответствующих рабочих картах. Затем зоны суммировались с тем, чтобы показать максимально возможные ареалы воздействия промышленных выбросов. Такой подход имеет определенную степень условности, кроме того, его нельзя использовать для территорий с муссонным климатом и сильной изменчивостью направлений ветра в течение года, где оценку необходимо делать для отдельных периодов года.

В пределах выделенных ареалов проведены расчеты выбросов на единицу площади. Для количественных оценок привлечены данные по выбросам отдельных предприятий за 2011 год (максимальные значения выбросов) и расчеты площадей ареалов (в среде ArcGIS). Низкие выбросы, в частности от транспортных источников не учитывались. Ареалы возможного загрязнения имеют различную площадь и отличны от территории городского округа, для которого приведена статистика. Тем самым зоны возможного распространения загрязняющих веществ существенно уточняют реальную площадь территории, подвергающейся загрязнению.

Таким образом, разработана первая карта экспериментальной серии с использованием данной методики, на которой выбросы на единицу площади даны способом количественного фона. В шкале количественного фона учтены пороговые значения, характеризующие степень загрязнения атмосферы. На основе карты удалось сделать вывод о том, что выбросы на единицу площади в пределах выбранного ключевого участка сопоставимы с соответствующими значениями на территории России и составляют от 50 до 200 и более тонн на км².

Следующие этапы работы – создание карты выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух в абсолютных единицах и карты индексов загрязнения атмосферы по городам. Выбросы даны способом столбчатых локализованных диаграмм, высота которых соот-

ветствует значениям выбросах в тоннах. Построение этих было выполнено с использованием программного продукта ArcGIS. Для их построения использовались данные Госдоклада по Красноярскому краю за 2011 год, отличающиеся достаточно высокими значениями среди проанализированной выборки.

Способом круговых локализованных диаграмм характеризуются индексы загрязнения атмосферы по городам. (ИЗА), где размер диаграммы характеризует абсолютное значение ИЗА, а цвет – уровень загрязнения атмосферы на основе пороговых значений ИЗА, принятых в практике общегосударственной службы контроля состояния атмосферы. Отображены следующие категории:

- ИЗА < 4 – низкий уровень загрязнения;
- ИЗА 5 – 6 – повышенный уровень загрязнения;
- ИЗА 7 – 13 – высокий уровень загрязнения;
- ИЗА > 14 – очень высокий уровень загрязнения.

В качестве необходимого инструмента для картографического анализа загрязнений мы предлагаем составлять комплексные карты загрязнения атмосферы. Такая итоговая карта была разработана нами для ключевого участка Красноярского края на основе всех этапов работ проведенного исследования. В ее содержание включены следующие элементы:

- количественные ареалы выбросов на единицу площади в пределах зон потенциально возможного распространения загрязняющих веществ;
- выбросы и ИЗА по городам;
- потенциал загрязнения атмосферы.

Данные элементы содержания карты отображаются системой способов изображения и графических средств, которые хорошо совмещаются на одной карте.

Выбросы на единицу площади в пределах зон потенциального распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе даны способом количественного фона с использованием значений в тоннах за год на км².

Выбросы и ИЗА по городам показаны единой локализованной диаграммой в виде стилизованного знака выброса из трубы, размер которого соответствует абсолютным значениям выбросов, а цвет – пороговым значениям загрязнения по ИЗА.

В качестве дополнительной характеристики на комплексной карте даны значения потенциала загрязнения атмосферы в изолиниях.

Таким образом, на основе совместного анализа данных о повторяемости направления и скорости ветра, продолжительности нахождения в атмосфере загрязняющих веществ рассчитаны зоны потенциального влияния выбросов промышленных предприятий на ключевом участке, составлена комплексная карта для исследования загрязнения воздуха на ключевом участке Красноярского края. Содержание и методику составления карты можно рекомендовать и для других территорий.

Результаты исследований и их обсуждение. Анализ разработанной нами комплексной карты позволяет делать выводы о влиянии переноса загрязняющих веществ на формирование уровня загрязнения в городе наряду с объемами выбросов и значениями потенциала загрязнения атмосферы. Например, на разработанной нами карте для города Сосновоборск значения выбросов соответствуют городу Назарово, однако ИЗА в первом случае только повышенный, во втором – очень высокий. Это объясняется тем, что граница зоны потенциально возможного распространения загрязняющих веществ находится к северу от города и перенос от города Сосновоборск осуществляется в сторону города Назарово.

Наиболее сильный ареал загрязнения более 200 тонн/км² располагается между городам Дивногорск, Железногорск, Зеленогорск. Помимо расположенных в этих городах объектов промышленности, здесь также наблюдается многократное наложение ареалов зоны возможного распространения загрязнения.

Вблизи города Канск наблюдаются только повышенные значения ИЗА (4,97), при сопоставимых с другими городами значительных выбросах. На город Канск накладывается только ареалы потенциально возможного распространения загрязнения преимущественно от го-

рода Заозёрный, однако Канск располагается ближе к значениям высокого (3,3) уровня потенциала загрязнения атмосферы.

Выводы. Разработана новая по содержанию комплексная карта загрязнения атмосферного воздуха на территорию ключевого участка Красноярского края, для создания которой составлена серия карт из трех специальных карт. Такая карта рекомендована в качестве обязательной для анализа загрязнения атмосферного воздуха по статистическим и климатическим данным.

Сделан вывод о влиянии соотношении различных характеристик выбросов, потенциала загрязнения атмосферы и выделенных зон воздействия выбросов промышленных предприятий на уровень загрязнения в отдельных городах

Разработана методика выделения зон воздействия выбросов промышленных предприятий в атмосферный воздух вокруг городов. Выделение зон проведено с учетом повторяемости направлений и скоростей ветра, продолжительности нахождения веществ в атмосферном воздухе и с учетом масштаба карт.

На основе выделенных зон составлены карты количественных ареалов выбросов на единицу площади, которые показали, что выбросы на единицу площади в пределах выбранного ключевого участка на территории Красноярского края сопоставимы с соответствующими значениями на территории других субъектов в европейской части РФ и составляют, в зависимости от промышленного освоения и транспортной загруженности, от десятков до 200 тонн на км².

Благодарности. Исследование выполнено на кафедре картографии и геоинформатики Географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кирсанов А.А.* Моделирование распространения загрязняющих веществ в атмосфере при лесных пожарах: диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук: 25.00.30. – М., 2015. – 141 с.
2. *Суркова Г.В.* Химия атмосферы: Учебное пособие/ Под ред. Чл. – кор. РАЕН, проф. Ю.К. Васильчука. – М.: Изд-во Моск. Ун.-та, 2002. – 210 с.
3. *Хорват Л.* Кислотный дождь / Перв. с венг. В.В. Крымского; Под ред. Ю.Н. Михайловского. – М.: Стройиздат, 1990. – 80 с.
4. *Arain M.A., Blair R., Finkelstein N., Brook J.R., Sahsuvaroglu T., Beckerman B., Zhang L., Jerrett M.* The use of wind fields in a land use regression model to predict air pollution concentrations for health exposure studies. *Atmos Environ* 2007; Vol. 41. № 16.:3453–3464.
5. *Coen J.L., Cameron M., Michalakes J., Patton E.G., Riggan P.J., Vedinar K.M.* WRF – Fire: coupled weather-wildland fire modeling with the weather research and forecasting model. – *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 2012. № 52. Pp. 16–38.

Е.А. Bozhilina¹, А.А. Ilin²

DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED AIR POLLUTION MAPS ON KEY PLOT OF KRASNOYARSK REGION

Abstract. *The paper suggested the construction of a comprehensive air pollution map as an example of the key area of the Krasnoyarsk Territory. To create a map developed an original technique for limiting emissions spread zones in the atmosphere from industrial plants near the cities on*

¹ M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Cartography and Geoinformatics, Moscow, 119991, Russia, assistant professor; e-mail: bozhilina@mail.ru.

² M.V. Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Cartography and Geoinformatics, Moscow, 119991, Russia, master academic title; e-mail: _aleha_92@inbox.ru.

the basis of climatic data. The proposed method is based on taking into account the repeatability wind speed and direction and length of time of pollutants in the atmosphere.

The used methods of cartographic representation – quantitative background (emissions per unit area within the zones of the potential spread of contaminants), localized diagrams (emissions and air pollution index for the city), contour lines (the value of air pollution potential).

Using an integrated map allows you to specify the impact of the transfer of pollutants in the formation of the level of pollution in the city, together with the volumes and values of emissions of air pollution potential.

Key words: *air pollution, area of pollution emissions, given the wind conditions, a comprehensive map, the key area of Krasnoyarsk region.*

Acknowledgement. *The study was performed at the Department of Cartography and Geoinformatics of the Faculty of Geography, M.V. Lomonosov Moscow State University.*

REFERENCES

1. *Kirsanov A.A. Modelirovanie rasprostraneniya zagryaznyayushhikh veshhestv v atmosfere pri lesnykh pozharakh: dissertatsiya na soiskanie uchenoj stepeni kandidata geograficheskikh nauk: 25.00.30 [Modelling the spread of pollutants in the atmosphere from forest fires: dissertation for the degree of candidate of geographical sciences 25.00.30]. – M., 2015. – 141 p.*
2. *Surkova G.V. KHimiya atmosfery: Uchebnoe posobie [Atmospheric Chemistry: Textbook] /Pod red. CHI. – kor. RAEN, prof. YU.K. Vasil'chuka. – M.: Izd-vo Mosk. Un.-ta, 2002. – 210 p.*
3. *KHorvat L. Kislotnyj dozhd' [Acid rain] / Perv. s veng. V.V. Krymskogo; Pod red. Yu.N. Mikhajlovskogo. – M.: Strojizdat, 1990. – 80 p.*
4. *Arain M.A., Blair R., Finkelstein N., Brook J.R., Sahsuvaroglu T., Beckerman B., Zhang L., Jerrett M. The use of wind fields in a land use regression model to predict air pollution concentrations for health exposure studies. Atmos Environ 2007; Vol. 41. № 16.:3453–3464.*
5. *Coen J.L., Cameron M., Michalakes J., Patton E.G., Riggan P.J., Vedinar K.M. WRF – Fire: coupled weather-wildland fire modeling with the weather research and forecasting model. – Journal of Applied Meteorology and Climatology, 2012. № 52. Pp. 16–38.*

УДК 551, 553

Т.П. Гордезиани¹, З.Д. Лаошвили², Ц.И. Донадзе³, М.Д. Шарашенидзе⁴, Р.Ш. Толордава⁵

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ЕПАРХИЙ ГРУЗИИ

Резюме. *Геоинформационная система епархий – картографический ГИС продукт, который включает в свой состав систематизированную и представленную с помощью динамических элементов информацию об изменениях государственных границ Грузии в период 1920-2002 гг. Данные по грузинских епархиям в XVIII веке даны по Вахушти Багратиони. ГИС содержит следующие картографические произведения: Грузинские епархии в Русской православной церкви; Карта единой грузинской православной церкви; Карта грузинских апостольских епархий православной церкви. Система содержит также карты отдельных епархий и базы данных, содержащие следующую информацию: площадь епархий, их границы,*

¹ Тбилисский Гос. Университет им. И. Джавахишвили; e-mail: tengizgordeziani@gmail.com.

² Грузинский Технический Университет; e-mail: laoshvili@yahoo.com.

³ Тбилисский Гос. Университет им. И. Джавахишвили; e-mail: tsetsilia.donadze@tsu.ge.

⁴ Тбилисский Гос. Университет им. И. Джавахишвили; e-mail: manana.sharashenidze@yahoo.com.

⁵ Сухумский Гос. Университет; e-mail: rezo_06@mail.ru.

число храмов, число церквей, датировка религиозных памятников, физическое состояние религиозных памятников, их инфраструктура, церкви и храмы, находящиеся в процессе строительства или восстановления, населённые пункты вблизи религиозных памятников, абсолютная высота и т.п.

Ключевые слова. Геоинформационная система, епархия, электронный атлас.

Введение. Среды направления тематической картографии одним из перспективных является историческая картография [1]. В настоящее время в этом направлении сделаны значительные практические и теоретические шаги. В частности, в 1997 году был издан широкоформатный атлас основателя Грузинской научной картографии – Вахушти Богратиони [2], который был посвящён 300-летию юбилею выдающегося ученого. В 1997 году был издан Атлас истории Грузии, в котором размещена группа карт религиозного содержания [3]. В 2012 году был напечатан «Комплексный Национальный Атлас Грузии», подготовленный к изданию институтом географии им. Вахушти Богратиони [5]. В 2013 году топографическим отделом Министерства Обороны Грузии был подготовлен к изданию и напечатан широкоформатный «Атлас Офицера», в котором был размещён ряд карт исторического содержания [4]. В течение последних 10 лет группа грузинских ученых-картографов работает над составлением геоинформационного «Атласа епархий Грузии». До настоящего времени было составлено несколько десятков карт и создана соответствующая база данных. Продолжаются работы над составлением остальных карт и других картографических изображений, которые будут размещены в атласе.

До настоящего времени Грузия, как ворота восточноевропейского православного мира, не имела единого, систематизированного картографического документа, отображающего епархии, находящиеся как на территории страны, так и за её пределами, позволяющего осуществлять централизованное управление всеми епархиями Патриархии всей Грузии. Представленная работа является опытом создания такого картографического документа. С принятия христианства в Грузии ареал его распространения существенно менялся со временем. Уже ставшие христианскими регионы из-за политических катаклизмов передавались из рук в руки, соответственно территории, населённые православными, часто трансформировались. Всё это отражалось на территориально-епархиальном делении Грузии.

Материалы и методы исследований. В процессе атласного картографирования епархий Грузии в качестве первоисточников были использованы: календари Кавказа, изданные в разные годы, исторический атлас Грузии, материалы охраны памятников Грузии, данные святого Синода Грузинской церкви, и др. Среды первоисточников одно из ведущих мест занимают средние и крупномасштабные (1:500 000, 1:200 000, 1:100 000) топографические карты военного назначения, так, как на этих картах как правило с высокой точностью отображены местонахождения физически существующих, действующих и разрушенных церквей. С помощью этих карт стало возможным установление границ каждой епархии и определение их площадей и проектирование религиозных памятников на картах. Всё это было положено в основу составления электронных версий карт. Картографирование осуществлялось с помощью программного продукта *ArcMap*. В качестве методологии были использованы картографические формы: сравнения, анализа, синтеза, абстрагирования, обобщения и моделирования, основы которого были разработаны Грузинской научно-картографической школы.

Результаты исследований и их обсуждение. Основным результатом данной работы является «Атлас епархий Православной церкви Грузии», который содержит текстовую часть и 43 цветных карт. К картографическому произведению прилагается база данных, содержащая следующую информацию: площадь отдельной епархии, границы, количество храмов, количество церквей, периоды действия религиозных памятников, физическое состояние каждого памятника, населённые пункты, прилегающие к каждому религиозному памятнику,

абсолютная высота местонахождения памятника, тип рельефа, род ландшафта в окрестностях каждого памятника.

В атласе представлена карта епископальных епархий Грузии по Вахушти в границах того исторического периода. Карта отображает грузинские епископии в следующие исторические периоды: 1) V–VI вв., 2) IX–XIV вв., 3) XV–XVIII вв. На карте отображены следующие памятники: монастыри, церкви, крепости, Византийские (неизвестные для того периода) епископии, Армянские монастыри, города. На карте в конечном итоге отображены все 17 епископий. Цветовым фоном карта отображает земли Мцхетской патриархии. Атлас содержит карту, которая даёт информацию о Грузинском экзархате Русской православной церкви в тогдашних границах. Карта показывает следующие епархии Грузинского экзархата: Сухумский, Гурия-Менгрельский, Имеретинский, Карталинский. Карта отображает границу Грузинского экзархата, а также внутренние границы между епархиями. Специфическими условными обозначениями показаны центры епархий. Карта отображает также тогдашние образовательные учреждения религиозного профиля. На карте отображены современные государственные границы между государствами Кавказа. Отдельным условным обозначением на карте отображены монастыри (всего 20 монастырей). Одним из центральных картографических произведений, размещённых в атласе, является карта православной церкви вся Грузии. Эта карта содержит следующую информацию: 36 епархий, кафедра и резиденция Католикоса-Патриарха вся Грузии, центр епархии – кафедра, резиденция (рис. 1). Атлас содержит в себе текстовую часть, в котором представлена детальная характеристика каждой епархии по следующим характеристикам: географическое местоположение, дата образования, количество религиозных памятников в территориальных пределах епархии, период проводимых религиозных ритуалов, форма принадлежности к кафедре.

В атласе епархий Грузии представлена серия крупномасштабных карт, на которых детально отображена территория конкретной епархии и все существующие там религиозные памятники.

Выводы. Электронный атлас епархий Грузии представляет собой геоинформационную систему, содержащую: общегеографическую карту, политико-административную карту, историко-географическую карту, карту епархий по Вахушти Богратиони, синтетическую карту епархий вся Грузии и серии карт каждой епархии по отдельности. ГИС содержит в себе банк данных, содержащий: социально-общественные, историко-религиозные и естественно-природные характеристики и параметры:

1. Социально-общественные характеристики и параметры: площадь каждой епархии; административные единицы входящие в составе данной епархии; виды коммуникаций, соединяющих населённые пункты и историко-религиозные памятники каждой епархии; численность населения епархии; плотность населения епархии.

2. Историко-религиозные характеристики и параметры: тип памятника (храм, церковь, крепость); состояние памятника; расстояние до административного центра; исторический период образования епархии; характер коммуникаций, соединяющих историко-религиозные памятники на территории каждой епархии; резиденция епархии; дата образования конкретного памятника; основные религиозные ритуалы проходящие в памятнике.

3. Естественно-природные характеристики и параметры: Абсолютная высота местонахождения памятника; тип рельефа; род ландшафта; растительный покров; тип климата; степень антропогенного воздействия на ландшафт.

Картографо-геоинформационный продукт имеет определённое теоретическое (научное) и практическую ценность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Асланикашвили А.Ф.* Картография вопросы общей теории, изд-во «Месниереба», Тб., 1968 (на груз. языке).

2. Атлас Вахушти Богратиони, Тб., 1997.
 3. Атлас истории Грузии, Тб., 1997.
 4. Атлас Офицера, Тб., 2013.
 5. Национальный атлас Грузии, Тб., 2012.
-

T.P. Gordeziani¹, Z.D. Laoshvili², T.I. Donadze³, M.D. Sharashenidze⁴, R. Sh. Tolordava⁵

GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM OF THE DIOCESE OF GEORGIA

Abstract: *GIS of Georgian eparchies is cartographic – GIS product which includes systematized information about Georgian boundary changes in 1920-2002, which is presented with dynamic items on the map. Conditions of Georgian episcopal eparchies in XVIII century by Vakhush-ti. Georgian exarchate in Russian orthodox church. Map of Whole Georgian orthodox church. Map of Georgian apostolic orthodox church eparchies. The system contains maps of individual eparchies and the database, which is loaded with following information: The area of eparchies, boundaries, number of temples, number of churches, validity periods of religious monuments, physical condition of religious monuments, access communications, present conditions of churches under construction, residential areas surrounding the religious monuments. Absolute height.*

Key words: *Geographic information system, Eparkhiya, Elektronny atlas.*

REFERENCES

1. *Aslanikashvili A.F.* Kartografiya voprosy obshchej teorii [Cartography questions of the general theory], izd-vo «Mesniereba», Tb., 1968.
 2. Атлас Вахушти Богратиони, Тб., 1997.
 3. Атлас истории Грузии [Atlas of the history of Georgia], Тб., 1997.
 4. Атлас Офицера [Officer Atlas], Тб., 2013.
 5. Nacional'nyj atlas Gruzii [The National Atlas of Georgia], Тб., 2012.
-

¹ Tbilisi State University of I. Dzhavakhishvili; e-mail: tengizgordeziani@gmail.com.

² Georgien Texnikal University; e-mail: laoshvili@yahoo.com.

³ Tbilisi State University of I. Dzhavakhishvili; e-mail: tsetsiliadonadze@tsu.ge.

⁴ Tbilisi State University of I. Dzhavakhishvili; e-mail: manana.sharashenidze@yahoo.com.

⁵ Sukhumi Stase University; e-mail: rezo_06@mail.ru.

СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ И КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ, ЭКОНОМИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНЫХ АСПЕКТОВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ

<i>Варшанина Т.П.</i> Общенаучные предпосылки и перспективы прогнозирования геопространственных процессов в интересах устойчивого развития территорий	3
<i>Яблоков В.М., Тикунов В.С.</i> Атласные информационные системы для устойчивого развития территорий	13
<i>Паниди Е.А.</i> О внедрении концепции туманных вычислений в составе инфраструктур пространственных данных	34
<i>Махмудов Р.К., Гальфингер О.А.</i> Геоинформационный анализ социально-демографического развития стран Центральной Азии	42
<i>Носонов А.М., Теслёнок С.А.</i> Использование геоинформационных технологий при исследовании третичного сектора экономики (на примере уровня социальной комфортности проживания населения региона)	49
<i>Rabón-Caicedo J.D., Alarcón-Hincapié J.C.</i> El efecto del cambio climático sobre las zonas áridas y semiáridas de Colombia	56
<i>Медведков А.А.</i> «Кормящие ландшафты» и традиционная культура аборигенных народов Сибири в условиях изменения климата	62
<i>Medvedkov A.A.</i> Transformation of «feeding landscapes» and traditional culture of indigenous Siberian populations (on the example of Kets) under globalization and climate change	70
<i>Lappalainen H.K., Petäjä T., Kerminen V.-M., Makkonen R., Malkamäki A., Alekseychik P., Zaitseva N., Kujansuu J., Ruuskanen T., Lauri A., Kyrö E., Mazon S., Scherbinin A., Konstantinov P., Kaukolehto M., Chubarova N., Laurila T., Asmi E., Juhola S., Bäck, Vesala T., Hari P., Arshinov M., Mahura A., Arnold S., Spracklen D., Ding A., Fu C., Hansson H.-C., Melnikov V., Matvienko G., Baklanov A., Viisanen Y., Kasimov N., Guo H., Bondur V., Zilitinkevich S., Kulmala M.</i> Pan-Eurasian experiment (PEEX) program – towards arctic-boreal system understanding	75
<i>Новикова А.М., Полонский А.Б., Новиков А.А.</i> Сравнение возможностей интерполяционных модулей QGIS для морских климатических исследований при работе с массивом данных малой обеспеченности	76
<i>Грищенко М.Ю., Чернулич К.К.</i> Сопоставление наземных и космических температурных данных на примере территории острова Врангеля	88

<i>Китов А.Д., Плюснин В.М.</i> Инвентаризация нивально-гляциальных образований хребта Кодар (база данных)	94
<i>Бешенцев А.Н.</i> Инфраструктура пространственных данных Байкальского региона: размещение и картографирование	105
<i>Кадочников А.А., Якубайлик О.Э.</i> Программно-технологическое обеспечение геоинформационной системы бассейна р. Енисей	111
<i>Коршенко А.Н., Аляутдинов А.Р., Ушакова Л.А.</i> Моделирование и пространственный анализ гидрохимического состояния вод Невской губы	120
<i>Рыбкина И.Д., Курепина Н.Ю., Стояцева Н.В., Губарев М.С.</i> Геоинформационно-картографическое моделирование водообеспеченности в целях водохозяйственной безопасности и устойчивого развития территорий	127
<i>Михайлович А.П., Фомин В.В., Шиятов С.Г.</i> Анализ динамики высокогорной древесной растительности по данным фотомониторинга с использованием ГИС	135
<i>Плотникова А.С., Ершов Д.В., Шуляк П.П.</i> Метод оценки вероятности возникновения лесных пожаров на основе закона Пуассона	142
<i>Глаголев В.А., Коган Р.М.</i> Геоинформационная система прогноза возникновения и распространения весеннее-осенних пожаров травы	148
<i>Плисенко О.А.</i> Применение экспертных систем в ГИС для пространственного анализа рельефа	157
<i>Zhirov A.I., Boltramovich S.F., Kalygin M.N.</i> Geomorphological risks assessment based on system-morphological approach	168
<i>Воскресенский И.С., Сучилин А.А.</i> Опыт применения ГИС для регионального геоморфологического районирования при оценке воздействия на окружающую среду	173
<i>Трофимец Л.Н., Паниди Е.А.</i> Методы геоморфометрии, дистанционного зондирования ГИС при изучении распределения радионуклида ⁴⁰ K в почве распахаваемых склонов, осложнённых ложбинной сетью	183
<i>Lacroix M.</i> The interest of Geographical Information, Artificial Intelligence and Virtual Reality for the underground network representation	189
<i>Грибок М.В.</i> Видеоинфографика для устойчивого развития (на примере проекта ВГТРК «Россия в цифрах»)	198
<i>Tikunov V., Chereshnia O.</i> Increasing reliability of indexing sustainable development using multivariate calculation and mapping	207

ТЕМАТИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС

<i>Лисицкий Д.В., Комиссарова Е.В., Колесников А.А., Шарыпова М.Н.</i> Анимационная картография – одно из перспективных направлений картографической науки и практики в современных условиях картографирования динамики процессов и явлений	213
<i>Дышлок С.С.</i> Адаптивная картография для современного информационного общества: от многоцелевого картографического ресурса к «умной» карте	220
<i>Абдуллин Р.К.</i> Картографические веб-сервисы для изучения опасных природных явлений	226
<i>Идрисов И.Р., Козин В.В., Маршинин А.В., Марьинских Д.М.</i> Полимасштабное ландшафтное картографирование территории Тюменской области как геоинформационная основа для организации ландшафтного планирования, рационального природопользования и регионального устойчивого развития	233
<i>Володченко А.С.</i> Об устойчивом развитии картографии	245
<i>Радченко Л.К.</i> К вопросу теоретического обоснования навигационной картографии	249
<i>Novakovskiy B.A., Rafikova Yu. Yu., Prasolova A.I., Kiseleva S.V.</i> Complex mapping of energy resources for allocation of solar and wind energy objects	252
<i>Nokelaynen T.S.</i> Mapping of the environmental impacts of railway transport in Russia	256
<i>Прохорова Е.А., Морозова А.В., Сёмин В.Н., Казарин Я.О.</i> Анализ и картографирование динамики численности населения полуострова Крым	261
<i>Ватлина Т.В., Евдокимов С.П.</i> Создание ландшафтной карты с помощью открытого программного обеспечения (на примере территории Национального парка «Смоленское Поозёрье»)	270
<i>Маркова О.И.</i> Карты импактных зон района Курской магнитной аномалии для Экологического Атласа России	276
<i>Кузнецова Т.И.</i> Картографирование геосистем бассейна озера Байкал в пределах территорий России и Монголии для решения задач устойчивого развития	297
<i>Тесленок С.А., Семина И.А., Тесленок К.С.</i> О необходимости выявления оптимальных методов и способов графической визуализации результатов социологических исследований	309
<i>Ивлиева Н.Г., Манухов В.Ф.</i> Картографические исследования особенностей размещения мордовского этноса на территории России по материалам переписей населения	321
<i>Мальшева Н.В., Золина Т.А.</i> Картографическое сопровождение оценки бюджета углерода лесных экосистем	334

<i>Яковенко Ю.Ю., Пошивайло Я.Г., Яковенко А.М.</i> Разработка методики зонирования территории бывшего Семипалатинского ядерного испытательного полигона с применением геоинформационного картографирования	340
<i>Грищенко М.Ю., Гнеденко А.Е., Бочарников М.В.</i> Составление крупномасштабной карты растительности центральной части Тигирецкого хребта (Алтайский край)	350
<i>Avdyushkina Ye.I., Bolbukh T.V., Kocheeva N.A., Juravleva O.V., Yurkova N.A.</i> Mineralisation of river waters in Gorny Altai and its spatial and seasonal variability	355
<i>Ивлиева Н.Г., Манухов В.Ф.</i> Об опыте картографирования маршрутов путешествий П.С. Палласа и И.И. Лепёхина по Среднему Поволжью с использованием ГИС-технологий	362
<i>Баймаганбетова Г.А., Голубева Е.И.</i> Космические снимки для картографирования и мониторинга зелёного каркаса г. Астаны	370
<i>Медведков А.А.</i> Картографирование криогенных ландшафтов на основе анализа тепловых снимков	380
<i>Глущенко И.В.</i> Моделирование миграционных процессов с помощью геоинформационных технологий	385
<i>Белозеров В.С., Черкасов А.А., Щитова Н.А.</i> Концепция создания ГИС в рамках проекта «Иностранцы мигранты в России...»	392
<i>Рязанцев С.В.</i> Русскоговорящие сообщества как фактор устойчивого развития России: статистико-географический подход к оценке	397
<i>Божилкина Е.А., Ильин А.А.</i> Разработка комплексной карты загрязнения атмосферы для ключевого участка Красноярского края	415
<i>Гордрузиани Т.П., Лаошвили З.Д., Донадзе Ц.И., Шарашенидзе М.Д., Толордава Р.Ш.</i> Геоинформационная система епархий Грузии	420

ИнтерКарто/ИнтерГИС 22

**ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ
В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА**

Материалы международной конференции
Веллингтон (Новая Зеландия), Мельбурн (Австралия), Протвино, Московская обл.

31 августа – 14 сентября 2016 г.

Редактор Е.О. Воеводина
Компьютерная верстка С.Ю. Кирьянов
Корректор Н.А. Гежа

Подписано в печать 01.11.2016. Формат 60/90 1/8.
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Объем 53,5 п.л. Тираж 500 экз. Заказ _____

Издательский дом
«НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА»
Телефон: 8 (495) 592-2998.
Адрес сайта: www.sciencelib.ru
E-mail: idnb11@yandex.ru, info@sciencelib.ru