

На правах рукописи



ВЛАДИМИРОВ Игорь Николаевич

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ГЕОСИСТЕМ
БАЙКАЛЬСКОЙ СИБИРИ**

Специальность 25.00.36 – Геоэкология
(науки о Земле)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
доктора географических наук

Иркутск – 2020

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук

Официальные оппоненты:

Доктор географических наук **Хорошев Александр Владимирович** (профессор кафедры физической географии и ландшафтоведения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», г. Москва).

Доктор географических наук, профессор **Мирзеханова Зоя Гавриловна** (главный научный сотрудник лаборатории оптимизации регионального природопользования, обособленное подразделение – Институт водных и экологических проблем ДВО РАН Федерального государственного бюджетного учреждения науки Хабаровский Федеральный исследовательский центр ДВО РАН, г. Хабаровск).

Доктор биологических наук **Воронин Виктор Иванович** (директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН, г. Иркутск).

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской академии наук (г. Владивосток)

Защита состоится «25» июня 2020 г. в 14 часов на заседании диссертационного совета Д 003.008.01 по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора географических наук при Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук (ИВЭП СО РАН) по адресу: 656038, Алтайский край, г. Барнаул, ул. Молодежная, д.1. Факс: (3852) 24-03-96. E-mail: iwep@iwep.ru

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института водных и экологических проблем СО РАН и на сайте организации <http://iwep.ru>.

Автореферат разослан « » _____ 2020 г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направлять по адресу Института на имя учёного секретаря Совета.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 003.008.01,
кандидат географических наук, доцент



Рыбкина И.Д.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность диссертации. Байкальская Сибирь расположена на юге Восточной Сибири, в центральной части субконтинента Северной Азии и в административном плане включает территории трех субъектов Российской Федерации: Иркутской области, Республики Бурятия и Забайкальского края (рисунок 1).

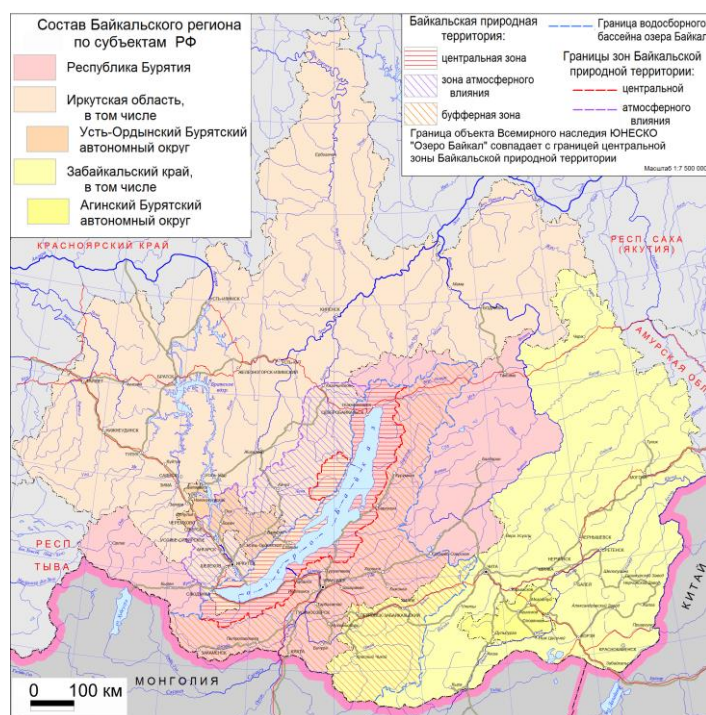


Рисунок 1. Географическое положение Байкальской Сибири с административным делением.

Этот уникальный в природно-ландшафтном отношении регион, вмещающий Предбайкалье и Забайкалье [Попов, 1955; Герасимов, 1965, Малышев, Пешкова, 1984; Пешкова, 1972, 1985], сформировался на стыке трех физико-географических областей – Среднесибирской, Южносибирской и Байкало-Джугджурской.

Современный природный экологический потенциал геосистем Байкальской Сибири во многом определяется особенностями проявления ландшафтообразующих процессов на территории, в центре которой находится озеро Байкал, являющееся участком Всемирного природного наследия ЮНЕСКО.

Байкальский регион обладает громадными запасами различных природных ресурсов, промышленное освоение которых непрерывно возрастает, формируя сложные экологические проблемы. Низкий потенциал устойчивости геосистем этого региона к антропогенным нарушениям, замедленные процессы самовосстановления, определяющиеся суровостью природных условий, создают большое количество экологических ограничений в области природопользования, связанные с качеством окружающей среды и экологической безопасностью населения, с сохранением биологического разнообразия территорий, а также с формированием основ их устойчивого эколого-экономического развития [Экологический..., 2015; Владимиров, 2018].

Необходимость экологической оптимизации природопользования в Байкальской Сибири определяется еще и тем, что основная часть этого региона относится к Байкальской природной территории, на которой экологическая регламентация природопользования определяется Федеральным законом «Об охране озера Байкал» [Федеральный закон от 01.05.1999 № 94-ФЗ].

Основной целью экологизации природопользования в настоящее время является создание условий для гармоничного, сбалансированного развития природы, общества и экономики. Особый акцент должен быть сделан на признании приоритетности для общества жизнеобеспечивающих функций геосистем перед прямым использованием ее ресурсов при соблюдении баланса потребностей населения и экологическом благополучии. В этих условиях экологическая оптимизация природопользования на основе учета экологического потенциала геосистем является основной парадигмой политики природоохранной деятельности в Байкальской Сибири, что позволит обеспе-

чить учет баланса экологических и экономических интересов общества, создать научные предпосылки для разработки правовых природоохранных норм, экономических расчетов, научного и информационно-аналитического обеспечения охраны окружающей среды и экологической безопасности.

Степень разработанности темы исследования. В географической науке существует несколько терминов, связанных с понятием «потенциал» – природно-ресурсный потенциал, природный потенциал, ресурсный потенциал, экологический потенциал, потенциал территории, природно-экономический потенциал и т.д.

Понятие «природный потенциал ландшафта» было впервые сформулировано Н.А. Солнцевым: «...те внутренние возможности, которые уготованы в ландшафте самой природой...» [1948, с. 267]. В последующие годы природному потенциалу было посвящено много работ отечественных и зарубежных ученых. Понятие «природно-ресурсный потенциал территории» относится к ключевым концепциям географии природных ресурсов, геоэкологии и природопользования. Появление понятия природно-ресурсного потенциала территории было связано с проблемой различной обеспеченности экономических районов природными ресурсами и необходимостью поиска интегрального показателя, позволяющего сравнивать их между собой. Основная сущность и содержание концепции природно-ресурсного потенциала разработаны в трудах Ю.Д. Дмитриевского [1962], А.А. Минца [1972, 1973], Б.М. Ишмуратова [1979], Ю.П. Михайлова [1980], Г.А. Приваловской, Т.Г. Руновой [1980], В.П. Руденко [1980], А.И. Чистобаева [1980], П.Я. Бакланова [2000], И.Н. Волковой, Г.А. Приваловской, [2004], И.Ю. Новоселовой [2009] и др.

Природно-ресурсный потенциал в определенном смысле можно рассматривать как сочетание природного и экологического потенциала. Между этими понятиями существует некоторое пересечение, поскольку определенные виды природных ресурсов выполняют как экологические, так и производственные функции. Однако, в структуру экологического потенциала входят не только природные ресурсы, но и природные условия, в ряде случаев – все они рассматриваются как экологические факторы.

Экологический потенциал ландшафта рассматривается в качестве фундаментального понятия экологической географии и географической теории взаимодействия человека и природы. Первые детальныe исследования и научное обоснование экологического потенциала ландшафтов принадлежат А.Г. Исаченко [1988, 1991, 1992]. В настоящее время существует несколько определений экологического потенциала, но все они, в основном, сводятся к пониманию его как совокупности природных условий, необходимых для жизни и воспроизводства населяющих данную территорию организмов [Голубець, 2000; Гавриленко, 2008; и др.]. Такие определения исходят из антропоцентрического подхода, базирующегося на требованиях человека к качеству среды обитания и ориентирующегося на потенциальную полезность природных объектов для человека и удовлетворения его потребностей.

Суть природоцентрического подхода состоит в необходимости сохранения живой природы в целом. Подход к оценке экологического потенциала зависит от цели исследований. Если оценка проводится для определения влияния окружающей природной среды на благополучие человека или его хозяйственную деятельность, то используются критерии, которые описывают возможные последствия этого влияния (антропоцентрический подход). Когда оценка направлена на определение качества самой природной среды, то основными критериями выступают показатели состоя-

ния компонентов геосистем и их функциональных связей (природоцентрический подход).

Цель исследований. Разработка научно-методологических основ оценки экологического потенциала геосистем, развитие геоинформационных методов оценки и моделирования динамики, экологического потенциала геосистем, в том числе при их нарушенности, разработка методов прогнозно-динамического картографирования геосистем, а также предложений по оптимизации природопользования на основе учета экологического потенциала геосистем, на примере Байкальского региона.

В соответствии с поставленной целью в работе были решены следующие **задачи**:

1. Уточнить понятие экологического потенциала геосистем.
2. Определить природную сущность и социальную значимость экологического потенциала геосистем как основы рационального природопользования.
3. Проанализировать историю эволюционных процессов природной среды Байкальской Сибири в голоцене; установить особенности структурно-функциональных внутренних и внешних связей геосистем, сформировавшиеся в ходе эволюции и определяющие их дальнейшее естественное развитие и формирование природного экологического потенциала.
4. Разработать и реализовать методику прогнозно-динамического картографирования лесной растительности на различных уровнях организации геосистем, показать возможности вариантных расчетов для оценки воздействия планируемых хозяйственных мероприятий на природную среду.
5. На основе методов ландшафтно-интерпретационного картографирования создать прогнозно-динамические карты типов леса на территорию ключевого участка в Северном Приангарье на период 50 и 100 лет.
6. Рассмотреть применение различных алгоритмов классификаций геоизображений при геоинформационном моделировании современного состояния лесной растительности геосистем; доказать невозможность заблаговременного выбора алгоритма с позиций соотношения точности классификации и полноты данных.
7. Провести геоинформационное моделирование восстановительных сукцессий лесов на бывших сельскохозяйственных землях в Забайкалье. Выполнить картографический анализ динамики категорий земель за последние сто лет на основе анализа карт, составленных Корпусом военных топографов, и данных дистанционного зондирования (Landsat MSS, Landsat 5 TM).
8. Составить карту геосистем Байкальской Сибири в обзорно-справочном масштабе, опирающуюся на принципы многоступенчатой регионально-типологической и структурно-динамической классификации геосистем, предложенных академиком В.Б. Сочавой.
9. Провести анализ природных и антропогенных источников негативного воздействия на геосистемы Байкальской Сибири, факторов, ограничивающих хозяйственную деятельность в Прибайкалье, что позволит оценить в пространственном аспекте остроту экологической ситуации в Прибайкалье.
10. Для организации исследований экологического потенциала, факторов и условий, оказывающих влияние на его формирование, и расчета интегрального показателя выполнить GRID-моделирование экологического потенциала геосистем Байкальской Сибири.
11. На основе анализа государственной политики в области экологического развития Российской Федерации и правового регулирования в области природопользо-

вания в Байкальском регионе продемонстрировать формирование определенной экологической политики в отношении охраны озера Байкал и Байкальской природной территории (БПТ).

12. Исходя из опыта территориального планирования центральной экологической зоны БПТ, с применением методического аппарата ландшафтного планирования разработать предложения по оптимизации природопользования в Прибайкалье, сочетающих в себе принципы устойчивого развития.

Общий алгоритм исследования представлен на рисунке 2:

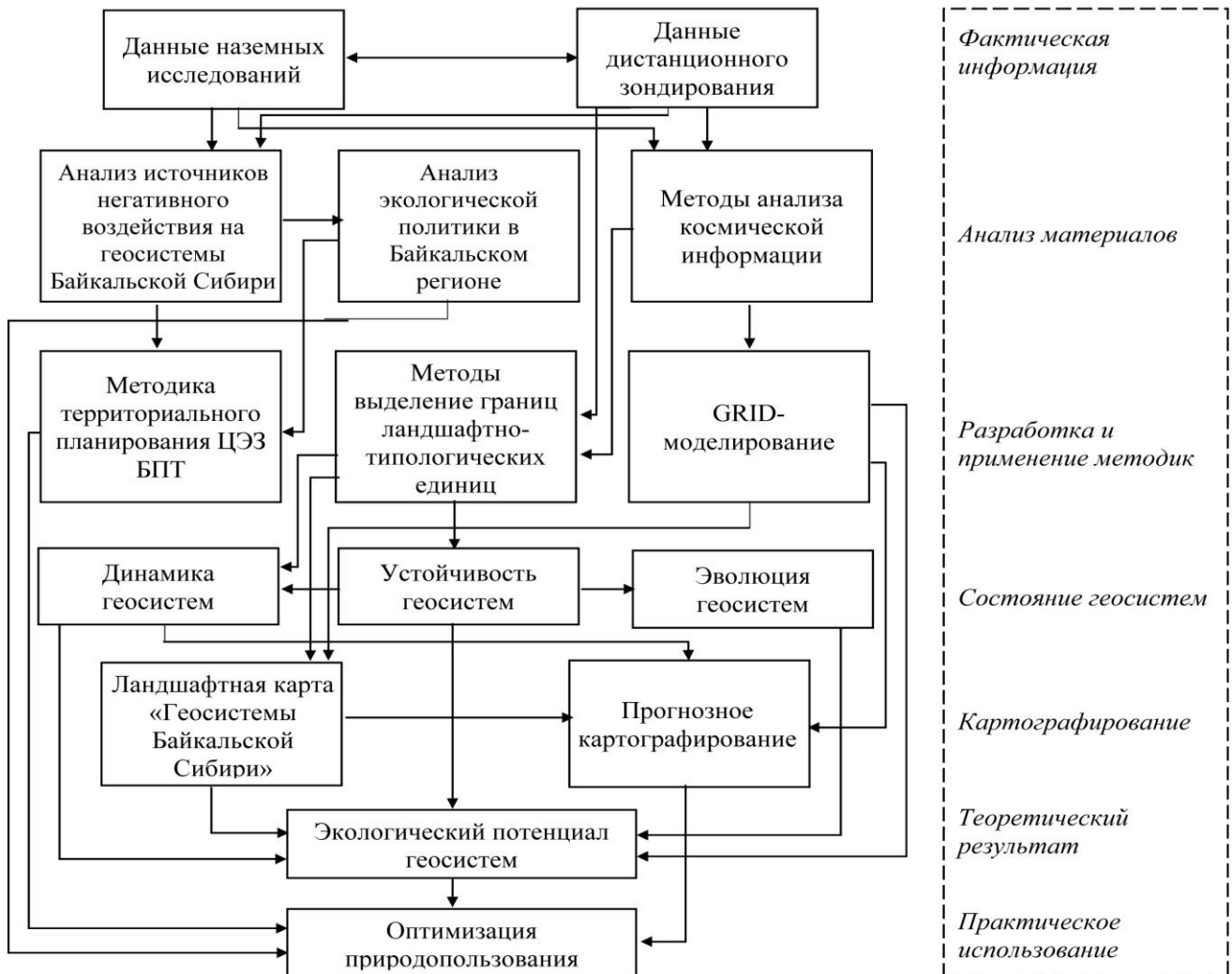


Рисунок 2. Блок-схема диссертационной работы с указанием последовательности решения поставленных задач.

Объект исследования – территория Байкальской Сибири.

Предметом исследования является экологический потенциал геосистем как основа рационального природопользования.

Материалы исследования. Работа выполнена с использованием материалов, собранных автором во время полевых экспедиционных исследований, проведенных в регионе с 1999 по 2019 годы, с привлечением фондовых лесотаксационных, почвенных, геологических материалов; данных дистанционного зондирования различного пространственного разрешения. Использовалась информация аэровизуальных наблюдений, в том числе полученная в ходе совместных полетов с сотрудниками государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос».

Научная новизна.

1. Предложена новая трактовка понятия «экологический потенциал» с геосистемных позиций на основе конструктивного объединения природоцентрического и антропоцентрического подходов, с основным акцентом на первый, предполагающего выявление сути природных процессов и объектных отношений между компонентами геосистем и раскрывающего предельные возможности геосистем в течение длительного времени поддерживать нормальное воспроизводство и развитие биоты и человека.

2. На основе синтеза данных дистанционного зондирования высокого и среднего пространственного разрешения, цифровой модели рельефа, цифровых данных о состоянии растительности и климата создана ландшафтная карта Байкальской Сибири, отображающая структурно-динамическое разнообразие геосистем региона в системах географо-генетических пространственных структур с выявлением основных факторов, определяющих природный экологический потенциал геосистем.

3. С помощью разработанных методов, учитывающих эволюционно-генетический и динамический статус, функции, состояние структурных компонентов геосистем, степень их нарушенности и показатели устойчивости к антропогенным воздействиям, созданы специальные (оценочные, индикационные, ресурсные, прогнозные) карты, отражающие состояние экологического потенциала геосистем.

4. Для определения устойчивости геосистем Байкальского региона ранга геомов рассчитаны количественные показатели характеристик геосистем и установлены диапазоны значений (оптимальный, субоптимальный, пессимальный), в пределах которых геосистема способна сохранять характерные для нее структурные и функциональные особенности.

5. Предложена и апробирована методика геоинформационного моделирования лесной растительности геосистем, предполагающая совместное использование индексов NDVI и NDWI, цифровой модели рельефа и методов алгебры логики (дерево решений).

6. Проведена картографическая оценка антропогенной нарушенности растительности геосистем Байкальской Сибири на основе данных об очагах нарушений, полученных по материалам дистанционного зондирования и по информации о типах растительного покрова ESA GlobCover 2009.

7. Предложен новый подход к изучению и картографированию восстановительных сукцессий залежных земель с использованием разновременных значений NDVI на основе снимков высокого разрешения и материалов экспедиционных исследований.

8. Дана количественная оценка вертикального и горизонтального сдвига верхней границы леса на Байкальском хребте за последние полвека, связанного с возможными последствиями глобального изменения климата.

9. Впервые проведена оценка экологического потенциала геосистем Байкальской Сибири с использованием GRID-моделирования и метода анализа иерархий.

10. На основе анализа природных и антропогенных источников негативного воздействия на геосистемы Байкальской Сибири выполнена оценка пространственного изменения условий природной среды, вызывающих ухудшение нормальных условий жизнедеятельности и здоровья людей, истощение или утрату природных ресурсов, снижение или утрату средо- и ресурсоформирующих свойств геосистем, и, соответственно, их экологического потенциала.

11. На основе опыта территориального планирования и научного обоснования экологической допустимости размещения объектов хозяйственной деятельности в

ЦЭЗ БПТ с использованием методического аппарата ландшафтного планирования разработаны конкретные мероприятия по оптимизации природопользования в Байкальской Сибири, базирующиеся на учете экологического потенциала геосистем региона.

Практическое значение и внедрение. На значительной части Байкальской Сибири расположена Байкальская природная территория. Хозяйственная деятельность на территории регламентируется Законом РФ «Об охране озера Байкал». Результаты исследования экологического потенциала геосистем являются необходимой основой для рационального природопользования в регионе, с соблюдением всех экологических норм и правил, направленных на сохранение уникальной экологической экосистемы оз. Байкал, качества окружающей природной среды и биологического разнообразия Байкальской Сибири. Актуальным данный аспект становится в связи с активизацией хозяйственной деятельности, особенно в зоне Байкало-Амурской магистрали, размещением сельскохозяйственных объектов, а также при формировании новых зон рекреации.

Авторские материалы, карты, предложения, разработанные в диссертации, по оптимизации природопользования в Байкальской Сибири на основе учета экологического потенциала, устойчивости геосистем использованы при разработке «Экологически ориентированного планирования землепользования в Байкальском регионе (дельта Селенги)» (2002), «Концепций и генеральных планов гг. Иркутск, Шелехов» (2003); государственного контракта на создание и постановку научно-технической продукции для федеральных нужд «Анализ современного использования территории и ограничений для разработки проекта схемы территориального планирования центральной экологической зоны Байкальской природной территории» (2008–2010), научно-исследовательской работе по реализации федеральной целевой программы «Охрана озера Байкал и социально-экономическое развитие Байкальской природной территории на 2012–2020 годы» по теме «Научное обоснование экологической допустимости размещения объектов хозяйственной и иных видов деятельности в центральной экологической зоне Байкальской природной территории» (2015–2016).

Автор диссертации был научным руководителем и ответственным исполнителем более 30 научно-производственных отчетов по вопросам экологического сопровождения различных хозяйственных объектов на территории Иркутской области, Республики Бурятия, Республики Саха (Якутия) (месторождения полезных ископаемых, трубопроводы, объекты научной инфраструктуры, рекреационной деятельности и т.п.).

Методология и методы исследований. Методология базируется на общей теории систем, на основных ландшафтных и геосистемных концепциях. Используются принципы устойчивого природопользования, эколого-хозяйственной оптимизации и др. В качестве теоретико-методологической основы работы были использованы идеи и положения учения о геосистемах В.Б. Сочавы, теоретического и практического опыта разработок в области системных исследований географической среды (А.Д. Арманда, А.В. Белова, И.П. Герасимова, А.Г. Исаченко, А.А. Крауклиса, Ю.Г. Пузаченко, Ю.М. Семенова, Н.А. Солнцева, А.А. Тишкова, А.К. Тулохонова, А.К. Черкашина и др.).

Специальная ландшафтная и геоботаническая информация, настоящей работы, кроме собственных авторских исследований, подкреплена данными по растительному покрову региона из работ Л.И. Малышева [1965, 1972], Г.А. Пешковой [1972, 1985, 2001], Л.В. Попова [1982], А.П. Софронова [2015]. Источником информации по эволюции природного процесса в голоцене послужили публикации Е.В. Безруковой,

В.А. Беловой, Е.П. Тарасова и др. [Белова, 1975, 1985; Безрукова, Белов, 2010; 2013; Безрукова и др., 2014; Bezrukova et al., 2008, 2010; Tarasov et al., 2007, 2009].

В работе использовались классические методы комплексных географических исследований, математического моделирования, статистического анализа данных, сравнительно-географический и историко-картографический метод, а также полевые маршрутные и аэровизуальные наблюдения в сочетании с обобщением значительного массива литературных материалов. Широко применялись современные методы геоинформационного картографирования и моделирования, обработки и анализа ДДЗ.

Защищаемые положения

1. Представление об экологическом потенциале геосистем, которое опирается на конструктивное объединение двух подходов к его оценке – природоцентрического и антропоцентрического, с основным акцентом на первый, – позволяет выявить важнейшие интегральные свойства геосистем, обеспечивающие рациональное экологически ориентированное природопользование и предупреждение экологических рисков.

2. Универсальное ландшафтное картографирование, базирующееся на принципах структурно-динамической и типологической классификации геосистем, является эффективным методом изучения и моделирования пространственно-временной организации геосистем, выявления и оценки экологического потенциала.

3. Выявление, оценка и прогнозирование экологического потенциала геосистем образуют единый многоступенчатый процесс географического прогнозирования, объединенный концепцией учения о геосистемах и общей целью формирования научного обоснования экологически ориентированного природопользования в регионе с учетом его природно-географических особенностей.

4. Прогнозно-динамическое моделирование геосистем и их компонентов позволяет комплексно учитывать структурные и функциональные динамические проявления в геосистемах при разработке основных мероприятий по оптимизации природопользования и сохранению качества природной среды.

5. Многоэтапные картографические исследования включаются в единую систему географического прогнозирования и создают новую фундаментальную научную базу для разработки рекомендаций по оптимизации природопользования в Прибайкалье в рамках реализации государственной экологической политики.

Личный вклад автора. В диссертационной работе приводятся результаты многолетних исследований, выполненных автором лично, при его участии или под его руководством. Автору принадлежат: выбор направления исследования, определение цели и постановка задач исследования, аналитический обзор литературы, разработка методов изучения и моделирования пространственно-временной организации геосистем и их экологического потенциала, геоинформационное обеспечение моделирования, анализа и прогнозирования экологического потенциала и динамики геосистем, руководство и участие в исследованиях по апробации теоретических и методологических положений, формулировка выводов. Результаты исследований, проведенных в соавторстве с другими исследователями и касающиеся в основном апробации ряда положений диссертации на конкретных участках, включены в диссертацию только при наличии совместных публикаций.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов исследования обеспечивается применением современных способов обработки и ана-

лиза фактического материала, рекомендованных для ландшафтных и геоэкологических исследований, а также системным подходом к изучению объекта.

Исходные материалы получены в результате работ автора по темам НИР лабораторий аэрокосмических методов исследования, физической географии и биогеографии Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН с 1999 г. по 2019 г.

Автор руководил грантами Президента РФ № МК-862.2009.5 «Моделирование и прогнозирование динамики геосистем: синтез методов математического моделирования, дистанционного зондирования и геоинформатики», МК-3704.2011.5 «Динамика геосистем Прибайкалья в изменяющихся природных и экономических условиях», РФФИ 01-05-06226_мас «Системный анализ динамики лесных ресурсов Иркутской области (моделирование естественной и антропогенной динамики)», РФФИ № 05-05-97284_байкал «Параметрическая идентификация системы математических моделей управления лесными ресурсами Байкальского региона», РФФИ № 14-45-04097_сибирь «Динамика растительности геосистем Предбайкалья под воздействием меняющихся природных и антропогенных факторов», РФФИ № 17-29-05089_офи_м «Экологический потенциал геосистем бассейна озера Байкал как основа оптимизации природопользования в регионе», РГО № 11/2015-Р «Байкальская географическая экспедиция». Был ответственным исполнителем проектов РФФИ № 99-05-64075, 02-05-65054, 08-07-98005_сибирь, 12-05-00325, 13-07-12080_офи_м.

Материалы диссертации проходили апробацию более чем на 80 международных и всероссийских конференциях, симпозиумах, конгрессах, среди которых следует отметить: Интеркарто 6: ГИС для устойчивого развития территорий (Апатиты, 2000); Экология ландшафта и планирование землепользования (Иркутск, 2000); XI научное совещание географов Сибири и Дальнего Востока (Иркутск, 2001); Сибирская региональная ГИС-конференция (Иркутск, 2002); XI IBFRA “Boreal Forests and Environment: Local, Regional and Global Scales” (Красноярск, 2002); Природно-ресурсный потенциал Азиатской России и сопредельных стран: пути совершенствования использования (Иркутск, 2002); VII научная конференция по тематической картографии “Картографическое и геоинформационное обеспечение управления региональным развитием” (Иркутск, 2002); Дистанционное зондирование поверхности земли и атмосферы (Иркутск, 2003); Интеркарто 9: ГИС для устойчивого развития территорий (Новороссийск, Севастополь, 2003); Математические и информационные технологии в энергетике, экономике, экологии (Иркутск, 2003); ИнтерКарто/ИнтерГИС 10: устойчивое развитие территорий: геоинформационное обеспечение и практический опыт” (Владивосток, Чаньчунь (КНР), 2004); Научные чтения, посвященные 100-летию со дня рождения академика В.Б. Сочавы (Иркутск, 2005); Третья интеграционная междисциплинарная конференция молодых ученых СО РАН и высшей школы (Иркутск, 2005); 9th International Symposium on Physical Measurements and Signatures in Remote Sensing (Beijing, China, 2005); The 2nd International Conference on the West Development and Sustainable Development (Urumqi, China, 2005); XIII научное совещание географов Сибири и Дальнего Востока (Иркутск, 2007); ИнтерКарто/ИнтерГИС-16. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: (Ростов-на-Дону, Зальцбург (Австрия), 2010); International Conference on Environmental Observations, Modeling and Information Systems ENVIROMIS-2010 (Томск, 2010); Приоритеты и особенности развития Байкальского региона (Улан-Удэ, 2011); XIV совещание географов Сибири и Дальнего Востока (Владивосток, 2011); International Forum on Regional Sustainable Development of North-east and Central Asia (Beijing, China, 2011); International conference on Applied Internet

and Information Technologies IAИТ 2013 (Zrenjanin, Serbia, 2013); 37th International Convention Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO 2014) (Opatija, Croatia, 2014); XV совещание географов Сибири и Дальнего Востока (Улан-Удэ, 2015); International Geographical Union Regional Conference: Geography, culture and society for our future Earth (Moscow, 2015); The First Sino-America Land Engineering Cooperation Conference (Xian, China, 2016); Запад и Восток: пространственное развитие природных и социальных систем (Улан-Удэ, 2016); The Academic Seminar between V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS and Lanzhou University of Finance and Economics (Lanzhou, China, 2016); The 33rd International Geographical Congress (Beijing, China, 2016); Сессия Объединенного научного совета по фундаментальным географическим проблемам при МААН и Научного совета по фундаментальным географическим проблемам РАН (Кострома, 2015; Улан-Удэ, 2016; Оренбург, 2017; Минск, 2019); The First International Conference on Environmental Science and Technology - EST2017 (Ulaanbaatar, Mongolia, 2017); The 4th International Conference of Resources, Environment and Regional Sustainable Development in Northeast Asia (Changchun, China, 2018); Международная географическая конференция «Экономический коридор «Китай-Монголия-Россия»: географические и экологические факторы и возможности территориального развития» (Иркутск, 2018); International Conference on Ecological Risk and Sustainable Development of China-Mongolia-Russia Economic Corridor (Beijing, China, 2018), Second International Science Forum of National Scientific Organizations on the Belt and Road Initiative (Beijing, China, 2018), The 2nd Think Tank Forum of the International Scientists Union for the Belt and Road (Beijing, China, 2019). Работа апробировалась на заседаниях Ученого совета, Научных сессиях и семинарах Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Научной сессии Иркутского научного центра СО РАН.

Публикации. Непосредственно по теме диссертации опубликовано более 140 научных работ. Из них: 8 коллективных монографий, 13 статей в рецензируемых журналах, рекомендуемых ВАК, 14 публикаций, включенных в базы данных WoS и Scopus. В автореферате приведен список из 70 наиболее значимых публикаций.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, 3 приложений и списка литературы из 494 наименований. Общий объем работы составляет 409 страниц текста, 92 рисунка, 4 таблицы.

Автор выражает глубокую признательность и благодарность научному консультанту д.г.н. А.В. Белову, д.г.н., проф. В.М. Плюснину, д.г.н., проф. А.К. Черкашину, д.г.н., проф. В.Б. Выркину, д.г.н., проф. А.Б. Иметхенову, д.г.н., проф. Ю.М. Семенову, к.г.н. А.В. Бардашу, к.г.н. В.Н. Богданову, к.г.н. Д.В. Кобылкину, к.г.н. С.И. Лесных, к.г.н. М.Ю. Опекуновой, к.т.н. А.К. Поповой, к.г.н. А.А. Сороковому, к.г.н. А.П. Софронову, к.т.н. Е.А. Черкашину, к.г.н. А.И. Шеховцову за ценные замечания и рекомендации по содержанию отдельных глав и общему характеру работ, а также действенную помощь при ее подготовке.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **ВВЕДЕНИИ** обоснована актуальность темы, указаны цель, задачи, предмет и объект исследования, изложены научная новизна и практическая ценность работы, определен личный вклад автора, приведены основные положения и результаты исследований, выносимые на защиту.

ГЛАВА 1 посвящена теоретическим вопросам изучения экологического потенциала геосистем. Рассмотрены понятие самого термина «потенциал», определения природно-ресурсного потенциала, природного потенциала, ресурсного потенциала,

экологического потенциала, природно-экономического потенциала. Раскрыта природная и социальная сущность экологического потенциала как основы рационального природопользования.

Байкальская Сибирь – актуальный регион исследования экологического потенциала геосистем, с относительно хорошо сохранившейся природной средой, коренными структурами геосистем, но и с достаточным объемом антропогенных нарушений и большими перспективами хозяйственного освоения природных ресурсов. Территория Байкальской Сибири характеризуется уникальным разнообразием геосистем, обусловленным его пограничным положением в центральной части субконтинента Северной Азии.

На значительной части Байкальской Сибири расположена Байкальская природная территория (БПТ). Согласно Федеральному закону «Об охране озера Байкал» [1996] БПТ налагает определенные ограничения на хозяйственную деятельность, ужесточает режим использования земель и тем самым обеспечивает функционирование уникальной природной системы озера Байкал, являющейся Участком Всемирного природного наследия, утвержденным ЮНЕСКО в 1996 г.

Ужесточение экологических требований к хозяйственной деятельности на БПТ повышает актуальность проблемы экологизации природопользования и требует поиска новых путей решения проблемы в регионе. В сложившихся условиях экологическая оптимизация природопользования на основе учета экологического потенциала геосистем становится основной парадигмой концепции природоохранной деятельности в Байкальской Сибири.

Определение, природная сущность и социальная значимость экологического потенциала геосистем. Существующие определения экологического потенциала, в основном, сводятся к пониманию его как совокупности природных условий, необходимых для жизни и воспроизводства населяющих данную территорию организмов [Голубец, 2000; Гавриленко, 2008; Гусаков и др., 2008; Шаталова, Серова, 2008; и др.]. Такие определения исходят из традиционного антропоцентрического подхода, базирующегося на требованиях человека к качеству среды обитания и ориентирующегося на потенциальную полезность природных объектов для человека и удовлетворения его потребностей, т.е. определяющего природу как кладовую разнообразных природных ресурсов.

А.Г. Исаченко подчеркивал фундаментальное значение понятия экологического потенциала и определял его как «...способность ландшафта обеспечивать потребности населения во всех необходимых первичных (т. е. собственно экологических, не связанных с производством) средствах существования – тепле, воздухе, воде, источниках пищевых продуктов, а также в природных условиях трудовой деятельности, отдыха, лечения и духовного развития...» [Исаченко, 2001, с. 6].

На наш взгляд, при оценке экологического потенциала геосистем необходимо опираться на конструктивное объединение двух подходов – природоцентрического и антропоцентрического, которое предполагает понимание базисной роли природных процессов, объектных отношений между компонентами геосистем в обеспечении рационального экологически ориентированного природопользования.

Такое толкование связано с пониманием предельности естественного потенциала природной среды, а также резко возрастающим антропогенным воздействием на природные геосистемы и их компоненты. Соответственно, природный экологический

потенциал в полной мере зависит от стабильности и ненарушенности структурных особенностей компонентов и всех функциональных связей геосистем.

Следовательно, экологический потенциал геосистем – совокупность естественных свойств природных систем, особенностей их структурно-функциональных внутренних и внешних связей, сформировавшихся в ходе эволюционного развития природной среды и определяющих их дальнейшее развитие, а также обеспечивающих жизненные потребности биоты и человека при сохранении максимально возможных структурно-функциональных параметров геосистемы.

Одним из главных в системе критериев оценки экологического потенциала геосистем на региональном и локальном уровне выступает биота (конкретно, растительность), которая рассматривается как сложная, целостная, эволюционно самостоятельно развивающаяся автотрофная система, являющаяся критическим компонентом географической среды. Применительно к растительности экологический потенциал можно рассматривать через традиционные биосферные экологические функции растительности. Основные экологические функции растительности, безусловно, являются важными и определяющими ее главную роль во всех глобальных, региональных и локальных экологических процессах в биосфере и оцениваются в современных научных экологических исследованиях как «биосферные услуги» [Тишков, 2005].

Представляется возможным и определение экологического потенциала через оценку совокупности характеристик и экологически значимых свойств растительности, имеющих значение для практики природопользования, оценка которых необходима при любой хозяйственной деятельности человека. По результатам данной оценки делаются выводы об антропогенной устойчивости, экологической значимости растительности геосистем и чувствительности к антропогенным нарушениям.

Экологический потенциал геосистем – природно-хозяйственная категория, проявление которой обязательно связывается с природопользованием в виде любой хозяйственной деятельности. В результате хозяйственной деятельности принимается во внимание или не принимается и, соответственно, поддерживается или разрушается экологический потенциал геосистем, выработанный в ходе спонтанного эволюционного развития. Этим и определяется степень экологизации (экологической рациональности) природопользования.

Социальная сущность экологического потенциала геосистем неразрывно связана с функциями геосистем. На основе оценки экологических функций геосистем определяются социально-экономические функции, которые направлены на удовлетворение той или иной потребности общества. Экологический потенциал геосистем зависит как от его природных свойств, так и от направления и форм существующего хозяйственного использования.

Таким образом, современное представление об экологическом потенциале геосистем, опирающееся на конструктивное объединение двух подходов к его оценке – природоцентрического и антропоцентрического, с основным акцентом на первый, должно обеспечивать рациональное экологически ориентированное природопользование, экологическую безопасность и предупреждение экологических рисков - что становится особенно важным и актуальным для такой территории, как Байкальская Сибирь, представляющую собой сложную в природно-ландшафтном отношении территорию, которая к тому же обладает большими запасами различных природных ресурсов. Необходимость экологической рационализации природопользования в Байкальской Сибири обусловлена не только освоением природных ресурсов, но и уни-

кальными природными условиями региона, и как было отмечено выше, особым правовым статусом Байкальской природной территории.

В **ГЛАВЕ 2** рассмотрена природная основа экологического потенциала геосистем Байкальской Сибири – природные условия развития и естественные свойства геосистем, особенности их структурно-функциональных внутренних и внешних связей, сформировавшиеся в ходе эволюционного развития природной среды и определяющие их дальнейшее естественное развитие.

Территория Байкальской Сибири представляет собой географическое пространство, сложное по происхождению, истории развития и современному ландшафтному образу. Она включает в себя Среднесибирское плоскогорье, горы Южной Сибири, горные хребты и межгорные котловины Прибайкалья, Станового нагорья и Забайкалья. Здесь располагается уникальное природное образование – озеро Байкал. В целом, данный регион имеет много общего в плане ландшафтно-климатических особенностей как внутриконтинентальный регион субконтинента Северной Азии [Сочава, Тимофеев, 1968].

Основой формирования природного экологического потенциала геосистем Байкальской Сибири является эволюция природного процесса в голоцене. Сложная ландшафтная структура Байкальской Сибири обусловлена региональными особенностями рельефа и климата. Ее история, как и всей Северной Азии, определялась воздействием различных глобальных и региональных факторов и, прежде всего, связана с изменением климата и развитием тектонических процессов рельефообразования.

Эволюция природного процесса в Байкальской Сибири в позднем кайнозое. Ландшафтная сфера и вся составляющая ее иерархия геосистем формировалась в процессе своего исторического развития. Процесс эволюции ландшафтной оболочки, который представляется как смена одних инвариантов геосистем другими, на протяжении геологических периодов шел в определенном направлении в результате саморазвития геосистем и воздействия на них изменяющихся внешних условий [Сочава, 1978].

Эволюцию природного процесса в позднем кайнозое необходимо рассматривать как основу формирования природного экологического потенциала геосистем. Сложная ландшафтная структура Байкальской Сибири, с довольно четкими провинциальными чертами, вызванными региональными особенностями рельефа и климата, формировалась на протяжении своего эволюционного развития.

Эволюционное формирование структуры геосистем региона в плиоцене (5,33–2,58 млн лет назад) проходило дифференцировано, в соответствии с формирующимися геологическими структурами. На высоких плато средней части Приангарья в структуре геосистем ведущим является зональный фактор. Доминирующими здесь являются хвойно-широколиственные травяные геосистемы южнотаежного характера. В южных районах формируются лесостепные и степные геосистемы. В горных хребтах Прибайкалья и Восточном Саяне, испытавших значительное поднятие, формирование структуры геосистем определялось высотно-поясным фактором. В горнотаежном поясе уже доминировали темнохвойные геосистемы, выше которых начали формироваться гольцовые альпинотипные и горно-тундровые геосистемы. Зональный и высотно-поясной факторы формирования пространственной структуры геосистем с этого времени остаются ведущими на протяжении последующих этапов эволюции, вплоть до настоящего времени [Белова, 1985; Карабанов и др., 2001; Кузьмин и др., 2001; 2008; Белов и др., 2006; и др.].

Плейстоценовая эпоха (2,58 млн лет назад – 11,7 тыс. лет назад) с ее резкой активизацией горообразовательных процессов в Байкальской рифтовой зоне и глубокими глобальными циклическими изменениями климата, характеризовавшихся чередованием ледниковых и межледниковых периодов, стала временем дальнейшего развития высотно-поясной структуры геосистем в горных хребтах Прибайкалья и Южной Сибири. В периоды оледенения наиболее сильно пострадало биологическое разнообразие растительности геосистем, например, исчезли теплолюбивые виды древесных растений, как дуб, клен, бук и др. [Белова, 1985; Белов и др., 2006; Казановский, Моложников, Воронин, 2008; Prokopenko et al., 2009; и др.]

Голоценовый период (11,7 тыс. лет назад – настоящее время) – этап становления современных геосистем. В период голоцена выделяется несколько фаз потепления и похолодания климата, с отнесением климатического оптимума к среднему голоцену [Величко. 1973; Кинд, 1974; Хотинский, 1977; Белов, Белова 1984; Белова, 1975, 1985; Безрукова, 1999; Белов, Безрукова, 2010, 2013; Bezrukova et al., 2008; и др.].

Голоцен отметился активизацией восходящих неотектонических движений и формирования альпинотипного рельефа Хамар-Дабана, Баргузинского, Кодара и других хребтов Байкальской Сибири. Геосистемы Байкальской Сибири на протяжении голоцена испытали три крупных периода изменения климата: 11,7–9,5 тыс. лет назад – низкое атмосферное увлажнение и соответствующие более низкие, чем современные ходы атмосферных осадков, средней температуры зимних и летних сезонов, а также преобладание лесотундровых ландшафтов; 9,5–6,5 тыс. лет назад – наиболее благоприятные условия для развития таежных темнохвойных геосистем с максимально высокой за весь голоценовый период среднегодовой суммой атмосферных осадков и самой высокой средней температурой зимних сезонов; 6,5 тыс. лет назад до современных дней – снижение климатических параметров по сравнению с предыдущим периодом, преобладание светлохвойных геосистем [Безрукова и др., 2014; Demske et al., 2005; Tarasov et al., 2007, 2009; Bezrukova et al., 2010].

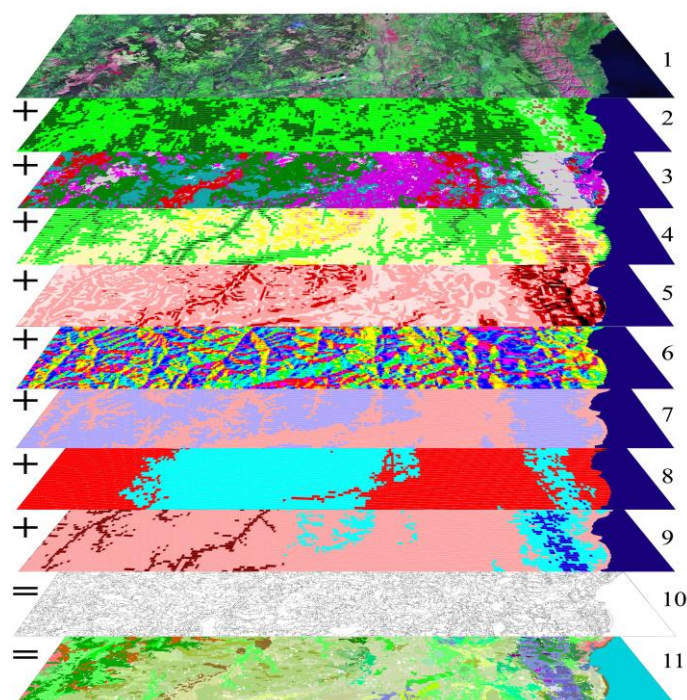
В целом, можно утверждать, что увеличение влажности и повышение температуры на территории Байкальской Сибири привели в бореальный и особенно в атлантический периоды к повсеместному широкому развитию бореальных, а позднее и суббореальных лесов с участием широколиственных пород – дуба, липы, вяза, а в южных районах Прибайкалья и Забайкалья – к распространению лесостепных и степных геосистем. В суббореальное время произошло заметное похолодание климата, которое привело к исчезновению широколиственных пород из состава таежно-лесной растительности геосистем Байкальской Сибири. Усилилась позиция сосны обыкновенной и лиственницы даурской [Bezrukova et al., 2008; Безрукова, Белов, 2013]. Начало экспансии сосны обыкновенной совпадает с ее широким распространением по всей Сибири, что позволяет считать глобальное изменение климатической системы одной из основных причин изменчивости природной среды Байкальской Сибири.

Таковы в общих чертах этапы истории геосистем Байкальской Сибири, сформировавшие особенности их структурно-функциональных внутренних и внешних связей в ходе эволюционного развития природной среды на протяжении голоцена и определяющие их дальнейшее естественное развитие, что в значительной мере раскрывает эволюцию природного процесса как основу формирования природного экологического потенциала геосистем.

Геосистемы Байкальской Сибири. Современная структура геосистем Байкальской Сибири характеризуется большой сложностью, как по набору природных ком-

плексов, так и по степени их контрастности. Региональный классификационный диапазон включает геосистемы, свойственные разным субконтинентам Азии, отражает их взаимопроникновение и является уникальным ландшафтно-ситуационным примером сибирской природы в пределах Северной Азии. Отчетливо выступает ландшафтообразующее влияние рельефа, сказывающееся в высотно-поясных различиях, проявлении подгорных местоположений и вертикальной внутризональной дифференции возвышенных плато-равнин. Котловинные и подгорные эффекты при значительном колебании высот приводят к разнообразию и контрастности природных условий [Владимиров, 2018].

Апробация методики создания карты геосистем Байкальской Сибири была проведена на тестовом ключевом участке в виде профиля с запада на восток (от побережья Братского водохранилища до побережья оз. Байкал) длиной 400 км, шириной 120 км (рисунок 3).



Слои: 1. Космический снимок Landsat TM+ (RGB 7-4-2) на ключевой участок, 2. Нормализованный разностный вегетационный индекс (NDVI), рассчитанный по данным MODIS/Terra, 3. Фрагмент карты «Леса Российской Федерации» на ключевой участок, 4. Дифференциация по абсолютной высоте, 5. Дифференциация по крутизне склонов, 6. Дифференциация по экспозиции склонов, 7. Среднегодовые осадки, 8. Средняя температура января; 9. Средняя температура июля, 10. Границы геосистем, полученные в результате оверлея, 11. Карта геосистем.

Рисунок 3. Схема создания ландшафтной карты на ключевой участке путем оверлейных операций в ГИС.

Классификация геосистем осуществлена на основе разработанной в Институте географии им. В.Б. Сочавы СО РАН таксономической системы иерархических подразделений природной среды [Сочава, 1978]: класс (система ландшафтов) – группа геомов – геом – класс фаций – подкласс фаций – группа фаций. Картографический анализ позволил определить наиболее информативные подразделения геосистем региональной размерности, что дало возможность провести классификационное разделение ландшафтной структуры территории Байкальской Сибири.

Геосистемы Байкальской Сибири представлены на карте 194 группами фаций (рисунок 4), относящиеся к различным иерархическим подразделениям, структурно-функциональные особенности которых отражают характер взаимодействия их подсистем.

Разнообразная ландшафтная структура Байкальской Сибири придает ей ярко выраженную природную специфику и контрастность, что определяет необходимость тщательного учета особенностей природных условий, экологического потенциала геосистем при решении вопросов оптимизации природопользования.

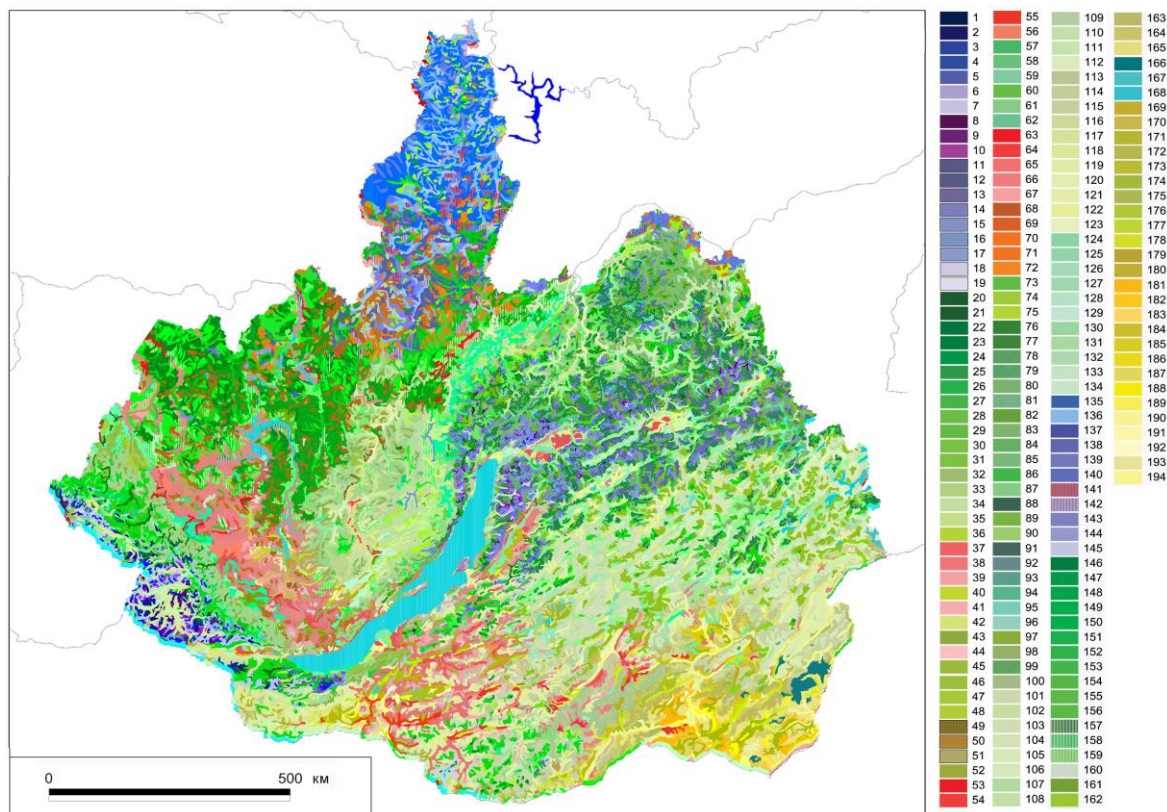


Рисунок 4. Геосистемы Байкальской Сибири.

ГЛАВА 3 посвящена геонформационному анализу и моделированию структуры и динамики растительности геосистем, динамики и устойчивости геосистем, определению социально-хозяйственной значимости объективных функций геосистем в природопользовании, GRID-моделированию экологического потенциала геосистем Байкальской Сибири.

Основным методом исследования и оценки экологического потенциала является картографическое моделирование с созданием универсальных и специальных карт на основе современных геоинформационных технологий. Основой выявления экологического потенциала геосистем Байкальской Сибири является карта геосистем региона в обзорно-справочном масштабе 1 : 2 500 000 (см. Рисунок 4), опирающаяся на принципы многоступенчатой регионально-типологической и структурно-динамической классификации геосистем, предложенных академиком В.Б. Сочавой [Владимиров, 2018]. Карта отражает основное структурно-динамическое разнообразие геосистем региона в системах их географо-генетических пространственных структур, с указанием основных факторов, определяющих их природный экологический потенциал.

Оценочный этап исследования экологического потенциала опирается на ДДЗ, материалы о состоянии растительности, карту геосистем. Все это является информационной базой при составлении специальных оценочных карт. Содержание таких карт определяется задачами получения необходимой информации как об особенностях геосистем в целом, так и отдельных компонентов геосистем (например, биоты, а конкретнее растительности), необходимых для получения объективных результатов и дальнейшей разработки прогнозов.

Опыт автоматизированного распознавания ДДЗ (использование различных алгоритмов классификации) показывает, что заранее практически невозможно установить, какой алгоритм будет лучше с точки зрения соотношения точности классификации и полноты данных [Владимиров, 2012]. Одним из решений проблемы получе-

ния достоверных данных является методика, предполагающая совместное использование нормализованного разностного вегетационного индекса NDVI и нормализованного разностного водного индекса NDWI, ЦМР на основе SRTM (рисунок 5).

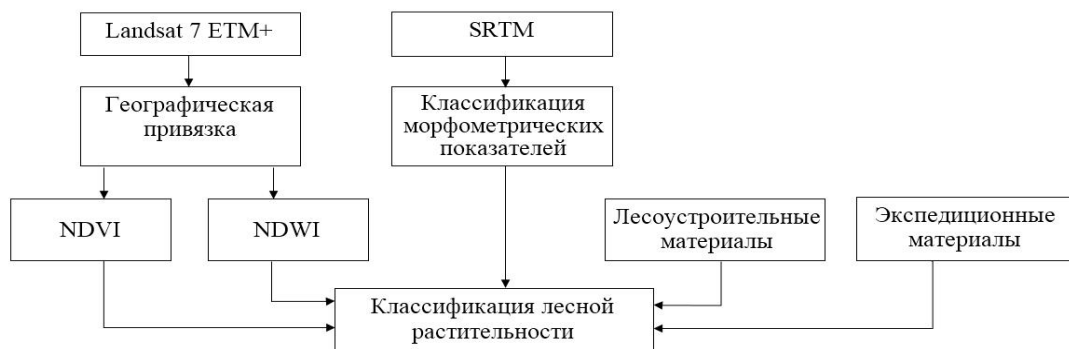


Рисунок 5. Логическая схема методики оценки и картографирования лесной растительности с использованием ДДЗ и ГИС-технологий [Владимиров, 2012].

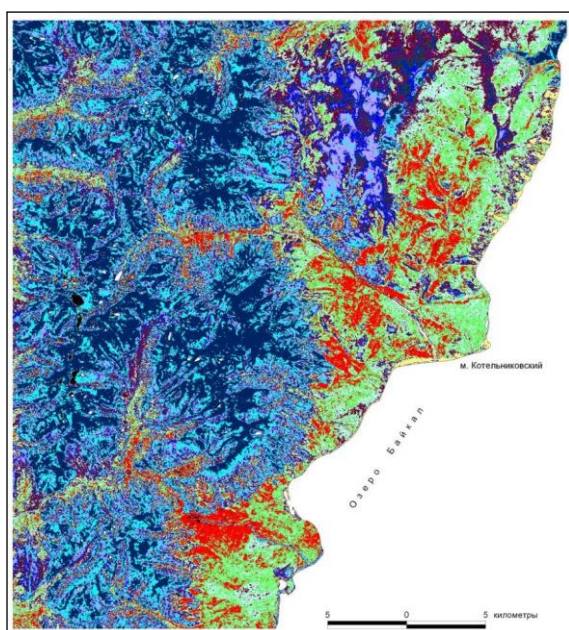


Рисунок 6. Результаты моделирования современного состояния растительности.

Такого рода исследования не только дают возможность создавать весьма богатые по содержанию тематические карты, но и позволяют улучшать достоверность интерпретации спутниковой информации.

На основе разработанной методики проведены исследования структуры растительного покрова Верхнеангарской котловины и ее горного обрамления, представленного Верхнеангарским и Северо-Муйским хребтами [Владимиров и др., 2014].

По результатам проведенных исследования растительности Верхнеангарской котловины была составлена карта современного растительного покрова на ключевой полигон-трансект (р. Агней – оз. Иркана) масштаба 1 : 50 000 (рисунок 7). Созданная карта охватывает центральную часть котловины, включая ее северный и южный борта. Принцип, по-

ложенный в основу такой ориентации картируемой территории, заключается во включении всех поясов растительности территории, а также основных растительных сообществ района исследования.

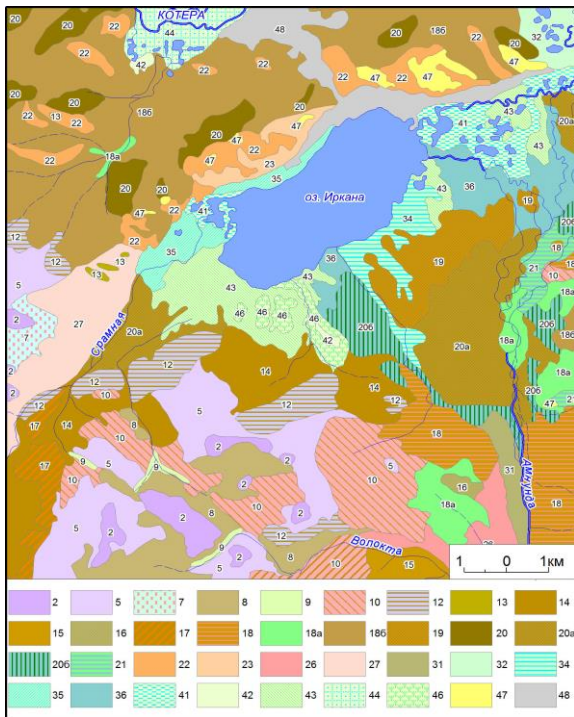


Рисунок 7. Фрагмент карты растительности Верхнеангарской котловины.

результаты убедительно демонстрируют, что геоботаническое картографирование на основе геоинформационных технологий имеет важное значение при проведении комплексных географических работ.

Естественная динамика геосистем как механизм формирования экологического потенциала. Одним из способов исследования и моделирования динамики геосистем является исследование одного компонента геосистемы в среде геосистемы (на фоне остальных компонентов). В большинстве случаев, таким компонентом выступает биота (а точнее, растительность). В последнее время анализ динамики верхней границы леса привлекает к себе особое внимание в связи с проблемой климатических изменений [Харук и др., 2004; Фомин и др., 2007; Шиятов и др., 2007; Arno, Hammerly, 1984; Wardle, Coleman, 1992; Taylor, 1995; Woodward, Schreiner, 1995; Lloyd, Graumlich, 1997; Shugart et al., 2001; Kullman, 2002, 2007; Walter et al., 2002; Kullman, Öberg, 2009; Wang et al. 2016]. В Прибайкалье рост среднегодовой приповерхностной температуры с середины 70-х гг. характеризуется коэффициентом линейного тренда - $+0,34^{\circ}\text{C}/10$ лет [Доклад об особенностях..., 2017].

Анализ растительного покрова с использованием разновременных космических снимков высокого пространственного разрешения Landsat-MSS и Landsat-5 TM на Куркулинском ключевом участке позволил выявить участки повышения значений NDVI, соответствующие увеличению густоты лесной растительности, на восточном макросклоне Байкальского хребта, обращенном к оз. Байкал. Зафиксировано продвижение вертикальной границы леса вверх по склону до 20 м, горизонтальной – до 90 м (рисунок 8).

Изменения представлены не повсеместно, а лишь на отдельных участках южной и юго-восточной экспозиций восточного макросклона. По результатам исследования можно предположить, что климатические изменения за последние 40 лет – повыше-

Классификационной единицей в легенде выступает группа ассоциаций, объединяющая, за некоторым исключением, сообщества по сходству состава видов эдификаторов и доминантов для выявленных в сообществе ярусов растительности [Владимиров и др., 2014]. Двурядная система классификации подразумевает объединение растительных сообществ на основании принципов гомогенности и гетерогенности [Сочава, 1979].

Полученная информация о составе, структуре и динамике современной растительности геосистем, выраженная посредством картографического ГИС-моделирования, представляет собой основу для системной оценки растительности: ресурсной, средоформирующей, средозащитной и др. [Белов, Соколова, 2010] и может выступать в качестве базиса для оценки экологического потенциала территории [Владимиров и др., 2014].

ние температуры воздуха и увеличение количества атмосферных осадков – позволили занять лесной растительности новые местообитания, недоступные им ранее. Изменение климата ведет к трансформации в высокогорьях структуры горно-лесных, горно-степных, гольцовых, горнотундровых, нивально-гляциальных геосистем и, соответственно, к изменению экологического потенциала геосистем. Именно динамика геосистем является основным фактором (механизмом) формирования или изменения экологического потенциала геосистем.

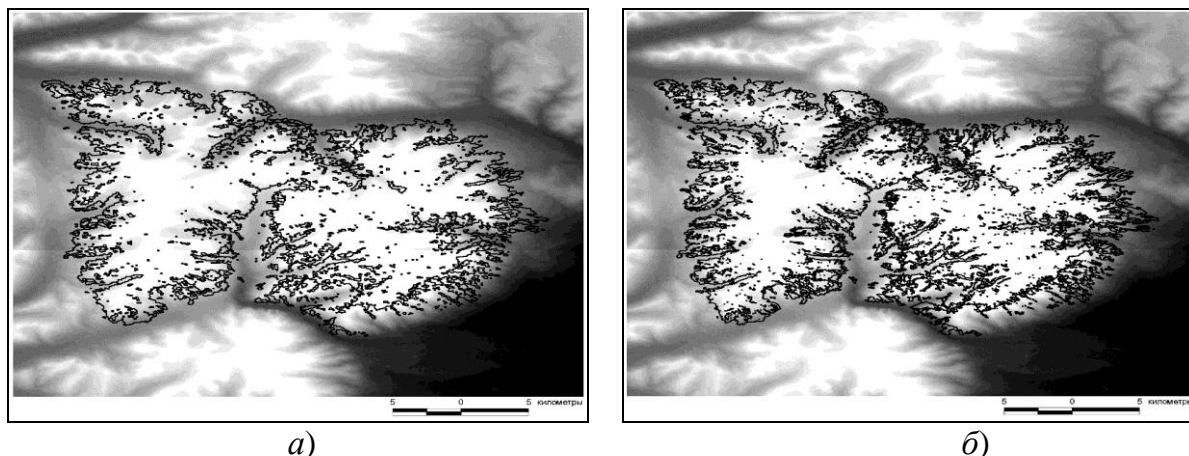


Рисунок 8. Верхняя граница леса центральной части Байкальского хребта, рассчитанная по снимку Landsat на ЦМР ASTER GDEM 2: а) – 1975 г., б) – 2010 г.

Устойчивость геосистем как фактор формирования экологического потенциала геосистем. Сущность механизма устойчивости в том, что геосистемы способны приспосабливаться как к меняющимся условиям внешней среды, так и к антропогенным нагрузкам, но в определенной зоне толерантности [Сочава, 1967; Арманд, 1983; Пузаченко, 1983; Гродзинский, 1983, 1987; Одум, 1986; Титлянова, 1992; Тишков, 1992; Росновский, 1997; 2001; Чибилёв, 1998; Кочуров, 1999; Светлосанов, 2009; Коломыц, Шарая, 2013; Хорошев, 2016; Holling, 1973, 2004; Peterson, Allen, Holling, 1998; Ahern, 2013; и др.]. Устойчивость определяется шириной диапазона между максимальным и минимальным значением факторов, в пределах которого геосистема способна сохранять характерные для нее структурные и функциональные особенности.

Уровни устойчивости геосистем или экосистем к внешним воздействиям определяются через уровни критических возмущений [Арманд, 1983; Тишков, 1992; Ибрагимов, 1995; Бех, Данченко, 2007], которые имеют различные определения, но их общий смысл выражается или в сохранности исходных структур и функций, или в их способности восстанавливаться при устранении внешнего возмущающего (деструктивного) воздействия на природную систему.

Для определения устойчивости геосистем Байкальского региона рассчитаны средние величины, показатель вариации различных характеристик геосистем ранга геомов (абсолютная высота, экспозиция склонов, средние температуры июля и января, сумма осадков, первичная биологическая продуктивность), в определенных рамках терпимости (толерантности) установлены диапазоны значений (оптимальный, субоптимальный, пессимальный), в пределах которых геосистема способна сохранять характерные для нее структурные и функциональные особенности.

На основе полученных данных и соотнесения характеристик геосистем к определенному диапазону значений толерантности составлена карта устойчивости геосистем Байкальской Сибири (рисунок 9).

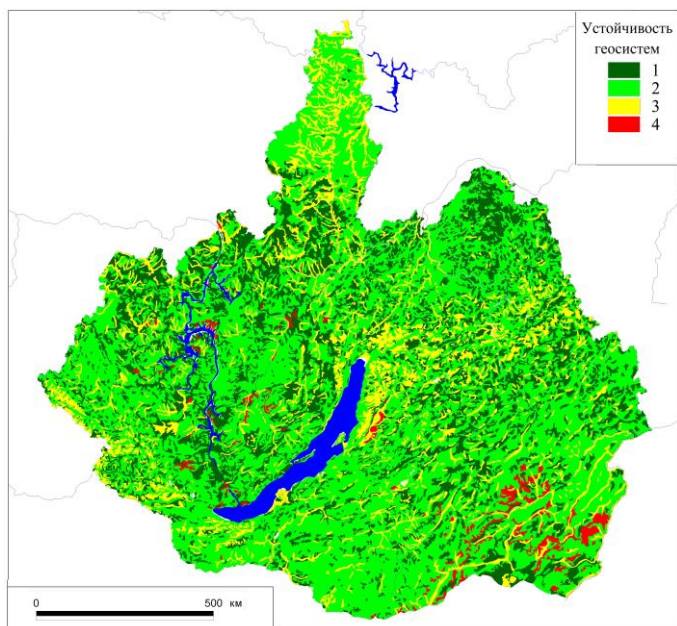


Рисунок 9. Устойчивость геосистем Байкальской Сибири: 1 – высокая, 2 – средняя, 3 – низкая, 4 – очень низкая.

Устойчивость геосистем – способность геосистем при внешнем воздействии сохранять свое состояние неизменным в течение определенного интервала времени, восстанавливать свое исходное состояние после возмущения и способность переходить из одного состояния в другое, сохраняя за счет этого инвариантные черты структуры. Это является фактором и условием формирования экологического потенциала геосистем как совокупности природных ресурсов и условий, а также ассимиляционных возможностей геосистемы, обеспечивающих потребности населения во всех необходимых первичных средствах существования, при сохранении структурно-функциональных параметров геосистемы.

Социально-хозяйственная значимость объективных функций геосистем в природопользовании. Элементарным носителем ресурсных функций географической оболочки является геосистема – это целое, состоящее из взаимосвязанных компонентов природы, подчиняющихся закономерностям, действующим в географической оболочке или ландшафтной сфере [Сочава, 1978]. Все природные ресурсы связаны с определенными вещественными и энергетическими компонентами геосистем [Исаченко, 1992].

Разнообразие экологических функций геосистем можно свести к двум главным категориям: собственно, экологические функции, и социально-экономические функции. Экологические функции – это свойства геосистем сохранять (до определенных пределов) и воспроизводить специфические параметры природной среды, внутренне присущие геосистемам и определенные особенностями их эволюционного развития, факторами соседства и другими обстоятельствами (например, особенности функционирования, динамики, продуктивности и др.). Вторая категория – социально-экономические (ресурсные или производственные) функции геосистем, и связаны они с понятием природных ресурсов.

Для Байкальской Сибири составлена карта экологических функций геосистем (рисунок 10). На карте представлены геосистемы, объединенные по сходству выполняемых ими основных экологических функций.

Природный (или базовый) экологический потенциал – совокупность вещественно-энергетических ресурсов и свойств коренной геосистемы, обеспечивающих ее максимально возможные структурно-функциональные параметры и полезные функции, которые могут быть использованы человеком.

Термин «природный экологический потенциал» используется исключительно для характеристики коренных или условно коренных геосистем. Но для хозяйственного использования необходимо оценивать также потенциальные возможности производных и антропогенно-измененных геосистем. Для определения этих потенциальных возможностей предлагается использовать понятие «остаточный экологический потенциал геосистем» – совокупность ее вещественно-энергетических ресурсов и свойств, сложившихся под влиянием хозяйственной деятельности, что и определяет ее существующие структурно-функциональные параметры и полезные функции.

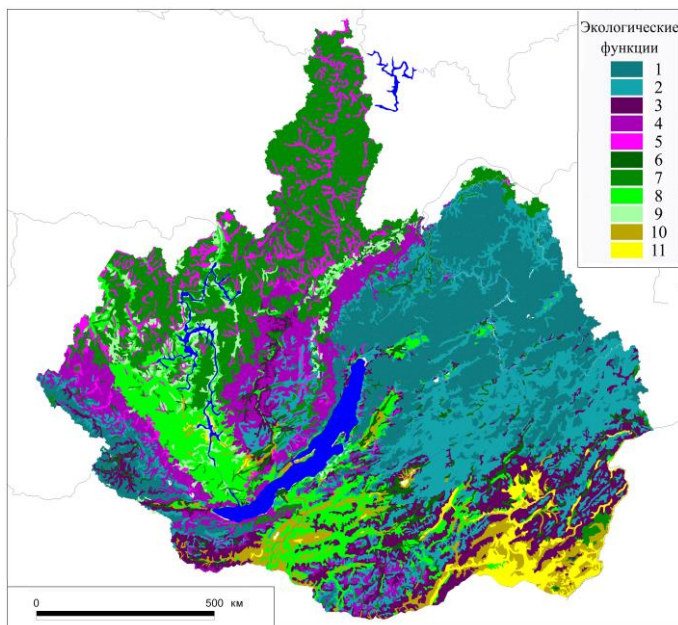


Рисунок 10. Экологические функции геосистем Байкальской Сибири.

Средоформирующие: 1. Геосферного значения, при воздействии изменения проявляются, в том числе и в смежных структурах; 2. Регионального значения, горномерзлотная; *Средостабилизирующие:* 3. Регионального значения, при воздействии возможно усиление гидроморфности в результате протаивания мерзлоты; 4. Регионального значения, при воздействии возможно усиление аридности склонов и гидроморфности плоских поверхностей; 5. Регионального значения, при воздействии возможно усиление аридности; *Средозащитные:* 6. Регионального значения, при воздействии возможно значительное усиление гидроморфности в результате значительного протаивания мерзлоты; 7. Регионального значения, при воздействии характерен очень длительный период восстановления; 8. Регионального значения, техногеннобарьерная, при воздействии возможно усиление аридности для южносибирских и усиление гидроморфности для Байкало-Джугдзурских геосистем; 9. Локально-

го значения, техногеннобарьерная, при воздействии возможно усиление аридности или заболачивание в результате протаивания мерзлоты; *Средорегулирующие:* 10. Регионального значения, техногеннобарьерная, при воздействии возможно усиление аридности; 11. Регионального значения, техногеннобарьерная, при воздействии возможно усиление аридности.

В зависимости от степени антропогенной нарушенности геосистем можно выделять разные уровни остаточного потенциала, но использование экологического потенциала геосистемы полностью невозможно вследствие того, что значительные энергетические ресурсы тратятся не на поддержание работы производной геосистемы, а на поддержание естественного динамического процесса – воспроизведение структуры и функций коренной геосистемы. Такие параметры запрограммированы в инварианте геосистемы, что можно назвать «генетической памятью». Ю.Г. Пузаченко считает, что «в основе инвариантности лежат два принципа; многосвязность и многоканальная компенсация внешних возмущений» [1983, с. 41]. По мнению А.А. Тишкова [1992], инвариантность как свойство системы обеспечивается совокупностью следующих трех видов ее «памяти»: 1) суммой генотипов компонентов биоты («память биоты»); 2) консервативными элементами преобразованной биотой среды («память трансформированного биотой экотопа»); 3) «памятью исходного экотопа», или «потенциалом инвариантности», являющейся фоном для развития биоты.

Разница между природным и остаточным экологическими потенциалами геосистем свидетельствует, с одной стороны, об уровне использования природного экологического потенциала производной геосистемой, с другой - о потере или приумноже-

нии этого потенциала под влиянием антропогенного возмущения. Если антропогенное воздействие на геосистемы прекращается, то вступают в действие механизмы естественного восстановления экологического потенциала, начинаются восстановительные сукцессии растительного покрова, который в полной мере будет выполнять средообразующие функции, обеспечивая устойчивость и должный уровень экологического потенциала геосистем.

Ключевой участок исследования восстановительных сукцессий находится на западном окончании Чикойской впадины. Растительный покров геосистем в XIX–XX вв. здесь претерпел существенное изменение под воздействием антропогенных факторов, динамика категорий земель за последние 100 лет показана на рисунке 11.

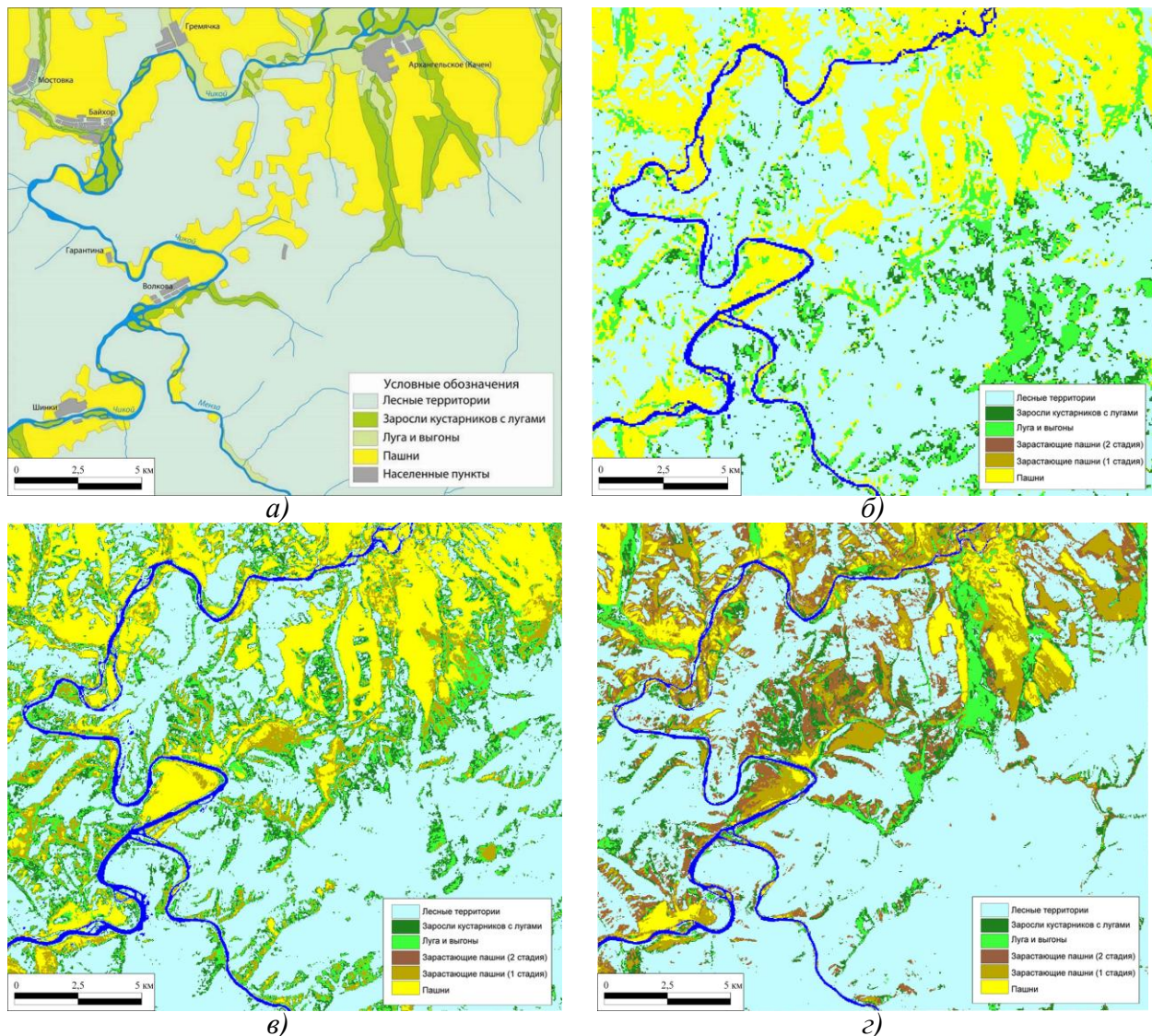


Рисунок 11. Категории земель на Усть-Мензенском ключевом участке. а) – 1906 г., б) – 1976 г., в) – 1993 г., г) – 2011 г.

Для исследования и оценки параметров растительного покрова использовались разновременные ДДЗ Landsat-MSS и Landsat-5 TM (1976, 1993, 2003, 2011 гг.), топографические карты масштаба 1 : 84 000 (в 1 дюйме 2 версты, издания 1896–1914 гг.), материалы экспедиционных исследований, фондовые материалы, базы данных ГИС.

На основе рассчитанных разновременных показателей NDVI и материалов полевых исследований получена информация, отражающая современное состояние и восстановительную динамику растительного покрова после прекращения антропогенного воздействия (рисунок 12).

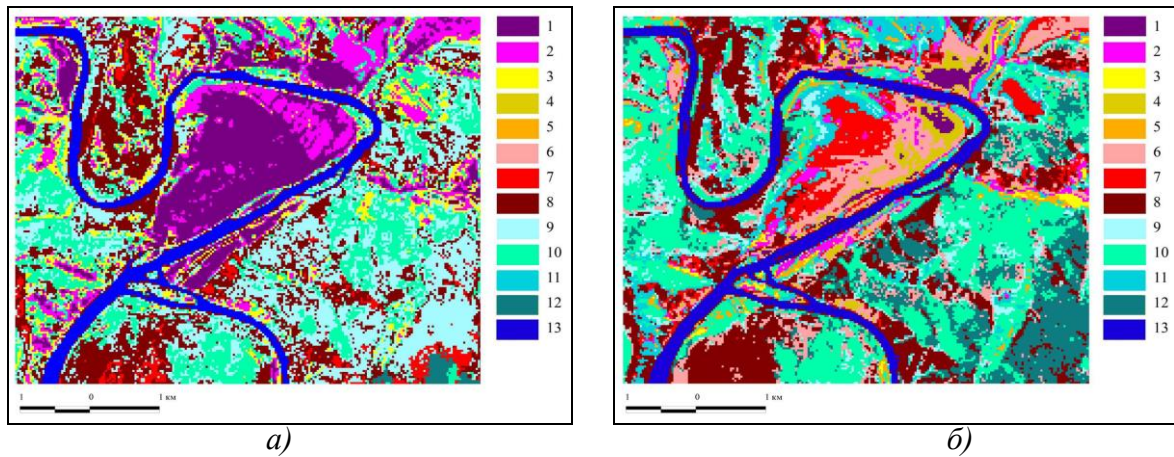


Рисунок 12. Растительный покров ключевого участка: *а)* – 1993 г., *б)* – 2011 г.:

1 – пашни, 2 – залежи 1–3 года, 3 – злаково-разнотравные луга, 4 – остепненные луга, 5 – закусаренные луга, 6 – сосняки молодые (жердняк) 1 класса возраста, 7 – сосняки 2 класса возраста, 8 – сосновый лес средневозрастный и спелый (коренные), 9 – осиново-березовый лес, 10 – березовый лес, 11 – березово-сосновый, 12 – сосново-березовый лес, 13 – водные объекты.

Полученная информация о составе и динамике современного растительного покрова, выраженная посредством картографического ГИС-моделирования, представляет собой основу для системной оценки растительности и может использоваться в сфере лесовосстановления, мониторинга динамических процессов в лесах и организации охраны их фиторазнообразия, выступать в качестве базиса для оценки природного и остаточного экологического потенциала территории (рисунок 13).

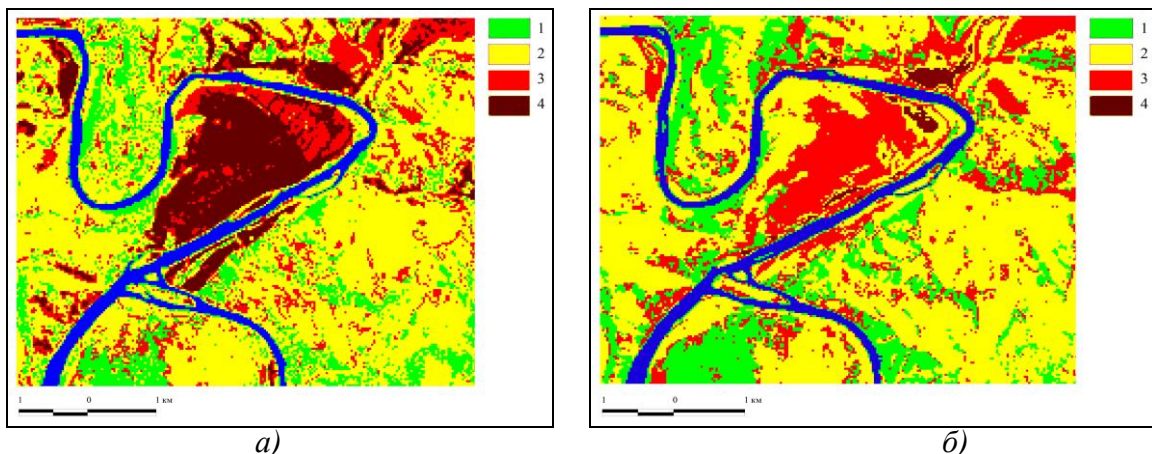


Рисунок 13. Остаточный экологический потенциал. *а)* – 1993 г., *б)* – 2011 г.:
1 – высокий, 2 – средний, 3 – низкий, 4 – минимальный.

При хозяйственном использовании и восстановлении необходимо оценивать потенциальные возможности производных и антропогенно-измененных геосистем. В основе таких возможностей лежит величина экологического потенциала коренной геосистемы, на месте которой возникла производная геосистема с другой структурой и с другими вещественно-энергетическими свойствами. Величина остаточного экологического потенциала свидетельствует, с одной стороны, об уровне использования природного экологического потенциала производной геосистемой, а с другой – о потере или приумножении этого потенциала под влиянием антропогенного возмущения.

GRID-моделирование экологического потенциала геосистем. Экологический потенциал геосистем трактуется как совокупность определенных характеристик, а также экологически значимых свойств, имеющих определенное значение для практики природопользования, учет которых необходим при любой хозяйственной деятельности человека.

Каждый компонент или элемент геосистемы в отдельности может служить объектом экологической оценки, имея в виду выяснение степени его позитивного или негативного влияния на жизнь людей [Исаченко, 2001; Белов, Соколова, 2014]. Однако значение того или иного природного фактора зависит от его сочетания с другими свойствами геосистем. Следовательно, оценка природных экологических факторов должна быть комплексной – охватывать всю их совокупность и взаимные связи, воплощаемые в понятии экологический потенциал геосистем.

Для оценки экологического потенциала геосистем была построена GRID модель с регулярным шагом 90 угловых секунд, содержащая 672048 точечных объекта. Все данные в виде регулярных сетей – абсолютная высота (рисунок 14), крутизна (рисунок 15) и экспозиция склонов (рисунок 16), среднегодовые осадки (рисунок 17), средняя температура января (рисунок 18), средняя температура июля (рисунок 19), значения вегетационных индексов NDVI (рисунок 20) и EVI (рисунок 21), первичная биологическая продуктивность (NPP) (рисунок 22) были конвертированы в векторный вид и представляют собой массив регулярно распространенных точек.

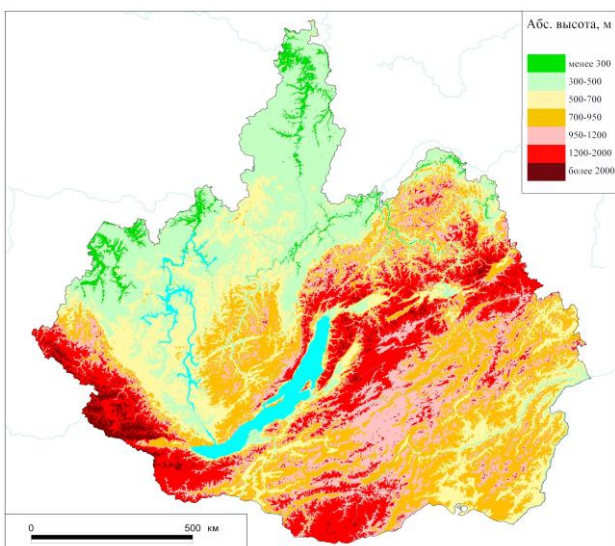


Рисунок 14. GRID-модель. Дифференциация по абсолютной высоте.

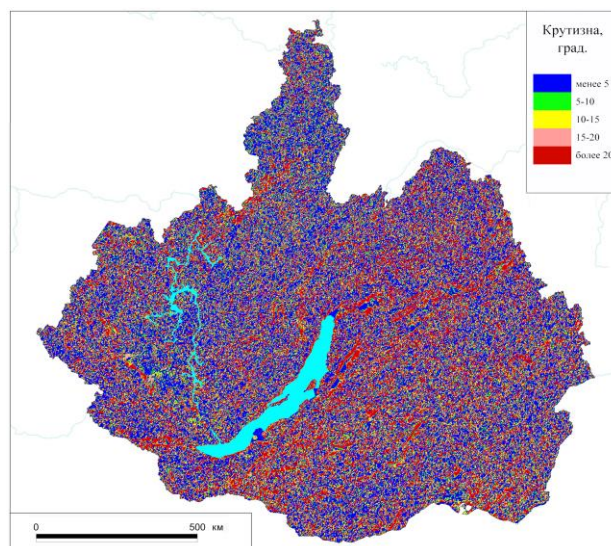


Рисунок 15. GRID-модель. Крутизна склонов.

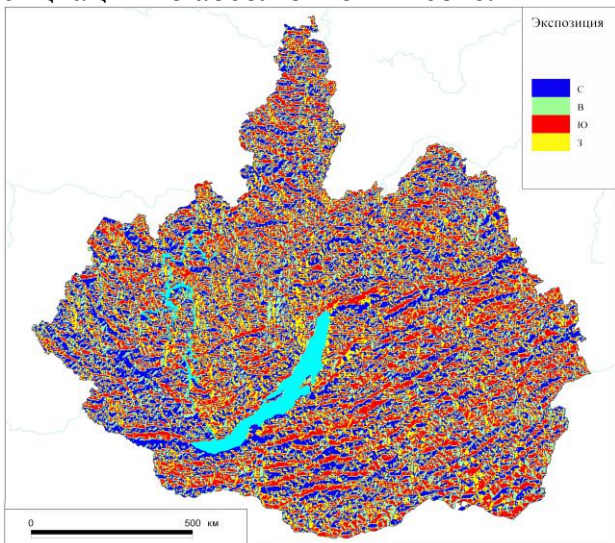


Рисунок 16. GRID-модель. Экспозиция склонов.

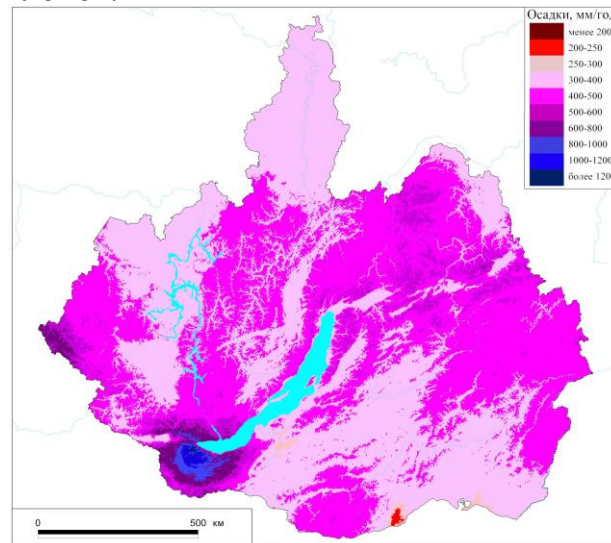


Рисунок 17. GRID-модель. Среднегодовые осадки, мм/год.

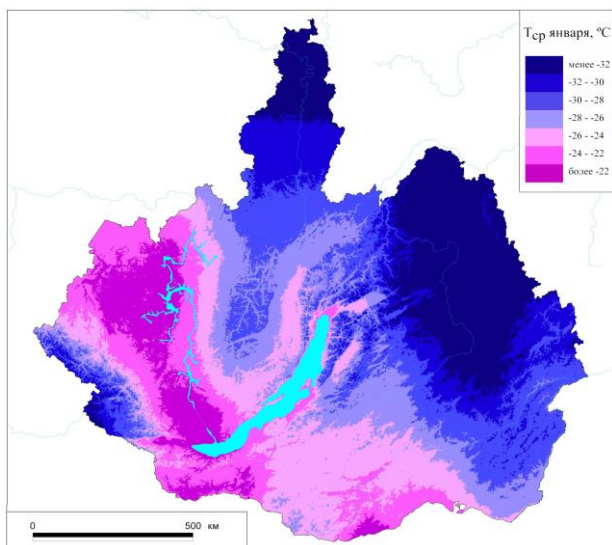


Рисунок 18. GRID-модель. Средняя температура января, °C.

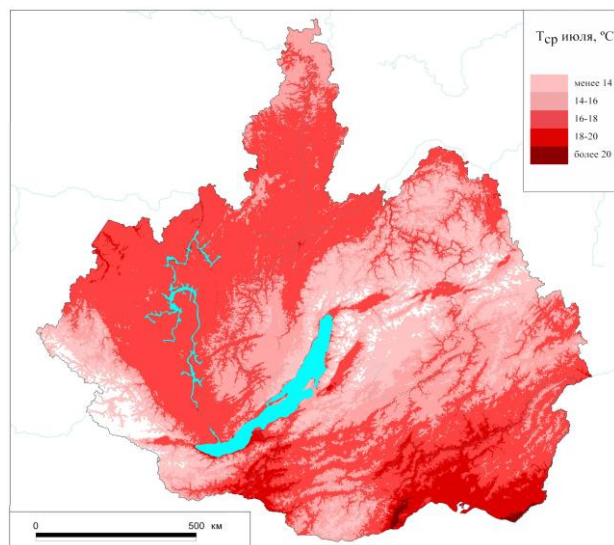


Рисунок 19. GRID-модель. Средняя температура июля, °C.

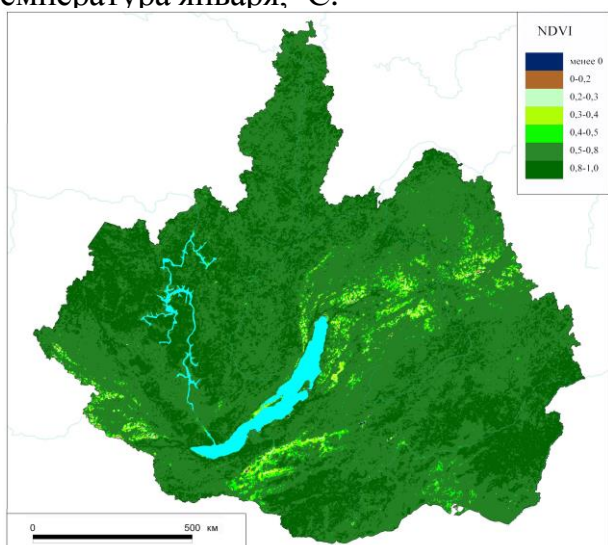


Рисунок 20. GRID-модель. Значение вегетационного индекса NDVI.

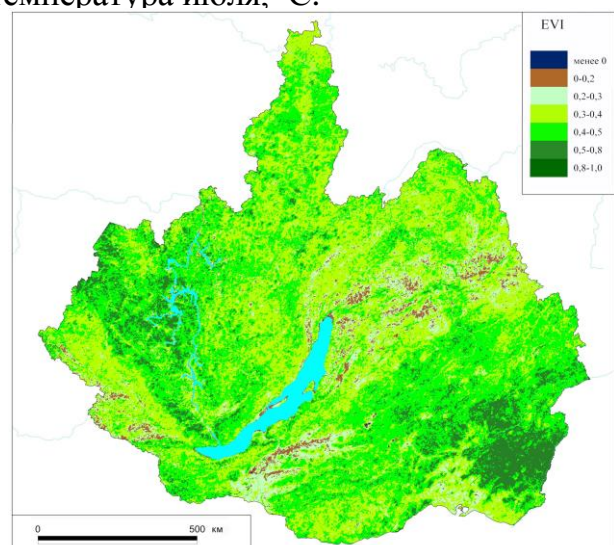


Рисунок 21. GRID-модель. Значение вегетационного индекса EVI.

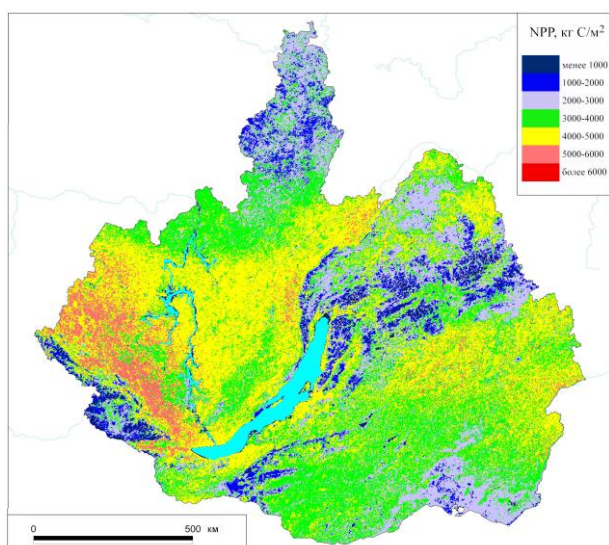


Рисунок 22. GRID-модель. Первичная биологическая продуктивность NPP, кг C/m² · год⁻¹.

Исчерпывающий охват всех возможных природных экологических факторов, определяющих экологический потенциал геосистем, практически невозможен. Необходимо отделить главные, определяющие факторы от второстепенных, т.е. учитывать их вклад (вес) в значение потенциала. Для определения весовых коэффициентов при расчете экологического потенциала использовался метод анализа иерархий (МАИ, Analytic hierarchy process) – математический инструмент системного подхода к сложным проблемам принятия решений [Saaty, 1980]. Иерархическая структура расчета экологического потенциала (EP) представлена на рисунке 23.



Рисунок 23. Иерархическая структура МАИ для расчета экологического потенциала.

Формула данной иерархической структуры выглядит следующим образом:

$$EP = (0,119H + 0,065A + 0,065S) + (0,129W + 0,129T_1 + 0,129T_7) + (0,232NPP + 0,067NDVI + 0,067EVI),$$

где H – высота (ранг), A – экспозиция (ранг), S – крутизна (ранг), W – среднегодовые осадки (ранг), T_1 – средняя температура января (ранг), T_7 – средняя температура июля (ранг), NPP – первичная биологическая продуктивность (ранг), $NDVI$ – вегетационный индекс NDVI (ранг), EVI – вегетационный индекс EVI (ранг).

На основе разработанной методики с применением принципов GRID-моделирования и метода анализа иерархий построены специальные оценочные карты и определены весовые коэффициенты основных факторов формирования экологического потенциала геосистем Байкальской Сибири. Результат расчета экологического потенциала представлен на рисунке 24.

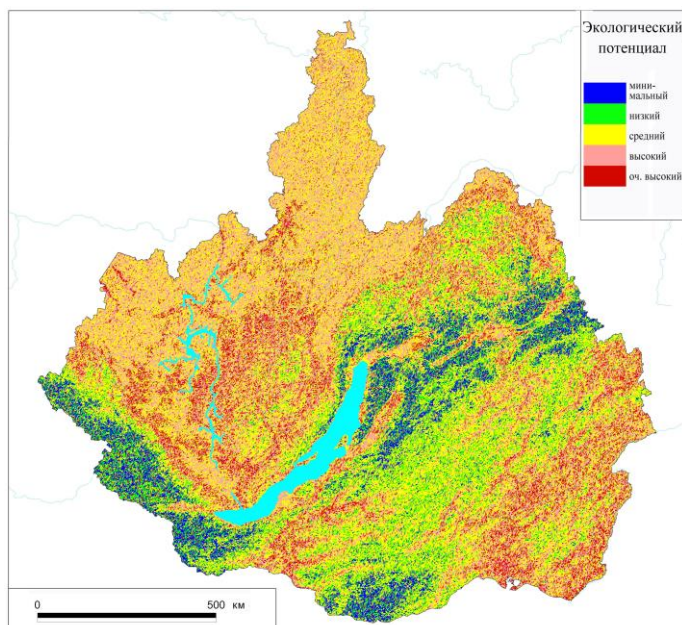


Рисунок 24. Экологический потенциал Байкальской Сибири.

К основным возможностям, особенностям и преимуществам GRID-моделирования относятся: получение географических данных из различных картографических источников, их обновление; оперативность создания баз тематических данных; анализ территории в результате объективного совмещения пространственных единиц компонентов геосистем; создание новых электронных тематических карт.

С использованием специальных оценочных карт природных условий и экологического потенциала геосистем появляется возможность дать общее представление об условиях существования в них людей, создать естественнонаучную основу для разумной региональной экологической политики.

Экологический потенциал геосистем зависит как от ее природных свойств, так и от направления и форм существующего хозяйственного использования. Он рассматривается с различных точек зрения (социально-экономической, хозяйственной, функциональной и т.д.). По отношению к каждой функции геосистема характеризуется определенным природным потенциалом – способностью выполнять эту функцию,

сохраняя при этом свою структуру и природные особенности. В отличие от функции геосистемы, которая задается ей извне, можно сказать, «навязывается» обществом, экологический потенциал – ее внутреннее, естественное свойство, которое геосистема имеет по отношению к любой функции, независимо от того - выполняет она ее в данный момент или нет.

Выявление особенностей развития ландшафтно-географических процессов, определяющих современный природный экологический потенциал геосистем, важно для прогнозных построений; такие показатели оценки находят свое отражение на специальных оценочных и индикационных картах.

Средоформирующие и средозащитные свойства геосистем зависят от ее состояния, степени сохранности или нарушенности коренной структуры и глубины трансформации процессов ее естественного развития. Геосистемы обладают определенным потенциалом сопротивления внешним деструктивным воздействиям, который проявляется в их естественной устойчивости.

Специальные (оценочные, индикационные, ресурсные и т.п.) карты, составленные с помощью геоинформационных методов и разработанных методик моделирования, учитывающих эволюционно-генетический и динамический статус геосистем и их компонентов, состояние отдельных структурных компонентов геосистем, степень их нарушенности, характеристики устойчивости к антропогенным воздействиям, отражают, прежде всего, современное состояние эволюционного потенциала геосистем.

ГЛАВА 4 посвящена прогнозному картографированию динамики и экологического потенциала геосистем.

Выявление, оценка и прогнозирование экологического потенциала геосистем образуют единый многоэтапный процесс географического прогнозирования, объединенный общей целью формирования научного обоснования экологически ориентированного природопользования в регионе с учетом его природно-географических особенностей.

Растительный покров обычно представляется как интегральный индикатор преобразования геосистем, и, следовательно, в географическом прогнозировании наиболее эффективными являются принципы геоботанического прогнозирования, предложенные академиком В.Б. Сочавой [1979]. Опыт их успешного применения в разработке эволюционно-динамического подхода [Крауклис, 1979; Сочава, 1980; Белов, Соколова, 2011, 2014; Владимиров и др., 2014] подтверждает правомерность применения подхода в моделировании динамики геосистем, при котором основное внимание уделяется растительности, а все остальные компоненты рассматриваются как среда протекания динамических процессов в геосистеме. Данное положение применимо и для других компонентов геосистем.

Динамические процессы направляются ныне действующими факторами; они нередко ритмичны. К сожалению, часто упускается из виду, что любая природная система (в особенности это касается растительного сообщества) всегда находится в определенном динамическом состоянии. Вне этого состояния не существует структуры ни геосистемы, ни вмещенной в нее растительности [Сочава, 1980].

Вместе с тем динамические процессы растительного сообщества и всей системы тесно сопряжены [Сочава, 1978]. В известной мере изменение состава растительности управляет геосистемой, оказывая влияние на почвообразовательный процесс, круговорот воды, микроклимат и другие компоненты природы. Растительность является движущей силой динамики геосистемы [Крауклис, 1979; Сочава, 1980; Bürgi, Hersperger, Schneeberger, 2005].

Антропогенная нарушенность и динамика геосистем Байкальской Сибири.

Растительность как один из самых важных (критических) компонентов геосистем функционально контролирует развитие и интенсивность многих процессов. Именно состояние растительности определяет значительную часть экологического потенциала геосистем и обуславливает характер ее социально-экономического развития.

Исследования антропогенной нарушенности геосистем Байкальской Сибири проведены с использованием данных Landsat Forest-Cover Change, карты глобальных изменений лесного покрова в XXI веке [Hansen et al., 2013], глобальной карты типов растительного покрова ESA GlobCover 2009 [Bontemps et al., 2011]. На основе полученной информации об очагах нарушений лесной растительности за период 1975–2015 гг. исследованы динамические изменения геосистем, обусловленные вмешательством человека (лесные пожары, вырубки, распашка и др.), и восстановительная динамика в лесном покрове за последние 40–60 лет (рисунок 25).

Картографическая оценка антропогенной нарушенности растительности геосистем является наиболее эффективным методом для оценки вторичного экологического потенциала и решения многих вопросов охраны природной среды и рационализации использования биотических ресурсов Байкальской Сибири [Владимиров, 2018]. В результате анализа и оценки состояния растительных сообществ на карте выделено четыре категории нарушенности растительности геосистем – условно коренная, слабо-, средне-, сильнонарушенная (рисунок 26). Таким образом, условно коренная растительность в данном случае соответствует высокому потенциалу, слабонарушенная – значение остаточного экологического потенциала выше среднего, средненарушенная – среднее значение остаточного экологического потенциала, сильнонарушенная – низкий потенциал.

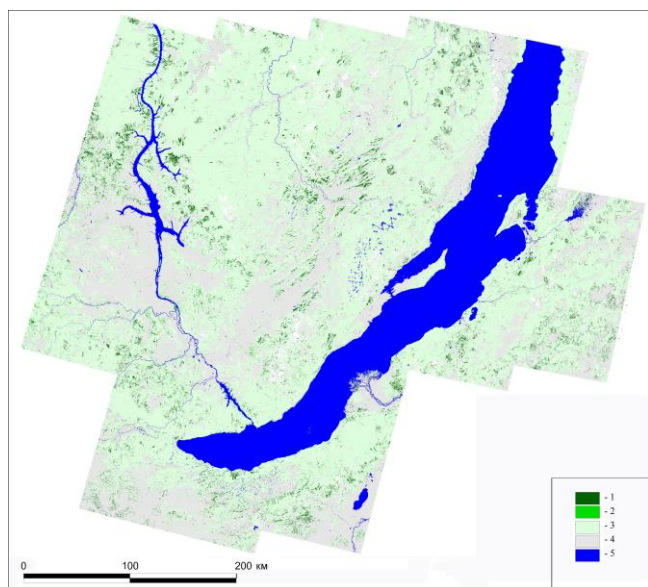


Рисунок 25. Восстановительная динамика лесной растительности геосистем. 1 – восстановление лесного покрова за 1990–2000 гг., 2 – восстановление за 2000–2005 гг., 3 – лесопокрытые территории, 4 – не покрытые лесом территории, 5 – водные объекты.

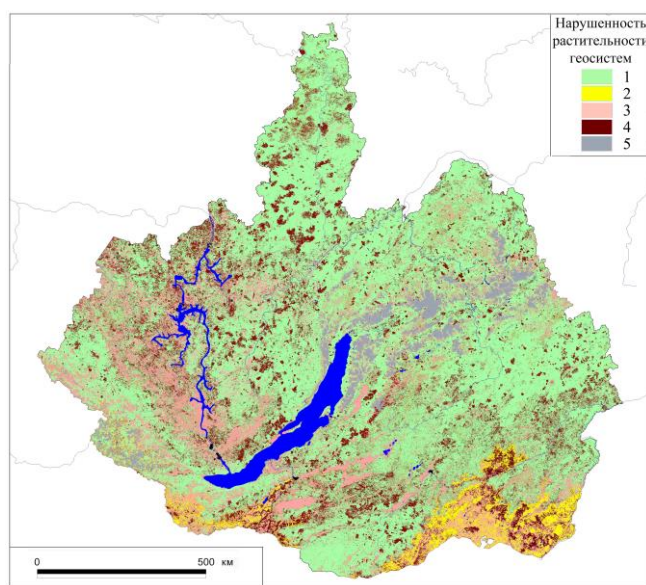


Рисунок 26. Нарушенность растительности геосистем Байкальской Сибири. 1 – условно коренная, 2 – слабонарушенная, 3 – средненарушенная, 4 – сильнонарушенная, 5 – участки без растительности или со скудной растительностью (гольцы, свежие гари, и т.д.)

Восстановительно-возрастная динамика лесного покрова в разных ландшафтных ситуациях (ландшафтная идентификация). В границах каждой ландшафтной фации реализуется вариант направленной или флуктуирующей динамики.

От начала до конца направленный процесс протекает так, что все элементы участвующие в нем, достигают своего конечного состояния, соответствующего данной фации. При этом каждая из стадий динамики характеризует время формирования сообщества, в течение которого в его составе доминируют определенное поколение древостоя.

Программой для прогнозно-динамического картографирования таежных лесов Предбайкалья является интеллектуальная геоинформационная система, где тесно взаимодействуют следующие три подсистемы: ГИС, подсистема математического моделирования и система автоматизации логических рассуждений (система искусственного интеллекта) [Владимиров, Попова, 2009; Vladimirov, Chudnenko, 2009; Popova, Cherkashin, Vladimirov, 2018].

На основе данных о восстановительных рядах типа леса и их сопоставления с фациальной структурой, с использованием составленной ландшафтной карты на территорию ключевого участка, расположенного в Среднем Приангарье (рисунок 27), были созданы карты текущего состояния таежного ландшафта по типам леса (типам биогеоценозов) и прогнозно-динамические карты изменения пространственно-типологической структуры таежного ландшафта на период 50 и 100 лет (рисунок 28).

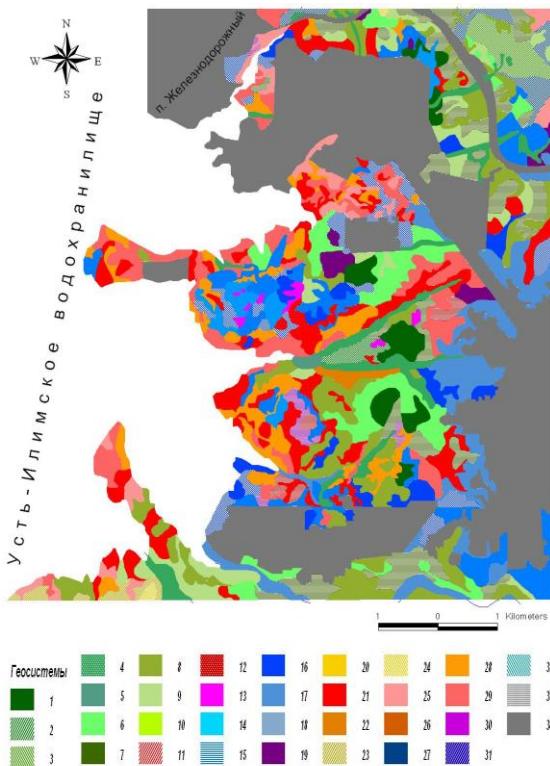


Рис. 27. Геосистемы ключевого участка.

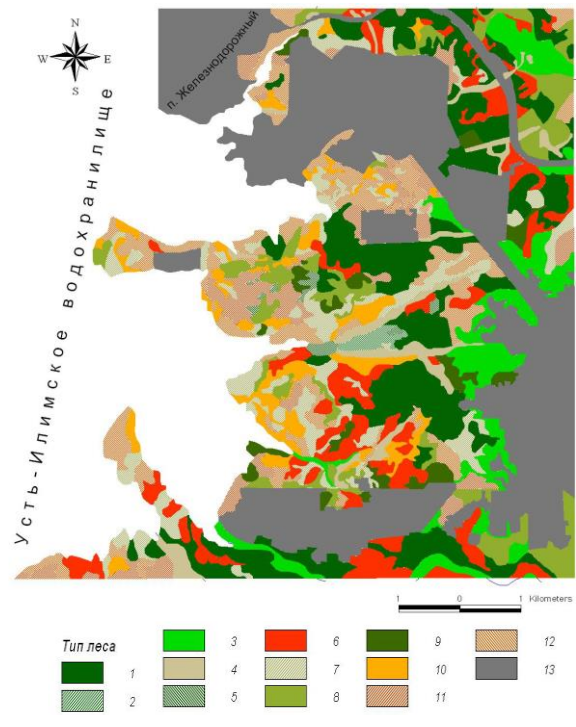
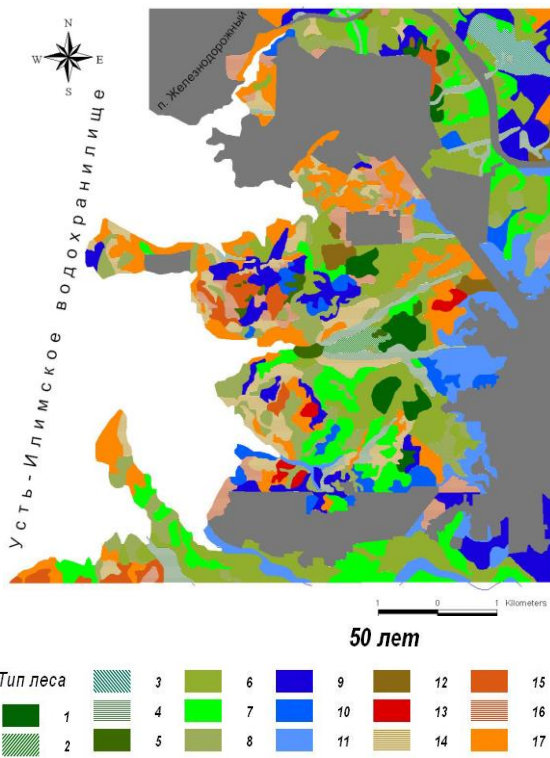


Рис. 28. Прогнозная карта динамики лесов на 50 (а) и 100 (б) лет.

Картографирование эффективно на всех этапах географического прогнозирования. Соответственно выделяются универсальные и специальные (оценочные и прогнозно-рекомендательные) карты. Поэтому с программно-целевых позиций географическое прогнозирование следует рассматривать как единый сложный многоэтапный картографический процесс, имеющий свою логику и структуру.

На первом базовом (инвентаризационном) этапе центральное место в прогнозно-географических исследованиях занимает изучение пространственной и динамической структуры геосистем изучаемого региона. Здесь наиболее эффективно универсальное ландшафтное картографирование, опирающееся на принципы структурно-динамической и типологической классификации геосистем, разработанных академиком В.Б. Сочавой [1968, 1979]. Основа этого подхода заключается в оценке дифференциации географической среды в пределах ее целостных подразделений, обладающих устойчивостью на определенный отрезок времени и в то же время подверженных непрерывным естественным и антропогенным изменениям.

Геоинформационная система, объединяющая оперативную космическую информацию, материалы текущей инвентаризации природных ресурсов, хозяйственные характеристики природопользования, ландшафтно-типологические карты разного масштаба и систему математических моделей, становится информационной основой для проведения географических исследований, прогнозирования и планирования использования природных ресурсов на разных уровнях организации территории.

Второй, оценочный, этап прогнозно-картографических исследований полностью опирается на универсальные карты геосистем. Последние являются информационной базой при составлении специальных оценочных карт в сопряженном масштабе. Содержание таких карт определяется задачами получения необходимой информации об особенностях геосистем, необходимых для дальнейшей разработки прогнозов и получения объективных результатов. К числу таких важных характеристик геосистем относятся показатели ее состояния и нарушенности, устойчивости и экологического потенциала.

На третьем, собственно прогностическом этапе происходит обобщение и взаимное увязывание сведений, полученных на предыдущих этапах исследований, с целью получения представлений о ландшафтной структуре в будущем. Особенностью прогностического этапа является его собственная оценочная составляющая, т.к. после создания прогнозного представления о геосистемах или растительности будущего необходимо еще и провести оценку прогноза с экологической и ресурсной позиций. Все это необходимо для разработки рекомендаций по хозяйственной деятельности, нацеленных на снижение или недопущение экологических или ресурсных нежелательных последствий. Рекомендуемые хозяйственные мероприятия должны быть направлены на максимальное восстановление нарушенной антропогенными воздействиями коренной структуры геосистем, а антропогенные нагрузки не должны препятствовать ее естественной динамике.

ГЛАВА 5 посвящена оптимизации природопользования в Байкальском регионе, анализу государственной политики в области экологического развития Российской Федерации и экологической политики в Байкальском регионе.

Один из главных принципов оптимизации природопользования состоит в использовании и совершенствовании потенциальных возможностей и тенденций, заложенных в самой природе [Исаченко, 2003]. Наиболее полно данный принцип был раскрыт в концепции сотворчества человека и природы, сформулированной В.Б. Со-

чавой [1979]. Человек, действуя в союзе с природой, может достигнуть наиболее устойчивых результатов оптимизации природопользования.

В практике современного природопользования уделяется недостаточное внимание к возможным экологическим последствиям, что в дальнейшем приводит к существенным антропогенным изменениям в окружающей природной среде, затрагивая экологическую безопасность населения.

В связи с этим становится актуальным определение стратегических приоритетов в области охраны окружающей среды и природопользования, экологической безопасности, обеспечение подготовки и принятия комплексных решений, направленных на минимизацию негативного воздействия на окружающую природную среду, что требует формирования всеобъемлющего и взвешенного подхода государства к экологической политике.

Государственная экологическая политика в природопользовании: прошлое, настоящее, будущее. Долгосрочная стратегия развития РФ должна гарантированно обеспечивать устойчивое развитие государства на основе согласованных экологических, экономических и социальных интересов общества. Такое развитие дает возможность реализовать права на благоприятную окружающую природную среду и охрану здоровья, а также обеспечить экологическую безопасность населения.

В настоящее время, в условиях развития рыночной экономики, природопользование как сложная система взаимоотношений между природой и обществом испытывает сложный период замены старых концепций новыми, соответствующими современным природно-хозяйственным вызовам. Для регулирования прав, норм и ответственности в природопользовании сформирована обширная законодательная база на федеральном, региональном и местном уровнях власти. В то же время, рыночные механизмы оценки эффективности, отдающие предпочтение ресурсному аспекту природопользования в ущерб экологическому, разрушают парадигму устойчивого развития территорий, предусматривающую баланс экономических и экологических усилий [Белов, Соколова, 2014].

Возрастающие размеры антропогенных воздействий на окружающую природную среду предопределяют усиленное внимание к экологическим аспектам природопользования, или ее экологизации (рационализации). В результате, в апреле 2012 г. на федеральном уровне принят важный фундаментальный документ «Основы государственной политики экологического развития Российской Федерации на период до 2030 года», утверждённый Президентом РФ 30 апреля 2012 г.; данный документ определяет основные направления деятельности по совершенствованию механизмов реализации государственной экологической политики.

Под экологической политикой государства понимается система специфических политических, экономических, юридических и иных мер, предпринимаемых государством для управления экологической ситуацией, обеспечения рационального природопользования на территории страны. Особый акцент в Основах государственной политики в области экологического развития РФ сделан на признании приоритетности для общества жизнеобеспечивающих функций географической оболочки перед прямым использованием ее ресурсов, при соблюдении баланса потребностей населения в благосостоянии и экологическом благополучии.

Экологические проблемы Байкальского региона. Задаче охраны природы и сохранения природных ресурсов Байкальского региона всегда уделялось достаточно большое внимание в природоохранной деятельности государства.

В последнее время определенные изменения, происходящие в содержании и способе реализации экологической функции государства, проявляются и в переходе к новому типу государственной экологической политики, и к оценке возможностей правовой охраны озера Байкал.

В целом, можно утверждать, что сформирована определенная экологическая политика в отношении охраны озера Байкал и БПТ, многочисленные постановления директивно ввели новую региональную форму природопользования. Федеральный Закон «Об охране озера Байкал» предусматривает особый режим хозяйственной и иной деятельности, осуществляемой в соответствии с принципами приоритета видов деятельности, не приводящих к нарушению уникальной экологической системы оз. Байкал; учета комплексности воздействия хозяйственной деятельности; сбалансированности решения социально-экономических задач и задач охраны экосистемы оз. Байкал; обязательности государственной экологической экспертизы; запрещения или ограничения видов деятельности, оказывающих негативное воздействие на экосистему оз. Байкал.

Экологические риски и экологическая безопасность природопользования в Байкальской Сибири. Дальнейшее расширение и усложнение природопользования в Байкальской Сибири прежде всего актуализирует проблему экологического риска хозяйственной и иной видов деятельности, оказывающих прямое или косвенное воздействие на природную среду. При увеличении объемов изъятия природных ресурсов, соответственно, увеличивается разнообразие и масштабы антропогенных воздействий на геосистемы и их компоненты, характеризующиеся низкой устойчивостью и замедленными процессами самовосстановления, связанными с относительно суровыми природными условиями. На этом фоне проявляется усиление величины и разнообразия экологических рисков в природопользовании.

Экологические риски природопользования в значительной степени определяются функциональными особенностями геосистем и ролью отдельных компонентов в них. Выделяется несколько основных природных и антропогенных воздействий, оказывающих негативные последствия на геосистемы Байкальской Сибири.

В связи с обострением в последнее время экологических проблем в Байкальском регионе проведен анализ источников негативного воздействия (рисунок 29), факторов ограничивающих хозяйственную деятельность, выполнено обоснование экологической допустимости хозяйственной деятельности в ЦЭЗ БПТ.

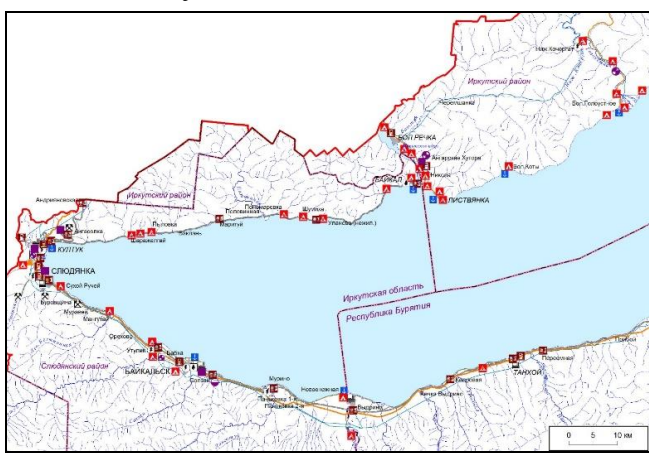


Рисунок 29. Фрагмент карты «Источники негативного воздействия в ЦЭЗ БПТ».

1 – Населенные пункты. **Добывающая промышленность:** 2 – добыча полезных ископаемых. **Обрабатывающая промышленность:** 3 – переработка древесины, 4 – предприятия по розливу питьевой воды, 5 – предприятия по переработке рыбы, 6 – птицефабрики. **Сельское хозяйство:** 7 – животноводческие фермы. **Транспорт:** 8 – автодороги федерального значения, 9 – автодороги регионального значения, 10 – прочие автодороги, 11 – автозаправочные станции, 12 – железные дороги, 13 – железнодорожные станции, 14 – порты, пристани и причалы, 15 – аэропорты. **Электроснабжение:** 16 – линии электропередачи, 17 – электростанции. **Теплоснабжение:** 18 – котельные. **Рекреация:** 19 – объекты туристической инфраструктуры. **Санитарная очистка:** 20 – очистные сооружения, 21 – отстойники, 22 – полигон ТБО, 23 – свалки, 24 – скотомогильники. **Границы:** 25 – субъектов РФ, 26 – административных районов, 27 – ЦЭЗ БПТ

На основе анализа информации о природных факторах, ограничивающих хозяйственную деятельность, с учетом категорий земель составлена карта экологической допустимости хозяйственной деятельности в ЦЭЗ БПТ (рисунок 30).

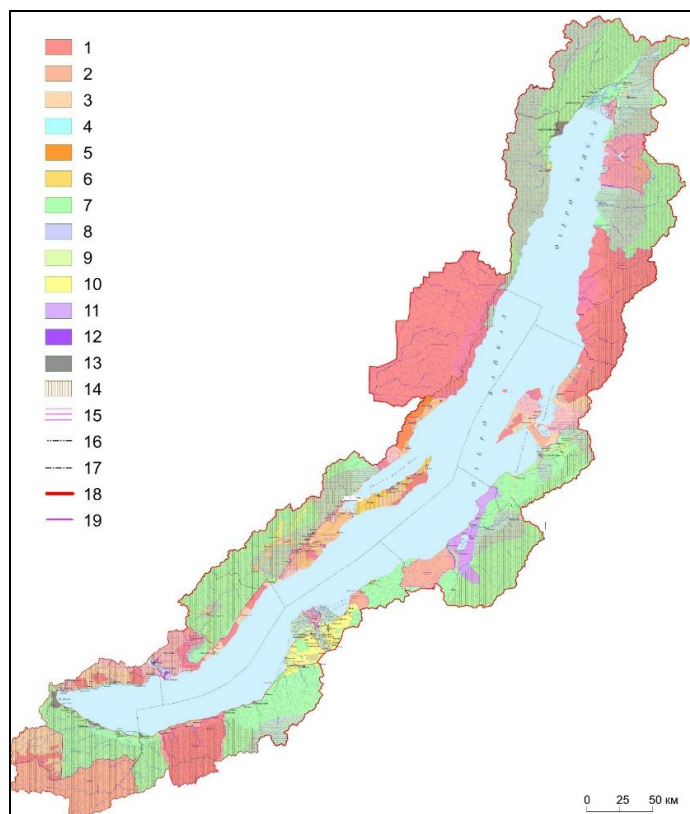


Рисунок 30. Экологическая допустимость хозяйственной деятельности в ЦЭЗ БПТ.

Категории земель. Земли ООПТ федерального и регионального значения: 1 – Зоны заповедного режима; 2- Зоны заказного режима; 3 – Зоны рекреации и познавательного туризма; 4 – Зоны обслуживания посетителей; 5 – Зоны традиционного экстенсивного природопользования; 6 – Зоны хозяйственного использования; 7- Земли лесного фонда; 8 – Земли водного фонда; 9 – Земли государственного запаса; 10 – Земли сельскохозяйственного назначения; 11 – Земли особых экономических зон туристско-рекреационного типа; 12 – Земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, земли для обеспечения космической деятельности, земли обороны, безопасности и земли иного специального назначения; 13 – Земли населенных пунктов. **Природные факторы, ограничивающие хозяйственную деятельность.** 14 – Районы с высокой геоморфологической опасностью; 15 – Опасные и особо опасные территории по совокупности факторов радиационного риска. **Границы.** 16 – субъектов РФ; 17 – административных районов; 18 – ЦЭЗ БПТ; 19 – ООПТ федерального и регионального значения

Проведенный анализ позволяет оценить в пространственном аспекте остроту экологической ситуации в Прибайкалье. Эта оценка охватывает изменения окружающей природной среды, которые вызывают ухудшение нормальных условий жизнедеятельности и здоровья людей, истощение или утрату природных ресурсов, снижение или утрату средо- и ресурсоформирующих свойств геосистем, и соответственно их экологического потенциала.

Разработка предложений по оптимизации природопользования в Прибайкалье на основе учета экологического потенциала геосистем региона. Предложения по оптимизации природопользования рассмотрены на примере разработки методики территориального планирования ЦЭЗ БПТ, выполненной в Институте географии им. В.Б. Сочавы СО РАН [Плюснин, Владимиров, 2013].

Основная функция ЦЭЗ БПТ – сохранение уникальной экологической системы оз. Байкал и предотвращение негативных воздействий хозяйственной и иной деятельности на ее состояние. Основными источниками атмосферного воздействия на оз. Байкал являются промышленные предприятия, расположенные на БПТ, участки Транссибирской и Байкало-Амурской железнодорожных магистралей. Вблизи населенных пунктов, дорог, турбаз также наблюдаются значительные антропогенные изменения природной среды (вырубки, гари и т.д.) [Владимиров, Богданов, Плюснин, 2015] (рисунок 31).

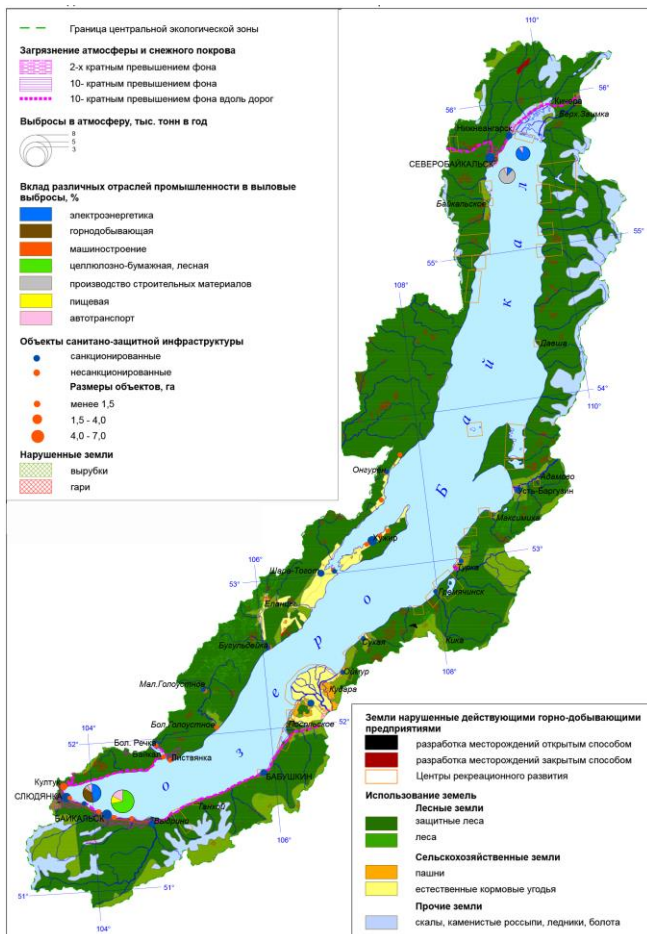


Рисунок 31. Природопользование и экологическое состояние ЦЭЗ БПТ.

хозяйственная структура землепользования, ее производственная специализация, распределение земельного фонда между землепользователями, размещение населенных пунктов, производственных объектов, антропогенную нарушенность земель, земли с особым режимом природопользования, земли, занятые транспортной и коммуникационной инфраструктурой и т.д.

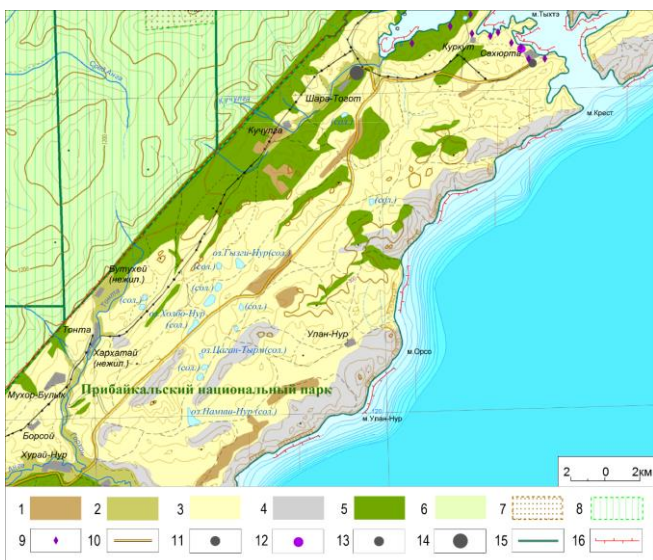


Рисунок 32. Фрагмент схемы современного использования ЦЭЗ БПТ.

Один из ключевых моментов территориального планирования ЦЭЗ БПТ основывается на признании бассейна озера Байкал регионом особого природопользования, стратегической линией развития которого является подчинение всей деятельности на этой территории сохранению уникального ресурса – озера Байкал. Принцип устойчивого развития территории реализуется в процессе проведения экологического зонирования, конечным результатом которого является сценарий перспективного развития выделенных типов территорий (экологических) с учетом взаимосвязанных и взаимообусловленных экономических, социальных и экологических факторов.

В результате выполнения работ для территории ЦЭЗ БПТ были созданы следующие картографические произведения с конкретными предложениями по оптимизации природопользования:

1. Схема современного использования ЦЭЗ БПТ (рисунок 32). На схеме

отображена территориальная и природно-хозяйственная структура землепользования, ее производственная специализация, распределение земельного фонда между землепользователями, размещение населенных пунктов, производственных объектов, антропогенную нарушенность земель, земли с особым режимом природопользования, земли, занятые транспортной и коммуникационной инфраструктурой и т.д.

2. Карта ограничений «Зоны с особыми условиями использования территорий» (рисунок 33).

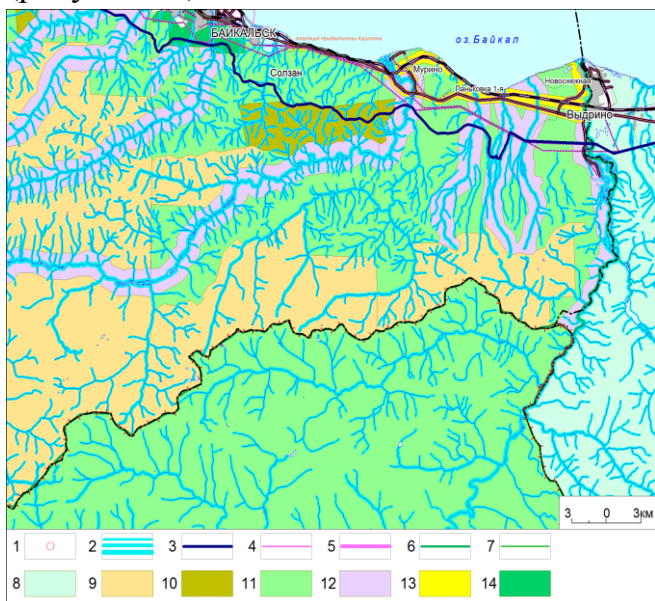


Рисунок 33. Фрагмент карты ограничений «Зоны с особыми условиями использования территорий».

1. Территории охраны памятников природы,
2. Водоохранные зоны рек, ручьев, озер, водохранилищ 50,100,200 м,
3. Водоохранная зона озера Байкал (разработка ИГ СО РАН для МПР РФ, определена на основе ландшафтно-гидрологического метода),
4. Санитарно-защитные зоны промышленных предприятий,
5. Санитарно-защитные полосы вдоль автомобильных и железных дорог ЛЭП и линий связи,
6. Границы лесничеств,
7. Границы участковых лесничеств. Категории защитности лесов:
8. Леса в водоохранных зонах,
9. Противозерозионные леса,
10. Орехопромысловые леса,
11. Запретные полосы лесов по берегам рек, озер, водохранилищ и других водных объектов,
12. Запретные полосы лесов, защищающих нерестилища ценных промысловых рыб,
13. Запретные полосы лесов вдоль ж/д магистралей, автомобильных дорог федерального и республиканского значения,
14. Леса зеленых зон поселений и хозяйственных объектов.

3. Непосредственную опасность осуществляемому и планируемому хозяйственному освоению территории ЦЭЗ БПТ представляет риск возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (рисунок 34).

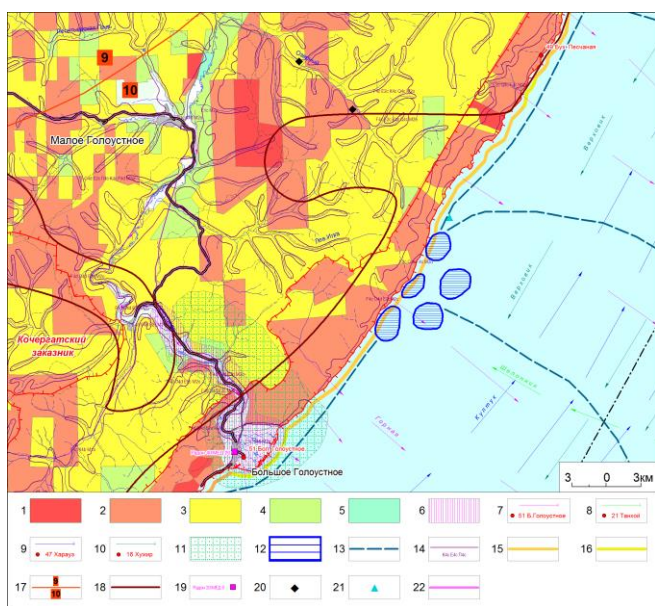


Рисунок 34. Фрагмент карты ограничений «Территории, подверженные риску возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера».

- Классы природной пожарной опасности лесов:* 1. Очень высокая, 2. Высокая, 3. Средняя, 4. Слабая, 5. Отсутствует. *Опасные гидрометеорологические явления:* 6. Участки проявления наиболее сильных штормовых ветров. *Направления штормовых ветров, их названия и повторяемость дней в год на метеостанциях:* 7. Горная, 8. Шелонник, 9. Култук, 10. Верховик, 11. участки проявления сильных и частых туманов. *Участки проявления опасных ледовых явлений:* 12. Пропарины, 13. Становые трещины. *Районирование территории по риску возникновения опасных экзогенных процессов:* 14. Границы районов, индекс района (Процесс: S - сели, L - лавины, E - эрозия (в том числе и водная), O - обвалы-осыпные процессы, P - оползни, F - сплывы, Q - курумы, D - дефляция, B - болота, процессы заболачивания, K - карст, П - суффозионно-просадочные процессы.). *Характер распространения:* 1 - линейный, 2 - площадной, 3 - полосообразный, 4 - точечный, 5 - единичный. *Тип риска:* a - одноразовый, b - скрытый, c - постоянный, d - переменный.

Береговые процессы: 15. Подмыв оснований склонов, 16. Аккумуляция. 17. Территории с опасностью землетрясений (9-10 баллов). 18. Зоны природного аномального радиационного фона и радоноопасности. 19. Содержание радона в почвенном воздухе на глубине 1 м (Бк/м³) и мощность экспозиционной дозы (МЕД) внешнего у-излучения (мкР/ч). 20. Участки аномального природного содержания редких токсичных элементов. 21. Участки опасного проявления углеводородных систем. *Территории, подверженные риску ситуаций техногенного характера:* 22. Риск возникновения происшествий на транспортных, электрических сетях и линиях связи.

4. Схема экологического зонирования ЦЭЗ БПТ (рисунок 35).

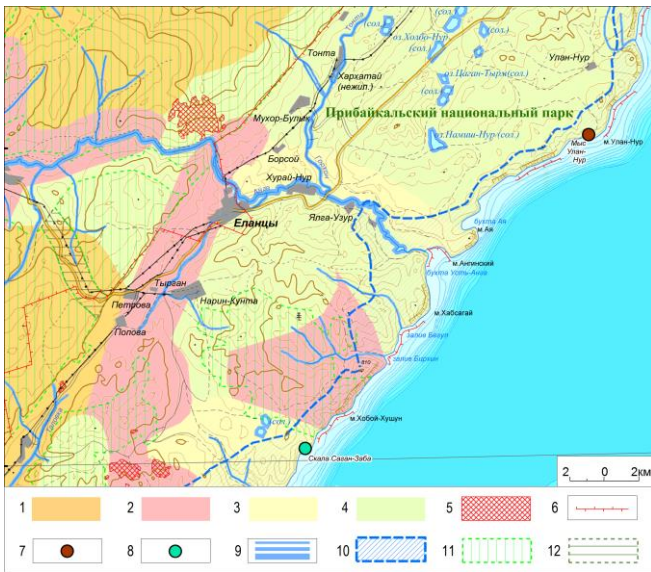


Рисунок 35. Фрагмент схемы экологического зонирования ЦЭЗ БПТ.

Экологические зоны ландшафтов: 1. Зона водорегулирующих ландшафтов, 2. Зона высокого разнообразия ландшафтов, 3. Зона средостабилизирующих ландшафтов, 4. Зона типоморфных ландшафтов. *Нарушенные лесные земли:* 5. Гари. 6. Границы особо охраняемых природных территорий. *Памятники природы:* 7. Геологические, 8. Ландшафтные. *Водоохранные зоны:* 9. Рек, ручьев, озер, водохранилищ (ширина полосы 50, 100 и 200 м), 10. Водоохранная зона озера Байкал (разработка ИГ СО РАН для МПР РФ, определена на основе ландшафтно-гидрологического метода). *Защитные леса:* 11. Запретные полосы лесов по берегам рек, озер, водохранилищ и других водных объектов, 12. Запретные полосы лесов, защищающих нерестилища ценных промысловых рыб.

Экологическое зонирование позволяет разграничить участки, рекомендуемые для сохранения природной среды или социально-экономического развития, оконтурить участки с наиболее острыми экологическими проблемами и наметить пути их восстановления, уточнить направления развития территории и конкретизировать базовые структуры этого развития.

5. Схема функционального зонирования ЦЭЗ БПТ (рисунок 36). На схеме функционального зонирования территории отражены типы целей использования и режимы использования функциональных зон.



Рисунок 36. Фрагмент схемы функционального зонирования ЦЭЗ БПТ.

Тип цели использования: *Сохранение существующего использования:* 1. Развитие новых видов деятельности ограничено необходимостью сохранения природных режимов. Допускаются традиционные виды использования, строго регламентированный туризм (Преимущественно природоохранная, рекреационная функция); *Ограниченное использование:* 2. Допускаются традиционные виды использования, уход за лесом, лесовосстановление на гарях и рубках (Обеспечение населения продукцией леса, почво-защитная, водоохранная функция); 3. Допускаются традиционные виды использования, уход за лесом, лесовосстановление на гарях и рубках, регламентированный туризм (Обеспечение населения продукцией леса, почво-защитная, водоохранная функция); *Использование:* 4. Выпас скота с использованием традиционных методов и соблюдением норм нагрузок (Обеспечение сель-

хозяйственных животных естественными кормами); 5. Регламентированный туризм, нормирование рекреационных нагрузок, обустройство мест отдыха (Рекреационная функция); *Интенсификация использования:* 6. Выпас скота (Обеспечение сельскохозяйственных животных естественными кормами); 7. Мероприятия по устойчивому обеспечению электро- и водоснабжению, утилизации отходов, обслуживанию населения (Селитебная, научно-образовательная, производственная функция); **Границы:** 8. Особо охраняемые природные территории; 9. Водоохранные зоны рек, ручьев. Ширина полосы 50, 100 и 200 м; 10. Водоохранная зона озера Байкал (разработка ИГ СО РАН для МПР РФ, определена на основе ландшафтно-гидрологического метода).

Интегрированная концепция использования территории разрабатывалась на основе анализа социально-экономических проблем, ресурсной оценки территории и сформулированных типов целей использования для отдельных природных компонентов.

Рекомендации по экологической оптимизации природопользования с целью сохранения экологического потенциала геосистем Прибайкалья определяют главные направления природоохранной деятельности, а именно: особое сохранение коренных геосистем, восстановление нарушенных геосистем, регулируемое и экологически ориентированное использование растительности как самого критичного компонента геосистем, меры по противопожарной охране геосистем. При этом должны учитываться основные критерии геосистем, такие как степень нарушенности, устойчивость, экологические функции. Все эти критерии определяют экологический потенциал геосистем и их роль в формировании качества природной среды региона.

Все проведенные многоэтапные картографические исследования укладываются в единую систему географического прогнозирования и создают новую фундаментальную научную базу для разработки рекомендаций по оптимизации природопользования в Прибайкалье в рамках реализации экологической политики [Основы государственной политики..., 2012]. В основу всех предлагаемых мероприятий заложены оценки современного состояния геосистем Байкальской Сибири. При этом были учтены все ранее обозначенные экологические риски, возникающие при антропогенных нарушениях геосистем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. По результатам исследования сделаны следующие основные выводы:

1. Необходимость экологической оптимизации природопользования в Байкальской Сибири обусловлена не только освоением природных ресурсов, определяющих в настоящее время и в будущем основные направления природопользования, существенно затрагивающие природные процессы в регионе и снижающие экологический потенциал геосистем, но и особыми природными условиями региона, а также особым правовым статусом БПТ. В сложившихся условиях экологическая оптимизация природопользования на основе учета экологического потенциала геосистем должна стать основной парадигмой концепции природоохранной деятельности в Байкальской Сибири.

2. Современное представление об экологическом потенциале геосистем опирается на конструктивное объединение двух подходов к его оценке – природоцентрического и антропоцентрического, с основным акцентом на первый, что позволяет обеспечить рациональное экологически ориентированное природопользование и предупреждение экологических рисков.

3. Экологический потенциал геосистем представляет собой единство природного и остаточного экологических потенциалов.

Природный, или базовый, экологический потенциал – это совокупность вещественно-энергетических ресурсов и свойств естественной геосистемы, обеспечивающих ее максимально возможные структурно-функциональные параметры (энергетические, организационные, водорегулирующие и т.д.) и полезные функции (ресурсные, продукционные, средозащитные, рекреационные и т.д.), которые могут быть использованы человеком.

Остаточный экологический потенциал геосистемы - совокупность ее вещественно-энергетических ресурсов и свойств, сложившихся под влиянием хозяйственной деятельности и определяющих ее современные структурно-функциональные параметры и полезные функции. Его оценка необходима для определения потенциальных воз-

возможностей производных и антропогенно-измененных геосистем для производственных нужд.

4. Основным методом исследования и оценки экологического потенциала является картографическое моделирование с созданием универсальных и специальных карт на основе современных геоинформационных технологий. Основой выявления экологического потенциала геосистем Байкальской Сибири является карта геосистем региона в обзорно-справочном масштабе (1 : 2 500 000).

5. Картографирование эффективно на всех этапах географического прогнозирования. Выделяются универсальные и специальные (оценочные и прогнозно-рекомендательные) карты. С программно-целевых позиций географическое прогнозирование следует рассматривать как единый сложный многоэтапный картографический процесс, имеющий свою логику и структуру.

На первом, инвентаризационном этапе центральное место в прогнозно-географических исследованиях занимает изучение пространственной и динамической структуры геосистем региона. Наиболее эффективно на данном этапе универсальное ландшафтное картографирование, опирающееся на принципы структурно-динамической и типологической классификации геосистем, разработанных академиком В.Б. Сочавой.

6. Оценочный этап изучения экологического потенциала прогнозно-картографических исследований опирается на ДДЗ, информацию о состоянии растительности, на универсальную карту геосистем. Все это является информационной базой при составлении специальных оценочных карт в сопряженном масштабе. Содержание таких карт определяется задачами получения необходимой информации об особенностях геосистем, необходимых для дальнейшей разработки прогнозов и получения объективных результатов. К числу таких важных характеристик геосистем относятся показатели ее состояния и нарушенности, ее экологического потенциала, а также степень ее естественной и антропогенной устойчивости.

7. Функциональные возможности интеллектуальной гибридной ГИС с подсистемой математического моделирования и системой автоматизации логических рассуждений (системы искусственного интеллекта) реализуют идею прогнозного и интерпретационного картографирования. Прогнозное многоуровневое картографирование обеспечивает создание (отображение геосистем) и использование (исследование геосистем) карт для комплексного географического прогнозирования. При прогножном картографировании оба метода находятся в тесном взаимодействии, что наиболее ярко проявляется в процессе математико-картографического моделирования. Интерпретационное картографирование основано на извлечении новых знаний из классификационной позиции каждого выдела, например, отнесение ландшафтной фации к восстановительному ряду конкретного типа леса позволяет судить о динамике и времени формирования лесных сообществ, о периодах доминирования определенных элементов леса, оказывающее эдификаторное и регуляторное воздействие на внутриценотическую среду и биогеоценотические процессы.

8. Выявление особенностей развития ландшафтно-географических процессов, определяющих современный природный экологический потенциал геосистем, важно для прогнозных построений; такие показатели оценки находят свое отражение на специальных оценочных и индикационных картах.

Специальные (оценочные, индикационные, ресурсные и т.п.) карты, составленные с помощью геоинформационных методов и разработанных методик моделирования,

учитывающих эволюционно-генетический и динамический статус геосистем и их компонентов, состояние отдельных структурных компонентов геосистем, степень их нарушенности. характеристики устойчивости к антропогенным воздействиям, отражают, прежде всего, современное состояние эволюционного потенциала геосистем.

9. Выявление, оценка и прогнозирование экологического потенциала геосистем образуют единый многоэтапный процесс географического прогнозирования, объединенный общей целью формирования научного обоснования экологически ориентированного природопользования в регионе с учетом его природно-географических особенностей.

10. Особенностью прогностического этапа является его собственная оценочная составляющая, т.к. после создания прогнозного представления о геосистемах или растительности будущего необходимо еще и провести оценку прогноза с экологической и ресурсной позиций. Все это необходимо для разработки рекомендаций по хозяйственной деятельности, нацеленных на снижение или недопущение экологических или ресурсных нежелательных последствий.

11. Многоэтапные картографические исследования укладываются в единую систему географического прогнозирования и создают новую фундаментальную научную базу для разработки рекомендаций по оптимизации природопользования в Прибайкалье в рамках реализации государственной экологической политики. В основу всех предлагаемых мероприятий заложены оценки современного состояния геосистем Прибайкалья, при этом были учтены экологические риски, возникающие при антропогенных нарушениях геосистем.

12. Предлагаемые для учета при природопользовании различные аспекты экологического потенциала полностью соотносятся с задачами государственной политики экологического развития, применительно к конкретной сибирской территории. Особенно это актуально для БПТ, где природопользование должно осуществляться с учетом сохранения уникальной экосистемы оз. Байкал. Здесь экологический потенциал геосистем особенно значим и его необходимо учитывать при всех видах хозяйственной деятельности. Это касается не только уникального ландшафтного разнообразия ЦЭЗ БПТ, но и важных средоформирующих и средозащитных функций в других экологических зонах – атмосферного влияния и буферной.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК

1. Владимиров И.Н. Геоинформационное обеспечение оценки заболевания птичьим гриппом в регионе / И.Н. Владимиров, С.И. Мясникова, А.К. Черкашин // Известия РАН. Серия географическая. – 2008. – № 2. – С. 122–131.
2. Владимиров И.Н. Моделирование пространственно-временной динамики лесных ресурсов с использованием интеллектуальной ГИС / И.Н. Владимиров, А.К. Попова // География и природные ресурсы. – 2009. – № 1. – С. 26–32.
3. Плюснин В.М. Картографическое обеспечение территориального планирования Центральной экологической зоны Байкальской природной территории / В.М. Плюснин, И.Н. Владимиров, А.А. Сороковой // Геодезия и картография. – 2012. – № 4. – С. 22–32.
4. Владимиров И.Н. Геоинформационное моделирование и сценарный подход в системе поддержки принятия решений управления лесными ресурсами региона / И.Н. Владимиров // Геоинформатика. – 2012. – № 3. – С. 62–67.
5. Владимиров И.Н. Геоинформационное моделирование лесной растительности Северо-Западного Прибайкалья (опыт применения алгоритмов классификации геоизображений) / И.Н. Владимиров // Геодезия и картография. – 2012. – № 9. – С. 30–35.

6. Владимиров И.Н. Динамика верхней границы леса на Байкальском хребте / И.Н. Владимиров // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле». – 2014. – Т. 10 – С. 46–57.
7. Владимиров И.Н. Геоинформационное моделирование экологического потенциала Байкальской Сибири / И.Н. Владимиров // Геоинформатика. – 2015. – № 3. – С. 12–18.
8. Владимиров И.Н. Геоинформационный анализ и моделирование восстановительных сукцессий залежных земель Забайкалья / И.Н. Владимиров, Д.В. Кобылкин, С.А. Холбоева // Геодезия и картография. – 2016. – № 1. – С. 20–25.
9. Владимиров И.Н. Байкальская географическая экспедиция / И.Н. Владимиров, Е.А. Ильичёва, А.Д. Китов, Д.В. Кобылкин, А.П. Софронов // География и природные ресурсы. – 2016. – № 1. – С. 194–195.
10. Владимиров И.Н. Исследования Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН на Байкальской природной территории / И.Н. Владимиров, Л.М. Корытный, В.М. Плюснин, А.А. Сороковой // География и природные ресурсы. – 2016. – № 5. – С. 6–14.
11. Белозерцева И.А. Почвы водоохранной зоны озера Байкал и их использование / И.А. Белозерцева, И.Н. Владимиров, В.И. Убугунова, В.Л. Убугунов, О.А. Екимовская, А.В. Бардаш // География и природные ресурсы. – 2016. – № 5. – С. 70–83.
12. Владимиров И.Н. Новые методические подходы к картографированию геосистем (на примере геосистем Байкальской Сибири) / И.Н. Владимиров // Геодезия и картография. – 2018. – Т. 79. – № 7. – С. 23–34.
13. Владимиров И.Н. Природная сущность и социальная значимость экологического потенциала геосистем / И.Н. Владимиров // География и природные ресурсы. – 2019. – № 5. – С. 12–18.

Статьи в международных изданиях, индексируемых WoS и/или SCOPUS

14. Vladimirov I.N. Multilevel Modeling of the Forest Resource Dynamics / I.N. Vladimirov, A.K. Chudnenko // Mathematical Modelling of Natural Phenomena. – 2009. – Vol. 4, No. 5. – Pp. 72–88.
15. Kuz'menko E.I. Using the landscape map to assess the productivity of geosystems in the southern taiga of Western Siberia / E.I. Kuz'menko, Sh. Maksyutov, I.N. Vladimirov // Geography and Natural Resources. – 2013. – Vol. 34, Issue 3. – P. 278–284.
16. Vladimirov I.N. Structure of Vegetation Cover in the Western Part of the Upper-Angara Depression / I.N. Vladimirov, A.P. Sofronov, A.A. Sorokovoi, D.V. Kobylkin, A.A. Frolov // Geography and Natural Resources. – 2014. – Vol. 35, Issue 2. – P. 143–151.
17. Vladimirov I.N. Predictive mapping of the restoration-age dynamics of taiga forests on the basis of remote sensing data and geographical knowledge / I.N. Vladimirov // Applied Ecology and Environmental Research. – 2014. – Vol. 12 (4). – P. 807–824.
18. Cherkashin E. An Optimal Control Module of Sustainable Natural Resources Consumption Control Synthesis for Decision Support Systems / E. Cherkashin, S. Badmalsyrenova, I. Vladimirov, A. Popova, A. Davydov // 37th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO). – Croatia, Rijeka: MIPRO, 2014. – P. 1350–1355.
19. Belov A.V. Cartographic assessment of the present status of vegetation in Prebaikalia for water use optimization / A.V. Belov, I.N. Vladimirov, L.P. Sokolova // Geography and Natural Resources. – 2016. – Vol. 37, Issue 2. – P. 129–134.
20. Vladimirov I.N. The ecological potential of Baikal region's geosystems / I.N. Vladimirov // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2018. – Vol. 190. – 012017.
21. Vladimirov I.N. Geographical and environmental research of transboundary territories: results and prospects / I.N. Vladimirov, V.M. Plyusnin, A.A. Sorokovoy // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2018. – Vol. 190. – 012018.
22. Popova A.K. Modeling the contribution of natural and anthropogenic factors on the forests in Irkutsk region, Russia / A.K. Popova, E.A. Cherkashin, I.N. Vladimirov // CEUR Workshop Proceedings. – 2018. – Vol. 2221. – P. 53–60.
23. Shekhovtsov A.I. Current State and Rational Use of Landscapes in the Border Area of Mongolia and Russia / A.I. Shekhovtsov, I.A. Belozertseva, I.N. Vladimirov, D.N. Lopatina // Information Technologies in the Research of Biodiversity. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. – Springer, Cham, 2019. – P. 187–192.
24. Popova A.K. Forest Resources of the Baikal Region: Vegetation Dynamics Under Anthropogenic Use / A.K. Popova, E.A. Cherkashin, I.N. Vladimirov // Information Technologies in the Research of Biodiversity. Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences. – Springer, Cham, 2019. – P. 96–106.
25. Vladimirov I.N. Natural Conditions and Ecological Potential of Geosystems in the Central Part of the Oka Plateau (Eastern Sayan) / I.N. Vladimirov, V.B. Vyrkin, E.A. Ilyicheva, D.V. Kobylkin, M.V. Pavlov, Li Zehong // Geography and Natural Resources. – 2019. – Vol. 40, Issue 3. – 264–274.
26. Vladimirov I.N. Analysis of the landscape structure of the Malyy Khamar-Daban range / I.N. Vladimirov,

A.A. Frolov, A.V. Silaev, A.P. Sofronov, D.V. Kobylkin, A.A. Sorokovoi // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 381. – 012093.

27. Vladimirov I.N. Geosystems of the northeastern Hovsgol region / I.N. Vladimirov, A.P. Sofronov, A.V. Silaev, D.V. Kobylkin, V.B. Vyrkin, A.A. Sorokovoi, S. Khadbaatar, Frolov A.A., A.I. Shekhovtsov // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 381. – 012094.

Монографии

28. Геоинформационная система управления территорией / А.К. Черкашин, А.Д. Китов, И.Н. Владимиров и др. – Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2002. – 151 с.

29. Экологически ориентированное планирование землепользования в Байкальском регионе. Район дельты реки Селенги / А.К. Черкашин, Л.М. Корытный, Т.И. Коновалова, И.Н. Владимиров и др. – Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2002. – 149 с.

30. Ландшафтно-интерпретационное картографирование / Т.И. Коновалова, Е.П. Бессолицына, И.Н. Владимиров и др. – Новосибирск: Наука, 2005. – 425 с.

31. Географические исследования Сибири. Т. 4. Полисистемное тематическое картографирование / А.Р. Батуев, А.К. Черкашин, И.Н. Владимиров и др. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2007. – 418 с.

32. Гомология и гомотопия географических систем / А.К. Черкашин, Е.А. Истомина, И.Н. Владимиров и др. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2009. – 351 с.

33. Плюснин В.М. Территориальное планирование центральной экологической зоны Байкальской природной территории / В.М. Плюснин, И.Н. Владимиров. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2013. – 411 с.

34. Экологический атлас бассейна озера Байкал / Отв. ред. А.Р. Батуев, Л.М. Корытный, Ж. Оюунгэрэл, Д. Энхтайван. – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. – 145 с.

35. Зона Трансиба как евразийский экономический коридор / Отв. ред. Л.М. Корытный. – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2016. – 251 с.

Статьи в зарубежных и отечественных рецензируемых журналах

36. Владимиров И.Н. О перспективах развития интерактивного ландшафтного планирования в России / И.Н. Владимиров, А.А. Медведев // Экологическое планирование и управление. – 2007. – № 1 (2). – С. 38–43.

37. Владимиров И.Н. Система моделей принятия решений в управлении лесными ресурсами: синтез методов дистанционных исследований, географического картографирования и геоинформатики / И.Н. Владимиров // ТЕРРА (Казахстан). – 2007. – № 2 (3). – С. 18–23.

38. Владимиров И.Н. Антропогенная нарушенность и динамика геосистем Байкальской Сибири / И.Н. Владимиров // Природа Внутренней Азии. Nature of Inner Asia. – 2018. – № 1 (6). – С. 19–31.

39. Vladimirov I.N. Mapping of regenerative and age dynamics of taiga forests on the basis of remote sensing data, geographical knowledge and mathematical models / I.N. Vladimirov // Journal of Remote Sensing. – 2007. – Vol. 11, № 5. – Pp. 732–744.

40. Vladimirov I.N. The study of heterogenic structure of vegetation of Baikal Range south-eastern slope on the base of remote sensing data / I.N. Vladimirov, A.A. Sorokovoy, D.V. Kobylkin // Acta Geographica Silesiana. – № 12. – 2012. – P. 47–55.

Статьи в сборниках

41. Владимиров И.Н. Выделение границ геосистем субрегионального уровня по временным сериям многозональных космических снимков / И.Н. Владимиров // Дистанционные исследования и картографирование структуры и динамики геосистем. – Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2002. – С. 30–34.

42. Владимиров И.Н. Прогнозирование пространственно-временной динамики лесных ресурсов Иркутской области с использованием ГИС-технологий / И.Н. Владимиров, А.К. Чудненко // Солнце, Земля, вода и энергия / Труды Восточно-Сибирского отделения АПВН. – Вып. 2. – Новосибирск: Наука, 2005. – С. 61–68.

43. Владимиров И.Н. Моделирование и прогнозирование динамики геосистем: синтез методов математического моделирования, дистанционного зондирования и геоинформатики / И.Н. Владимиров // Сборник статей молодых ученых Иркутского научного центра Сибирского отделения РАН. – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2011. – С. 4–6.

44. Владимиров И.Н. Динамика растительности геосистем Предбайкалья под воздействием меняющихся природных и антропогенных факторов / И.Н. Владимиров // Актуальные проблемы науки Прибайкалья. – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. – С. 67–73.

45. Владимиров И.Н. Байкальская природная территория: охрана озера Байкал и социально-экономическое развитие территории / И.Н. Владимиров // Охрана природы и региональное развитие: гар-

мония и конфликты. – Оренбург: Институт степи УрО РАН, 2017. – Т. I. – С. 17–22.

46. Кобылкин Д.В. Изменение экологического потенциала геосистем южной части Западного Байкаля в голоцене / Д.В. Кобылкин, И.Н. Владимиров // Геосистемы Северо-Восточной Азии: особенности их пространственно-временных структур, районирование территории и акватории. – Владивосток: ФГБУН Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, 2019. – С. 231–234.

47. Владимиров И.Н. Экологические и правовые аспекты природопользования в Байкальском регионе / И.Н. Владимиров // Эколого-географические проблемы перехода к зеленой экономике. – Минск: СтройМедиаПроект, 2019. – С. 210–221.

48. Vladimirov I.N. Geoinformation mapping of the current state of forest vegetation based on the data of remote sensing and ground observations / I.N. Vladimirov, A.A. Sorokovoy // Dong Suocheng, Sun Julin (Eds.) Proceedings of the International Forum Sustainable Development of Northeast and Central Asia. – Beijing: Academic Press, 2014. – P. 409–417.

Статьи в материалах конференций

49. Владимиров И.Н. Основные понятия, методы и модели исследования географических объектов как динамических систем / И.Н. Владимиров // Материалы конференции «Географические идеи и концепции как инструмент познания окружающего мира». – Институт географии СО РАН. – Иркутск, 2001. – С. 6–7.

50. Владимиров И.Н. Применение данных дистанционного зондирования для создания ГИС административного региона и анализа космических изображений средствами ГИС / И.Н. Владимиров, Е.А. Истомина, Т.В. Кейко, А.Д. Китов, А.В. Латышева, С.И. Мясникова, С.В. Филиппская, А.К. Черкашин, Е.А. Черкашин // Интеркарто 7: ГИС для устойчивого развития территорий. Материалы Международной конференции, Петропавловск-Камчатский, 30 июля – 1 августа 2001 г. – Петропавловск-Камчатский: Международная Картографическая Ассоциация, 2001. – С. 47–50.

51. Владимиров И.Н. Выделение границ геосистем субрегионального уровня по временным сериям многозональных космических снимков / И.Н. Владимиров // Дистанционные исследования и картографирование структуры и динамики геосистем. – Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2002. – С. 30–34.

52. Владимиров И.Н. Исследование и моделирование динамики таежных геосистем Предбайкалья по космическим геоизображениям / И.Н. Владимиров // Научные школы Сибири: взгляд в будущее / Труды Третьей интеграционной междисциплинарной конференции молодых ученых СО РАН и высшей школы (Иркутск, 17–21 октября 2005 г.) – Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2005. – Т. 1. – С. 59–67.

53. Владимиров И.Н. Геоинформационные системы в конвейерной технологии оценки коэффициентов математических моделей динамики таежных лесов по ландшафтной структуре территории (на примере Иркутской области) / И.Н. Владимиров // ИнтерКарто/ИнтерГИС 11 / Материалы Международной конференции. Ставрополь–Домбай (Россия) – Будапешт (Венгрия), 25 сентября – 3 октября 2005 г. – Международная картографическая ассоциация, 2005. – С. 76–81.

54. Владимиров И.Н. Картографирование восстановительно-возрастной динамики таежных лесов на основе дистанционных данных, географических знаний и математических моделей / И.Н. Владимиров // ИнтерКарто/ИнтерГИС-16 / Материалы Международной научной конференции (Ростов-на-Дону (Россия), Зальцбург (Австрия), 3–4 июля 2010 г.). – Ростов н/Д: Изд-во ЮНЦ РАН, 2010. – С. 242–249.

55. Владимиров И.Н. Модель пространственной структуры растительности восточного макросклона Байкальского хребта (на примере бассейна р. Куркулы) / И.Н. Владимиров, Д.В. Кобылкин, А.А. Сороковой // Приоритеты и особенности развития Байкальского региона. Материалы V Международной научно-практической конференции (Улан-Удэ, 30 июня – 3 июля 2011 г.). – Улан-Удэ: Изд-во Бурятского научного центра СО РАН, 2011. – С. 115–117.

56. Плюснин В.М. Принципы формирования инфраструктуры пространственных данных муниципального уровня / В.М. Плюснин, Г.М. Ружников, И.В. Бычков, Р.К. Федоров, А.Е. Хмельнов, И.Н. Владимиров // Обработка пространственных данных и дистанционный мониторинг природной среды и масштабных антропогенных процессов (DPRS'2013) / Избранные труды конференции. (30 сентября – 04 октября 2013 г. Барнаул). – Барнаул: Пять плюс, 2013. – С. 69–70.

57. Владимиров И.Н. Экологический потенциал геосистем Предбайкалья / И.Н. Владимиров // Материалы XV совещания географов Сибири и Дальнего Востока (г. Улан-Удэ, 10–13 сентября 2015 г.). – Иркутск: Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. – С. 43–46.

58. Владимиров И.Н. Экологические и социальные условия обеспечения устойчивого развития центральной экологической зоны Байкальской природной территории / И.Н. Владимиров, Т.И. Заборцева // Запад и Восток: пространственное развитие природных и социальных систем. Материалы международной научно-практической конференции (г. Улан-Удэ, 19–23 сентября 2016 года). – Улан-Удэ, 2016. –

С. 99–103.

59. Владимиров И.Н. Экологический потенциал геосистем Байкальского региона / И.Н. Владимиров // Экономический коридор "Китай–Монголия–Россия": географические и экологические факторы и возможности территориального развития. Тезисы Международной географической конференции. – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2018. – С. 15.

60. Владимиров И.Н. Географические и экологические исследования трансграничных территорий: результаты и перспективы / И.Н. Владимиров, В.М. Плюснин, А.А. Сороковой // Экономический коридор "Китай–Монголия–Россия": географические и экологические факторы и возможности территориального развития. Тезисы Международной географической конференции. – Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2018. – С. 156.

61. Владимиров И.Н. Информационная система подготовки управленческих решений по лесным ресурсам / И.Н. Владимиров, А.К. Попова, Е.А. Черкашин // Россия и Китай: вызовы глобализации, перспективы сотрудничества в сибирско-дальневосточном пространстве / Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2018. – С. 197–202.

62. Vladimirov I.N. Mapping of the Restoration-age Dynamics of Taiga Forests on the Basis of Remotely Sensed Data, Geographical Knowledge, and Mathematical Models / I.N. Vladimirov // Proceedings the 9th International Symposium on Physical Measurements and Signatures in Remote Sensing (ISPMSRS 2005), Beijing, China, 17–19 October 2005. – Published by ISPRS Working Groups – WG VII/1. – P. 849–852.

63. Cherkashin A.K. A Sequence of Landscape-interpretative Mapping Procedures – from Space Imagery Processing to the Creation of Special-purpose Maps / A.K. Cherkashin, E.A. Istomina, T.I. Konovalova, A.V. Latsysheva, I.N. Vladimirov // Proceedings the 9th International Symposium on Physical Measurements and Signatures in Remote Sensing (ISPMSRS 2005), Beijing, China, 17–19 October 2005. – Published by ISPRS Working Groups – WG VII/1. – P. 846–849.

64. Antipov A.N. Landscape planning and ecological zoning as a groundwork for producing the ecological regulations for utilization of transboundary territories / A.N. Antipov, V.M. Plyusnin, I.N. Vladimirov // Proceedings of the 2nd International Conference on the West Development and Sustainable Development (2–5 August 2005, Urumqi, China). – Xinjiang Institute of Ecology and Geography CAS, 2005. – P. 35–39.

65. Vladimirov I.N. Geoinformation modeling and scenario approach in the decision making support system of the forest management of a region / I.N. Vladimirov // International Conference on Environmental Observations, Modeling and Information Systems ENVIROMIS-2010 (5–11 July 2010, Tomsk, Russia). – Tomsk: SCERT, 2010. – P. 111–112.

66. Cherkashin E. Decision Support System for Management of the Forest Resources / E. Cherkashin, A. Larionov, A. Popova, I. Vladimirov // Proceedings International conference on Applied Internet and Information Technologies IAИТ 2013. – University of Novi Sad, Zrenjanin, Serbia. – 2013 – P. 288–293.

67. Vladimirov I.N. Geoinformational modeling of the current state of vegetation cover of a region / I.N. Vladimirov, A.P. Sofronov, A.A. Sorokovoi, D.V. Kobylkin, A.A. Frolov // International Geographical Union Regional Conference: Geography, culture and society for our future Earth, 17–21 August 2015, Moscow, Russia. – IGU Book of Abstract: IGU 2015 – 1680. – P. 324.

68. Igor N. Vladimirov. The Ecological Potential of Baikalian Siberia's Geosystems / I.N. Vladimirov // International Geographical Union Regional Conference: Geography, culture and society for our future Earth, 17–21 August 2015, Moscow, Russia. – IGU 2015 Book of Abstract. – 1681. – P. 29.

69. Igor Vladimirov. Structure and Ecological Potential of Baikal part of Siberia's Geosystems / I.N. Vladimirov // 33rd International Geographical Congress. Book of Abstracts. Shaping Our Harmonious Worlds: 33rd International Geographical Congress (Beijing, China, 21–25 August 2016). – International Geographical Union. – P. 3195.

70. Igor N. Vladimirov. The Baikal region: protection of lake Baikal and socioeconomic development of the territory / I.N. Vladimirov // International Conference on Environmental Science and Technology (EST2017). Proceedings. – Ulaanbaatar, 2017. – P. 32.

ВЛАДИМИРОВ Игорь Николаевич

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ГЕОСИСТЕМ БАЙКАЛЬСКОЙ СИБИРИ

Автореф. дис. на соискание ученой степени доктора географических наук

Подписано к печати 23.03.2020 г.

Формат 60×84/16. Объем 2,0 п.л. Тираж 150 экз. Заказ № 865.

Издательство Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН.

664033 г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1.