

На правах рукописи



Кравченко Павел Николаевич

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИИ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ В
ИНТЕРЕСАХ СОХРАНЕНИЯ РЕДКИХ ВИДОВ *IN SITU* НА ОСНОВЕ
КАРКАСНО-ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Специальность 25.00.36 – геоэкология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Тверь, 2015

Работа выполнена на кафедре физической географии и геоэкологии
Тверского государственного университета

Научный руководитель: **Биденко Сергей Иванович**
доктор технических, профессор;
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»,
Проректор по МТР

Официальные оппоненты: **Денисов Владимир Васильевич**
доктор географических наук, профессор;
Мурманский морской биологический институт Кольского
научного центра Российской академии наук, главный
научный сотрудник.

Белов Николай Сергеевич
кандидат географических наук, доцент;
Кафедра географии, природопользования и простран-
ственного развития, ФГАОУ ВПО «Балтийский
федеральный университет им. И. Канта, доцент.

Ведущая организация: **ФГБОУ ВО «Майкопский государственный
технологический университет»**

Защита диссертации состоится «_____» _____ 2015 года в _____ в аудитории 406Б на заседании диссертационного совета Д212.197.03 при ФГБОУ ВПО «Российский государственный гидрометеорологический университет» по адресу: пр.Металлистов, д. 3, Санкт-Петербург, 195196

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ФГБОУ ВПО «Российский государственный гидрометеорологический университет».

Автореферат разослан «_____» _____ 2015 года

Ученый секретарь диссертационного совета Д212.197.03 при РГГМУ
доктор географических наук, доцент



Е.С. Попова

Общая характеристика работы

Актуальность исследования:

Повышение антропогенной нагрузки на природно-хозяйственные системы создает серьезные угрозы биологическому разнообразию регионов и требует проведения комплекса мероприятий по сохранению на территории региона видов *in situ*.

Например, биологическое разнообразие Тверской области составляет примерно 3350 таксонов. Из них 600 видов внесены в Красную книгу области (2012).

В регионе Верхневолжья наблюдается устойчивый рост угроз биоэкосистемам, ареалам обитания видов животных, растений, грибов и других живых организмов.

В современной геоэкологии существует ряд методик, посвященный эколого-географической оценке территорий в интересах сохранения биологического разнообразия, которые при своей комплексности имеют основную задачу выявления уровня антропогенной нагрузки на исследуемую территорию. Однако исследования биологического разнообразия, как её приоритетной компоненты, в таких работах зачастую опускаются. При недоучете активов природной компоненты (в частности биологического разнообразия) в комплексную эколого-географическую оценку региона может привести к погрешностям и ошибочным суждениям.

Исходя из вышесказанного, можно полагать, что современная эколого-географическая оценка территории не будет являться функционально полной без учета особенностей состояния ее биологической компоненты.

Для эффективной географо-экологической оценки территории требуется четкое формальное описание территории и строгие алгоритмические подходы к обработке больших массивов разнообразной геоэкологической информации. Актуальность темы обуславливается необходимостью широкого применения указанных формальных описаний и процедур и отсутствием в настоящее время адекватного модельно-методического аппарата поддержки эколого-географической оценки региона в интересах сохранения его биологического разнообразия

Предмет исследования – модели и методы описания и оценки экологического состояния региона, каркасное геоэкологическое моделирование территории в интересах сохранения и поддержания.

Объект исследования – территория, экосистемы Тверской области и прилегающих районов, состояние популяций редких видов *in situ*.

Цель исследования – формирование аппарата геоэкомоделирования в интересах геоэкологической поддержки задач сохранения редких видов живой природы Верхневолжья.

Задачи исследования. Общая: разработка модельно-методического аппарата описания и оценки экологической ситуации в регионе (на примере Тверской области) для поддержки биоразнообразия исследуемой (моделируемой) территории.

Частные задачи:

1. Анализ предметной области оценки состояния живой природы, экологического состояния окружающей обстановки Тверской области.

2. Разработка подходов к выполнению эколого-географической оценки территории Тверского региона для поддержания биоразнообразия региона.

3. Оценка существующих угроз биологическому разнообразию на изучаемой территории.

4. Разработка системы моделей для территориального представления экологической ситуации в регионе, опасных (вредных, негативных, нежелательных) факторов, описания, формирования, вычисления и пространственного отображения частных и обобщенной эколого-географических оценок.

5. Разработка системы методов выполнения территориальной эколого-географической оценки региона на основе исследованной системы геоэкологических моделей

6. Выработка практических рекомендаций использования полученных результатов

На защиту выносятся следующие научные результаты.

1. Концепция моделирования геоэкологического пространства в интересах сохранения биоразнообразия.

2. Базовая геоэкологическая каркасная модель представления и оценки природных резерватов биологического разнообразия региона (применительно к территории Тверской области).

3. Методика использования каркасной геоэкологической модели для построения оценочного аспекта функционирования биосистем природных и культурных ландшафтов Тверской области.

Новизна полученных научных результатов:

1. Концепция моделирования экопространства отличается определением ориентированных на территориальные экологические оценки пространственных геоэкологических категорий, оригинальным составом системы критериев и принципов геомоделирования в системе территориального экологического контроля, которые обеспечивают переход от статических к наглядным динамическим формам представления ситуационных и оценочных экоданных, а также интеграцию разнородной геоинформации в единую информационную модель биоразнообразия региона.

2. Геоэкологическая каркасная модель региона отличается оригинальным составом базовых элементов ключевых территорий, транзитных зон, разработкой комплекса логически связанных циклических процедур анализа составляющих экологической обстановки, что обеспечивает активность данных экологической обстановки, адекватность реальных территориальных явлений их отображению в сценариях.

3. Методика использования каркасно-геоэкологических формализмов в процедурах оценки экологической ситуации отличается балансовыми критериями отнесения ячеек базовой сети к сохранностно-ценностным или нарушено-дезорганизованным типам территории, что позволяет строить интегральные оценочные территориальные распределения и вырабатывать рекомендации по устойчивому природопользованию в регионе.

Практическая ценность разработанного модельно-методического аппарата состоит в следующем.

1. На основании предложенной модели, возможно проводить геоэкологическую оценку средообразующих факторов, а также общей экологической ситуации на территории Тверской области;

2. Система геоэкологического мониторинга территории Тверской области на основе геокаркасного подхода обеспечивает устойчивое развитие модельных территорий, а также природных и природно-культурных компонент биоразнообразия

Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в разработке перспективных оценок эффективности управления ООПТ как уникальных природных резерватов биоразнообразия, а также местообитаний редких и исчезающих видов на основе определения приоритетов совершенствования и развития системы ООПТ региона. Это определяет возможность осуществления дальнейших исследований в области разработки государственной политики обеспечения научно обоснованного планирования и проектирования экологической сети центральной России, как единой системы, обеспечивающей поддержание устойчивого развития в региональном и общегосударственном масштабах.

Практическая ценность работы состоит в следующем:

1. определены роль и значение ООПТ, как структурообразующих элементов, в создании экологического каркаса Тверской области, обеспечивающего сохранение биоразнообразия и поддержания устойчивого развития геосистемы;

2. разработанные автором и предложенные для внедрения апробированные методика схемы обработки данных и алгоритм расчета интегрального показателя сохранности (ценности) экологического каркаса могут успешно применяться для оценки биологического разнообразия региона;

3. материал диссертационного исследования может быть использован при разработке и совершенствовании специальных экологически-ориентированных образовательных программ при подготовке специалистов в области охраны природы, природопользования, руководства ООПТ и устойчивого развития территорий;

4. на основании предложенной модели, возможно проводить геоэкологическую оценку средообразующих факторов, а также общей экологической ситуации на территории Тверской области

Научная база исследования – труды ведущих ученых в области моделирования, описания и оценки экологической обстановки в регионе: В.А. Шелутко, В.В. Дмитриева, В.Н. Малинина, Г.И. Мазурова, А.М. Догановского, Г.И. Мазурова, В.Б. Митько, Б.Г. Скакальского, В.А. Царева, П.П. Бескида, М.Б. Шилина, Г.Т. Фрумина, В.В. Алексеева, И.В. Алешина, В.В. Новикова, Е.С. Поповой, А.С. Сорокина, А.В. Тюсова, Е.С. Пушай, Н.А. Соболева, С.С. Андреева, Е.П. Истомина, В.В. Денисова и др.

Апробация работы. Основные результаты доложены и обсуждены на 14 научных конференциях и совещаниях: VIII научная конференция студентов и аспирантов Тверского государственного университета, 2010 г., (г. Тверь); VI Научная конференция студентов и аспирантов Тверского государственного университета, 2006 г. (г. Тверь); Всероссийский с международным участием конгресс студентов и аспирантов-биологов «Симбиоз-Россия 2010», 2010 г., (г. Нижний Новгород, ННГУ им. Лобачевского); VII научная конференция студентов и аспирантов, 2009 г., (г. Тверь); IV Всероссийский с международным участием конгресс студентов и аспирантов-биологов «Симбиоз-Россия, 2011», 2011 г. (г. Воронеж, ВГУ); Седьмые Курдюмовские чтения «Синергетика в естественных науках», Международная междисциплинарная научная Конференция, 2011 г., (г. Тверь, ТвГУ); Восьмые Курдюмовские чтения «Синергетика в естественных науках», Международная междисциплинарная научная Конференция, 2012 г., (г. Тверь, ТвГУ); Девятые Курдюмовские чтения «Синергетика в естественных науках», Международная междисциплинарная научная Конференция, 2013 г., (г. Тверь, ТвГУ); Русская усадьба XVIII — начала XXI вв. Проблемы изучения, реставрации и музеефикации: Всероссийская научная конференция, 2010 г. (г. Ярославль, ГЛММЗ им. Н.А. Некрасова «Карабиха»); VII Всероссийский конгресс молодых биологов «Симбиоз-Россия 2014», 2014 г., (г. Екатеринбург, УРФУ им. Б.Н. Ельцина); VI Всероссийский с международным участием конгресс молодых ученых биологов «Симбиоз-Россия 2013», 2013 г. (г. Иркутск, ЛИИ СО РАН, СИФИБР СО РАН, ИрГУ); V Всероссийский с международным участием медико-биологический конгресс молодых ученых «Симбиоз-Россия 2012», 2012 г. (г. Тверь, ТвГУ, ТГМА); Региональная научно-практическая конференция «Особо охраняемые природные территории: прошлое, настоящее, будущее», 2010 г. (г. Тверь, ТвГУ); Международная научно-практическая конференция «Географические основы формирования экологических сетей в России и восточной Европе», 2011 г. (г. Валдай, Валдайский национальный парк, Институт географии РАН), 2nd COSPAR Symposium Brazil – 2015 (9-15 November, 2015).

Публикации. По теме работы опубликовано 22 печатные работы, из них 2 статьи включена в международную реферативную базу данных Scopus, 7 статей в изданиях из рекомендованного ВАК Минобрнауки РФ перечня, 11 в трудах конференций и симпозиумов, одно авторское свидетельство на базу данных.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и приложений, изложенных на 181 странице. Количество таблиц – 8, количество рисунков – 49. Список литературы – 163 наименований.

Содержание работы

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цель и задачи исследования, определена новизна полученных научных результатов, их теоретическая ценность и практическая значимость, приведены сведения об апробации и публикациях.

В первой главе выполнен анализ предметной области геокаркасного моделирования в интересах поддержания «экологического гомеостаза», особенностей исторического изучения природных особенностей региона, географических параметров, и биоразнообразия Тверской области, рассмотрены антропогенные и др. угрозы состоянию живой природы области Верхневолжья, сформулировано основное и частные противоречия в вопросах экологической оценки окружающей среды региона при использовании существующих геокаркасных подходов, обоснована постановка задач исследования.

Установлены следующие особенности географической экосреды Верхневолжья.

1. На Валдайской возвышенности, находятся истоки Волги, Западной Двины и рек бассейна Невы и Днепра. Природные экосистемы области – основной источник питьевого водоснабжения Московской агломерации.

2. Природное разнообразие, обусловленное межзональным расположением (от темнохвойной тайги до широколиственных лесов с массивами верховых болот и фрагментами остепненных лугов), сложным разновозрастным рельефом (здесь проходит граница Валдайского оледенения), природные достопримечательности, территориальное положение между Москвой и Санкт-Петербургом определяют Тверской области роль хранилища биоразнообразия, «экологического зонтика» Москвы и узлового участка экологического каркаса Центра Русской равнины.

3. Выявлены основные региональные угрозы биоразнообразию: утрата (фрагментация) естественных местообитаний; загрязнение среды обитания видов; высокая антропогенная активность; дисбаланс использования биоресурсов; экспансия чужеродных видов; проблемы ТБО; низкая геоэкологическая культура; недостатки регионального менеджмента; отрицательная динамика природного капитала.

4. Сформулированы требования по сохранению биологического разнообразия природы региона: снижение антропогенной нагрузки; поддержание экосистем в условиях, отвечающих за стабильность аборигенных видов; регуляция численности инвазивных видов и видов – интродуцентов; законодательное закрепление охраны биоразнообразия на региональном уровне; эколого-просветительская деятельность на территориях с высоким индексом биоразнообразия; формирование территорий с высоким природоохранным статусом; интродукция и последовательная репатриация исчезающих видов.

5. Определена допустимость использования модельно-каркасного подхода с ООПТ-ядрами (узлами) для описания экологического состояния региона Верхневолжья.

6. Установлено, что для адекватной оценки экологической обстановки в регионе целесообразно доработать каркасную экологическую модель до экологического базиса региона.

Во второй главе разработаны подходы к геокаркасному моделированию при оценке экологического состояния региона, благополучия его видового богатства применительно к территории Тверской области, включающие формулировку основных понятий, категорий и принципов геопространственного моделирования.

Сформулирована система базовых и производных понятий геокаркасного моделирования - (табл. 1), приводится система понятий и подходов к моделированию геопространства (на примере Тверского региона)

Подходы к моделированию геопространства, в том числе и эколого-пространственного моделирования, как любое другое концептуальное построение, включает три неизменных составляющих: 1) систему понятий и определений; 2) систему принципов создания и использования геоэкологической (эколого-пространственной) информации; 3) систему моделей и методов представления и преобразования геопространственной информации.

Система понятий и определений содержит представленные в табл. 1 базовые и производные понятия. Это к примеру: «*экообъект на поверхности Земли*», «*геоэкопространство*», «*отношения на множестве объектов*», «*операции над объектами*».

Например, *геоэкологическое пространство* (ГЭП) представляет множество территориальных объектов, характеризующих экологическую ситуацию в регионе, с введенными над ними отношениями пространственной и содержательной упорядоченности в аспекте их геоэкологической сущности. ГЭП – это множество природно-социальных объектов, объектов производственно-экономической (промышленной) инфраструктуры региона с параметрами вредных выбросов, объекты системы экологического мониторинга с отношениями контроля и регулирования за состоянием среды обитания.

Геоэкологический объект (ГЭО) – это территориальный объект, совокупность атрибутов которого имеет экологическую природу их содержательных характеристик. Примером ГЭО является отдельные территориальные средства контроля состояния среды, источники вредных выбросов и т.д.

Система принципов геопространственного моделирования и контроля (в т. ч. геоэкологического) включает основные подходы, связанные: а) с описанием пространства геоэкологической активности (хорологизация, топологизация, анаморфирование, геоинтегральность и др.); б) созданием и использованием геоэкологической информации в интересах анализа и оценки территориальной обстановки.

В состав комплекса геомоделирования входят три группы формализмов: модели геопро- странств; модели геоструктур; модели представления категорий контроля (управления) геосре- дой (геопространством) и соответствующие геоинформационные методы обработки ГИ (ГМ)

Таблица 1

Геопространственные понятия и категории	
Базовые понятия	Производные понятия
Местность, поверхность Земли (ПЗ)	Геоэкопространство (пространство территориальной экологической активности)
	Геоэкообъект (ГЭО)
Объект на ПЗ	Собственное пространство геообъекта (СПГО)
	Георегион (георегион функциональных действий)
Отношения пространственной упорядоченности (ОПУ)	Геосистема (функциональная геосистема, территориальная система активности)
	Пространственный процесс
Отношения содержательной упорядоченности (ОСУ)	Модели геоструктур
	Геоинформационные методы создания и использования геоэкологической информации
Операции над объектами (геообъектами)	Многомерное пространство признаков ГЭО (МПП)

В состав комплекса геомоделирования входят три группы формализмов: модели геопро- странств; модели геоструктур; модели представления категорий контроля (управления) геосре- дой (геопространством) и соответствующие геоинформационные методы обработки ГИ (ГМ)

Состав группы моделей геопространств определяется, исходя из требований к форме представления и использования геоинформации со стороны управления (контроля) геосредой

Анализ геоситуации (в т.ч. экологической) требует: полноты данных обстановки; пред- ставление многомерности данных; отображение связей и взаимодействий объектов; учет решаемых задач. Этому требованию отвечает модель геоинформационного пространства.

Для выработки решения необходимо выполнять предварительную оценку обстановки, первичную селекцию геоинформации, которая должна выделить (высветить) те районы, которые представляют наибольший интерес. Для этого служит модель анаморфированного геопростран- ства. Для прогнозирования развития геоситуации, отображения динамики объектов обстановки, оценки последствий принимаемых решений вводится геофункциональное пространство.

Для содержательного обобщения и территориального абстрагирования обстановки при выработке решения, то есть для перехода к форме руководящих (нормативных) документов слу- жит модель абстрактного функционального пространства.

В третьей главе исследована геоэкологическая каркасная модель представления и оценки природных резерватов биологического разнообразия региона (применительно к территории Тверской области). Основой для построения модели являются методологические подходы проф. ВВ. Дмитриева и проф. Г.Т. Фрумина, где оценочно-прогностический мониторинг экологических систем позволяет определить норму (критерий, показатель, допустимый уровень и т.д.) воздей- ствия на геоэкосистему и дать прогноз состояния функционирования системы, изменения ее не- аддитивных свойств, на различного рода перспективы учитывая (или не учитывая) внешние воз- действия. (рисунок. 1.). При ГИС-модификации данного подхода осуществлены следующие фор- мальные преобразования:

1) дополнительно к традиционной модели экоконтура территории (совокупность ядер (уз- лов), буферных зон и коридоров) вводится категория антиузла, который обуславливает негатив- ное влияние на экологическую ситуацию в регионе и требует неких компенсационных геоэколо- гических манипуляций со стороны известных компонент базиса – ядер, коридоров и буферов. Именно наличие антиузла позволяет говорить о некоем геоэкологическом равновесии (балансе) в регионе, установлении определенного территориального гомеостаза положительных и отрица- тельных экофакторов.

2) дополнительно к критериям экооценки природных систем вводятся показатели для экологической безопасности и устойчивости социальных (хозяйственных, антропогенных) геоэко-объектов. Предложен ряд критериев, отвечающих требованиям сохранности \ ценности и нарушенности \ угрожаемости территории, что объясняет определение нами методического аппарата. В качестве данных критериев нами были предложены следующие (таблица 2.).

Таблица 2.

Критерии, используемые при идентификации грид-данных	
Критерии сохранности / ценности:	Критерии нарушенности / угрожаемости:
Территория (акватория) относится к категориям ООПТ;	территории крупных населенных пунктов;
Территория входит в модель каркаса центра Русской равнины	земли сельскохозяйственного назначения, земли промышленности, транспорта и связи
Территория относится к зонам концентрации редких видов;	на территории присутствуют автомобильные дороги федерального и регионального значения, железные дороги
Территория залесенная, относится к государственному лесному фонду;	на территории присутствуют линейные инженерные сооружения (ЛЭП, газопроводы)
На территории присутствуют крупные болотные массивы;	на территории ведутся торфоразработки
На территории присутствуют основные объекты гидрографической сети	на территории располагаются источники негативного воздействия (промышленные предприятия, свалки ТБО и промышленных отходов, иловые площадки, золоотвалы и т.д.).

3) осуществляется анализ параметров, характеризующих выбранный критерий, в форме расширенной характеристики критериев оценки территории, которые мы учитываются при геокаркасном моделировании.

4) определяются интервалы естественного колебания основных анализируемых параметров грид-данных.

5) выявляются пороговые и критические значения основных параметров.

6) непосредственное формирование количественных параметров модели: выбирается d-функция для свертки (обобщения) параметрической информации. Для расчета рангов элементарных ячеек, т.е. определения показателя сохранности природно-экологического предложена формула (1):

$$N = \frac{\sum_{i=1}^k n_i}{k_n} - \frac{\sum_{j=1}^l d_j}{l_d}; N \in \{-1; 1\}, \quad (1)$$

где N – интегральный показатель сохранности природно-экологического каркаса; n_i – критерий сохранности/ценности территории; d_j – критерий угрожаемости/нарушенности территории; k_n – общее число используемых критериев сохранности/ценности; l_d – общее число используемых критериев угрожаемости/нарушенности.

7) осуществляется выбор весовых коэффициентов для свертки информации и свертка информации для левой и правой каждого класса по всем критериям. Получение шкалы изменения интегрального показателя по всем классам оцениваемого свойства. Нахождение нормы состояния каждого класса. Интегральный показатель (1) может принимать значения от -1 до 1. Значение меньшее нуля свидетельствует о большей нарушенности территории, больше нуля – относительной сохранности территории в соответствии с выбранными критериями.

8) многокритериальная оценка исследуемого свойства по результатам мониторинга и по правилам построения интегрального показателя. Предлагается формирование геоизображений, отражающих грид-сеть, в которой учтены все предложенные нами критерии оценки региона.

Норма состояния для классов оценивания и для исследуемого региона определяется на основе любого из двух подходов: первый – исследователь не учитывает приоритетности исходных параметров, характеризующих выбранное свойство; второй – для задания весов применяется метод экспертной оценки.

Модель оценки территории с точки зрения построения геопространственного экологического каркаса территории, основана на интеграции различных пространственных данных в качестве атрибутов единой регулярной сети. Преимущество данной методики заключается не только в использовании формализованной оценки природоохранной значимости рассматриваемой территории, но и возможности применения методов экспертных оценок в качестве входных данных (рисунок 2.).

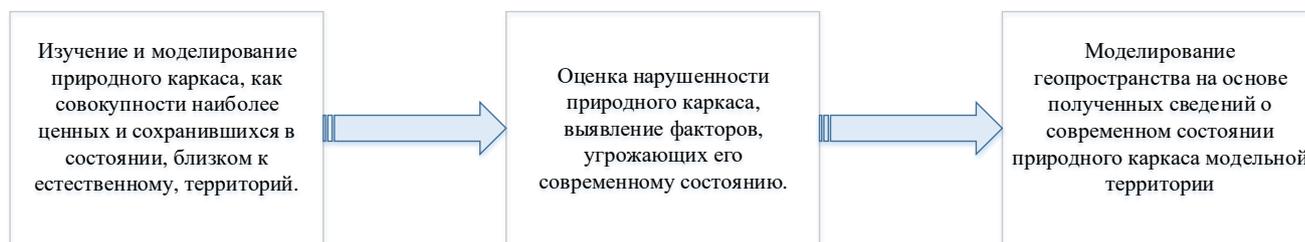


Рисунок 2. Блок-схема моделирования геоэкопространства

Первый блок предусматривает:

- сбор первичной информации о природных условиях и использовании ландшафтного потенциала модельной территории,
- выделение критериев сохранности/ценности элементов природного каркаса
- обобщение критериев сохранности природного каркаса с помощью ГИС-инструментария.

Второй блок:

- выделение критериев нарушенности/угрожаемости элементов природного каркаса;
- обобщение критериев нарушенности природного каркаса с помощью ГИС-инструментария.

Третий блок:

- интеграция сведений о сохранности и нарушенности и построение каркасно-геоэкологической модели территории;
- выделение и верификация функциональных зон модели и предложение режима охраны и рационального использования ландшафтно-экологического потенциала модельной территории.

В **четвертой главе** разработана геоинформационная методика построения оценочного аспекта функционирования биосистем природных и культурных ландшафтов Тверской области на основе каркасной геоэкологической модели. Предложено применение данной модели для экологической оценки территории тверского региона в интересах сохранения редких видов *in situ*, а также эколого-географическая интерпретация и рекомендации по применению полученных результатов.

Теоретической основой разработки модели экологического каркаса является предположение о существовании природного каркаса как исторически сложившегося континуума природных сообществ, в разной степени нарушенного вследствие развития антропогенной инфраструктуры. Задача моделирования экологического каркаса формализуется следующим образом: строится модель природного каркаса на основе критериев сохранности/ценности, на нее накладывается модель развития современной инфраструктуры, выявленных с помощью критериев нарушенности/угрожаемости и производится интегральная оценка современного статуса территорий.

Существует ряд возможных способов интеграции данных в ГИС с целью их дальнейшего совместного пространственного анализа. Наиболее удобными вариантами представляются использование растровых поверхностей (грид-поверхность), либо сеточного картографирования. Недостаток в первом случае – необходимость растеризации всех пространственных данных и получение значительного по объему и количеству слоев общего набора. Недостаток второго варианта – необходимость использования только векторных данных на входе. Тем не менее, интеграции всех сведений на основе регулярной векторной нам представляется более удобным вариантом с точки зрения хранения больших массивов данных и скорости работы с ними.

Методика моделирования экологического каркаса, апробированная нами в Тверской области, основана на интеграции различных пространственных данных в качестве атрибутов единой регулярной сети. Преимущество данной методики заключается не только в использовании формализованной оценки природоохранной значимости рассматриваемой территории, но и возможности применения методов экспертных оценок в качестве входных данных.

А. Построение регулярной векторной сети

Для Тверской области средствами ГИС нами была построена регулярная тетрагональная векторная сеть. Структурная единица сети – векторный четырехгранник со стороной 2 км. Выбор размера ячейки обусловлен рядом причин: базовый масштаб исследований (в нашем случае большинство картографических источников имели масштаб 1:100 000 и 1:200 000), удобства визуализации и др. Кроме того, каждая ячейка аккумулирует сведения об объектах, находящихся в ее пределах, поэтому ее размер не должен быть слишком маленьким, равно как и избыточным. Для разработки модели экологического каркаса целесообразно использовать возможности пространственной организации данных, предоставляемые геоинформационными системами. С этой целью мы применяли программу ESRI ArcGIS®. При этом, необходимо учитывать, что для моделирования экологического каркаса необходимо использование обширного картографического материала.

Б. Выбор критериев оценки сохранности природного каркаса территории

Точность проводимой оценки сохранности природно-экологического каркаса зависит от учета максимально возможного числа критериев сохранности и нарушенности, а также от точности и полноты используемых данных. На слайде представлены критерии, примененные нами при моделировании природно-экологического каркаса

Список указанных выше критериев, безусловно, не является исчерпывающим. В нашем случае он был продиктован наличием соответствующей информации. Целесообразным представляется использование различных ландшафтных характеристик, сведений о растительном покрове, рельефе, а также о приоритетных видах и местообитаниях Изумрудной сети. При увеличении числа используемых критериев будет возрастать аналитическая точность.

В. Идентификация регулярной сети

Далее мы проводили идентификацию регулярной сети по слоям векторных данных, т.е. каждая ячейка получала определенный балл, обозначающий наличие или отсутствие объектов векторных тем, по которым проводится идентификация. Например, наличие особо охраняемых территорий (рисунок 3); такой ячейке присваивается 1 балл, а при отсутствии – 0 баллов. Аналогично по другим блокам – слои природных объектов: реки, озера, болота, лесных массивов, местообитания редких видов; объекты инфраструктуры: населенные пункты, дороги, промышленные предприятия.

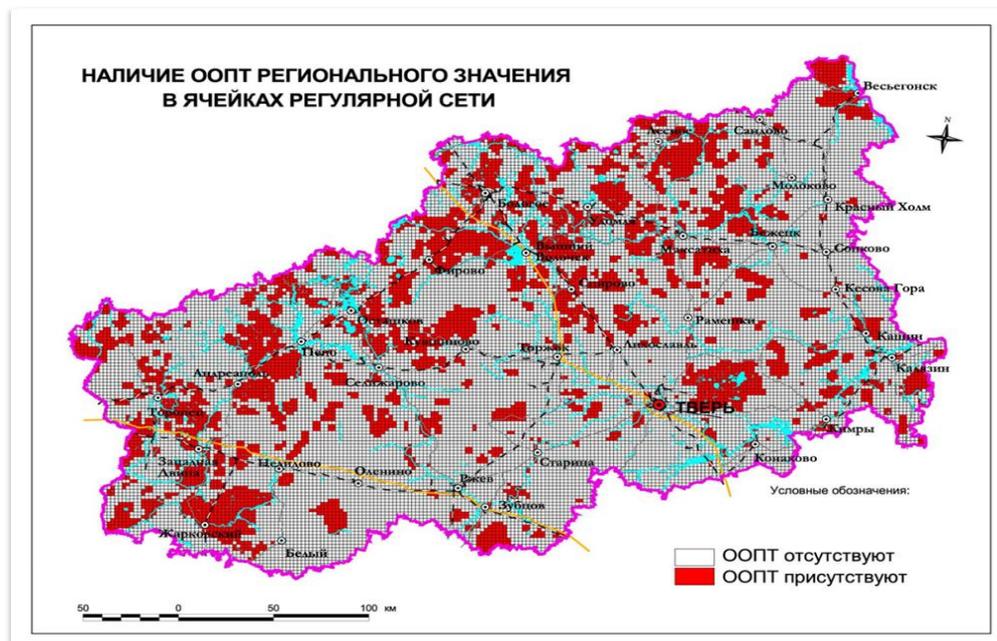


Рисунок 3. Наличие ООПТ регионального значения в ячейках регулярной сети.

Для объектов инфраструктуры проводилась идентификация не только по наличию или отсутствию предприятий, дорог и т.п., но и учет дистанции от этих объектов, т.е. строятся буферные зоны влияния данных объектов. Размеры буферных зон были установлены в соответствии с минимальной оценкой расстояния воздействия конкретных элементов антропогенной инфраструктуры на прилегающие природные экосистемы.

В итоге получается векторная сеть, в атрибутах которой собраны данные нескольких векторных слоев. Эта сеть представляет собой модель природного каркаса территории, преобразованного хозяйственной и иной деятельностью человека (Подмодель природной устойчивости региона в КГЭМ). (рисунок 4.)

Так как основным принципом построения экологического каркаса территории является максимальное соответствие природному каркасу, то полученная на предыдущем этапе модель природного каркаса используется нами в качестве основы для дальнейшего моделирования экологического каркаса территории. Т.е. проводится ранжирование ячеек по степени значимости. Наиболее значимые ячейки выделяются в качестве ядер, транзитные территории выделяются по наиболее значимым ячейкам, соединяющим ядра. Вокруг ядер и коридоров соседствующим ячейкам присваивается значение буферных зон.

Таким образом, интегральный показатель (1) может принимать значения от -1 до 1. Значение меньше нуля свидетельствует о большей нарушенности территории, больше нуля – относительной сохранности территории в соответствии с выбранными критериями.

Использование формулы (1) подразумевает равный вес используемых критериев. Следует отметить, что сумма критериев не составляет исчерпывающее множество событий, поэтому применение весовых коэффициентов невозможно. Следует отметить нецелесообразность использования большого числа критериев, поскольку в этом случае будет уменьшаться размерность интегрального показателя. В идеальном случае, перед тем как использовать формулу (1) необходимо произвести уменьшение размерности входных данных и привести их к небольшому числу взаимоисключающих критериев.

В результате проведенных расчетов строится категоризированная сеть (Подмодель региональных угроз биоразнообразию региона в КГЭМ) (рисунок 6.). Нами было выделено 6 категорий сохранности природно-экологического каркаса: N менее -0,5; От -0,5 до -0,25; От -0,25 до 0; От 0 до 0,25; От 0,25 до 0,5; N более 0,5.

В зависимости от категории сохранности, ячейки относились к определенной зоне экологического каркаса. При составлении проекта экологического каркаса модельного региона мы использовали методику Соболева. На территории Тверской области нами были выявлены перспективные охраняемые природные ландшафты (ОПЛ), в которых при достигнутом уровне природопользования необходимо выполнять единый комплекс мер по обеспечению длительного существования ценных природных комплексов, редких и находящихся под угрозой исчезновения видов живых организмов, а также других ценных природных объектов. Номинально к каждому ОПЛ можно отнести и рядом расположенные изолированные природные территории, с перспективой воссоединения их с основным природным массивом.

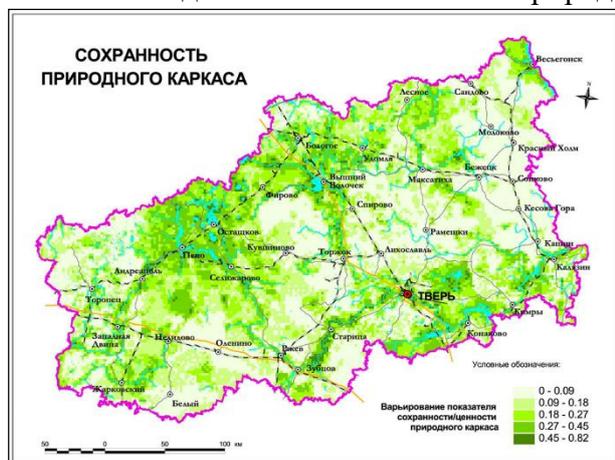


Рисунок 4. Подмодель природной устойчивости региона в КГЭМ

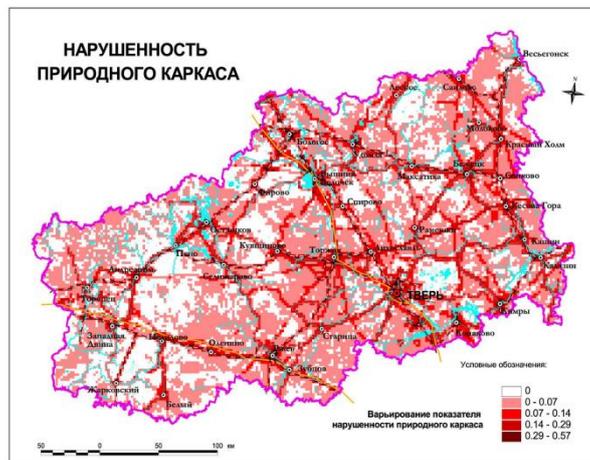


Рисунок 5. Подмодель региональных угроз биоразнообразию региона в КГЭМ

Территории ОПЛ в свою очередь разделяется на зоны с различными экологическими функциями:

1. Ключевые природные территории (КПТ) – природные территории, наиболее важные для сохранения естественного видового и экосистемного биологического разнообразия. Для сохранения КПТ созданы или планируются ООПТ высокого уровня защиты – заказники, а в перспективе – национальные парки и заповедники. Природные феномены

2. Транзитные территории (области экологических коридоров) – связующее звено между ценными природными территориями, объединяющее их в единые природные комплексы, способные к саморегуляции и длительному существованию. На транзитных территориях важно сохранить непрерывность природных систем при изменчивой и вариабельной пространственной структуре территории в целом.

Буферные территории – территории, защищающие ключевые природные территории и транзитные территории (экологические коридоры) от неблагоприятных внешних воздействий.

В итоге, после выявления особенностей и визуализации каждого из исследуемых нами слоев мы произвели их наложение друг на друга. Но так как слияние всех слоев в один требует особой тщательности в построении логики обработки и выбора связующих коэффициентов, мы применили к итоговой модели геоэкологического каркаса интегральный показатель сохранности экологического каркаса (формула. 1).

Данная картина показывает возможность автоматической (машинной) обработки данных. При этом компьютер не имеет возможности выделения функциональных элементов экологического каркаса, для получения наиболее полной картины. Поэтому, далее мы переходим на ручной (диалоговый) режим работы и производим выделение функциональных элементов экологического каркаса Тверского региона (рисунок 7).

При выделении функциональных элементов мы основывались на объектах, имеющих большую концентрацию ячеек, имеющих одинаковый показатель. На основании этого выделялись зоны, которые и являются функциональными элементами экологического каркаса территории (рисунок 7).

Для наиболее существенных источников негативного воздействия необходимо рассчитывать зоны их влияния, т.е. выделять буферные зоны, включающие несколько ячеек регулярной сети. Буферы вокруг антропогенных объектов представляют собой антропогенные экотоны, т.е. участки экосистем, саморазвивающиеся на природных элементах ландшафта, но граничащие с какими-либо антропогенными элементами последнего и фактически испытывающие их влияние

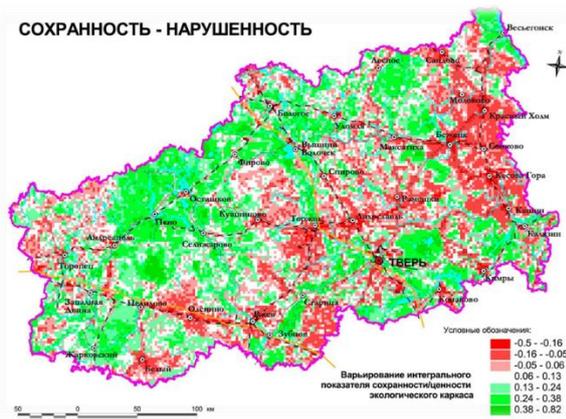


Рисунок 6. Сохранность\нарушенность территории исследуемого региона

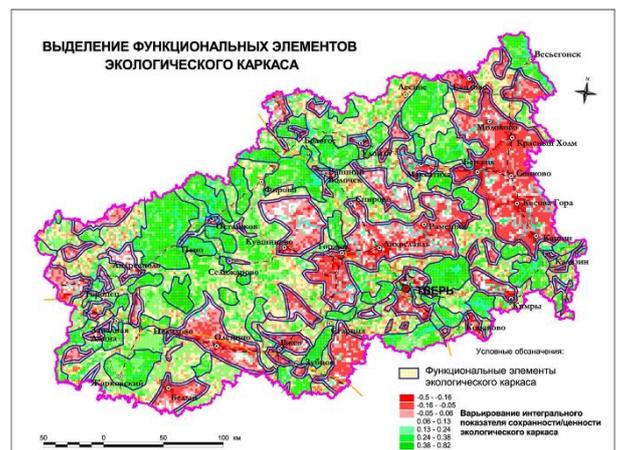


Рис. 7. Выделение функциональных элементов экологического каркаса



Рисунок 8. Экологический каркас Тверской области

Рекомендации по поддержанию видового богатства на основе исследования и построения экологического каркаса территории Тверского региона (рисунок 8).

Природный парк «Селигер». Необходимость особой охраны истоков Волги и озера Селигер путем организации природного парка (ПП) в настоящее время в доказательстве не нуждается. Принципиальное значение приобрел вопрос о территории и границах. Предложения на этот счет уместаются в очень широком диапазоне от 2 млн. до 40 тыс. га. Необходимо продолжать работы по разработке конкретных положений и экологическому обустройству других природных заказников на территории предполагаемого НП: «Озеро Сиг», «Озеро Сабро», «Озеро Стерж» Осташковского района, «Болото Чистик» Селижаровского района и др. Решение проблемы ПП «Селигер» в целом требует значительных инвестиций.

Тридцать третий меридиан. Меридианальная сопряженная межрегиональная система ООПТ (Валдайский НП, предполагаемый ПП «Селигер», река Жукопа, ЦЛБГЗ, ландшафтный заказник «Пелецкий Мох», НП «Смоленское Поозерье») призвана функционально объединить бассейновые системы ООПТ Волги, Невы, Западной Двины и Днепра с учетом региональных систем ООПТ Новгородской, Тверской и Смоленской областей.

Верхневолжский природный парк

Наиболее подходящим статусом ООПТ для охраны и рационального использования Истока р. Волги, Верхневолжских озер и оз. Селигер, является категория «Природный парк». Базисной территорией для природного парка должен стать заказник «Исток реки Волги». Придание заказнику федерального статуса и разработка модели функционального зонирования в соответствии с зонами, устанавливаемыми для национальных парков, представляется очередным шагом на пути к природному (а в перспективе - национальному) парку, который должен объединить истоки Великих рек и выступить узловым участком экологического каркаса в верховьях рек Волги, Западной Двины (Даугавы) и Днепра.

Нами предлагаются 2 варианта границ природного парка.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КАРКАС ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ



Рисунок 9. Наиболее значимые проекты

НП «Шоша». Река Шоша – правый приток Волги и главная «отдушина» Ивановского водохранилища, являющегося основным источником водоснабжения Москвы. Шошинский плес водохранилища и низовья реки Шоши оказались в границах Госкомплекса «Завидово» – уникальной по статусу, управлению, финансированию и охране ООПТ, которая Указом Президента РФ приравнена к национальным паркам и является местом расположения загородной президентской резиденции «Русь».

Несмотря на строгость охраны, госкомплекс, в силу расположения в низовьях Шоши, в принципе не может выполнять ресурсоохранные функции в полном объеме. Объективно вся природная система (Шошинский плес водохранилища, сама река со всеми притоками, леса и болота, флора и фауна), имеющая особое значение для воспроизводства водных ресурсов, подлежит особой охране путем образования НП на территории Тверской и Московской областей в пределах шошинского бассейна.

Заповедник (заповедный участок регионального значения) «Оршинский Мох». Этот крупнейший (более 40 тыс.га) лесо-болотно-озерный комплекс, сохранившийся (кроме юго-западной части) в состоянии, близком к естественному, подлежит особой охране путем образования заповедника. Большое значение имеет то обстоятельство, что Оршинский Мох через реку Созь имеет сток непосредственно в Ивановское водохранилище.

Вышневолоцко-Новоторжский Вал. Это невысокая цепь массивных куполообразных холмов – известняковых ледниковых отторженцев с уникальной кальцифильной флорой, протянувшаяся в направлении, близком к меридиональному, мимо Торжка к Вышнему Волочку на расстояние около 110 км. На одном из обследованных участков площадью в несколько гектаров обнаружено 17 видов орхидей, в том числе таких, как *Ophrys insectifera* L., *Neotinea ustulata* (L.) R.M.Bateman, а популяция *Cypripedium calceolus* L. оказалась представленной многими тысячами особей. Вышневолоцко-Новоторжский Вал подлежит полному тщательному обследованию и особой охране путем образования системы природных заказников и заповедных участков.

Междуречье Граничной, Шлины и Шлинки. Чрезвычайно значимой для сохранения не только природного, но и культурного наследия делают эту территорию уникальное скопление археологических и исторических памятников на реке Шлине в районе озера Глыби в сочетании с прилегающими малонарушенными лесоболотными комплексами, служившими местом базирования попавшей под сокращение ракетной части стратегического назначения. Как и в вышеописанном случае, уникальность территории находится под угрозой в связи со строительством высокоскоростной автомобильной магистрали Москва-С.Петербург. Подлежит особой охране путем образования историко-природного заповедника.

Озеро Верестово. Мелководное озеро с прилегающими заболоченными территориями как место массового скопления перелетных птиц отвечает критериям водно-болотного угодья международного значения, а как естественный рыбопитомник реки Мологи имеет межрегиональное значение для Тверской, Новгородской и Вологодской областей. Необходимо оптимизировать природопользование (охоту, сельское и рыбное хозяйство), а также уровень и гидрохимический режим озера, что требует проведения комплексных научных исследований и образования природного заказника федерального значения.

Этот перечень можно и нужно продолжить. При условии объединения усилий Тверской, Новгородской и Вологодской областей может быть решен вопрос о возрождении и сохранении эталона «средней» реки Мологи длиной 456 км. С учетом этой перспективы необходимо направить усилия на научное обоснование и образование природных заказников на истоках рек, особо охраняемых речных и озерных систем, особо охраняемых береговых линий, а также на инвентаризацию, мониторинг и охрану водных объектов, являющихся местами обитания и произрастания редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных и растений.

Зоны с различной степенью концентрации «краснокнижных» видов

В Красной книге Тверской области (2012) приведены сведения о 217 видах высших живых организмов. Виды, включенные в Красную книгу Тверской области, характеризуются разной степенью изученности, что пока не позволяет репрезентативно представить все группы живых ор-

ганизмов. Для отдельных видов недостаточно данных необходимых для конкретизации лимитирующих факторов и мер охраны. Относительный уровень видового богатства охраняемых видов в основных таксонах различен (от 2% до 56%).

Нами выделены территории, представляющие особый интерес с точки зрения охраны и дальнейшего изучения биоразнообразия.

Пространственный анализ показал, что сравнительно небольшая по площади территория в пределах Тверской области (189 полигонов – 16% от общей площади региона) характеризуется высоким уровнем репрезентативности охраняемого компонента биоразнообразия. На ней представлены все охраняемые в области виды и 1960 их местонахождений.

Целесообразно выделить 33 ключевых объекта. Особой ценностью обладают фрагменты старовозрастных коренных лесов и болотные массивы, экосистемы долинных и озерных ландшафтов, уникальных геоморфологических объектов. Наибольший интерес представляют Заповедная, Тверская, Завидовская, Старицкое Поволжье, Ильинско-Войбутская ключевые территории. Эти территории являются потенциальными элементами единой региональной сети ООПТ. Разработанная ГИС позволяет проводить комплексный анализ охраняемого компонента биоразнообразия и создает базу для мониторинговых наблюдений.

Выводы.

1. Выполнен анализ территории региона Верхневолжья. Установлены факторы, определяющие уникальность региона в географическом, климатическом, экологическом, социо-экономическом, биологическом и др. отношениях. На Валдайской возвышенности, находятся истоки Волги, Западной Двины (Даугавы) и рек бассейна Невы и Днепра, природные экосистемы области – основной источник питьевого водоснабжения Московской агломерации. Природное разнообразие, обусловленное межзональным расположением (от темнохвойной тайги до широколиственных лесов с массивами верховых болот и фрагментами остепненных лугов), сложным разновозрастным рельефом (здесь проходит граница Валдайского оледенения), природные достопримечательности, географическое положение между Москвой и С.-Петербургом определяют нашей области роль хранилища биоразнообразия, «экологического зонтика» Москвы и узлового участка экологического каркаса Центра Русской равнины, сильное рекреационное давление на экосистемы области со стороны Московской агломерации (окрестности оз. Селигер, Иваньковское водохранилище, оз Кафтино, оз. Бросно, оз. Сиг и др.), по территории области проходит большое количество стратегических коммуникаций (водные, железнодорожные, автомобильные и линейные трубопроводы), наличие в регионе (как международная так и внутрироссийская) объектов оборонной инфраструктуры и атомной энергетики, рекреация и политическая активность высших должностных лиц государства.
2. Разработана концепция моделирования геоэкологического пространства в интересах сохранения биоразнообразия, включающая основные понятия, принципы и описание системы модельно-методического аппарата описания и анализа региональной экосреды. Концепция отличается определением ориентированных на территориальные экологические оценки пространственных геоэкологических категорий, оригинальным составом системы критериев и принципов геомоделирования в системе территориального экологического контроля, которые обеспечивают переход от статических к наглядным динамическим формам представления ситуационных и оценочных экоданных, а также интеграцию разнородной геоинформации в единую информационную модель биоразнообразия региона.
3. Исследована геоэкологическая каркасная (базисная) модель представления и оценки природных резерватов биологического разнообразия региона (применительно к территории Тверской области), которая отличается переходом от каркасного представления экоситуации к экологическому базису территории, включающему ряд оригинальных пространственных категорий (инверсный узел, рекреационный потенциал, линия территориальной нагрузки, терминальный рубеж и др.). Это обеспечивает активность данных экологической обстановки, адекватность реальных территориальных явлений их отображению в сценариях региональных экологических процессов.
4. Разработана методика использования каркасной геоэкологической модели для построения оценочного аспекта функционирования биосистем природных и культурных ландшафтов

Тверской области. отличается балансовыми критериями отнесения ячеек базовой сети к сохранностно-ценностным или нарушено-дезорганизованным типам территории, что позволяет строить интегральные оценочные территориальные распределения и вырабатывать рекомендации по устойчивому природопользованию в регионе.

5. Направления дальнейших исследований представляются на путях дальнейшей содержательно-структурной детализации категорий экологического базиса территории, снижения фактора субъективности процедур геоэкологического анализа территории, учет роли «зарамочной» экологической ситуации в алгоритмах оценки обстановки, интеграция с международными базами данных в области охраны редких видов (NATURA, Emerald, Wetlands и др.).

Публикации автора по теме диссертации

А. работы, включенные в реферативную базу данных Scopus

1. Andrey G. Kostianoy, Stefano Vignudelli, DanLing Tang, Pavel Kravchenko. Joint COSPAR and WMO Capacity Building Workshop on Satellite Remote Sensing, Water Cycle and Climate Change, 20 July – 1 August 2014, Tver State University, Tver, Russia // Space Research Today, Volume 191, December 2014, Pages 99-102
2. Ernesto Lopez-Baeza, Jerome Benveniste, Stephan Bojinski, Jean-Louis Fellous, A. Geraldo Ferreira, Nadine Gobron, Aaron Janofsky, Andrey Kostianoy, Pavel Kravchenko, Pierre-Philippe Mathieu, Oleg Pokrovsky, Zongbo Su, Stefano Vignudelli etc COSPAR Capacity Building Training Courses on Earth Observation Understanding of the Water Cycle // 2nd COSPAR Symposium Brazil – 2015 (9-15 November, 2015). (в печати)

Б. Работы, опубликованные в научных журналах из рекомендованного ВАК Минобрнауки РФ перечня

3. Дементьева С.М. Кравченко П.Н. Курочкин С.А. К изучению макромицетов Бологовского района // Вестник ТвГУ сер. Биология и экология, 2007 вып. 6, № 22 (50) с. 141 – 144.
4. Биденко С.И., Зиновьев А.В., Кравченко П.Н. Концепция геопространственного представления и анализа экологической ситуации в регионе // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология, 2015. – Т. 2. – С. 133-143.
5. Биденко С.И., Зиновьев А.В., Кравченко П.Н. Геопространственное представление территориальных экологических систем // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология, 2015. – Т. 2. – С. 144-153.
6. Биденко С.И., Шилин М.Б., Кравченко П.Н. Концепция моделирования геоэкологической ситуации // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета № 39. Научно- теоретический журнал. – СПб: РГГМУ, 2015. – № 39. – С. 157-165.
7. Биденко С.И., Шилин М.Б., Кравченко П.Н. Геопространственное структурирование экологической ситуации региона // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета № 40. Научно-теоретический журнал. – СПб.: РГГМУ, 2015. – № 40. – С. 174-183.
8. Биденко С.И., Кравченко П.Н., Сердитова Н.Е., Шилин М.Б. Геоэкологический базис территории как инструмент оценки благополучия региона // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета № 41. Научно-теоретический журнал. – СПб.: РГГМУ, 2015. – № 41. – С. 174-183. (в печати)
9. Биденко С.И., Зиновьев А.В., Кравченко П.Н., Сердитова Н.Е. Использование экологического каркаса Тверской области в интересах сохранения видового богатства // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология, 2015. – Т. 2. – С. 144-153.

В. Монография:

Биденко С.И., Сердитова Н.Е., Кравченко П.Н. Регулирование и управление в социуме: территориальный эколого-экономический аспект: *Монография*. – Тверь: Изд-во ТвГУ, 2015. – 387 с.

Г. Другие публикации:

10. Кравченко П.Н., Тюсов А.В., Пушай Е.С., Дмитриева Т.А. Некоторые особенности проведения производственно-экологического мониторинга магистральных газопроводов (на примере строительства объекта газопровод-отвод «Псков-Пыталово» // Симбиоз-Россия 2011: Материалы IV Всероссийского с международным участием конгресса студентов и аспирантов-биологов, Воро-

- неж, 23-27 мая 2011 г.: в 2 т./ Воронежский государственный университет, Всероссийская биологическая ассоциация «Симбиоз-Россия». – Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2011, т. 2, стр. 91-93
11. Кравченко П.Н., Кириллова Т.М., Кравченко Е.В. Некоторые особенности организации образовательного пространства в объектах природного наследия (на примере Тверской области) // Седьмые Курдюмовские чтения «Синергетика в естественных науках»: Материалы Международной междисциплинарной научной конференции с элементами научной школы для молодежи. – Тверь: Твер. гос. ун-т, 2011, стр. 223-226
 12. Кравченко П.Н. Мониторинг и охрана старинных парков в Тверской области. // Русская усадьба XVIII — начала XXI вв. Проблемы изучения, реставрации и музеефикации: материалы научной конференции, Ярославль, 1-2 июля 2010 года / Государственный литературно-мемориальный музей-заповедник Н.А. Некрасова «Карабиха»; сост. Е.В. Яновская. — Ярославль, 2010. Стр. 85-87.
 13. Кравченко П.Н. Некоторые подходы к изучению и охране старинных усадебных парков в Тверской области. // Сборник тезисов III Всероссийского с международным участием конгресса студентов и аспирантов-биологов «Симбиоз-Россия 2010». — Нижний Новгород, 2010. Стр. 22-23.
 14. Кравченко П.Н. Оценка рекреационного потенциала старинных усадебных парков Тверской области // Материалы VIII научной конференции студентов и аспирантов, апрель 2010 года: Сб. ст. — Тверь: Твер. гос. ун-т, 2010. Стр. 30-33
 15. Кравченко П.Н. Сумчатые грибы антропогенно-нарушенных территорий окрестностей г. Твери // Материалы научной конференции студентов и аспирантов апрель 2006 года. – Тверь, 2006. с. 26-27.
 16. Кравченко П.Н. Черноиванов О.Ю. К изучению детского парка при дворце творчества детей и молодежи. // Материалы VI научной конференции студентов и аспирантов. — Тверь. 2008. с.31-35.
 17. Кравченко П.Н., Марьяшова С.А., Алексеева И.А. Памятник природы «Парк Чистое» // Материалы VII научной конференции студентов и аспирантов, апрель 2009 года: Сб. ст. — Тверь: Твер. гос. ун-т, 2009. с. 82-86.
 18. Важнова М.Ю., Герасина А.С., Максимова К.С., Шумилова С.В., Кравченко П.Н., Батулина Н.В., Репаративные свойства льняного масла при алкогольном гастрите // Симбиоз-Россия 2014 : материалы VII Всероссийского конгресса молодых биологов, Екатеринбург, 6–11 октября 2014 г. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. Стр. 280-281.
 19. Кравченко П.Н. Сорокин А.С., Биденко С.И., Тюсов А.В., Пушай Е.С., Кириллова Т.М. Формирование экологической сети как основа сохранения ландшафтного и биологического разнообразия Тверской области // «Зеленый журнал – Бюллетень Ботанического сада Тверского государственного университета» = «Green Journal – Bulletin of the Botanical Garden of Tver State University» [Электронный ресурс]: научный журнал. URL http://garden.tversu.ru/documents/zeleniy_jurnal/vipuski/zeleniy_jurnal_1_ru.pdf, Дата обращения 01.02.2015 г.– Тверь: Изд-во ТвГУ, 2014. - №1 стр 65-71
 20. Раздел «Высшие растения» \\ Красная книга Тверской области / отв. ред. А.С. Сорокин, А.В. Зиновьев, Е.С. Пушай, А.В. Тюсов. [Электронный ресурс] Тверь.: Министерство природных ресурсов и экологии Тверской области. 2012. 376 с. URL: http://mpr-tver.ru/images/red_book_2013.pdf (рукопись).

Г. Авторские свидетельства, патенты, полезные модели

21. База данных источников потенциальных угроз биологическому разнообразию от хозяйствующих субъектов Тверской области [Электронный ресурс] / Сорокин А.С., Тюсов А.В., Пушай Е.С., Кравченко П.Н., Кириллова Т.М., свидетельство ФИПС от 20.06.2013 № 2013620459, 27.4 Мб.