

ЗИМИН МИХАИЛ ВИКТОРОВИЧ

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ
СРЕДООБРАЗУЮЩИХ ФУНКЦИЙ БОРЕАЛЬНЫХ ЛЕСОВ
ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ**

25.00.33 – картография

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

МОСКВА – 2009

Работа выполнена на кафедре картографии и геоинформатики географического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова

Научный руководитель:
кандидат географических наук,
доцент

С.В.Чистов

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор

С.А. Сладкопевцев

доктор биологических наук,
профессор

Е.И. Голубева

Ведущая организация:

Институт географии РАН

Защита состоится _____ г. в _____ часов на заседании диссертационного совета по геоморфологии и эволюционной географии, гляциологии и криологии Земли, картографии, геоинформатике (Д-501.001.61) в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова по адресу: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ, географический факультет, аудитория 2109.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке географического факультета МГУ на 21 этаже.

Автореферат разослан _____ г.

Отзывы на автореферат (в двух экземплярах, заверенные печатью) просим отправлять по адресу: 119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ, географический факультет, ученому секретарю Диссертационного совета Д-501.001.61. Факс: (495) 932-88-36. E-mail: science@geogr.msu.ru

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат географических наук

А.Л. Шныпарков

Актуальность исследования. На конференции ООН, проходившей в июне 1992 г. в Рио-де-Жанейро, была намечена программа по окружающей среде «Повестка дня на XXI век». В документах конференции основное внимание уделено необходимости перехода на путь устойчивого развития, предполагающего оптимальный баланс между решением социально-экономических проблем и сохранением окружающей природной среды с учетом интересов нынешнего и будущего поколений. «Повестка дня» отражает глобальный консенсус в принятии на самом высоком уровне политических обязательств в отношении сотрудничества по вопросам развития окружающей среды. Решающее значение для достижения данной цели имеют национальные стратегии, планы, политика и процессы в сочетании с международным сотрудничеством, дополняющем национальные усилия.

Одним из шагов к реализации «Повестки дня» выступает «Киотское соглашение», в рамках которого на территориях стран, ратифицировавших его, намечено осуществлять постоянный мониторинг выбросов парниковых газов. Параллельно этому необходимо проводить всестороннюю оценку депонирования углерода. Актуальность для РФ этих направлений исследований обеспечена прежде всего проблемой погашения собственных выбросов CO₂ и возможным процессом торговли квотами депонирования CO₂.

Неоднозначность в вопросе отнесения большей части лесных территорий России к категории управляемых лесов, в соответствии с определениями Киотского протокола, подталкивает Россию на переход к новому этапу управления лесными ресурсами. В связи с этим встают задачи оценки экологических функций природных комплексов, которые, прежде всего, связаны с депонированием углерода и продуцированием кислорода. Для России особая роль в этом процессе принадлежит бореальным лесам, играющим важное экологическое значение в качестве источника биоразнообразия и хранилища значительной части мирового запаса углерода.

В настоящее время стало очевидно, что всесторонняя, объективная оценка состояния лесов России и управление ими должны осуществляться на основе современных методов с

использованием средств дистанционного зондирования и геоинформационных технологий.

Цель и задачи исследования заключается в разработке методики картографирования экологических функций лесных ландшафтов европейской территории России.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Анализ и оценка состояния вопросов, связанных с экологическими функциями природных компонентов и опытом их картографирования.
2. Обоснование набора характеристик, определяющих экологические функции.
3. Разработка структуры географической информационной системы (ГИС) и подготовка цифровых картографических основ и баз данных.
4. Проведение экспериментов в среде ГИС с целью классификации ландшафтов по их экологическим функциям.
5. Разработка методики и создание карты оценки средообразующих функций ландшафтов.

Исходные данные. Работа проводилась на кафедре картографии и геоинформатики в рамках госбюджетной темы «Картографирование с использованием геоинформационных, аэрокосмических методов и телекоммуникации для эколого-географических исследований и образования». В работе использованы опубликованные карты и атласы, в том числе цифровые: «Ландшафтная карта СССР» (1988); «Леса СССР» (1990); «Карта лесов Российской Федерации» (Барталев, Ершов и др., 2004); «Заповедники, национальные парки и заказники федерального значения России» (2005); «Атлас малонарушенных лесных территорий России» (Аксенов и др., 2002); Цифровая общегеографическая карта VMap0 (2000) и др.

Использованы базы данных по индикационным видам растительности, структурированные и обобщенные автором в рамках сотрудничества с центром экологических проблем леса РАН в 1998-2001 гг. Для создания базы данных климатических факторов были использованы климатические справочники СССР. В работе использованы материалы полевых и стационарных исследований, проводившихся в

пределах изучаемой территории, в которых автор участвовал в период 1999- 2008 годов. Основные направления исследований – это комплексная оценка территорий, индикационное картографирование и картографирование биологического разнообразия.

Методика исследования. Методы визуального и автоматизированного дешифрирования космических снимков использованы (на эталонных участках в Смоленской, Тверской и Калужской областях, а также в республике Башкортостан) для уточнения материалов лесной таксации и создания карт биологического разнообразия и продуктивности лесов. Методы корреляционного и регрессионного анализа применялись для обработки статистической информации, создания баз геоданных и определения зависимостей между факторами. Основой исследовательской части диссертации является ГИС, которая подразумевает использование методов геоинформационного картографирования и математико-картографического моделирования. Для создания итоговых карт использованы методы классификации.

Научная новизна работы. Разработана методика мелкомасштабного картографирования экологических функций ландшафтов. Методика апробирована применительно к средообразующим функциям бореальных ландшафтов в границах ЕТР. Впервые составлена мелкомасштабная карта (масштаб 1:4 000 000) оценки средообразующих функций.

В работе проанализированы и обобщены данные об экологических функциях компонентов природной среды, определен набор факторов определяющих разнообразие экологических функций. Обоснован набор характеристик, определяющих экологические функции таежных ландшафтов в пределах ЕТР. Разработана ГИС, в содержание которой включены особенности факторов, определяющих экологические функции ландшафтов. Создана база данных, включающая характеристики почво-грунтовых условий и рельефа поверхности, особенностей растительного покрова, а также – климатических условий. Впервые получена закономерность сочетаний параметров продуктивности и депонирования углерода в границах рассматриваемых ландшафтов. Это позволило

реализовать математико-картографическое моделирование, результатом которого стала модель зависимости потенциальной продуктивности лесов ЕТР от системы факторов.

Практическая значимость исследования связана с возможностью использования его результатов для обоснования сети особо охраняемых природных территорий с учетом видового разнообразия, специфики биотопов, особенностей депонирования углерода в компонентах ландшафтов. Картографические результаты работы представляют инструмент для принятия решений при разработке проектов обоснований инвестиций в строительство объектов хозяйственной и иной деятельности. Инструментом для принятия такого решения является комплексная оценка сочетаний экологических функций, присущих различным ландшафтам. Разработанная методика геоинформационного картографирования может быть использована для решения задач рационального природопользования и управления территориями. Определение и картографирование экологических функций бореальных ландшафтов позволит отнести леса России к категории управляемых, что в рамках Киотского протокола позволит участвовать в торговле квот депонирования углерода.

Апробация работы. Работа выполнена на основе личных исследований автора с 1999 по 2008 гг. в том числе - полевых, и материалов собранных в результате сотрудничества с ЦЭПЛ РАН. Основные положения и результаты диссертации докладывались на: Международных конференциях студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «Ломоносов-99» (Москва, 1999), Международной конференции «Продуктивность и динамика экосистем северной Евразии» (Новосибирск, 2000), Международной конференции, ВНИИ океанологии, (Санкт Петербург, 2003), Международных конференциях «Земля из космоса - наиболее эффективные решения» (Москва, 2003; Москва, 2005; Москва, 2007), Международной конференции «Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении и лесном хозяйстве» (Москва, 2007), Межрегиональная научно-практическая конференция «Роль ООПТ в решении экологических проблем» (Йошкар-Ола, 2008), Международная

конференция «Мониторинг и оценка состояния растительного мира» (Минск, Беларусь, 2008).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 11 работ общим объемом 2.3 печатных листа, из них - 3 в изданиях, рекомендованных ВАК.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, 4-ех глав и заключения, содержит 149 страниц, 6 таблиц, 22 рисунка в виде схем и карт, а также 15 приложений к диссертации.

Автор выражает благодарность научному руководителю к.г.н С.В. Чистову за руководство и консультации на всех этапах работы над диссертацией, сотрудникам кафедры картографии и геоинформатики: к.г.н. Н.А.. Алексеенко, к.г.н. Божилиной и к.г.н. Т.Г. Сватковой за критическое рассмотрение данной работы.

Глава 1. Исследование и картографирование экологических функций ландшафтов.

Стремительное развитие экологических исследований в последние пятьдесят лет имеет под собой глубокую историю. Первые экологические концепции, касающиеся взаимоотношений человека с природной средой и компонентов среды между собой, появились гораздо раньше введения Э. Геккелем (1866) термина «экология». Научно-технические достижения привнесли два негативных, взаимосвязанных аспекта - производственно-ресурсный, выражающийся в истощении природно-ресурсной базы общественного производства и экологический - ухудшению среды обитания людей.

На стыке географии и экологии уже сформированы новые научные дисциплины, но так или иначе в этих научных направлениях до сих пор окончательно не определены их цели, задачи и содержание. Прежде всего, здесь надо упомянуть геоэкологию, определение которой различными авторами (Ф. Н. Мильков, Г.Н. Голубев, С. Б. Лавров, А.Г. Исаченко) трактуется по-разному. Причем путаница и неоднозначность характерна не только для определений и терминов в одном научном направлении, но и на уровне несогласованности внутри науки в целом. Ярким примером этого может служить термин «геоэкологическое картографирование», который используется как геологами, так и географами, и для каждого

из научных направлений несет свой собственный смысл (Трофимов, 2003; Комплексное экологическое картографирование, 1997; Стурман, 2003).

Экологические функции природной среды. Современные представления об экологических функциях чаще всего развиваются в пределах отдельных направлений наук о Земле. Под экологическими функциями ландшафта понимается (от лат. function - исполнение, совершение) удовлетворение ландшафтом некоторых социально экономических потребностей общества (части общества, человека) в процессе взаимодействия общества и природы (Охрана ландшафтов, 1982). На сегодняшний день в той или иной степени выделяются исследования экологических функций литосферы, рельефа, почв, климата (атмосферы), растительного покрова и ландшафтов. На основе анализа исследований экологических функций отдельных компонентов географической среды и ландшафтов можно отметить ряд аспектов.

- В настоящий момент разработаны теоретические представления о своеобразии экологических функций различных компонентов географической среды и ландшафтов в целом. Наиболее важными с точки зрения человека являются средообразующие, ресурсовоспроизводящие и природоохранные функции (Чистов, 1993; Божилина, 1999, Экологические функции..., 2000; Функции почв ..., 2001; Эколого-геологические..., 2007)
- Наиболее хорошо разработаны представления об экологических функциях растительного покрова и почв; обоснована структура параметров и характеристик, определяющих экологические функции литогенной основы; разработаны методические рекомендации по исследованию экологических функций рельефа (Исаченко, 2003; Емельянова, Огуреева, 2006 и др.). Практически не развиты направления, связанные с экологическими функциями атмосферы, гидросферы и криосферы. На данном этапе развития науки нет комплексного представления о разнообразных функциях отдельных географических компонентов, образующих ландшафт. Исследование экологических функций ландшафтов в большинстве своем сводится к оценке особенностей продуктивности растительности.

- Картографированию экологических функций не уделяется должного внимания. Практически все исследования сводятся к перечислению (текстовые и табличные описания) тех или иных функций, выполняемых различными компонентами географической среды.
- Картографирование экологических функций природной среды направлено, прежде всего, на оценку функций растительного покрова. В настоящий момент опубликованы мелкомасштабные карты такого содержания для России, отдельных районов северо-западного региона и зоны БАМ (Лавренко 1977; Волкова, Храмцов, 2001; Карта главных... 1984). Для крупномасштабного картографирования имеются лишь предложения о выделении высокого, среднего и слабого средозащитного эффекта покрытых лесом земель (Экологическое картографирование Сибири, 1996).

Из проведенного анализа следует, что переход от описательных характеристик к созданию карт экологических функций выведет данное направление исследований на качественно новый уровень развития. Поэтому разработка методики картографирования экологических функций видится перспективным направлением тематического картографирования для решения задач устойчивого развития. Ввиду многообразия экологических функций природных компонентов и неразвитости теоретических представлений о некоторых из них, было принято решение по отработке методики картографирования на примере экологических функций растительности.

Глава 2. Особенности разработки структуры и содержания ГИС для картографирования экологических функций. Все многообразие природных условий, в которых развиты таежные ландшафты европейской России представлено двумя группами факторов, имеющими наибольшее значение с точки зрения исследования экологических функций ландшафтов – это эдафические и климатические факторы. Климатические и эдафические факторы определяют потенциальные возможности ландшафтов реализовывать различные экологические функции.

Необходимо учитывать также и показатели, имеющие прямое отношение к средовоспроизводящим функциям. Здесь, прежде всего, следует говорить о

характеристиках глобального круговорота кислорода и углерода – показателях биологической продуктивности и биологического разнообразия. Разнородность параметров и характеристик, необходимых для исследования экологических функций, предполагает использование средств агрегирования всей совокупности информации. Наиболее правильным подходом, с точки зрения мелкомасштабного комплексного картографирования природных условий, является картографирование на ландшафтной основе. В итоге одна из задач исследования заключалась в создании ГИС, в которой операционной единицей исследования и картографирования выступают ландшафты ЕТР с базой геопривязанных данных, определяющих экологические функции компонентов природной среды.

На основе анализа изученности экологических функций и факторов, влияющих на их распространение, а также в связи с описанными ранее источниками информации, были сформированы пять исследовательских блоков ГИС (рис. 1):

1. Экологические функции природных компонентов;
2. Биологическая продуктивность бореальных ландшафтов;
3. Индикационные виды растительного покрова;
4. Климатические факторы;
5. Эдафические факторы.

В рамках данных исследований, по мнению автора, именно эти группы факторов позволяют выделить важнейшие экологические функции ландшафтов. Использование климатических и эдафических факторов позволяет выделить как реальные граничные условия различных экологических функций, так и определить потенциальные возможности ландшафтов с точки зрения биологической продуктивности и депонирования углерода. База данных о биологической продуктивности таежных территорий, наряду с использованием индикационных видов растительного покрова, позволяет наиболее точно определять высокопродуктивные ландшафты и тем самым выделять особо важные экологические функции (ресурсовоспроизводящую и средообразующую).



Рис. 1. Структура ГИС. Схема получения информации по экологическим функциям.

Исследовательский блок экологических функций природных компонентов включает в себя базу данных характеристик и параметров, влияющих на формирование тех или иных экологических функций, и служит основой проводимых исследований. ГИС спроектирована как открытая, то есть предполагается открытый доступ ко всей информации, имеющейся внутри ГИС, а также унифицированная с другими ГИС.

Структуру ГИС можно представить в виде трех глобальных блоков: ввода информации; пространственного анализа и моделирования; вывода результатов исследования.

Блок ввода информации. В зависимости от типа источника информации данные проходят различные стадии подготовки. Литературные описания, гербарные данные и мониторинговая информация привязываются к тем или иным географическим объектам и классифицируются по тематическим блокам ГИС. Бумажные карты проходят цепочку, связанную с их переводом в цифровую форму. Цифровые карты при вводе в систему

проходят обязательный этап корректировки их географической привязки, это связано с разностью в требованиях при создании тех или иных цифровых картографических материалов. Кроме вышеописанных источников информации стоит выделить литературные источники, связанные с методиками моделирования различных процессов и явлений. Такого рода информация также вводится в структуру ГИС в виде математических моделей и их последовательностей на основе внутреннего языка программирования.

После приведения всей имеющейся информации к единой географической основе все информационные источники проходят этап согласования контурных и содержательных характеристик. Эти работы выполняются на основе пространственных запросов к различным источникам информации относительно контуров и содержания ландшафтной карты. Итогом всех проведенных манипуляций становятся три группы данных: векторные модели пространственных объектов (точки, линии полигоны), растровые модели пространственных объектов, математические модели.

Блок пространственного анализа и моделирования. На основе растровых и векторных данных, полученных из блока ввода информации, а также на основе использования математических моделей и функций ГИС реализован пространственный анализ изучаемой территории. Совместное использование растровых и векторных данных подразумевает наличие функции преобразования из одного типа данных в другой.

Для анализа растровых данных используются функции алгебры карты (Геоинформационное ..., 2008), реализуемые на пиксельном уровне, уровне размерности скользящего окна, на классах зональной статистики, а также по всему растровому слою в целом. Для анализа векторных данных используются стандартные функции языка запросов, который работает с атрибутивными данными векторного слоя, а также функции пространственного анализа, основанные на геометрических отношениях векторных примитивов (точки, линии, полигоны).

Совместное использование растровых и векторных данных осуществляется на основе использования функций зональной статистики. Результаты пространственного

анализа и моделирования в настоящей работе сохранялись в виде баз данных, профилей, серий диаграмм и карт. Стоит отметить, что первичные материалы, полученные в результате моделирования и пространственного анализа, не являются конечными и могут также вовлекаться в систему анализа для проведения более глубоких исследований. Главными ограничивающими факторами в системе анализа являются: неразвитые теоретические представления об изучаемом объекте или явлении, недостаточность и недостоверность источников информации.

Блок вывода информации несет на себе ряд функций, связанных с подготовкой полученных результатов для оформления их в виде электронных вариантов и (или) твердых копий. В этом блоке происходит вся картографо-оформительская работа: разработка компоновок, работа с цветом, нанесение надписей, создание и редактирование дополнительного содержания карты и др.

Глава 3. Геоинформационное картографирование факторов, определяющих средообразующие функции. Основой для создания серии карт климатических факторов послужили материалы климатических справочников. Для построения и работы с серией карт климатических факторов в структуре ГИС сформирован отдельный исследовательский блок. Моделирование климатических параметров происходило на основе методов интерполяции. Кроме составления карт отдельных климатических показателей была составлена группа расчетных карт (гидротермический коэффициент, коэффициент сухости и т.д.). Для серии карт была разработана географическая основа и система условных обозначений. На основе анализа серии климатических карт получены граничные условия таежных ландшафтов, причем как всей таежной зоны в целом, так и отдельных зональных типов и групп ландшафтов. Серия включает в себя 18 карт.

Основой для создания *серии карт эдафических факторов* послужила Ландшафтная карта СССР, масштаба 1:4000000 (под ред. А.Г. Исаченко, 1988 г.). Для построения и работы с серией карт эдафических факторов в структуре ГИС сформирован отдельный исследовательский блок. Он включает в себя, прежде всего, цифровой аналог геопривязанной ландшафтной карты, для каждого выдела которой в базе данных

содержатся сведения о механическом составе грунтов, абсолютных высотах над уровнем моря типах и группах ландшафтах и информацию об их экологических функциях и прочее. В результате весь набор отдельно взятых выделов ландшафтной карты использован далее в качестве единицы картографирования.

Основой для создания цифровых карт биологической продуктивности послужила серия карт (Базилевич, 1993), представляющая реальное распределение характеристик биологической продуктивности. Для проведения анализа потенциальных возможностей биологической продуктивности кроме этих карт были использованы различные климатические параметры. Основой анализа выступало математическое моделирование. В некоторых случаях для уточнения границ растительных комплексов использовались космические снимки низкого пространственного разрешения. Контурная часть карт биологической продуктивности согласовывалась с границами ландшафтов, взятых с ландшафтной карты СССР (1988). Согласование проходило как на контурном, так и на содержательном уровне. Методика согласования карт основывалась на формировании пространственных запросов к этим картам, основанным на пересечении единиц картографирования обеих карт. В результате проведенных работ база данных эдафических факторов, собранная в пределах ландшафтных выделов, была дополнена характеристиками фактической биологической продуктивности.

На основе концепции о зависимости параметров биологической продуктивности от количества тепла и осадков, рассмотренной Уиттекером (1980), автором была создана серия карт потенциальной биологической продуктивности. В основу этой концепции легли исследования Уиттекера, в результате которых с помощью регрессионного анализа были предложены формулы пересчета параметров влажности и температуры воздуха в биологическую продуктивность. По мнению автора, ввиду описанных Уиттекером недостатков этих моделей, следует использовать комплексное представление зависимости первичной продуктивности от характеристики тепло- и влагообеспеченности. В результате предложенной автором концепции была создана карта, отражающая отношение интегральной характеристики тепло- и влагообеспеченности, рассчитанной как

средневзвешенное значение показателей среднегодового количества осадков и среднегодовой температуры. Дальнейшие работы, проведенные в исследовательском блоке биологической продуктивности показали, что (даже на уровне визуальной оценки) карта потенциальной биологической продуктивности имеет много общего с фактическими картами биологической продуктивности. Анализ серии карт потенциальной и фактической продуктивности позволил выделить ландшафты с характерными различиями в структуре биологической продуктивности и депонирования углерода, а также зависимость этих показателей друг от друга в связи с природными условиями. В дальнейшем, классификация ландшафтов по параметрам продуктивности и депонирования углерода легла в основу карты средообразующих функций растительности.

Непременным условием экологических исследований является определение взаимосвязей между живыми организмами и условиями среды. При этом изучение растительного покрова традиционно занимает одно из главных мест в синэкологических исследованиях (Уфимцева, 2005). Растительность, с одной стороны, представляет каркас наземных экосистем и выполняет ряд экологических функций, в том числе и самую главную - средообразующую функцию, а с другой – обладает рядом преимуществ, которые позволяют использовать ее в качестве индикатора определенных условий среды, включая оценку последствий антропогенного воздействия. Использование индикационных видов растений и растительных ассоциаций в картографировании экологических функций ландшафтов, по мнению автора, поможет провести работы по проверке полученных результатов с точки зрения качественной и количественной оценки продуктивности растительных систем и классификации экологических функций ландшафтов. Для этих целей выбраны индикационные виды растений и их растительные сообщества, индицирующие высокопродуктивные процессы, происходящие в ландшафте.

Основным индикаторным видом в данной работе является *Oxalis acetosella* L., кислица обыкновенная и ее растительные ассоциации, кроме этого вида используется ряд вспомогательных:

- (*Galium odoratum* (L.), подморенник душистый;
- *Scor.*, *Viola mirabilis* L., фиалка удивительная;
- *Asarum europaeum* L., копытень европейский;
- *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newman, голокучник обыкновенный.

Всего было найдено около 5000 упоминаний о нахождении индикационных видов на территории РФ, источниками информации служили данные полевых исследований, гербариев и сведения из отечественной литературы.

Картографический анализ встречаемости индикационных видов растительного покрова позволил выделить типы и группы ландшафтов, для которых свойственны высокопродукционные процессы. Анализ встречаемости проводился на основе статистических методов и методов пространственных запросов реализуемых в ГИС. Полученная информация была использована в дальнейшем в качестве заверочных данных при выделении ландшафтов с показателями высокой биологической продуктивности.

Глава 4. Карта оценки средообразующих функций растительности. Основой для выделения граничных условий между ландшафтами с различными средообразующими функциями послужил исследовательский блок. Собранные в нем информация по характеристикам биологической продуктивности непосредственно связана с функциями продуцирования кислорода и депонирования углерода.

В соответствии с классификацией показателей биологической продуктивности, разработанной Н.И.Базилевич (1990), была проведена классификация ландшафтов по параметрам продуктивности и мортмассы. Данная классификация наглядно отображает дифференциацию указанных показателей в пределах изучаемой территории. Параметр продуктивности имеет 7 градаций, параметр мортмассы также имеет 7 градаций. При этом параметр мортмассы имеет разрыв в градациях, связанный с отсутствием класса 150 – 300 т/га, характерного для болотных комплексов Западной Сибири (табл. 1.).

Полученные компьютерные карты были использованы для создания классификации типов средообразующих функций растительности. Это было сделано на основе пространственного совмещения показателей продуктивности и запасов мортмассы (табл.

1.).

Таблица 1.

Выделение типов средообразующих функции растительности

ПРОДУКТИВНОСТЬ (тонн/га в год)								
МОРТМАССА (тонн/га)		1-2.5	2.5-4	4-6	6-8	8-11	11-16	16-30
	5-12.5				9			
	12.5-25				10		15	18
	25-50	1	2	7	11	13	16	
	50-150		3	8	12	14	17	19
	300-400		4					
	400-500		5					
	500-1500		6					

В результате пространственного анализа сочетаний параметров продуктивности и мортмассы было получено 19 типов средообразующих функций растительности, которые далее стали единицей картографирования и последующего анализа (рис. 2, рис. 3.). Типы средообразующих функций отображены на карте способом качественного фона. Для удобства чтения карты исходные 19 типов были поделены на три логические части, выражающиеся в разных цветовых градациях (в табл. 1. они показаны разным цветом). Основой для выделения этих частей стал показатель средообразующего потенциала растительности, который позволяет зонировать изучаемую территорию на три класса средообразующего потенциала: низкий, средний и высокий. В пределах каждого класса соотношение продукции к мортмассе показано гаммой от светлых тонов к более насыщенным (табл. 1.).

Классификация исходных показателей продуктивности и мортмассы позволила выделить группы ландшафтов по параметрам депонирования углерода и средообразующей способности растительности. Их выделение основывалось на группировке показателей продуктивности и мортмассы согласно собранных статистических показателей по характеристикам биологической продуктивности.

Содержание показателя депонирования углерода выражается в четырех классах: малое, среднее, большое и значительное. (рис. 2.) На карте показатель отображен

способом качественного фона в виде градации цветов от розового до малинового по направлению к увеличению значений картографируемого показателя.

Средообразующие функции растительности

СРЕДООБРАЗУЮЩИЙ ПОТЕНЦИАЛ	СРЕДООБРАЗУЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ	ПРОДУКТИВНОСТЬ тонн/га в год	ТИПЫ СРЕДООБРАЗУЮЩИХ ФУНКЦИЙ	МОРТМАССА тонн/га	ДЕПОНИРОВАНИЕ УГЛЕРОДА
Низкий	Низкая	1 - 2.5	1	25 - 50	Среднее
		2.5 - 4	2	50 - 150	Большое
			3		
			4		
			5		
			6	400 - 500	Значительное
			7	500 - 1000	
		4 - 6	8	25 - 50	Среднее
Средний	Небольшая	6 - 8	9	5 - 12.5	Малое
			10	12.5 - 25	
			11	25 - 50	Среднее
			12	50 - 150	Большое
		8 - 11	13	25 - 50	Среднее
			14	50 - 150	Большое
Высокий	Средняя	11 - 16	15	5 - 25	Малое
			16	25 - 50	Среднее
			17	50 - 150	Большое
	Высокая	16 - 30	18	5 - 25	Малое
			19	50 - 150	Большое

 Особо охраняемые природные территории  Малонарушенные леса

Рис. 2. Условные обозначения к карте средообразующих функций растительности.

Содержание показателя средообразующей способности выражается в четырех классах: низкая, небольшая, средняя и высокая. На карте показатель отображен способом качественного фона в виде градации цветов от кремового до болотного по направлению к увеличению значений картографируемого показателя (рис. 2.).

Классификация средообразующих типов растительности позволила выделить три класса средообразующего потенциала растительности (табл. 1. – выделены цветом, рис. 2.). Основанием для выделения этих интегральных показателей стало отношение показателей продуктивности и мортмассы. Их выделение также происходило на основе статистических показателей по характеристикам биологической продуктивности. Содержание показателя средообразующего потенциала выражается в трех классах:

низкий, средний и высокий. На карте показатель отображен способом качественного фона в виде градации цветов от серого до зеленого по направлению к увеличению значений картографируемого показателя.

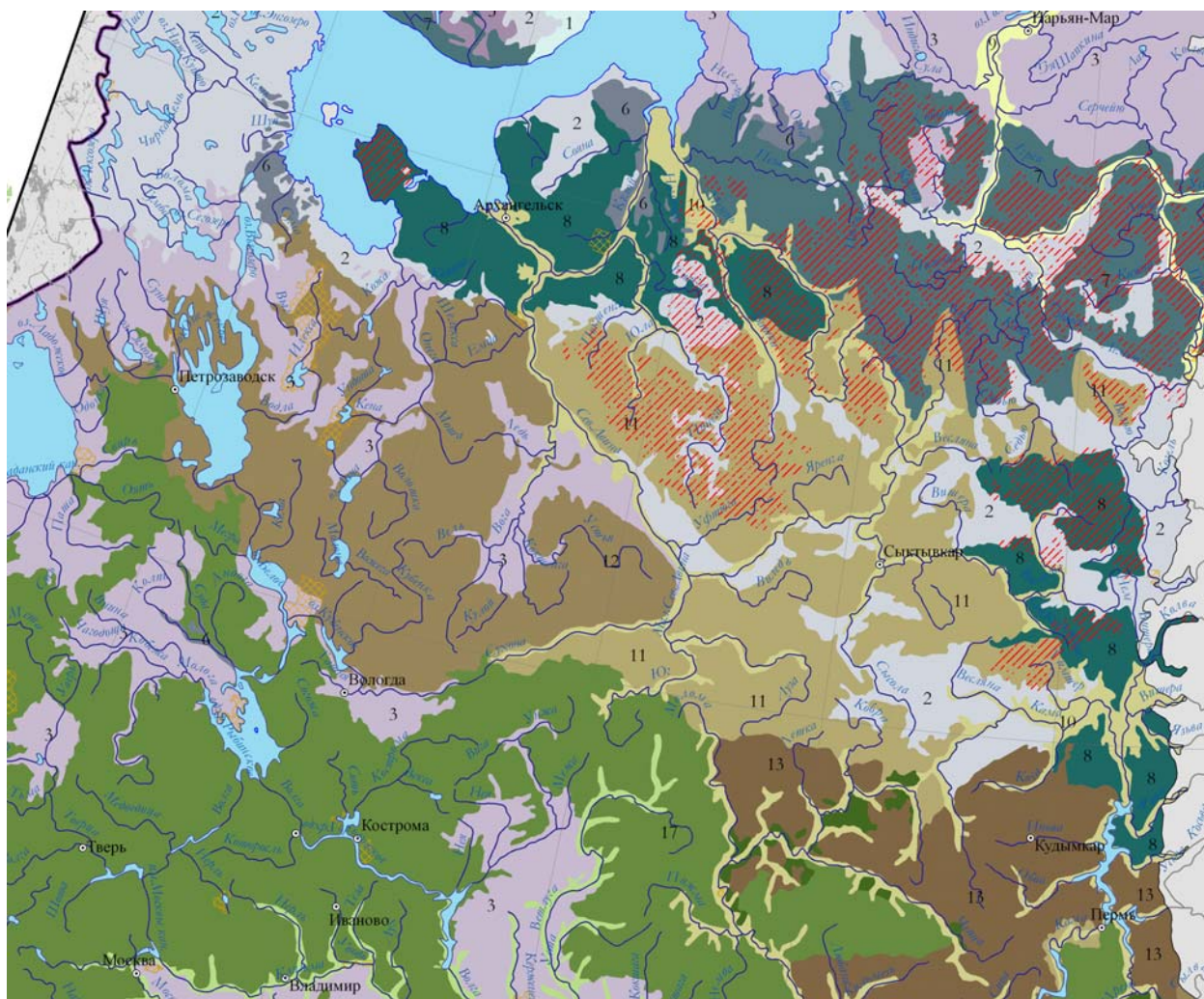


Рис. 3. Фрагмент карты «Средообразующие функции растительности».

Таким образом, получена серия карт, позволяющая оценить средообразующие функции растительности. Единство содержания всех этих карт выражается в системе условных обозначений (рис. 2.). Серия карт, полученная в результате апробации методики картографирования экологических функций, объединена общей направленностью, а именно картографированием средообразующих функции растительности.

Совместное отображение серии карт под общим заголовком подразумевает единство тематического содержания карт. Ввиду этого была разработана система условных обозначений, включающая в себя содержание всех карт отображенных на рис. 2. под общим названием «Оценка экологических функций ландшафтов». Основой

комбинированной системы условных обозначений стала типизация средообразующей функции растительности, как уже говорилось ранее созданная на основе сочетаний показателей мортмассы и продуктивности. В связи с этим было принято решение по разнесению, относительно типов функций, показателей связанных с продуктивностью и мортмассой. Таким образом, в условных обозначениях хорошо прослеживается взаимосвязь явлений имеющих прямые отношения:

- продуктивность и средообразующая способность;
- мортмасса и депонирование углерода.

При этом по мере удаления от осевой единицы условных обозначений (типы средообразующих функций растительности) происходит переход от числовых характеристик в оценочные, что также позволяет выделить необходимые взаимосвязи, как исходных показателей выделения типов функций, так и оценочных.

Показатель средообразующего потенциала растительности было решено поместить в самом начале условных обозначений как наиболее интегральный и имеющий большую зависимость от продуктивности нежели от мортмассы с одной стороны, так и его удаление от осевой единицы с точки зрения его оценочной значимости.

Включение в содержание карты границ особо охраняемых природных территорий и ареалов малонарушенных лесов обусловлено их разнообразными экологическими функциями, прежде всего это функции связанные с растительностью. Отображение этих показателей позволяет судить о наличии ООПТ в пределах каждого оценочного типа средообразующих функций растительности, что имеет очень важное значение с точки зрения сохранения биоразнообразия в виде рационального планирования новых ООПТ.

Собственно предлагаемая автором **методика мелкомасштабного картографирования экологических функций ландшафтов** заключается в выполнении систематизированной последовательности следующих исследовательских этапов:

- Выбор и теоретическое обоснование набора экологических функций ландшафтов предполагаемых к исследованию и картографированию;

- Обоснование набора показателей и единицы картографирования экологических функций ландшафтов;
- Сбор и формализация данных по исследовательским блокам соответствующих экологических функций. Разработка структуры и содержания исследовательской ГИС;
- Выявление географических особенностей и закономерностей распределения экологических функций ландшафтов на основе методов геоинформационного картографирования;
- Создание карт экологических функций ландшафтов;
- Анализ географических закономерностей полученной карты.

В основу анализа географических закономерностей изучаемой территории легла база данных типов средообразующих функций растительности. В виду этого анализ географических закономерностей представлен в виде последовательных описательных характеристик типов средообразующих функции по всем элементам исследовательских блоков ГИС. Анализ типов средообразующих функций растительности разбит на три части соответствующие классам средообразующего потенциала. Описательные характеристики типов включают в себя информацию по параметрам отображенным в условных обозначениях карты, а также по структуре исследовательских блоков ГИС (эдафические факторы, климатические факторы, биологическая продуктивность, структура ландшафтов и т.д.). Результаты проведенного географического анализа могут использоваться как самостоятельно, так и лечь в основу более глубокого анализа или создания представления о картографируемых явлениях на более мелких масштабных уровнях, например на уровне типов средообразующего потенциала.

Заключение. В результате проведенных исследований и экспериментальных работ была решена основная задача диссертации – разработана методика картографирования экологических функций таежных ландшафтов Европейской территории России. В итоге сформулированы основные положения диссертации, являющиеся предметом защиты.

- Разработана методика мелкомасштабного картографирования экологических функций ландшафтов. Методика апробирована применительно к средообразующим функциям

бореальных ландшафтов в границах ЕТР. Впервые составлена мелкомасштабная карта (масштаб 1:4 000 000) оценки средообразующих функций. В качестве результата апробации методики использовано понятие средообразующих функций ландшафтов, в работе показано, что основная доля средообразования приходится на растительный покров. Установлено что эти функции в растительном покрове фиксируются и исследуются по параметрам ежегодной продукции растительных ассоциаций и мортмассе.

- Обоснован набор характеристик, определяющих экологические функции различных компонентов географической среды. Среди них выделяются две группы характеристик – климатические и эдафические. Основными климатическими факторами являются тепло- и влагообеспеченность ландшафтов, которые фиксируются годовым распределением осадков, а также температуры воздуха в период активной вегетации растительного покрова. Основными эдафическими факторами, влияющими на дифференциацию растительности, являются характеристики, связанные с геологическим строением, рельефом и почвенным покровом.
- Разработана ГИС, в содержание которой включены особенности факторов, определяющих экологические функции ландшафтов. Создана база данных, послужившая основой для реализации картографического метода исследования и анализа разнообразных экологических функций.
- В работе проанализированы и обобщены данные об экологических функциях компонентов природной среды и опыте их картографирования. На сегодняшний момент разработаны теоретические представления об экологических функциях растительности, почв, литогенной основы и рельефа. Наиболее важными с точки зрения человека являются средообразующие, ресурсовоспроизводящие и природоохранные функции. Картографированию экологических функций не уделяется должного внимания.
- Математико-картографическое моделирование, статистический анализ и пространственные запросы в ГИС позволили получить пределы изменчивости количественных критериев, характеризующих экологические функции ландшафтов. В

результате создана серия производных карт факторов, определяющих граничные условия реализации экологических функций. Впервые получена закономерность сочетаний параметров продуктивности и депонирования углерода в границах рассматриваемых ландшафтов.

- Разработана концепция карты по сочетаниям этих двух составляющих элементов средообразования. Для всех ландшафтов выявлено сочетание продуктивности и мортмассы. По этим сочетаниям определены оценочные классы и типы. Выделено три оценочных класса существенно отличающиеся друг от друга.

Список публикаций по теме диссертационной работы

в изданиях рекомендованных ВАК:

1. Зимин М.В. Разработка методики картографирования экологических функций ландшафтов (на примере зоны бореальных лесов европейской территории России), Естественные и технические науки, 2008, №1, с. 235-238.
2. Носова Л.М., Зимин М.В., Клеопова Н.Ю., Зукерт Н.В., Тихонова Е.В. География и экология кисличных групп типов леса, Лесоведение, 2003, №1, с. 21-28.
3. Носова Л.М., Леонова Н.Б., Зимин М.В. Анализ ареалов основных эколого-ценотических групп лесных видов, Восточноевропейские леса. т.1. М.: «Наука», 2004, с. 272-282.

в прочих изданиях:

4. Носова Л.М., Клеопова Н.Ю., Зукерт Н.В., Зимин М.В., Чистов С.В. Создание компьютерных карт ареалов растений на основе ГИС-технологий. Аэрокосмические методы и геоинформационные системы в лесоведении и лесном хозяйстве: Материалы второго всероссийского совещания, Москва, Россия, 18-19 ноября 1998 г. – М.: ЦЭПЛ РАН, 1998 г.-215 с.
5. Зимин М.В. Использование ГИС-технологий для картографирования условий развития эталонных лесов. Сборник тезисов по материалам Международной конференции

- студентов и аспирантов по фундаментальным наукам «Ломоносов-99», Изд. Геогр. ф-та МГУ, 1999. 50 с
6. Зимин М.В., Носова Л.М., Тихонова Е.В, Зукерт Н.В. Создание компьютерных карт ареалов растений и их сообществ на основе ГИС-технологий. Продуктивность и динамика экосистем северной Евразии, Новосибирск, 21-26 августа 2000. Том 1, Часть 2: Продуктивность и динамика экосистем северной Евразии: информационные технологии и моделирование. – IC&G, Новосибирск, 2000. с. 246-248
 7. Огуреева Г. Н., Зимин М. В., Чистов С. В. Эколого-географический подход при создании специализированной ГИС лесничества для оценки состояния и Мониторинга лесов. Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении и лесном хозяйстве: Доклады IV Международной конференции (Москва, 17-19 апреля 2007 г.) - М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2007 с. 211-214.
 8. Зимин М.В. Чиркова Д.А. Методы оценки изменений состояния объектов во времени по данным космического мониторинга. Гоепрофи, 2007, №2, с. 49-52.
 9. Зимин М.В. Экологические функции природных компонентов - современное состояние вопроса. Научное обозрение, 2008, №1, с.33-38.
 10. Булдакова Е.В., Зимин М.В. Картографирование растительного покрова НП "Смоленское Поозерье" по данным дистанционного зондирования //Роль особо охраняемых природных территорий в решении экологических проблем: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. Йошкар-Ола, 2008. С.71-74.
 11. Булдакова Е.В., Зимин М.В. Оценка современного состояния и биоразнообразия лесных экосистем на локальном уровне по данным космической съемки и таксационным характеристикам// Мониторинг и состояние растительного мира. Материалы международной научной конференции. Минск, 22-26 сентября 2008 г. Минск: Право и экономика, 2008. С. 17-20.