

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Иркутский национальный исследовательский технический университет»
(ИРНИТУ)

На правах рукописи

Никитина Юлия Григорьевна



Геоинформационное ландшафтно-экологическое картографирование
для управления природоохранными территориями
(на примере Прибайкальского национального парка)

25.00.33 – Картография

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель –
доктор технических наук, профессор
Пластинин Леонид Александрович

Иркутск – 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ПРИРОДООХРАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ	11
1.1 Сущность, состояние и проблемы ландшафтно-экологического картографирования и особо охраняемых природных территорий	11
1.2 Место ландшафтно-экологических карт в системе классификации географических карт	21
1.3 Принципы изучения и картографирования ландшафтов и их границ.....	23
1.4 Антропогенное воздействие как объект ландшафтно-экологического картографирования	31
1.5 Выводы по первому разделу	40
2 КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДИКА ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ.....	41
2.1 Исходные материалы для ландшафтно-экологического картографирования антропогенного воздействия на особо охраняемые природные территории ...	41
2.2 Составление картографической основы ландшафтно-экологических карт антропогенного воздействия на особо охраняемые природные территории ...	46
2.3 Характеристика исходных материалов для создания тематического содержания ландшафтно-экологических карт антропогенного воздействия на особо охраняемые природные территории.....	58
2.4 Информационная ёмкость космических снимков для изучения видов антропогенного воздействия.....	70
2.5 Разработка тематического содержания ландшафтно-экологических карт антропогенного воздействия на особо охраняемые природные территории ...	88

2.6 Генерализация тематического содержания ландшафтно-экологических карт антропогенного воздействия на особо охраняемые природные территории	91
2.7 Выводы по второму разделу	93
3 ИССЛЕДОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ НА ОСНОВЕ ГИС И ДЗЗ ИЗ КОСМОСА	95
3.1 Состав технологических этапов ландшафтно-экологического картографирования антропогенного воздействия на особо охраняемые природные территории	95
3.2 Предварительная обработка космических снимков	98
3.3 Автоматизированное дешифрирование растительности по космическим снимкам Landsat	103
3.4 Состав и структура геоинформационной базы данных ландшафтно-экологических карт	110
3.5 ГИС-анализ изменённости растительности с использованием инструментария пространственного анализа	113
3.6 Геоинформационное моделирование изменённости растительности	118
3.7 Выводы по третьему разделу	121
4 ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ	123
4.1 Ландшафтно-экологическая характеристика Прибайкальского национального парка	123
4.2 Карта «Антропогенное воздействие на ландшафты Прибайкальского национального парка»	134
4.3 Аналитические ландшафтно-экологические карты территории Приольхонья и острова Ольхон	138
4.4 Выводы по четвёртому разделу	143

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	144
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	146
ПРИЛОЖЕНИЕ А (справочное) АКТ ВНЕДРЕНИЯ	163
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (обязательное) КАРТА «АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЛАНДШАФТЫ ПРИБАЙКАЛЬСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА»	164
ПРИЛОЖЕНИЕ В (обязательное) СЕРИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ КАРТ ПРИОЛЬХОНЬЯ И ОСТРОВА ОЛЬХОН	166

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В последнее время антропогенному воздействию (АВ) на ландшафты уделяется значительное внимание. Картографические исследования и проекты по оценке экологического состояния природной среды имеют большое значение для реализации государственных программ по охране окружающей среды, в т. ч. и в Иркутской области (госпрограмма «Охрана окружающей среды» на 2014–2020 гг.). Обозначенные задачи требуют научно-технического и технологического обеспечения разработки и совершенствования методики геоинформационного ландшафтно-экологического картографирования АВ на особо охраняемые природные территории (ООПТ), учитывающей комплексное использование разнородных исходных материалов и данных. Отличительной чертой картографирования ООПТ от других типов территорий является ограниченное число факторов АВ на ландшафты, которое заранее может быть определено и учтено при создании ландшафтно-экологических карт (ЛЭК).

Разработка методики и технологической схемы создания ЛЭК АВ на ООПТ позволит значительно улучшить управление рациональным природопользованием в природоохранных территориях, что и определило актуальность выбранного исследования.

Степень разработанности темы. Методы дешифрирования данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса представлены в работах многих учёных: Верещака Т. В., Книжникова Ю. Ф., Кравцовой В. И., Лабутиной И. А., Пластинина Л. А., Савиных В. П., Richards John A., Xiuping Jia и др. Большой вклад в развитие методологии геоинформационного картографирования внесли Берлянт А. М., Бешенцев А. Н., Капралов Е. Г., Карпик А. П., Лисицкий Д. В., Лурье И. К., Тикунов В. С., Goodchild M. E. и др. Базовые основы теории и практических методов экологического картографирования разработали: Батуев А. Р., Верещака Т. В., Востокова Е. А., Исаченко А. Г., Калихман Т. П., Касимов Н. С., Кочуров Б. И., Марчуков В. С.,

Пластинин Л. А., Сладкопевцев С. А., Стурман В. И., Carré J., Ozenda P. и др.

Цели и задачи исследования. Целью исследования является разработка методики и технологической схемы создания ландшафтно-экологических карт антропогенного воздействия на особо охраняемые природные территории для эффективного управления ими.

Для достижения данной цели поставлены следующие задачи:

- выполнить анализ состояния и проблем ландшафтно-экологического картографирования, основанный на изучении методологии картографического отображения границ ландшафтов и АВ на природоохранные территории;
- разработать методику создания ЛЭК АВ на ООПТ с учетом применения разнородных картографических материалов;
- разработать технологическую схему создания ЛЭК АВ на ООПТ с использованием геоинформационных систем (ГИС) и ДЗЗ из космоса;
- создать серию ЛЭК АВ на ООПТ для информационного обеспечения управления ООПТ и апробировать их на территории Прибайкальского национального парка (ПНП).

Объект и предмет исследования. Объект исследования – геоинформационное ландшафтно-экологическое картографирование АВ на ООПТ. Предмет исследования – методика и технологическая схема создания ЛЭК АВ на ООПТ.

Научная новизна результатов исследований представлена решением следующих задач:

- разработана методика создания ЛЭК АВ на ООПТ, позволяющая учитывать разнородные типы исходных материалов, комплексное использование которых формирует картографическую и тематическую основы на принципах генерализации;
- предложена технологическая схема создания ЛЭК АВ на ООПТ с использованием ГИС и ДЗЗ из космоса, объединяющая функциональные возможности ГИС-анализа, операции автоматизированной обработки космических снимков и картографического моделирования изменённости

растительности.

- выявлены новые возможности спектральной обработки космических снимков в создании ЛЭК АВ на ООПТ, позволяющие количественно и объективно оценивать динамику растительности;

- составлены авторские оригиналы ЛЭК АВ территории ПНП как инструменты информационной поддержки задачи управления ООПТ.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в развитии научно-методологических основ и технологий геоинформационного ландшафтно-экологического картографирования АВ на ООПТ.

Практическая значимость. Разработанные ЛЭК АВ на ООПТ могут быть использованы: в целях мониторинга территорий и управления их рекреационной и природоохранной деятельностью; как геоинформационная основа для научно-практических исследований на ООПТ; в образовательных целях в вузах и школах в области географии, экологии, охране природы и краеведению; для широкого круга пользователей в качестве научно-справочного пособия.

Созданные карты могут найти применение в исследовательских работах научных и образовательных учреждений, изучающих проблемы ООПТ, в т. ч. в ПНП при:

- проведении оценки и мониторинга состояния ландшафтов и акваторий;
- районировании территории ПНП по степени экологической опасности, нарушенности природных комплексов и т. д.,
- разработке рекомендаций для проведения природоохранных мероприятий,
- экологической экспертизе проектов строительства или другом хозяйственном освоении территории с возможными последствиями для природы и здоровья населения.

Практический опыт исследований был реализован в НИР «Исследование рекреационно-туристического потенциала особо охраняемых природных территорий на основе космических технологий» в рамках ФЦП «Научные и

научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг., соглашение № 14.В37.21.1150.

Результаты исследований внедрены в учебный процесс ИРНИТУ при проведении занятий по дисциплинам «Геоинформационные системы и технологии» (специальность 21.05.01 – Прикладная геодезия), «Экологическое картографирование на современном этапе» (направление подготовки 05.06.01 – Науки о Земле, специальность 25.00.33 – Картография), а также в работу ООО Научно-учебный и производственный картографический центр (НУПКЦ) «Сибэкокарта» (Приложение А).

Методология и методы исследования. Методология и методы исследования базируются на использовании системного и комплексного подходов в картографическом моделировании АВ на ландшафты. В работе применялись комплексные методы визуального и автоматизированного дешифрирования космических снимков, технологии геоинформационного картографирования, основанные на теоретико-методологической базе и эмпирическом опыте экологического картографирования российских и зарубежных учёных.

Обработка дистанционных материалов, составление цифровых слоев карт, оформление и компоновка карт выполнены в программных комплексах (ПК) ENVI, MapInfo Professional, Corel Draw.

Положения, выносимые на защиту:

– методика создания ЛЭК АВ на ООПТ разработана на основе применения разнородных картографических материалов и позволяет выбирать технологическую схему создания карт экологического пространственно-временного состояния растительности в ландшафтных выделах, отвечающую интеграционным требованиям ГИС и ДЗЗ из космоса.

– технологическая схема создания ЛЭК АВ на ООПТ основана на интеграции функциональных возможностей ГИС-анализа, картографического отображения и автоматизированной обработки данных ДЗЗ из космоса, что позволяет создать ЛЭК АВ на ООПТ для эффективного управления.

– серия ЛЭК АВ на ООПТ является базовым геоинформационным

материалом для управления и оптимального развития рекреационного и природоохранного потенциалов ООПТ.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Диссертация соответствует областям исследования: 9 – Геоинформационное картографирование и компьютерные технологии; 10 – Тематическое дешифрирование и методы дистанционного (аэрокосмического) зондирования паспорта научной специальности 25.00.33 – Картография, разработанного экспертным советом ВАК Минобрнауки Российской Федерации.

Степень достоверности и апробация результатов исследования. Основные положения диссертационной работы докладывались: на Международной научно-практической конференции «Тункинскому национальному парку – 20 лет; природоохранная деятельность в современном обществе» (с. Кырен, Республика Бурятия, 2011 г.); на Внутривузовской студенческой научной конференции «Экологические проблемы озера Байкал глазами молодых исследователей» (г. Иркутск, 2012 г.); на XVII Международном симпозиуме им. академика Усова М. А. студентов и молодых учёных «Проблемы геологии и освоения недр» (г. Томск, 2013 г.); на VII школе-семинаре молодых учёных России «Проблемы устойчивого развития региона» (г. Улан-Удэ, 2013 г.); на ежегодных Международных научных конгрессах «Интерэкспо ГЕО-Сибирь – 2013–2015, 2017 гг.» (г. Новосибирск, 2013–2015, 2017 гг.); на ежегодных региональных конференциях «Игошинские чтения – 2011–2016 гг.» (г. Иркутск, 2011–2016 гг.); на ежегодных Всероссийских научно-технических конференциях с международным участием «Геонауки – 2012–2014 гг.: актуальные проблемы изучения недр» (г. Иркутск, 2012–2014 гг.); на XVIII–XIX конференциях молодых географов Сибири и Дальнего Востока с элементами научной школы (г. Иркутск, 2014, 2017 гг.); на I–II Всероссийских молодёжных научно-практических школах-конференциях «Науки о Земле. Современное состояние» (пос. Шира, 2013–2014 гг.); на конференции молодых учёных «Современные проблемы геохимии» (г. Иркутск, 2013 г.); на молодёжной школе-семинаре «Дистанционное зондирование Земли из космоса: алгоритмы, технологии, данные» (г. Барнаул, 2013 г.); на Международной

научно-технической конференции «Геодезия, картография, кадастр – современность и перспективы (г. Москва, 2014 г.); на XV Собрании географов Сибири и Дальнего Востока «Географические, социально-экономические, экологические и этнокультурные факторы развития восточных территорий России» (г. Улан-Удэ, 2015 г.); на IX–X научных конференциях по тематической картографии (г. Иркутск, 2010; 2015 гг.).

Итоги исследований регулярно сообщались на научно-технических семинарах кафедры «Маркшейдерское дело и геодезия» ИРНИТУ и в работах, опубликованных автором по теме диссертации.

Публикации по теме диссертации. Основные теоретические положения и результаты исследований представлены в 16 научных статьях; в том числе четыре опубликованы в рецензируемых журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации на соискание учёной степени кандидата наук.

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка литературы, включающего 166 наименований. Работа изложена на 168 страницах машинописного текста, включая 55 рисунков, 15 таблиц, 3 приложения.

1 МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ПРИРОДООХРАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

1.1 Сущность, состояние и проблемы ландшафтно-экологического картографирования и особо охраняемых природных территорий

Ландшафтно-экологическое картографирование является новой ветвью комплексного экологического (геоэкологического) картографирования [68] и составляет синтез, образовавшийся на стыке традиционного ландшафтного и современного экологического картографирования.

Основной целью создания комплексных ландшафтно-экологических карт (ЛЭК) является выявление, классификация и отображение природных и антропогенных геосистем поверхности Земли в условиях имеющих на какой-либо период времени структуры хозяйственной деятельности и экологической обстановки данной территории [2].

ЛЭК, на которых показано антропогенное воздействие (АВ) на ландшафты и их экологическое состояние, занимают центральное место среди направлений комплексного экологического картографирования, в том числе и в составе атласов. Это объясняется тем, что на них отображаются анализ и комплексные оценки ландшафтной и экологической ситуаций территории с представлением полного перечня хозяйственной деятельности человека и последующими последствиями этой деятельности для природных и природно-антропогенных систем.

Для этого направления в качестве базы для исследований подходит ландшафтная структура территории, включающая взаимосвязанные природные и природно-антропогенные геосистемы, которым необходимо получить оценку и как объекту антропогенного хозяйства, и как окружающей среде.

О необходимости привлечения ландшафтных условий территории на экологических картах в разных работах высказывались многие специалисты [32, 62, 68, 139]. Они указывают на то, что ландшафтная основа удобна для территориальной привязки характеристик загрязнённости, а также предоставляет

возможность учитывать все имеющиеся в природных комплексах и геосистемах взаимодействия и взаимосвязи, оказывающие влияние на протекающие внутренние и внешние процессы функционирования ландшафта. Природные ландшафты, существующие и функционирующие независимо от человека, как на карте, так и на местности составляют всеобщий фон и фундамент, все антропогенные системы нанизаны на природный фундамент, внедряются в его состав, взаимодействуют с ним и оставляют изменения. Причём подробное отображение ландшафтных единиц не играет важной роли для ЛЭК, так как это может привести к их перегрузке.

При своём относительно «молодом» возрасте ландшафтно-экологическое картографирование имеет солидный «багаж» теоретических и практических наработок [37, 38, 63, 76–79, 131, 151].

Примером ЛЭК служит «Ландшафтно-экологическая карта Республики Бурятия» [77]. На картах, используя ландшафтную основу территории, природные ландшафты классифицируются по принципу высотных поясов (от высокогорий до долин). Для характеристики хозяйственной деятельности человека на карте показаны источники АВ (рисунки 1–2).

Для ландшафтно-экологического картографирования характерен свойственный всему экологическому картографированию общий ряд проблем:

– «разнообразие приёмов картографирования и весьма малую их согласованность, трудную сопоставимость содержания карт, отсутствие единой государственной стратегии экологического картографирования территории России, что затрудняет решение многих вопросов природопользования и охраны природы на различных уровнях» [87, с. 27];

– в картографическом отображении связи «АВ – состояние ландшафтов» на сегодняшний момент имеется мало разработок карт прогнозных ситуаций экологического состояния ландшафтов, что объясняется сложностью изучения и прогнозирования поведения и распространения загрязнителей и процессов трансформации природных компонентов ландшафта;

– в вопросе особенностей исходных картографических материалов и

сложностей их получения и применения, можно отметить следующее:

- 1) необходимость получения, хранения, обработки и картографического представления значительных объёмов исходной информации;
- 2) используемые в качестве исходных или вспомогательных материалов многие тематические карты не имеют унификации и согласованности содержания, как, например, на топографических, геологических и гидрометеорологических, что вызывает некоторые затруднения в создании экологических карт [66, 87];

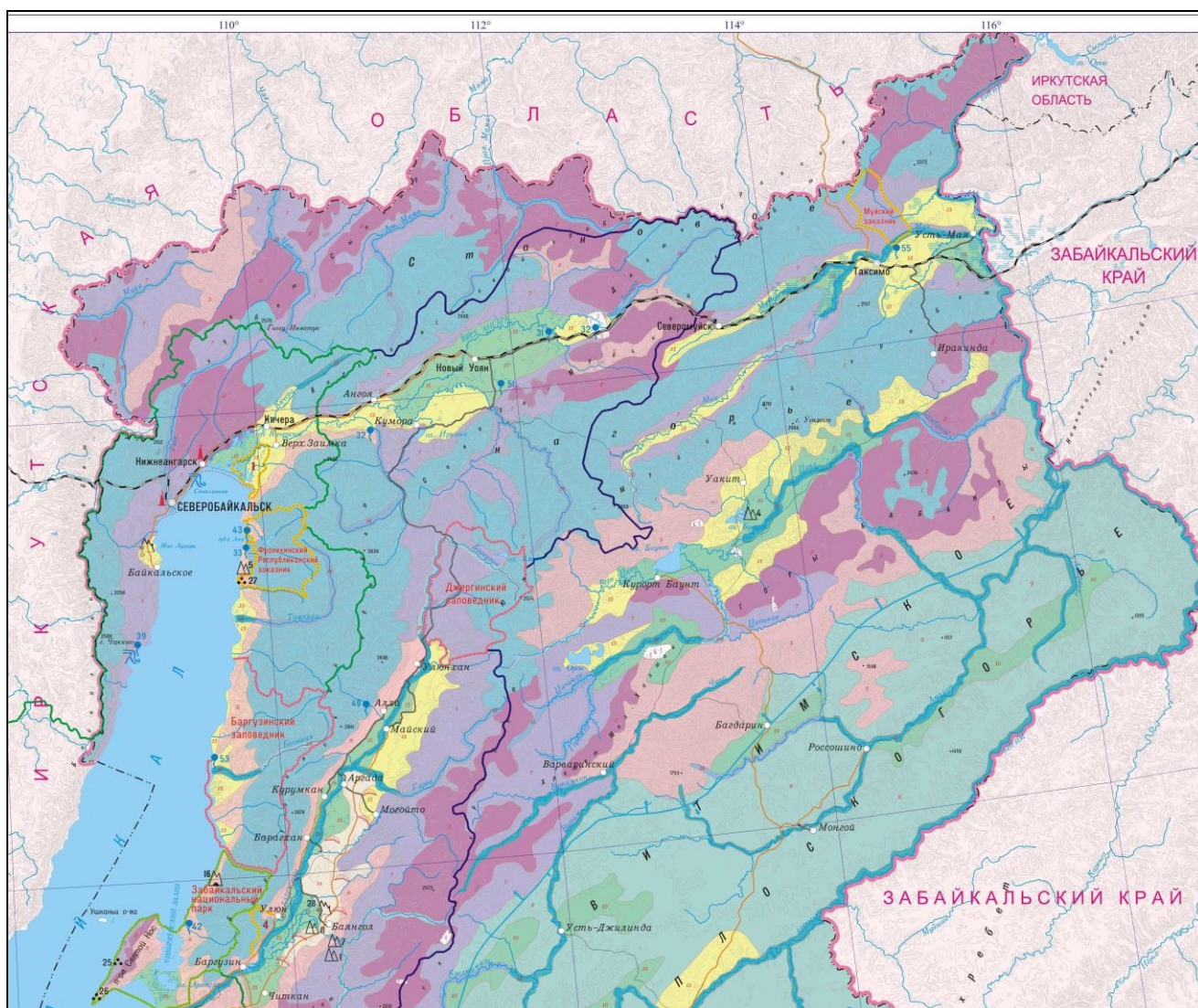


Рисунок 1 – Ландшафтно-экологическая карта Республики Бурятия.

Масштаб 1 : 1 000 000 (уменьшенный фрагмент)

- 3) отсутствие общепринятых методик комплексной оценки экологических состояний ландшафтов;
- 4) на сегодняшний момент анализ динамики экологических ситуаций отчасти затруднён, по причине недостаточной обеспеченности для большинства исходных карт временных рядов. Если учесть, что обновление топографических карт обеспечивает некоторую помощь в решении указанной проблемы, но их содержание не предоставляет необходимой характеристики изменений антропогенных объектов. Для таких целей требуется применение разновременных космических снимков;
- 5) что касается наличия полных масштабных рядов то, таковые имеются только для топографических и выборочно для геологических карт, что накладывает ограничения для проведения всестороннего и сопряжённого анализа экосистем на разных иерархических уровнях. При такой ситуации также целесообразно использование космической информации.

На современном уровне развития в ландшафтно-экологическом картографировании, как и во всей картографической отрасли, широкое применение получили компьютерные технологии, представляющие процессы сбора, хранения, обработки исходных данных, так и создания, оформления и обновления картографических продуктов.

Новейшей тенденцией для эпохи компьютерных технологий можно считать бурный рост геоинформационного картографирования, направленного на подготовку, создание и всесторонний анализ картографических изображений на базе ГИС [8, 11, 13, 44, 61, 81, 83].

В последние десятилетия на этапе перестройки экономической системы в научной, природоохранной и экономической сфере прочно укрепилась идея устойчивого развития с доминированием принципов охраны природы и природных ресурсов.

По заявлению Лямкина В. Ф. и Соколовой Л. П., создание природных

охраняемых территорий является наиболее эффективной формой охраны окружающей среды и её биоразнообразия, что позволит сохранить не только отдельные биологические виды, но и экосистемы в целом [86].

Особо охраняемые природные территории (ООПТ) созданы для сохранения уникальных и типичных природных ландшафтов, разнообразия растительного и животного мира, охраны объектов культурного и природного наследия, частично или полностью изъятых из хозяйственной эксплуатации. Для них характерен режим особой охраны, и на примыкающих участках земли и водного пространства можно образовывать охранные округа или зоны с регулируемым режимом хозяйственной деятельности [118]. Поэтому, усовершенствование сети ООПТ и их функционирования относятся к приоритетным задачам в сфере охраны природы.

В Федеральном Законе (ФЗ) Российской Федерации (РФ) от 14 марта 1995 г. № 33 «Об особо охраняемых природных территориях» [111] приведено следующее определение ООПТ. «Особо охраняемые природные территории – участки земли, водной поверхности, где располагаются природные комплексы или объекты, имеющие особое природоохранное, научное, культурное, эстетическое, рекреационное и оздоровительное значение, которые полностью или частично изъяты из хозяйственного использования, поэтому для них установлен режим особой охраны».

Все заповедники, национальные парки, некоторые заказники, памятники природы и другие категории подчинены федеральному уровню власти и финансируются из федерального бюджета, остальные из регионального и местного соответственно. Помимо этого, для ООПТ любой категорий и принадлежности имеется возможность в привлечении средств грантов международных, российских и местных природоохранных фондов, спонсоров и собственно вырученных [59, 60, 150].

В ходе истории формирования природоохранной деятельности в России различные категории ООПТ принадлежали разным ведомствам, в которых приоритетными направлениями являлись как использование природных ресурсов,

так и их восстановление и охрана.

Первоочередной задачей всех видов ООПТ была и остаётся охрана уникальных природных территорий для поддержания их естественного состояния и сохранения биоразнообразия [111]. На втором месте приоритет отдаётся научным исследованиям, экологическому мониторингу природных компонентов и экологическому просвещению населения. Этому способствует также тесное сотрудничество природоохранных организаций с научными, образовательными и общественными учреждениями региона, страны и мира.

Первоначально рекреационная деятельность на территории большинства ООПТ не относилась к главной. Но в современной практике работы российских ООПТ прослеживаются значительные противоречия основным положениям, прописанным в указанном ФЗ. Так во многих заповедниках наблюдается развитие экологического туризма, в национальных парках туризм носит массовый и стихийный характер, а научные отделы и научные сотрудники природоохранных учреждений и вовсе сокращаются.

Известно, что вследствие нерегулируемого развития туристической отрасли возникают негативные последствия. Рекреационное воздействие подразумевает трансформацию природно-антропогенных и природных ландшафтов, вызванную чрезмерной интенсивностью рекреационного использования территории. Особо сильное влияние приходится на ландшафты вдоль транспортных коммуникаций и магистралей, пляжных зон и окрестностей культурно-бытовых объектов. В связи с этим естественные ландшафты подвержены значительной деградации, что способствует снижению привлекательности территории [103, 132].

В последние годы в связи с установившимися условиями рыночной экономики высшее руководство в области охраны природы настойчиво рекомендует сделать упор на использовании рекреационных ресурсов и туристской инфраструктуры на ООПТ. Для этих целей наиболее эффективным с природоохранных и экономических позиций признаны экологический, познавательный, в т. ч. научный и приключенческий виды туризма.

В связи с этим была разработана «Концепция развития системы ООПТ

федерального значения на период до 2020 г.», обсуждение которой состоялось 29 октября 2010 г. на правительственном уровне [1]. В Концепции также были представлены основные проблемы функционирования ООПТ в России:

- не развитость современной туристско-рекреационной инфраструктуры, обеспечивающей сохранность природных комплексов при развитии эколотуристической деятельности и просвещения;

- плохое состояние и недостаточность материально-технической базы, имеющей важное значение в процессе охраны ООПТ, противопожарной и научно-исследовательской деятельности;

- не соответствующая охрана ООПТ по причине ограниченной численности госинспекторов и их низкой оплаты их работы.

В Прибайкалье, в Иркутской области в частности, озвученные проблемы также имеют острую форму.

Наиболее актуальна проблема отсутствия охранной зоны Байкало-Ленского заповедника. В связи с далеко не лучшим материальным положением местных жителей или безответственностью обеспеченных граждан, природные ресурсы и ландшафты приграничных территорий заповедника подвержены браконьерству или интенсивной вырубке лесных ресурсов [6].

Сегодня памятники природы практически не охраняются. Для многих из них не определён статус, не заведены паспорта, а в некоторых администрациях территориальных образований нет сведений о принадлежащих им ООПТ. Поэтому имеется необходимость в проведении инвентаризации, определении статуса для существующих памятников природы [140].

Для заказников на настоящий момент в администрации Иркутской области не создано специального органа, занимающегося охраной заказников областного уровня. Нерешёнными остаются проблемы передачи занимаемых областными заказниками земель в распоряжение администрации Иркутской области и их перевода из категории лесных земель в земли ООПТ.

«Таким образом, основные направления по оптимизации функционирования ООПТ в Иркутской области заключаются в следующем:

– уточнение границ и площадей действующих ООПТ, внесение обновленных данных в кадастр ООПТ; В соответствии с положением о государственном кадастре все ООПТ должны иметь четко очерченные границы с определением географических координат и определенную площадь.

– уточнение категорий и режима охраны, а также при необходимости изменение признанных неэффективными функциональных зонирований отдельных ООПТ;

– подготовка проектов комплексного обустройства ООПТ, а также резервирование территорий для последующей организации на них ООПТ на период подготовки их обоснования» [108].

Поэтому актуальной задачей становится решение вопросов об организации дополнительных ООПТ в водосборном бассейне озера. Эту идею уже давно поддерживают многие специалисты [86, 133].

Самые острые проблемы касаются, главным образом, одной из наиболее посещаемых, легкодоступных и освоенных ООПТ Иркутской области – ПНП [103, 114] (рисунок 3).

Много споров и опасений вызывает проблема отсутствия у ПНП принятых границ, в т. ч. научно обоснованных, и режима эксплуатации земель, находящиеся в его составе без изъятия из хозяйственной эксплуатации. На существовавших когда-то сельскохозяйственных территориях сегодня незаконным способом активно развивается туристическая деятельность.

Также требуется пересмотр функционального зонирования ПНП, в связи с тем, что современное – научно не обосновано, с включением в состав парка особо значимых участков биотического и ландшафтного разнообразия, прилегающих к его границам [108, 140]. Например, большая часть бассейнов таких рек как Голоустная, Бугульдейка, Анга, Сарма находятся за пределами парка. Поэтому необходимо изменение существующих границ, в первую очередь бассейнов вышеуказанных рек и прибрежных вод [135].



Рисунок 3 – Географическое положение Прибайкальского национального парка в Иркутской области

Изучением процессов АВ в горных геосистемах Западного Прибайкалья занимались сотрудники Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН [126]: Данько Л. В., Кузьмин С. Б., Сизых А. П., Тожоева О. В.. Ими оценивалось АВ на геосистемы по удельному весу эрозионно-опасных площадей, нарушенных и загрязнённых территорий с деградированным почвенным покровом; по степени их хозяйственной освоенности и преобразованности. В результате для Приольхонья по степени АН на геосистемы авторы выделили три типа нарушенности: высокую, умеренную, низкую. Ими установлено, что высокая антропогенная нарушенность характерна для прибрежных геосистем, основными нагрузками на которых являются выпас скота, рекреация (вытаптывание, выжигание, захламление), неупорядоченная сеть дорог и троп. Таким образом, современное состояние геосистем, особенно прибрежных, учёные охарактеризовали как кризисное, поскольку восстановительные процессы уже вряд ли успеют компенсировать деградацию.

Обозначенные проблемы и задачи требуют научно-технического и

технологического обеспечения разработки и совершенствования методики геоинформационного ландшафтно-экологического картографирования АВ на ООПТ, учитывающей комплексное использование разнородных исходных материалов и данных.

1.2 Место ландшафтно-экологических карт в системе классификации географических карт

Для упорядочивания и систематизации значительного объёма различных экологических карт известно несколько видов классификаций. Для многих из них свойственна фрагментарность, а их различия объясняются расхождением в понимании предмета и предшествующего опыта экологического картографирования, что объясняется не законченным этапом формирования многочисленных направлений экологического картографирования.

В качестве критериев классификации используются разные основания, признаки и их сочетания. К главным и всеми признанным критериям относятся тематическое содержание карт, назначение, степень интеграции информации [66, 68, 139]. Второстепенными критериями являются масштаб, территориальный охват, технология составления, форма разработки и картографического представления.

Тем не менее, большинство учёных в вопросе классификации экологических карт по тематическому содержанию сходятся в едином мнении, выделяя следующие группы карт, (хотя и давая им разные названия):

- экологические карты природы (или карты устойчивости природной среды к антропогенным воздействиям);
- карты антропогенных воздействий и изменений природной среды;
- карты неблагоприятных и опасных природных условий и процессов (карты экологического риска, опасности;
- комплексные экологические карты (общие экологические карты, эколого-географические).

Для определения иерархического уровня и места ЛЭК среди огромного числа различных по тематике экологических карт за основу была взята существующая система классификации Института географии РАН, и предложено дальнейшее её деление (рисунок 4).

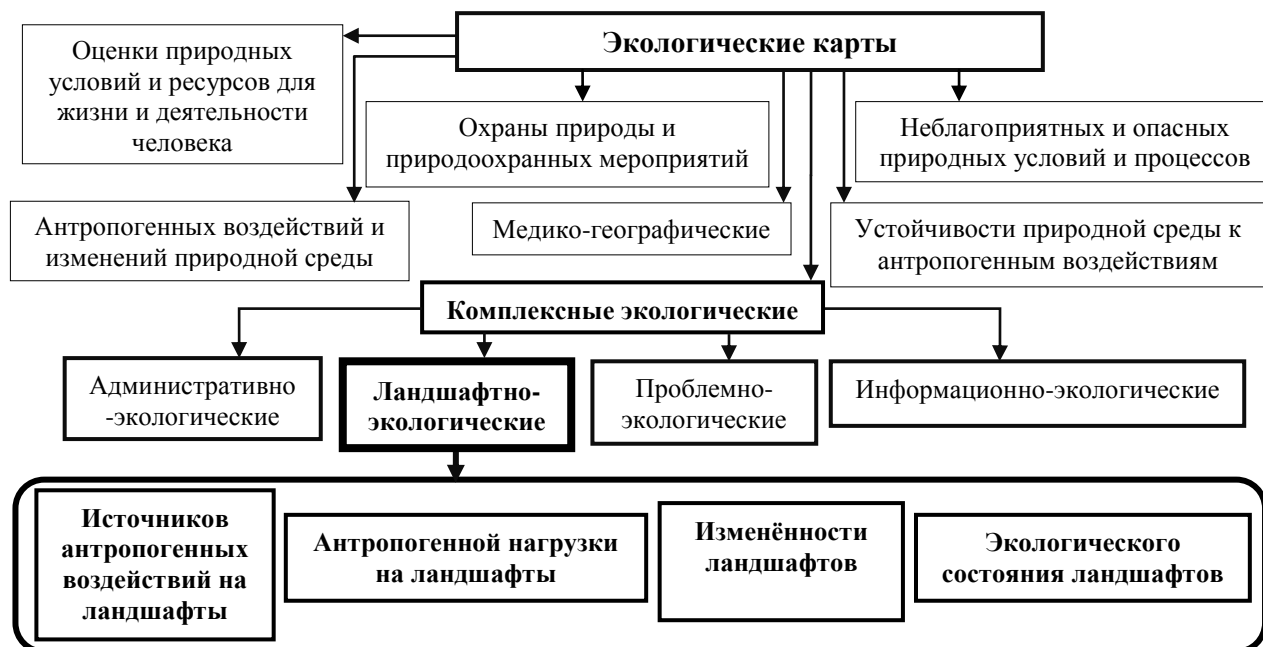


Рисунок 4 – Место ландшафтно-экологических карт в системе классификации экологических карт по тематике содержания

В системе классификации функционального назначения ландшафтно-экологические карты можно отнести к инвентаризационно-оценочным, а по целевому назначению – ко всем трём типам карт [139] (рисунок 5):

– для научно-исследовательских работ природоохранной направленности (с дальнейшими подразделениями сообразно структуре научных дисциплин об окружающей среде и ее охране);

– для практической природоохранной деятельности;

– для экологического просвещения, образования и воспитания.

Таким образом, ЛЭК являются одной из разновидностей комплексных экологических карт и включают в себя группу из следующих карт: «источники АВ на ландшафты», «антропогенная нагрузка (АН) на ландшафты», «изменённости ландшафтов», «экологическое состояние ландшафтов».

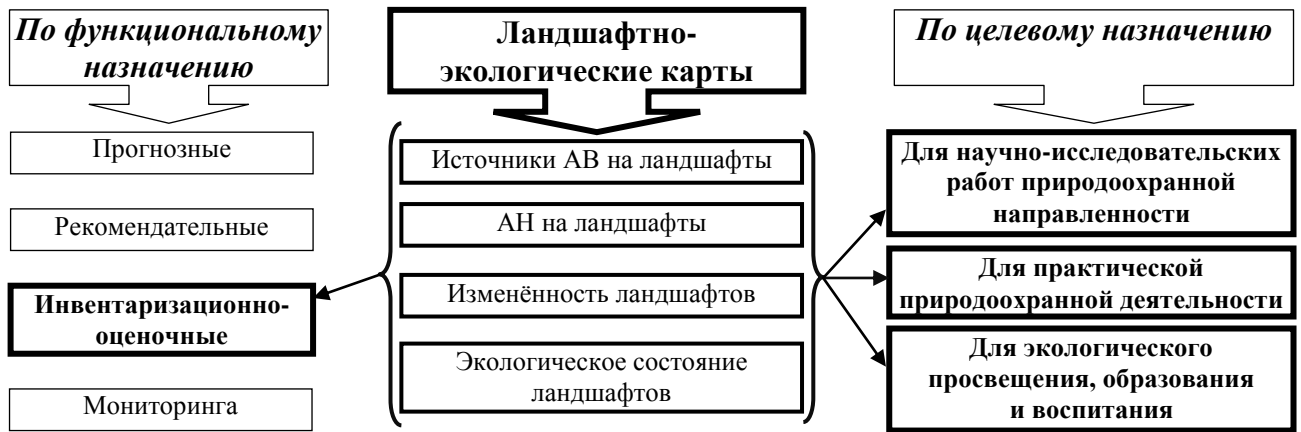


Рисунок 5 – Место ландшафтно-экологических карт в системе классификации экологических карт по функциональному и целевому назначениям

1.3 Принципы изучения и картографирования ландшафтов и их границ

Ландшафты и природные комплексы.

Картографическая характеристика объектов на картах складывается из отображения их внешних геометрических границ и их внутреннего содержания.

Особенностью природных объектов служит их сложная территориальная дифференциация, обусловленная различными физико-географическими и социально-экономическими условиями формирования. Результатом сложных взаимоотношений этих факторов является многообразие географических комплексов на поверхности суши, Мирового океана и океаническом дне. Наибольший контакт и взаимопроникновение компонентов приходится на поверхности суши, в связи с этим в дальнейшем будут рассматриваться только географические комплексы суши.

Впервые мысль о географическом комплексе была изложена на рубеже XIX–XX вв. Докучаевым В. В. Им же были предложены и охарактеризованы крупные географические комплексы планеты – природные зоны. Спустя некоторое время Берг Л. С. [9] установил, что каждая природная зона складывается из нескольких меньшего размера участков (природных комплексов), которых он решил назвать географическими ландшафтами. Из всего следует, что вся поверхность Земли состоит из географических комплексов разного уровня – от

мелких и относительно простых до крупных и более сложных, «которые как бы вложены друг в друга», образуя некую иерархию географических единиц. К середине XX в. Солнцев Н. А. [136] ввёл понятие «природный территориальный комплекс» (ПТК), а термин «ландшафт» предложил использовать за основную таксономическую единицу в упорядоченной системе ПТК.

Понятие ландшафт имеет широкое международное признание с 1805 г, когда немецкий географ Гоммейер А. впервые применил это понятие. В России становление учения о ландшафте базировалось на идеях Докучаева В. В. и Краснова А. Н. о природном комплексе с конца XIX в.

В 1963 г. Сочава В. Б. ввёл понятие *геосистема*, когда произошло широкое внедрение системного подхода в географию. Под геосистемами он понимал единые природные территориальные образования различных категорий: от планетарных систем (географическая оболочка или географическая среда в целом) до элементарных систем (физико-географической фации) [138].

Анализируя буквальные переводы с латинского языка слова «комплекс» и с древнегреческого понятия «геосистема», то выделить существенные различия между ними окажется затруднительным, хотя при использовании их в научном обиходе эти термины имеют некоторые нюансы.

Несмотря на различия представленных подходов к определениям ландшафта между ними прослеживается некоторое сходство – наличие ландшафтных межкомпонентных связей в природных комплексах. Таким образом, понятие ландшафт в его общем значении, в т. ч. в ландшафтном и ландшафтно-экологическом картографировании, нередко используют в качестве синонима ПТК и геосистемам, и наоборот.

Границы ландшафтов.

Разграничение отдельных ландшафтов между собой есть результат действия общих географических закономерностей дифференциации земной поверхности (зональных и а зональных факторов) [53, 57].

Так, конфигурация и внутреннее состояние ПТК прямым образом имеет зависимость от динамических свойств компонентов ландшафтов. Доказано, что

каждый компонент изменяется с разной скоростью: в одних преобразования происходят очень быстро, в других – наоборот, очень медленно. К примеру, смена внешних планетарно-космических факторов климата приводит к перестройке макроклиматических показателей и смене климата на отдельно взятой территории. Как следствие этого процесса происходит изменение гидрологического режима территории. На перечисленные перестановки неминуемо реагирует биота, правда уже с некоторым отставанием. Ещё медленнее происходит смещение почвенных и особенно геоморфологических параметров. Поэтому природный комплекс можно охарактеризовать в качестве пространственно-временной системы, включающей все географические компоненты, взаимообусловленные в своём размещении и развивающиеся как единое целое.

Практически с самых ранних этапов становления географической науки уже имелось представление о границах и было связано с решением различных пространственных проблем, которые сводятся к двум типам: разделению пространственных объектов, которые отличались друг от друга по набору признаков, т. е. районированию; выявлению схожих черт пространственных объектов, которые не имеют общих границ, или оконтуриванию [16].

Ещё в начале зарождения ландшафтоведения Берг Л. С. [9] заметил, что между ландшафтами проходят естественные границы, добавляя, что ландшафтные границы реальны, они имеются в ландшафтной структуре и не могут устанавливаться произвольно. Но в практической деятельности географов и ландшафтоведов часто возникали затруднения при выделении пространственных рубежей. Проблема границ и феномен пограничности в целом в физической географии и ландшафтоведении до последнего времени специально рассматривалась недостаточно широко, хотя её актуальность не подлежит сомнению [18, 147, 148]. Нечёткие определения природных границ, разнообразный их характер вызывали горячие споры в этом вопросе. Имеющаяся литература по вопросу географических границ обширна и противоречива [15–19, 27, 65, 128, 129, 159].

В основном, объектом изучения являлись ПТК разного ранга и уровня организации как относительно однородные образования, ядра типичности. В географии сложился практический опыт к изучению границ как вторичных явлений по отношению к геосистемам, другими словами, границы устанавливаются только после формирования представления о конкретных геосистемах [16].

Перед всеми этими же учёными встали следующие вопросы: являются ли природные границы объективной реальностью, существуют ли как особое физическое тело или это понятие условное; передают ли границы разграничение объектов или их ограничение, должна ли граница быть обязательно замкнутой? Имеется также представление о границах как о способе группировки географической информации (районировании) и др. [47].

Для подобных случаев можно использовать теоретические разработки Schultze J. H [165], согласно которым в ландшафте необходимо выделять некое «ядро», где все его главные признаки выражены наиболее характерно, и «периферийные части», обладающие переходными свойствами, где прослеживается перекрытие признаков соседних ландшафтов. Иногда эти «периферийные части» или «переходные полосы» можно считать как отдельные географические комплексы.

Самое простое определение принадлежит Щукину И. С. [149]. Он предлагает считать физико-географической границей линию или переходную полосу, пересекая которую наблюдается заметная перестройка природных условий. Эта формулировка подходит ко всем границам (кроме условных), выражающим территориальную дифференциацию.

Согласно континуальному подходу проблема ландшафтных границ имеет самостоятельное значение, так как они выступают в качестве активных субъектов организации географического пространства, которые характеризуются своей структурой, генезисом, динамикой и функционированием [84].

В конце XX в. явно прослеживалось усиление интереса многих географов и экологов к изучению граничных геосистем-экотонов. Это можно объяснить, по

мнению Бобра Т. В., в связи с «во-первых, с высоким биологическим и ландшафтным разнообразием природных геоэкотонов, их ведущей структурно-информационной ролью в ландшафте и приоритетом в природоохранных программах, во-вторых, с увеличением площадей граничных образований, связанных с разнообразной антропогенной деятельностью, которым часто присущи быстрое развитие деструктивных процессов, негативных эффектов, локальных экологических конфликтов и кризисов» [16, с. 8].

По всей видимости, в новейшем развитии географической науки понятие «граница» заменится на другие, более широкие, которым станут *«граничные образования», «граничная геосистема»*. Многочисленные ученые, занимавшиеся изучением разных по происхождению граничных образований, предлагали для них свои определения [15–19, 45, 88, 97, 110, 146, 153, 159]. В современной географии понятия «граничные образования», «переходные полосы» иногда заменяются понятием «экотон». При дальнейшем рассмотрении учения об экотоне можно встретить следующие аналоги этого понятия: зоны стресса, переходные пояса, зоны нарушения, зоны «энвайронментального шума», маргинальная среда, челночная среда, экоклинны, пограничные феномены [27].

В итоге, суммируя опыт трактовки и применения в естественных науках понятий, «обозначающих граничные образования («граница – периферия – краевая зона – маргинальная зона – переходная зона – экотон – геоэкотон»), можно сделать вывод о том, что все авторы отмечают, во-первых, объективность существования данного объекта географической оболочки; во-вторых, его специфичность (признаки, свойства, структура, роль в системе взаимодействий и пр.); в-третьих, увеличение доли граничных систем в пространственной структуре географической и ландшафтной сферы» [16, с. 10].

На местности естественные границы по типу взаимодействия природных процессов подразделяют на контактные и барьерные [47].

Контактным границам характерно взаимодействие разных сред, которые проникают друг в друга в месте соприкосновения: контакт климатических поясов, водной среды и суши, зональных типов ландшафтов. Контактным границам

свойственна зона или полоса с разной шириной, в которой наблюдается плавный переход или выклинивание.

Способ начертания и рисунок граничных линий отличает контактные границы от других следующими формами: полосчатой, извилистой, пятнистой.

Среди полосчатых границ часто встречаются окаймляющие (кольцевые), подобно полосам кустарников, окружающих болота или зарастающее озеро. Извилистые границы изображаются проникающими клиньями, детали которых связаны с формами рельефа. Для пятнистых границ характерно многообразие видов по размеру, рисунку и форме пятен. К примеру, мелкопятнистые границы типичны для степных колок, крупнопятнистые – для остатков размытого покрова поверхностных отложений или для смены почвенного покрова на засоленных участках, и т. п. Зону постепенного перехода (при нарастании одного признака и убывании другого) может выразить условная линия или постепенный переход цветового фона без граничных линий.

Барьерным границам свойственен наиболее ярко выраженный переход, даже резкий, связанный, например, с химическим или орографическим барьером. Среди барьерных границ выделяются три группы:

Резкие природные рубежи наблюдаются в местах, где сменяются несколько компонентов ландшафта. Часто, эти границы соответствуют линиям рельефа (гребням, обрывам, уступам), изменениям крутизны склонов, смене горных пород.

У буферных границ барьер, препятствующий проникновению разных условий, не такой резкий, что создаёт своеобразные переходные полосы. Такое явление происходит, если изменяются геохимические условия.

Конкретным природным и антропогенным объектам и явлениям свойственны чётко видимые линейные границы, что характерно для лесов, лугов, ледников, плотин, пашен т. д.

Иногда на картах используются условные границы, показывающие ограничительные ареалы явлений рассеянного распространения (отдельные виды животного или растительного мира и др.); разделительные линии (на основе

какого-нибудь признака), которые существенно не изменяют природных условий, как например, водоразделы речных бассейнов; «интерполяционные границы», не наблюдаемые на местности, но которые можно проводить на карте по одинаковым точкам или, для количественных изменений, путём интерполяции показателей; предполагаемые границы, отображаемые на карте при недостаточной изученности явлений [47].

В географии и ландшафтоведении феномен ландшафтных границ может рассматриваться на двух различных уровнях организации – топологическом и хорологическом, в которых совокупность используемых показателей для каждого из уровней различна.

Главный критерий установления ландшафтных границ на топологическом уровне (уровень фаций и простых урочищ) – метод выявления максимального информационного градиента изменений следующих параметров: ландшафтно-геохимических, ландшафтно-геофизических, биоценологических.

На хорологическом уровне (уровень ландшафтов, местностей и сложных урочищ) главный критерий установления ландшафтных границ определяется максимальным градиентом изменений пространственной дифференциации в сочетаниях элементарных геосистем [15, 16].

Не секрет, что рельеф и растительность являются одним из важнейших факторов территориального разнообразия свойств ландшафтов. Характер земной поверхности является одним из основных критериев при выделении и картировании природных территориальных комплексов.

«Экологические границы между экосистемами наилучшим образом описываются в геофизических и фото- и графметрических терминах по оптическому и радиационному контрасту, ширине размытости, резкости градиента и др., измеренным по аэро- и космическим снимкам и топографическим картам.... Анализ экотонов на аэро- и космических снимках явился наиболее успешным способом классификации типов границ, их линейной интеграции, объективного проведения пограничных линий, количественной оценки и картографирования экотонов» [27, с. 156–157].

Картографирование границ ландшафтов.

Карта, представляя модель действительности, накладывает на себя обязательство быть реалистичной. В процессе создания карт природы требуется сохранять географическое (естественное, реальное) подобие естественного рисунка, который передаёт все особенности строения и развития всех изображаемых природных явлений. Необходимо правильно отображать рисунок ландшафтных границ на карте – соблюдать соответствие реальной степени их расплывчатости или резкости [47, 56, 122].

В разное время каждое научное направление отечественной картографии предусматривало свою систему отображения природных рубежей. В прошлые времена решение этой проблемы было простым: для разных по качественному содержанию контуров проводилась линия на карте, иногда пунктирная, что сообщало об отсутствии резких скачков (переходов).

При нанесении на оригинал объектов и их природных контуров с разных материалов применяется понятие «локализация», означающее привязку к месту, при этом не заменимы ландшафтные карты и космические снимки. Черты рисунков природных границ должны сохраняться при изображении явлений, а определить детали характера взаимосвязанных явлений с помощью других карт возможно при условии глубокого знания об особенностях связей. Другими словами, не существующие, «поддельные» границы способны передать не только не достоверные сведения о природных соотношениях, но и сформировать неправдоподобное содержание той или иной карты.

Развитие современного ландшафтоведения и картографии требует разработки объективных методик нанесения границ на карты, позволяющих разным исследователям получать одни и те же результаты при использовании одинаковых исходных данных. Значительным толчком к разработке таких методик может стать развитие методов геоинформационного анализа. Для этого существует возможность, имея в наличии достаточный объём исходной информации и необходимые алгоритмы их обработки, использовать автоматизированные классификации местоположений, с помощью которых в

ландшафте выделяются пространственные элементы, однородные по набору установленных параметров, минимизируя при этом субъективные факторы [94].

1.4 Антропогенное воздействие как объект ландшафтно-экологического картографирования

Хозяйственная деятельность человека в значительной степени преобразовала природные или первичные ландшафты Земли. По оценкам Голубева Г. Н. [39], антропогенная деятельность практически полностью перестроила ландшафты на 20–30 % площади суши. В местах с высокой плотностью населения естественный облик ландшафтов на 40–80 % изменён сельскохозяйственными землями, населенными пунктами, дорогами, промышленными предприятиями и т. д., в большинстве случаев находящиеся в ухудшающемся состоянии.

Среди 96 зональных типов природных равнинных ландшафтов, 40 типов были уничтожены или преобразованы коренным образом. Для других территорий отмечаются не столь масштабные изменения, но в которых заметны перестройки в геохимических связях, тепловом и водном балансе и многие другие. Подсчитано, что около 60 % территории мира в той или иной степени преобразовано человеком, т. е. были трансформированы так, что возникли антропогенные модификации природных ландшафтов [39, 98, 162].

АВ на ландшафты формируется в результате сложного многоступенчатого воздействия хозяйственной деятельности человека на природную среду и ответной реакции среды на это воздействие, упрощённая схема которой представлена на рисунке 6.

Начальным звеном являются источники антропогенного воздействия (ИАВ) оказывающие негативное или позитивное влияние в виде нагрузки на ландшафты. АВ формируется в результате хозяйственной деятельности человека, включающее:

- изъятие, перенос, переработку природных ресурсов;

- привнесение в географические оболочки загрязняющих или несвойственных им компонентов, в т. ч. шумовое, тепловое, электромагнитное и радиоактивное загрязнение;
- замена природных комплексов на полуприродные и искусственные;
- механическое нарушение структуры горных пород, почвы, растительности [21].



Рисунок 6 – Схема антропогенного воздействия на состояние ландшафтов

В результате любого воздействия в ландшафтах относительно их индивидуальной устойчивости возникают ответные реакции: в виде различных изменений в структуре, составе и природных связях ландшафтов. Эти реакции объединены общим понятием «изменённость ландшафта» – совокупность результатов благоприятных и неблагоприятных изменений в ландшафте.

В зависимости от степени изменённости формируется экологическое пространственно-временное состояние (ЭПВС) ландшафтов – соотношение величины изменённости ландшафтного выдела с течением времени.

Таким образом, для более детального представления АВ и экологического состояния ландшафтов составляется серия ЛЭК АВ на ООПТ (рисунок 7),

включающая последовательные этапы создания карты ИАВ на ландшафты, карты антропогенной нагрузки (АН) на ландшафты, карты антропогенных изменений (АИ) или (трансформации) ландшафтов, карта экологического пространственно-временного состояния ландшафтов (нарушенности) [121].



Рисунок 7 – Схема ландшафтно-экологического картографирования антропогенного воздействия

Схема создания итоговой карты пространственно-временного состояния ландшафтов строится на совместном отображении современного пространственно-временного состояния ландшафтов, их антропогенных преобразований, степени и характера деятельности человека, вида и степени антропогенной нарушенности ландшафтов [103].

Первым этапом составления серии ЛЭК АВ на ООПТ является картографирование ИАВ на ландшафты, под которыми понимаются объекты или процессы результатов деятельности человека, приводящие к изменению экологических условий ландшафтов и последующей реакции их компонентов на произошедшие изменения.

С целью систематизации ИАВ на ландшафты, имеющие место на ЛЭК АВ на ООПТ, были объединены в следующие типы АВ: селитебное, рекреационное, лесохозяйственное, сельскохозяйственное, промышленное, транспортное, водохозяйственное, природоохранное (таблица 1).

ИАВ по характеру локализации и отчасти воздействия классифицируют на очаговые, линейные и площадные [68, 106]. В соответствии с этим, на ЛЭК АВ на ООПТ они отображаются точечными, линейными и площадными знаками.

Каждый объект хозяйственной деятельности человека может воздействовать на природные компоненты в разной степени, поэтому определение

этой нагрузки на отдельные компоненты природы, а также природные комплексы в целом, «является центральным звеном» [49, 52] при оценке современного экологического состояния ландшафтов. Ключевое значение при этом имеет не столько качественная, сколько количественная оценка степени АН.

Таблица 1 – Картографируемые объекты по типам антропогенного воздействия

<i>Тип</i>	<i>Объекты</i>
Селитебное	Населённые пункты, дачные посёлки
Рекреационное	Туристские средства размещения (гостиницы, базы, кемпинги); тропы
Промышленное	Горнодобывающие предприятия (открытая и подземная добыча)
	Обрабатывающие предприятия
	Промысловое хозяйство, в т. ч. браконьерство
Сельскохозяйственное	Животноводческие фермы, сенокосы, пастбища; пашни, плантации и т.д.
Водохозяйственное	Зона воздействия водохранилищ; судоходство и его инфраструктура;
	Каналы и гидротехнические сооружения;
Лесохозяйственное	Вырубки, просеки; горелые леса
Транспортное	Автомобильные (асфальтированные, грунтовые) и железные дороги
	Трубопроводы и линии электропередач
Природоохранное	Особо охраняемые природные территории

Исаченко А. Г. определяет антропогенную нагрузку как количественную меру воздействий на геосистемы или на её компоненты, выражаемой в натуральных абсолютных или относительных (удельных) показателях, и отнесенной к периоду, во время которого воздействие сохраняло стабильный характер [49, 52].

Поэтому для каждого типа АВ определены перечни картографируемых процессов воздействия и их количественные показатели, характеризующие степень АН, имеющих место на ЛЭК (таблица 2).

В результате АВ в ландшафтах возникают ответные реакции в виде перестроек в структуре, составе и природных связях ландшафтов, называемые *антропогенными изменениями (АИ) или трансформацией ландшафтов.*

В работе [20] Бузмаков С. А. и Зайцев А. А. трансформацию наземных экосистем рассматривают как изменение биотопических условий, реакцию биоты на влияние деятельности человека.

Кураковой Л. И. [72] выделены особенности и признаки антропогенной трансформации ландшафтов и экосистем.

Таблица 2 – Картографируемые показатели антропогенного воздействия

Вид АВ	Объекты АВ	Процессы АВ	Показатели АН
Селитебное	Населённые пункты (точечные, площадные)	Застройка, прирост населения, экономика поселений, отходы	Площадь поселений (в т. ч. динамика), Численность, плотность, структура занятости населения в отраслях экономики
Рекреационное	Туристы и туристские средства размещения (гостиницы, базы, кемпинги)	Застройка, отходы, шум, рыболовство, охота, сбор дикоросов, пожары, механическое повреждение ПТК.	Суммарное количество средств размещения и численность отдыхающих
	Туристические тропы (в т. ч. водные)		Число посетителей (за единицу времени на единицу площади)
Промышленное	Горнодобывающие предприятия (карьеры, шахты, штольни, отвалы, газо-нефтяные вышки)	Открытая и подземная добыча полезных ископаемых, отходы	Объём, структура, площадь распространения выбросов и сбросов в Атмо- и Гидросферу; Площадь и глубина нарушенных земель, горных пород; Уровень электромагнитного и шумового загрязнения; Объём добычи и заготовок
	Обрабатывающие предприятия	Отходы, физические поля	
	Промысловое хозяйство	Промышленный сбор трав, грибов, орехов, охота, рыболовство,	
Сельскохозяйственное	Животноводство (Животноводческие фермы, Сенокосы, пастбища)	Отходы, захоронения больных животных, сведение коренной растительности,	Площадь и количество ферм, число и вид животных
	Земледелие (поля, плантации и т. д.)	Сведение коренной растительности, распашка почвы, внесение химикатов	Площадь распаханых земель; Объём вносимых удобрений, пестицидов
Водохозяйственное	гидротехнические сооружения (каналы и плотины)	Искусственные водохранилища, регулирование стока, забор воды в оросительные коммунальные системы	Площадь и длина береговой линии водохранилища, изменение уровня, Площадь затопленных земель
	Водный транспорт	Строительство причалов и пристаней, искусственное волнение, отходы	Численность единиц водного флота
Лесохозяйственное	Вырубки, просеки	Сведение растительности	Площадь, степень зарастания
	Горелые леса	Поджоги	Площадь, степень зарастания
Транспортное	Железные дороги	Отходы, шум, электромагнитное поле, строительство транспортных магистралей,	Объём, структура, площадь распространения выбросов и сбросов в Атмо- и Гидросферу; Объём грузов, частота перевозок; Уровень электромагнитного и шумового загрязнения
	Автомобильные дороги (асфальтированные, грунтовые)		
	Линии электропередач		
	Трубопроводы	Потенциальная опасность при аварии	
Природоохранное	Границы площадных ООПТ	Восстановление и охрана природных комплексов	Количество, структура и площадь природоохранных мероприятий
	Точечные ООПТ (памятники природы, ботанические сады, курорты)		

Хорошо прослеживается тесная связь антропогенной трансформации территории с видами землепользования, в развитии которых существенную роль

играют ресурсы конкретного ландшафта. Именно поэтому следует вывод, что ландшафтная структура территории предопределяет разнообразие типов АВ и свойственный им характер преобразования природных систем [145].

По направлению АИ (трансформации) разделяются на деграционные (негативные) и восстановительные (позитивные), первые классифицируют на процессы загрязнений, нарушений и деграции (таблица 3).

Таблица 3 – Процессы антропогенных изменений в ландшафтах

Компонент ландшафта	Загрязнение	Нарушения	Деграция	Восстановление
Рельеф и Литосфера	<p><i>Параметрическое</i> (тепловое, шумовое, электромагнитное, радиационное),</p> <p><i>Ингредиентное</i> (токсичные вещества, нефтепродукты, мусор, засоление)</p> <p><i>Биологическое</i> (микробиологическое, интродукция и акклиматизация, распространение синантропных видов)</p>	Активизация геоморфологических процессов и изменение форм рельефа	Разрушение природной структуры литосферы и рельефа	Сохранение природной структуры литосферы, рекультивация
Атмосфера и климат		Изменение микроклиматических характеристик территории	Разрушение озонового слоя, перестройка климата	Сокращение или улавливание вредных выбросов, физических полей и организмов
Гидросфера		Изменение гидрологическо-го режима поверхностных и подземных вод	Осушение, обводнение, зарастание гидрообъектов	Сохранение природного режима гидрообъекта
Педосфера		Уплотнение почвы, нарушение природной структуры	Потеря плодородия, эрозия, дефляция, затопление, заболачивание	Сохранение и восстановление
Биосфера, в т. ч. люди		Нарушение среды обитания, угроза выживания биологического вида	Истребление (гибель) биологического вида, уничтожение коренной растительности	Охрана и восстановление численности и среды обитания вида
Ландшафт		Нарушения природных связей, упрощение структуры, замена природных комплексов на полуприродные, культурные ландшафты	Техногенный ландшафт, техногенные пустоши	Сохранение и восстановление

На ЛЭЖ изменения также выражаются в виде деградиционных или восстановительных процессов на данной территории и показываются в зависимости от характера явлений и масштаба карты точечными, линейными и площадными знаками.

АИ в ландшафтах формируют их ЭПВС, которое можно оценить разными подходами и методами: по остроте экологической ситуаций, по степени нарушенности, по типу антропогенных модификаций ландшафтов – авторских классификаций (таблица 4).

Таблица 4 – Подходы к оценке экологического состояния ландшафтов

По остроте экологической ситуации	По степени нарушенности	По типу антропогенных модификаций ландшафтов
Катастрофическая	Не нарушенные	Классификация Голубева Г.Н.
Кризисная	Слабонарушенные	Классификация Сочавы В.Б.
Критическая	Сильнонарушенные	Классификация Милькова Ф.Н.
Напряжённая		
Конфликтная		
Удовлетворительная		

По сути данные подходы представляют собой районирование территории по определённому набору критериев и отображаются на картах чаще всего количественным или качественным фоном.

Голубевым Г. Н. [39] по степени антропогенной трансформации была разработана классификация ландшафтов Земли, представленная на рисунке 8.

Им предложено поделить современные ландшафты мира на две большие группы: коренные (или первичные) и природно-антропогенные. К ландшафтам второй группы относятся вторично-производные, антропогенно-модифицированные и техногенные.

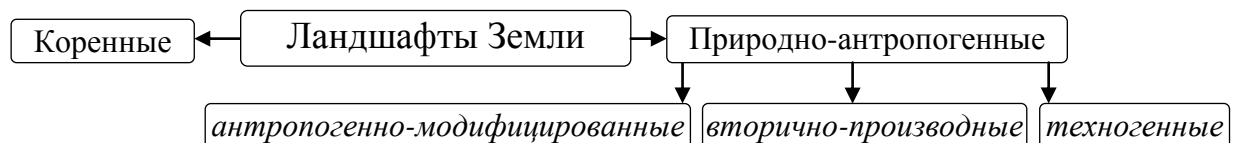


Рисунок 8 – Схема классификации ландшафтов Земли по степени антропогенной трансформации [98]

В основе классификации антропогенных ландшафтов Милькова Ф. Н. [89] положены типы использования земель: селитебные, промышленные, сельскохозяйственные и т. д.

Известна также и другая классификация ландшафтов Земли, разработанная Сочавой В. Б. [137]. В её основе заложен характер динамического состояния геосистем (рисунок 9): переменное и эквифинальное. Эквифинальные делятся на квази(ложно)коренные геосистемы, условнокоренные и коренные.



Рисунок 9 – Схема классификации ландшафтов Земли по типу динамического состояния геосистем

Исаченко А. Г. в конце XX в. проводил обзор картографических подходов изучения антропогенной трансформации ландшафтов. Примером глобального уровня данного вопроса служит мировая карта «Современные ландшафты» масштаба 1 : 15 000 000, на которой были показаны такие типы современных ландшафтов (или «градации трансформации ландшафтов») как: модальные (природные), производные, антропогенные модификации (с несколькими подразделениями по современному использованию земель) [58]. Практически все упомянутые категории определены учитывая современное состояние растительного покрова либо его отсутствие. Учёный отметил, что внемасштабные знаки, относящиеся к «ландшафтно-техногенным комплексам» и обозначающими места добычи полезных ископаемых и города с населением более 1 млн человек, создают «впечатление случайности и хаотичности».

Известен пример картографирования ландшафтной трансформации локального уровня. В коллективной работе под руководством Мамай И. И. [79] представлена оценка изменённости ПТК Московской области, ранжированная слабой, средней, сильной степенью преобразованности.

Подводя итоги, следует отметить, что вопросы АВ и антропогенной трансформации ландшафтов производят обширную заинтересованность у исследователей во многих областях знаний и на различных уровнях. Нами предполагается, что эта проблема имеет особую актуальность и значимость для природоохранных территорий [98–109, 114, 115].

Известно, что наиболее заметным изменениям подвержены динамичные компоненты ландшафта, в первую очередь растительный покров, который первым реагирует на наличие неблагоприятных условий в природном комплексе [32, 62, 154, 162].

Ландшафтно-экологическое картографирование степени изменённости растительности заключается в пространственном моделировании качественно-количественных показателей динамики продуктивности растительности в ландшафтном выделе (рисунок 10).

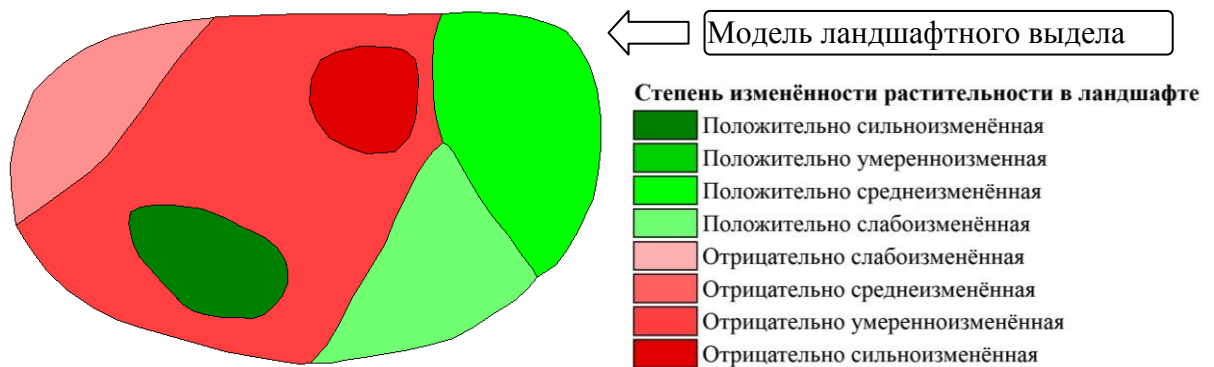


Рисунок 10 – Моделирование динамики изменённости растительности в ландшафтном выделе

На сегодняшний день в ландшафтно-экологическом картографировании значительный вес приобретает использование разновременных многозональных космических снимков и ГИС, показывающих динамику АВ и экологическое состояние ландшафтов в пространственно-временном разрезе [8, 12].

1.5 Выводы по первому разделу

Ландшафтно-экологическое картографирование является одной из ключевых разновидностей комплексного экологического (геоэкологического) картографирования, с которым имеет ряд общих проблем. АВ на ландшафты занимает центральное место в ландшафтно-экологическом картографировании, особенно актуально в вопросах управления природоохранными территориями.

ЛЭК занимают одно из ключевых мест в составе комплексных экологических карт в России. Инвентаризационно-оценочный характер ЛЭК имеет значительную ценность в задачах управления, научно-исследовательских работ, экологического просвещения, образования и воспитания природоохранной направленности.

Природные ландшафты и их границы характеризуются пространственной и временной изменчивостью свойств. Конфигурация и состояние ландшафтов напрямую зависят от динамических свойств его компонентов и внешних факторов. Поэтому правильное отображение рисунка и свойств границ ландшафтов – важная задача для тематической картографии.

Разнообразие типов, видов и форм АВ на ландшафты определяет выбор приёмов, принципов, тематик и способов их картографической интерпретации. Ландшафтно-экологическое картографирование основано на анализе динамики растительного покрова как главного индикатора АВ на ландшафты ООПТ.

2 КОМПЛЕКСНАЯ МЕТОДИКА ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ

2.1 Исходные материалы для ландшафтно-экологического картографирования антропогенного воздействия на особо охраняемые природные территории

Основной проблемой при экологическом картографировании явлений и процессов комплексного типа является наличие и качество исходных материалов.

Для достоверной и всесторонней оценки АВ на ООПТ и экологического состояния ландшафтов необходимо привлекать обширный спектр исходных материалов, охватывающий различные виды, типы и способы их получения. Систематизация исходных картографических материалов зависит от их геометрических свойств, формализованного вида, периода обновления, возможности их пространственной привязки.

Существует несколько видов классификаций исходных картографических материалов, разработанных разными авторами [11, 66, 68, 130], в данной работе представлена обобщённая типизация исходных материалов по методам их получения, отражённая в таблице 5.

Класс достоверности материалов связан с прямым или косвенным методами его получения. Прямые методы основаны на применении измерительных и регистрирующих приборов и инструментов, которые непосредственно фиксируют состояние изучаемых объектов и явлений. В косвенных методах получения материалов требуется дополнительная их обработка для приведения в картографический вид. Наибольшей ценностью пользуются первичные источники информации, полученные дистанционными и полевыми методами, за ними – вторичные (уже имевшие некоторую обработку) – картографические и документальные [11, 47].

«ДЗЗ – любое изучение объекта, осуществляемое на расстоянии, без непосредственного контакта, основанное на использовании электромагнитных излучений, исходящих от объекта исследования [101, с. 95]».

Таблица 5 – Типизация исходных материалов по методам их получения

Тип	Вид	Источники данных	Оценка класса достоверности	Получаемая информация (Результат)
Полевой	Локализация Координирование	Полевой дневник, маршрутизатор GPS-приёмника	1	Обнаружение, определение локализации и характеристики объектов географической и тематической основ
	Визуальная оценка и измерительная съёмка	Полевой дневник, журналы расчётов, показания измерительных приборов	1	
	Наземная фотосъёмка	Фото автора, участников маршрутов	1	
Дистанционный	Дистанционная съёмка (зондирование) Земли (ДЗЗ)	Исходные разновременные аэрокосмические снимки (Landsat, Spot, др.)	1	Обнаружение, определение локализации и характеристики объектов географической и тематической основ
Картографический	Цифровая топографическая карта	Векторные слои орогидрографической, дорожной, селитебной сетей, административных границ, промышленных объектов территории	2	
	Тематические карты и атласы	Ландшафтные и Экологические карты территории	2-3	
Документальный	Справочно- статистическая литература	Справочники и отчёты хозпредприятий, госучреждений (в т. ч. статистических и природоохранных организаций)	2	Справочно-статистическая и описательная (текстовая) характеристика объектов географической и тематической основ
	Научная и образовательная литература	Диссертации, монографии, авторефераты, научные статьи и тезисы, учебные пособия	2-3	
	Популярная литература и СМИ	Радио, телевидение, газеты, журналы, интернет-сайты, путеводители и т. д.	2-3	

Среди дистанционных методов наиболее популярны аэро- и космоснимки, которые создаются при помощи особых устройств (фотокамер, сканеров, радиолокаторов) и устанавливаются на специальных летательных аппаратах (самолётах, вертолётах, космических спутников Земли).

Космическая съёмка, по сравнению с аэросъёмкой, обеспечивает довольно широкий охват территории, что благоприятно сказывается при изучении

региональных и глобальных закономерностей и явлений на планете [32, 62, 64, 70] (рисунок 11, а, б, в).

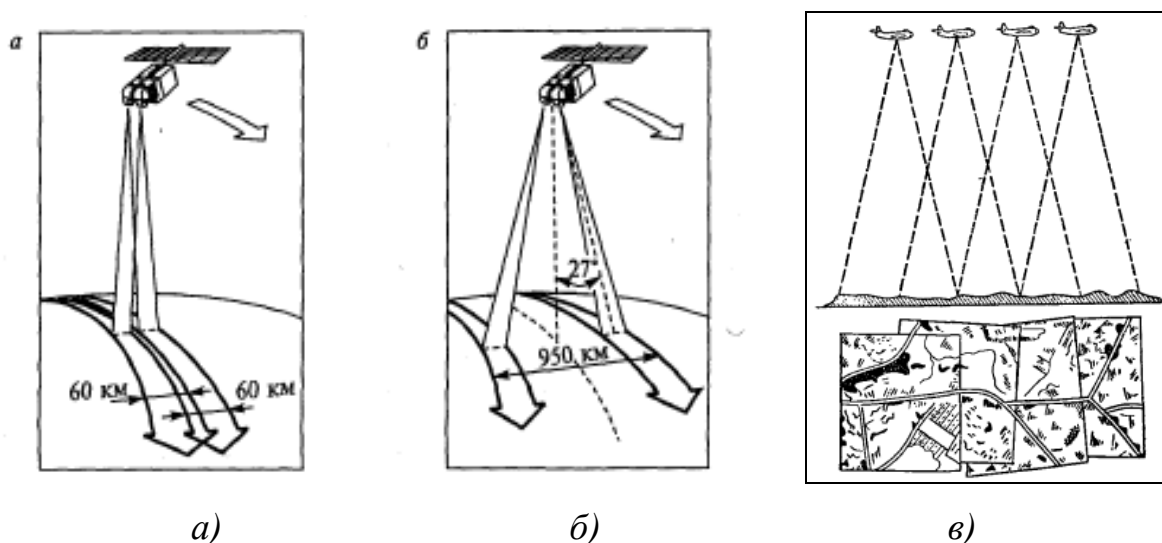


Рисунок 11 – Дистанционное зондирование Земли:

а), б) космосъёмка [67]; в) аэросъёмка [83]

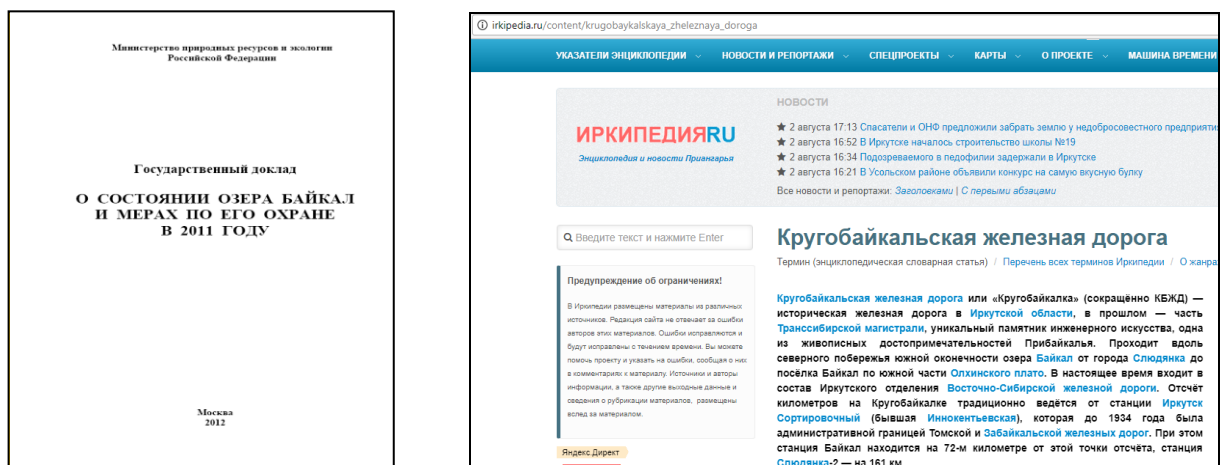
Другое важное достоинство космоснимков представлено в совместном отображении всех компонентов ландшафтов, которое позволяет использовать их для выявления и оценки экологических условий территории, основываясь на взаимосвязи и взаимовлиянии между компонентами среды. Данная черта космических изображений также успешно применяется при разноплановом отраслевом тематическом и комплексном картографировании.

Преимущество космических методов заключается в регулярной повторной съёмке в различные интервалы времени (годы, месяцы, дни, часы, минуты) одним и тем же сенсором, что имеет особое значение при изучении динамики объектов и явлений. К тому же, космические снимки можно охарактеризовать как модель местности, в т. ч. ландшафтной структуры территории.

Следует отметить, что космоснимки в несколько раз увеличивают производительность технологических этапов картографирования, что способствует сокращению сроков при сборе исходных материалов, подготовительной работе, облегчению в процессе согласования карт [101].

Одним из главных исходных материалов при создании ЛЭК АВ на ООПТ служит разнообразная *картографическая продукция*: топографические, в т. ч. общегеографические карты и планы, а также различные ранее изданные экологические и отраслевые карты, содержащие важные экологические данные. Ценность применения картографических источников в том, что они обладают четкой пространственной локализацией объектов, классификацией или рубрикацией отображаемых показателей, сочетанием качественных и количественных характеристик [144].

К документальным (рисунок 12, а, б) относятся справочно-статистические и литературные материалы. Справочно-статистические материалы – это различного рода официальные документы: справочники, отчёты хозяйственных предприятий, госучреждений (в т. ч. статистических и природоохранных организаций) и др. Среди литературных материалов нередко используются всевозможные научные и образовательные труды: диссертации, авторефераты, монографии, научные статьи и тезисы, учебники и учебные пособия и т. д. Особое значение приобретает также и средства массовой информации (СМИ), объединяющие прессу, интернет-сайты и телевидение. Они могут сообщать о наиболее «свежей» экологической информации, которая должна содержать определённую степень достоверности и обязательно быть проверена [101].



а)

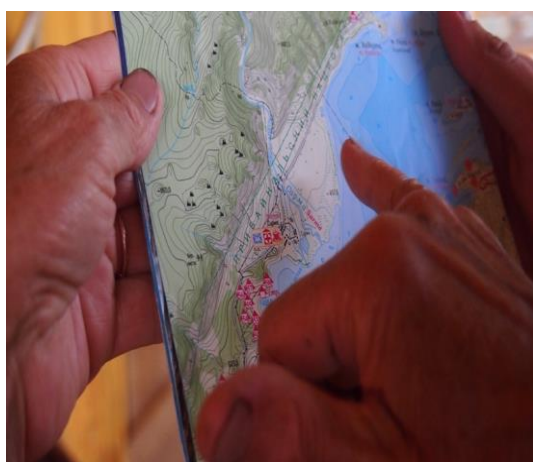
б)

Рисунок 12 – Документальные материалы:

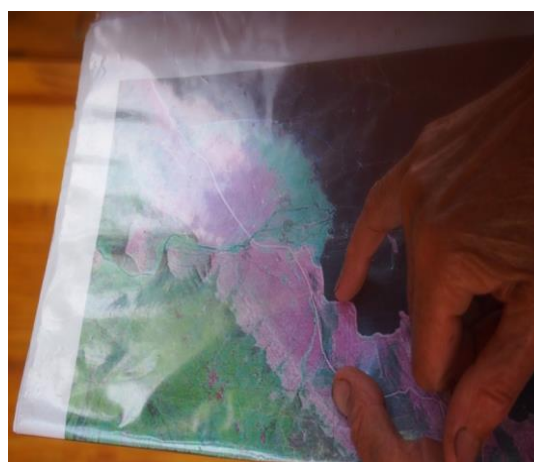
а) справочно-статистические; б) интернет-статья

В целях подтверждения и детального изучения данных исходных материалов нужно учитывать итоги *полевых исследований*, обычно включающее в себя три этапа: подготовительный; полевой; предварительную полевую обработку результатов.

На подготовительном этапе анализируются перечисленные выше исходные материалы (вплоть до прессы) и происходит оценка картографируемой территории с точки зрения выявления пунктов полевого изучения и составления оптимальных маршрутов движения. При некоторых видах тематических съёмок (почвенной, ландшафтной и других) сплошное тематическое обследование территории практически неосуществимо. Поэтому выбираются контрольные участки, стационарные посты и маршруты обследования. Такой способ, позволяет картографировать малоизученные и труднодоступные территории, используя методы интерполяции и экстраполяции [34]. Контрольные или эталонные участки определяются в тех местностях, где наиболее выражено развитие человеческой деятельности (промышленные предприятия, лесозаготовки, добыча полезных ископаемых и др.). Маршруты движения намечаются на среднемасштабных общегеографических картах, космических снимках (рисунок 13, а, б), заносятся в портативные GPS-навигаторы.



а)



б)

Рисунок 13 – Выбор маршрутов движения и точек обследования для полевых наблюдений:

а) по топографической карте; б) по космическому снимку

Авторские работы в полевых условиях характеризуются рекогносцировочной проверкой карт, полевой съёмкой, обработкой полевых результатов исследований, составлением по ним карт-первоисточников и разработкой макетов сводных карт [48].

Полевая обработка результатов предполагает предварительный геоинформационный анализ данных по установленным эталонным участкам, что позволяет оценить «правильность» выбранных точек изучения и, возможно, выявить новые территории, где следует провести полевые исследования [101].

2.2 Составление картографической основы ландшафтно-экологических карт антропогенного воздействия на особо охраняемые природные территории

«Географической или картографической основой называют элементы общегеографической карты, входящие в содержание карты природы или необходимые для её составления: математические элементы (выходы и оцифровка географической сетки), границы, населённые пункты, гидрографическая сеть, рельеф, элементы почв и грунтов» [34, с. 64].

Картографическая основа ЛЭК АВ на ООПТ складывается из элементов топографической карты и типов природных комплексов ландшафтной карты. Топографические элементы образуют слои рельефа, гидрографии, административных границ, типы ландшафтов – слой природных ландшафтов (рисунок 14). Населённые пункты, дорожную сеть, промышленные объекты, линии электропередач и связи, логичнее отнести к тематическому содержанию.

Характеристики поверхностных природных элементов, их пространственное размещение получают посредством полевых (наземных), дистанционных и картографических методов, а также документальных.

Полевые методы.

К полевым методам создания топографических элементов картографической основы относятся топогеодезические работы на местности, задачами которых являются измерения объектов на поверхности Земли.

Топогеодезические работы состоят из нескольких этапов. В

подготовительном – проводится изучение территории, постановка целей и задач, выбор способов полевых обследований. Полевой этап подразумевает проведение геодезических измерений непосредственно на местности, камеральный – всех необходимых вычислений и расчётов, графических построений профилей, планов и карт в приспособленных помещениях.

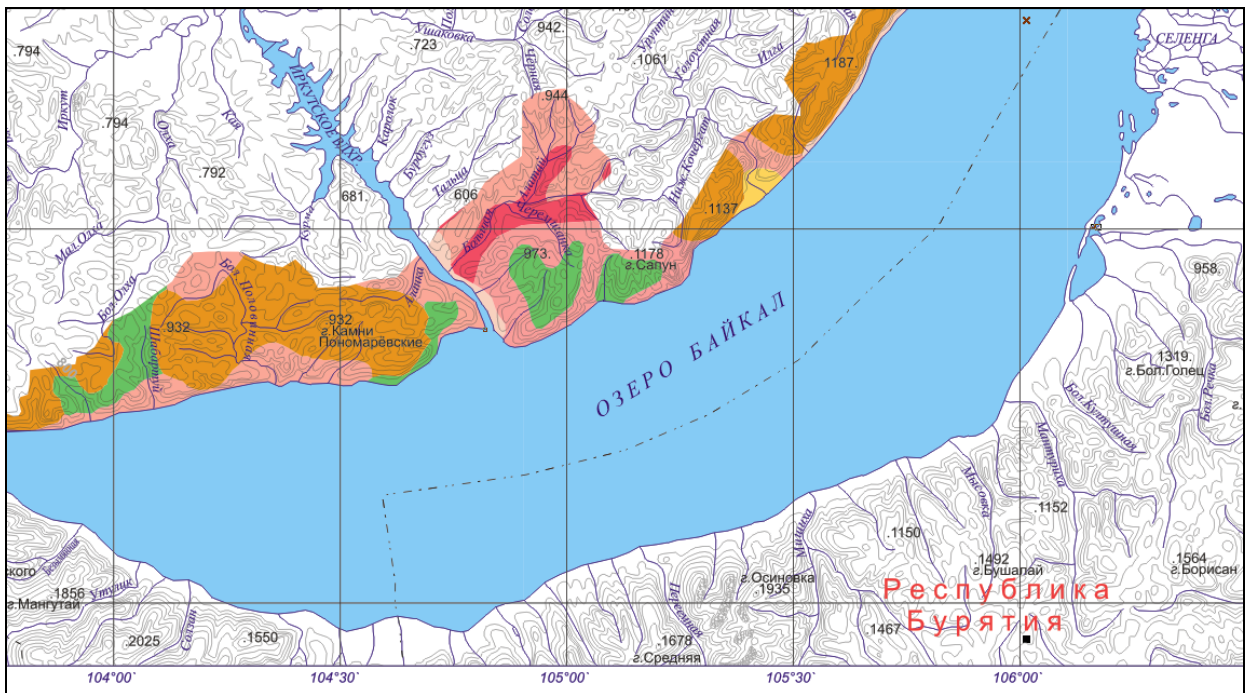


Рисунок 14 – Картографическая основа ландшафтно-экологических карт

Помимо собственно измерительных работ, топогеодезические съёмки предполагают формирование геометрической основы. Так, любые геодезические работы и топографические съёмки опираются на установленные и равномерно расположенные на местности геодезические пункты, плановое положение которых определено в единой системе координат и высот. Данные точки, формирующие так называемую опорную сеть, составляют каркас съёмки. Таким образом, съёмка окружающей местности проводится более простыми методами [80]. Подобным способом пытаются уменьшить влияние погрешностей и равномерно распределить их по территории.

К топографическим методам относятся плановые, высотные и планово-высотные съёмки, результатом которых является создание плана местности.

Механизм всех съёмок сводится в определении географических и высотных координат точек местности и их взаимного расположения относительно друг друга, называемой ситуацией [33, 152].

Традиционные полевые геодезические работы по способу проведения и привлечения специальных инструментов подразделяются на инструментальные, полуинструментальные и глазомерные.

Широко применяются инструментальные съёмки, которые различаются по названию используемого оборудования на теодолитную, мензульную, тахеометрическую съёмку, нивелирование (рисунок 15, *а*) и др. В процессе топографических работ привлекаются разнообразные геодезические приборы, отличающиеся рядом особенностей: конструкцией, точностью измерений, назначением, эксплуатацией, набором выполняемых операций. Измерения проводятся по характерным для каждого прибора следующих составных элементов: зрительной трубы, измерительных устройств (шкал), уровней, закрепительных, наводящих и микрометрических винтов.

Фиксация планового положения пунктов в системе прямоугольных или географических координат создаётся методами триангуляции, полигонометрии и трилатерации, а также их комбинации. Высотные отметки точек земной поверхности и их превышений относительно отсчётной уровенной поверхности получают геометрическим нивелированием.

Для быстрого создания наглядного и схематичного плана местности в полевых обследованиях также практикуется буссольная и глазомерная съёмки (рисунок 15, *б*).

Отличительной особенностью современного уровня полевых съёмок является широкое применение приёмников спутникового позиционирования: американские «GPS» – «глобальные позиционирующие системы» (ГПС), российские «ГЛОНАСС», – для определения высот и координат точек. «Высокоточные приёмники местоопределения обеспечивают точность 3–5 см в статическом режиме. Оптимальные значения точности обеспечивает работа в дифференциальном режиме» [34, с. 94]. С помощью ГПС определение координат

любой точки местности становится автономным, без привлечения наземных геодезических измерений и прокладки ходов между пунктами триангуляции.

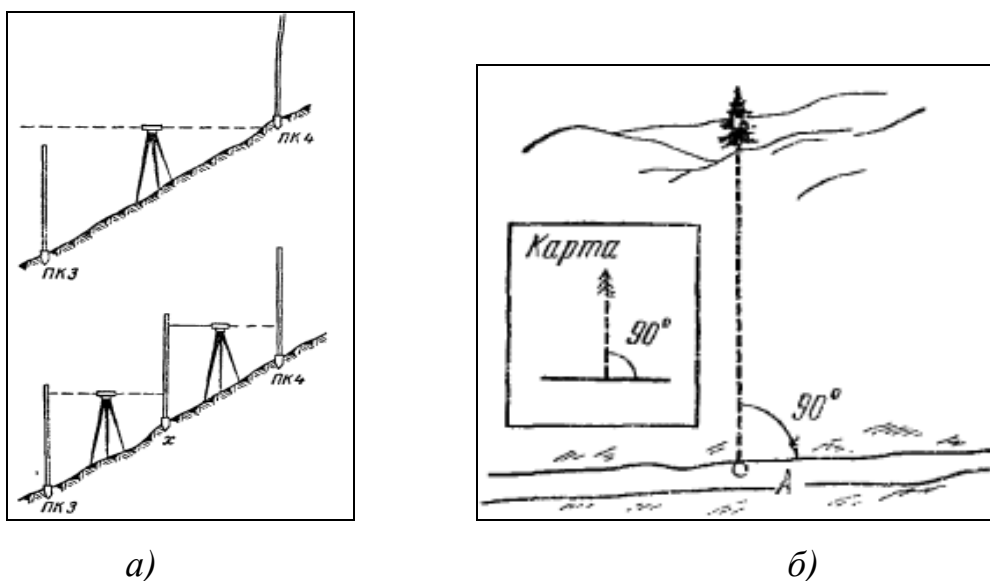


Рисунок 15 – Топогеодезическая съёмка [76]:

а) нивелирование; б) глазомерная съёмка

Привязка всех топографических и тематических съёмок осуществляется посредством астрономо-геодезических данных. Но также имеются и другие методы фиксирования положения точек, в которых используются разные режимы работы [11].

При изучении и составлении ландшафтной основы проводятся полевые ландшафтные съёмки, при которых объектом исследования выступают природно-территориальные комплексы (геосистемы) разных уровней, рассматриваемые как результат взаимодействия различных природных и человеческих факторов. В процессе полевых съёмок изучаются ландшафтная структура территории, её пространственные и временные изменения. Существенным моментом в полевых ландшафтных исследованиях является установление границ морфологических единиц ландшафтов.

Самым используемым способом исследования природных комплексов считается метод ландшафтного профилирования, при котором хорошо прослеживаются взаимосвязи между компонентами как внутри самого

природного комплекса, так и с соседними, иначе говоря, определяются вертикальная и горизонтальная структура ландшафтов.

Также большую значимость имеют стационарные полевые исследования, в т. ч. многолетние, характеризующиеся достаточной длительностью и регулярностью, и предоставляющие возможности многостороннего изучения функционирования, динамики и эволюции ландшафтов. Постоянные наблюдения осуществляются на небольших, но типичных участках природных комплексов [48, 54, 55].

Таким образом, полевые методы исследований могут использоваться в получении исходной информации для разработки и составления картографической основы ЛЭК АВ на ООПТ.

Дистанционные методы.

Ключевая роль результатов дистанционных съёмки в процессе создания и обновления географической основы заключается в определении и локализации природных и хозяйственных объектов по их изображениям на снимках. С момента появления этого способа имеется возможность решать проблемы топографического картографирования в труднодоступных районах.

Наиболее легко на аэрокосмических материалах распознаются водные объекты, особенно в ближней инфракрасной зоне спектра, где они имеют тёмный тон и чёткие очертания (рисунок 16, а). Затруднения могут вызывать мелкие реки и ручьи, скрытые древесной или кустарниковой растительностью. Чередование нескольких полос различного тона, соответствующие ряду уровней высыхания, характеризует пересыхающие гидрографические объекты. Самая тёмная и, как правило, самая нижняя из них диагностирует наиболее увлажненный участок ложа водоема [43].

Разнообразие типов ландшафтов безошибочно дешифрируются по космическим снимкам в зависимости от особенностей рельефа, почв и растительности (рисунок 16, б).

Среди элементов картографической основы объёмность или стереоскопичность изображения на космических снимках присуща рельефу

местности. Большинство форм рельефа уверенно диагностируются по форме и рисунку: речные долины и эрозионная сеть, водоразделы и склоны, веерообразные дельты рек, эоловые и береговые формы, мерзлотно-термокарстовый, вулканогенный, гравитационный и тектонический рельеф. Прежде всего, хорошо определяется морфология рельефа: размеры, экспозиция, крутизна склонов и др. Помимо этого, дополнительную информацию о рельефе территории могут предоставить различные индикаторные признаки, такие как почвенный и растительный покров [35, 64, 70]. На современном этапе для составления и изображения рельефа, помимо собственно аэрокосмических изображений, повсеместное развитие получили *цифровые модели рельефа*.

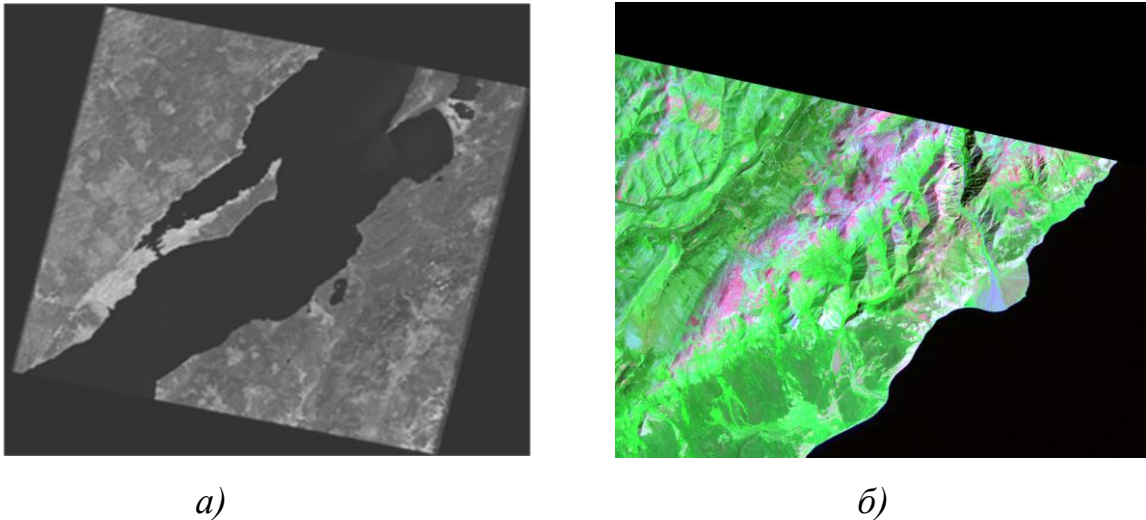


Рисунок 16 – Космический снимок Landsat 5:

а) ближняя инфракрасная зона (канал 4); б) синтез каналов 7-4-2

Растительность, также как и предыдущие элементы, имеет чёткую выраженность на материалах ДЗЗ. Это один из физиономичных компонентов ландшафта. На снимках любого масштаба достаточно точно определяются лесные (серый тон) и безлесные территории (светло-серый, белый) по тону/цвету (рисунок 16, *а*) и структуре изображения.

Лесам и кустарникам соответствует зернистая структура рисунка, причём древесная растительность от кустарниковой отличается крупнозернистостью. Кроме того, такие признаки, как размер зёрен, их распределение внутри контура,

тон или цвет дают возможность анализа породного состава и таксационных параметров насаждений.

Бесструктурный рисунок и приуроченность к поймам рек предполагает относить объекты к заливным лугам, а светлые зигзагообразные линии демонстрируют следы сенокосения. Суходольные луга обычно окружены лесами и пашнями [35, 43, 64, 70].

Для болот свойственны неправильная форма и плавные округлые очертания, если нет лесной растительности – рисунок выглядит гладкий и плотный, различной тональности.

Не развитость древесной растительности, обилие сети озер и овражно-балочных форм приурочены к ландшафтам тундровой зоны. Равнинные таёжные геосистемы выделяются дренированными лесными участками наряду с лесоболотными и лугово-кустарниковыми комплексами. Облик степной зоны состоит из сложной мозаики чередующихся угодий с естественной и окультуренной растительностью. Для территорий пустынной зоны присущи отсутствие древесной растительности, обнажённость почв и горных пород, бугристо-западинный рельеф, наличие систем орошения и т. д.

Распределение природных комплексов в горных районах подчинено высотной поясности. В зависимости от расположения и высоты горного массива набор ландшафтных поясов варьирует от нивально-гляциального в осевых частях хребтов до пустынного у их подножья.

Распространение почвенных выделов в большинстве случаев диагностируется по рельефу местности, естественной или культурной растительности, т. е. по косвенным индикаторам, которые представляют характеристику структуры и качества почв.

Для определения типов почв по прямым признакам доступно только их распознавание на распаханых или с небольшими всходами участках земной поверхности, а также на открытых или слабо покрытых растительностью территориях (до 10–15 %). На снимках разные типы почвы отличаются по фототону изображения, изменяющегося от белого и почти белого тона у светло-

каштановых и пустынных почв (сероземов и буроземов), солончаков и песков до почти чёрного тона изображения у чернозёмов.

Следует отметить, что надёжность оценки типов почв значительно больше при привлечении многозональной съёмки. Зелёная зона спектра лучше подчёркивает разности в минерализациях почв, ближняя инфракрасная зона, в свою очередь, увеличивает плотность рисунка торфяно-болотных и сильногумусированных чернозёмных почв.

Достоинствами применения дистанционных материалов считаются сокращение сроков работ и возможность обновления всего масштабного ряда, минуя многоступенчатый переход от крупных масштабов к средним и мелким.

Картографические и документальные методы.

Для формирования картографической основы ЛЭК АВ на ООПТ лучше всего использовать цифровые топографические карты и ландшафтные карты соответственно для данной территории.

Зачастую картографическую основу карты можно извлечь из уже готовых топографических карт, иногда с их разгрузкой или дополнением. Вся территория России покрыта топографическими картами разных масштабов, имеющиеся в картографо-геодезических фондах Управления Росреестра (рисунок 17).



Рисунок 17 – Топографическая карта N-48 масштаба 1 : 1 000 000
(уменьшенная копия)

«Топографические, обзорно-топографические и обзорные карты – это надёжные и достоверные источники, которые создают по государственным инструкциям, в стандартной системе условных знаков с определёнными, строго фиксированными требованиями к точности» [11, с. 177].

Цифровую топографическую карту следует подготовить (или перевести) в те масштаб и проекции, что и планируемые карты. На тематическую карту с топографической необходимо локализовать всю гидрографическую, дорожную и селитебные сети, рельеф, линии электропередач и связи, в некоторых случаях промышленные объекты.

Для ландшафтной основы можно использовать имеющуюся на данную территорию готовую ландшафтную карту, с которой без изменений переносятся ландшафтные выделы в соответствии с их взаимным расположением, классификацией и иерархией, а также с принятой системой условных знаков (цветовой гаммы) [101] (рисунок 18).

Документальные методы для картографической основы выступают в роли дополнительных. К примеру, могут потребоваться справочно-статистические данные или текстовое описание особенностей местоположения, качественной характеристики, сведений о точном написании наименований/переименований соседних административных субъектов, объектов орогидрографии, природных комплексов, их количественных показателей (абсолютные высота, глубина, ширина водоёмов, уровень уреза воды, координаты точек административных границ, площади ландшафтных выделов).

Последовательность составления картографической основы.

Составление карты включает в себя ряд операций и процессов, по итогам выполнения которых изготавливается оригинал, представляющий собой прообраз будущей карты. Используемые картографические материалы, вид составляемой карты определяют порядок и последовательность составления отдельных элементов содержания карты [14].

В ряде случаев выстраивают два вида основ: для авторских работ (рабочие основы) и составительских оригиналов (типовые основы). Составление оригинала

карты начинается с подготовки исходных картографических материалов к применению.

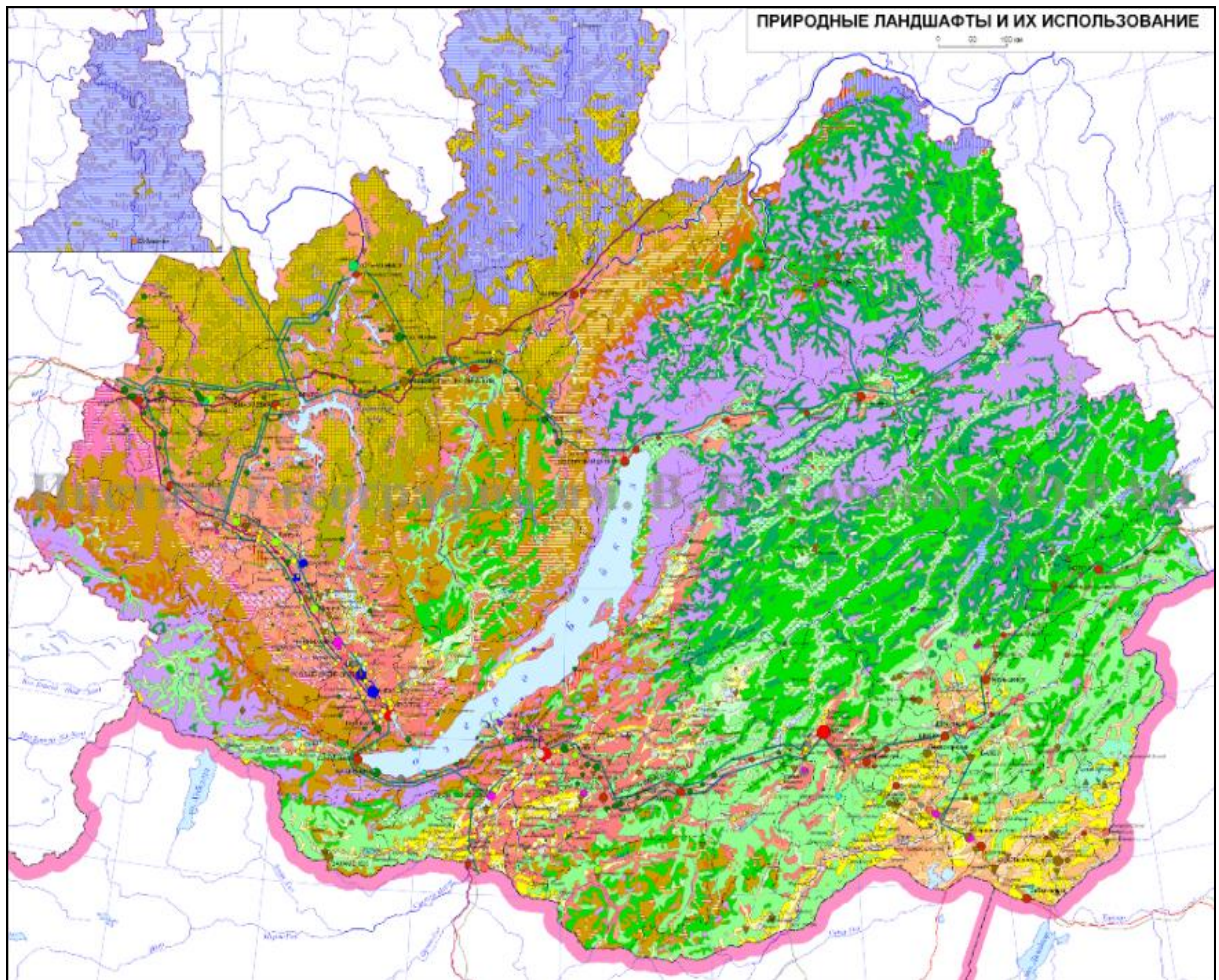


Рисунок 18 – Ландшафтная карта Байкальского региона (масштаб 1 : 5 000 000),
(уменьшенная копия) [124]

Далее следует построение математической основы будущей карты, включающей выбор масштаба, проекции, координатной сетки и её нанесение. Выбор таких характеристик карты как: масштаб, степень детальности и тип основы, – зависит от характера исходных материалов, требуемой точности специального содержания карты, сложностью авторской работы [48].

На ЛЭК АВ на ООПТ объекты гидрографии выступают в роли естественных и искусственных рубежей, ориентиров, транспортных путей и источников водоснабжения. Они участвуют в формировании рельефа и

растительности, пространственном распределении селитебной и дорожной сети. В связи с этим гидрографическую сеть, наносят первым слоем, придерживаясь точной демонстрации её планового положения и ориентиров (рисунок 19, а).

При локализации водных объектов сначала показывают береговую линию морей, озёр, водохранилищ, главных рек, каналов с крупными гидротехническими и транспортными сооружениями (ГЭС, плотины, шлюзы, дамбы, порты и пристани, паромные переправы, маяки и т. д.), затем переходят к остальным более мелким. Для рек особенно важно отобразить следующие свойства: судоходность, ширину, характер дельты, речной системы и водотока, «зрелость» реки. Участки рек и каналов, имеющих судоходное значение, принято выделять на картах заглавными буквами их собственные названия. А специальным условным знаком указывается начало судоходства. Также на картах можно предоставлять информацию о характере водотоков: постоянные и пересыхающие [14].

Далее приступают к фиксации рельефа территории (рисунок 19, б). На картах особенности рельефа обозначаются горизонталями, условными знаками и отметками высот, иногда используют способ гипсометрической окраски. Для некоторых форм рельефа, таких как: скалы и останцы, обрывы, овраги, промоины, осыпи, оползни, дайки, карстовые воронки, кратеры, наледные поляны, – имеются специальные условные знаки.



а)

б)

в)

Рисунок 19 – Последовательность составления географической основы:

а) гидрография; б) рельеф; в) административные границы

Для количественной интерпретации картографического отображения

рельефа наносят подписи абсолютных высот точек местности, горизонталей, размеров отдельных форм рельефа. Важным вопросом при передаче характера рельефа является выбор высоты сечения горизонталей, которая определяется в зависимости от масштаба карты и крутизны склонов.

Среди общественных явлений картографическая основа ЛЭК АВ включает государственные и административные границы, которые должны быть проведены по наиболее новым, точным и достоверным данным, а также тщательно согласованы с другими элементами содержания карты. Границы располагают так, чтобы было чёткое представление о принадлежности объектов к конкретной административной единице (рисунок 19, в).

Слои селитебной, дорожной сетей и промышленных объектов для ЛЭК принадлежат к тематическому содержанию, поэтому в данном разделе не рассматриваются.

На следующем этапе формируется легенда картографической основы с учётом выбранной классификации объектов и явлений. Также для легенды определяют вид, размер, цветовую гамму шкал и условных знаков, кегль и вид шрифтов надписей. Вместе с тем на карту наносят надписи, соотнося их с легендой, содержанием карты и уровнем генерализации [11].

Принятые условные знаки, красочное оформление основы и тематическое содержание карты тесно соотнесены между собой. Те элементы основы, которые принадлежат и специальному содержанию карты, обозначаются так же, как и главные элементы. Существует правило придавать более тёмный тон цвету сетки, рамке и заголовкам, что делает их более чёткими и яркими.

«По содержанию и оформлению к основам предъявляются следующие требования: современность; географическая правильность и точность, соответствующая назначению составляемой карты; сохранение особых черт, объектов и деталей, связанных со специальным содержанием; наличие дополнительных элементов, облегчающих локализацию специального содержания и его генерализацию» [48, с. 60–61]. На завершающем этапе проводят согласование элементов содержания, при котором происходит сопоставление

картографируемых элементов между собой, принимая во внимание имеющиеся географические закономерности и взаимосвязи, увязку элементов содержания вдоль границ, природных рубежей, структурных линий, а также с ранее изданными картами на ту же территорию. Для многолистных карт существует необходимость сводки по общим рамкам.

Создание карт может осуществляться традиционными способами, либо при помощи современных компьютерных технологий, позволяющих увеличить автоматизацию формирования карты, условия работы и производительность картографов.

2.3 Характеристика исходных материалов для создания тематического содержания ландшафтно-экологических карт антропогенного воздействия на особо охраняемые природные территории

Дистанционные материалы (космические снимки).

Съёмки с высоты преподносят ценнейшую информацию для изучения экологического состояния и картографирования территории. За весь период использования дистанционных материалов к настоящему времени накоплен большой объём аэрокосмических изображений различной категории на все уголки нашей планеты.

Среди обширного многообразия имеющихся на сегодняшний день дистанционных материалов важно проводить отбор снимков по некоторым параметрам [64, 70, 73, 87]:

- диапазону съёмки;
- технологии получения;
- обзорности, масштабу и пространственному разрешению;
- повторяемости съёмки.

Главным критерием является спектральный диапазон съёмки, состоящий из трёх основных групп, в зависимости от которого регистрируются различные характеристики объектов.

На снимках в *световом диапазоне*, включающего видимую, с длиной волны 0,4–0,75 мкм, ближнюю инфракрасную, с длиной волны 0,75–3,0 мкм, области спектра, выражены оптические свойства объектов, во многом зависящие от физико-химического состояния атмосферного слоя в момент съёмки.

Тепловой инфракрасный диапазон образован волнами электромагнитного спектра длиной 3–1000 мкм, но в интервале 10–12 мкм регистрируется максимальное тепловое излучение Земли, поэтому он используется для отображения температурных различий объектов на поверхности планеты, при условии отсутствия облачности.

Радиодиапазон с длиной волны 1 мм–10 м обеспечивает съёмку в окне прозрачности атмосферы в интервале 1 см–10 м. В коротковолновом участке (1 мм–1 м) регистрируются или собственное тепловое излучение Земли (радиотемпературы), или отражённое искусственное излучение (радиосигналы). На этих снимках хорошо различаются объекты с разными излучательными свойствами, например, разной степенью влажности или солёности у почв или водных объектов и т. д. Такая повышенная чувствительность сигнала к геометрическим характеристикам поверхности даёт возможность с высокой точностью измерять рельеф Земли, выявлять топографические и геологические структуры. Положительным качеством этого диапазона считается возможность принимать сведения о свойствах объектов на некоторой глубине, а также независимость от условий освещённости и состояния атмосферы.

Среди технологий получения снимков известны следующие способы:

– фотографический основан на получении оптического изображения поверхности Земли через фотообъектив на фотоплёнку. Качественным воспроизведением отличаются негативные и позитивные материалы на прозрачной основе, чего нельзя сказать о фотобумаге. При таком методе получают снимки с высокими геометрическими и фотометрическими показателями. Фотоснимки отличаются высокой детальностью и непрерывностью изображения, что позволяет увеличивать их в 5–20 раз без ухудшения качества. Также благодаря центральной проекции снимков, искажения в результате

кривизны и рельефа Земли незначительные и легко устранимые. Используют чёрно-белую, цветную и спектрзональную плёнки, причём для последней характерно большее количество отдельно воспринимаемых цветов и их оттенков (рисунок 20, *а*);

– оптико-механический построен на принципе построчного сканирования поверхности с помощью качающегося зеркала, принимающего отражённое от Земли световое излучение. Преобразованные сигналы передаются по радиоканалам на приёмные станции, где они записываются в виде изображений, называемых сканерными снимками. Такой вид съёмки характеризуется оперативностью передачи и поступления данных. Главной их особенностью является наличие растровых полос и строчно-сетчатой структуры изображения, или дискретность изображений, детальность которых определяется размером пиксела (рисунок 20, *б*). Также информация на сканерных снимках записывается в цифровом виде, что является преимуществом при автоматизированной обработке материалов.

*а)**б)*

Рисунок 20 – Примеры космических снимков по технологии получения:

а) спектрзональный космофотоснимок;

б) сканерный снимок Landsat в ПК ENVI

– телевизионная съёмка осуществляется подобным же образом, но вместо считывающего зеркала, на спутнике установлена небольшая телевизионная камера. Благодаря малым объёмам сканирующей и телевизионной аппаратуры на лёгких спутниках с полярной орбитой имеют возможность охватить всю поверхность Земли. Недостатком оптико-механического способа отмечаются существенные геометрические искажения по краям снимков, устраняемые при геометрической коррекции на компьютере.

При оптико-электронной съёмке «... используются многоэлементные линейные и матричные приёмники излучения, состоящие из нескольких тысяч миниатюрных (размером 10–20 мкм) светочувствительных элементов-детекторов – так называемых приборов с зарядовой связью (ПЗС)» [70, с. 35]. Поэтому, благодаря таким малым размерам и лёгкости конструкции достигается высокое разрешение и геометрические свойства снимков. Центральная проекция по строке снимка обеспечивает отсутствие искажений и одинаковый масштаб по краям и в центре изображения. Однако, имея высокое разрешение, ПЗС-съёмка уступает сканерным и фотографическим материалам в охвате территории (10–70 км). Перечисленные технологии получения снимков, в свою очередь, могут производиться в панхроматическом, зональном и многозональном вариантах. Зональная съёмка представляет собой снимок в узком диапазоне электромагнитного спектра, панхроматическая – в широком диапазоне, а многозональная – серию одновременных снимков для одной и той же территории в нескольких коротких интервалах спектра, что предоставляет возможность привлекать «спектральный образ» изучаемых объектов и их состояний как дешифровочный признак. Можно дешифровать многозональные изображения двумя способами. В первом случае, конкретные объекты фиксируются на снимках в определённой зоне спектра, оставшиеся могут использоваться как вспомогательные. Во втором случае, при дешифрировании применяются все зональные снимки и анализируются по очереди [87].

Далее для снимков необходимо учитывать обзорность, масштаб и пространственное разрешение.

По обзорности и масштабу снимки группируют согласно таблице 6.

Таблица 6 – Типы космических снимков по обзорности и масштабу

По обзорности	По масштабу
Глобальные (планета) $S = n \cdot 10^8 \text{ км}^2$; $B = 1\ 0000 \text{ км}$	Сверхмелкомасштабные 1 : 10 000 000–1 : 10 000 000
Крупнорегиональные $S = n \cdot 10^6 \text{ км}^2$; $B = 500\text{--}3000 \text{ км}$	Мелкомасштабные 1 : 1 000 000–1 : 10 000 000
Региональные $S = n \cdot 10^4 \text{ км}^2$; $B = 50\text{--}500 \text{ км}$	Среднемасштабные 1 : 100 000–1 : 1 000 000
Локальные $S = n \cdot 10^2 \text{ км}^2$; $B = 10\text{--}50 \text{ км}$	Крупномасштабные 1 : 10 000–1 : 100 000
Примечание – S – площадь охвата снимка; B – ширина полосы охвата; $n = 1^9$	

Для аэроснимка очень важен масштаб, так как его обработка и дешифрирование осуществляется в исходном масштабе. Для космоснимков, наоборот, применяется неоднократное увеличение, причём для упорядочивания снимков по масштабу нужно иметь в виду, что фотографические снимки необходимо указывать в оригинальном масштабе, сделанном во время съёмки. Сканерным снимкам свойственен тот масштаб, с которым они часто используются при визуализации изображения [64].

Ещё одним из основных критерием отбора является определяемое по формуле (1) пространственное разрешение снимка (R) или «размер на местности самой малой детали, воспроизведённой на снимке. Разрешение снимков, полученных оптико-электронными съёмочными системами (сканерами), определяется размером элемента изображения, пиксела:

$$R = s\sqrt{2} \quad (1),$$

где s – размер пиксела в метрах» [73, с. 49].

В классификации дистанционных материалов по пространственному разрешению многие специалисты [64, 70, 73, 87] немного расходятся, поэтому в таблице 7 автором представлена усреднённая классификация.

Таблица 7 – Классификация космических снимков по пространственному разрешению

Наименование	Величина разрешения, м
Очень низкое	Более 10 000
Низкое	1 000–10 000
Среднее	100–1 000
Высокое	10–100
Очень высокое	1–10
Сверхвысокое	0–1

Выявление воздействий, провоцирующих изменения в ландшафтах, с достаточной степенью детальности зависит от пространственного разрешения космических материалов, позволяющего «разглядеть» объекты минимального размера, и в дальнейшем отобразить на карте соответствующего предполагаемого масштаба (таблица 8).

Таблица 8 – Соответствие пространственного разрешения космических снимков с размерами объектов на местности и масштабом карты

Разрешение космических снимков		Местность	Карта
Наименование	Величина, м	Минимальный линейный размер объекта, м	Предполагаемый масштаб
Очень низкое	Более 10 000	Более 100 000	Менее 1 : 10 000 000
Низкое	1 000–10 000	10 000–100 000	1 : 10 000 000–1 : 10 000 000
Среднее	100–1 000	1 000–10 000	1 : 1 000 000–1 : 10 000 000
Высокое	10–100	100–1 000	1 : 100 000–1 : 1 000 000
Очень высокое	1–10	10–100	1 : 10 000–1 : 100 000
Сверхвысокое	0–1	1–10	1 : 10 000

По повторяемости съёмки снимки представлены тремя группами [70]:

– периодические, для которых период повторения связан с параметрами орбиты и территориального охвата снимка. Из них выделяют многократные внутрисуточные (20 мин.), двукратные внутрисуточные (12 ч), ежесуточные (24 ч), пендатные (5 сут), многократные внутригодовые (16–18 сут).

– *периодические, частично регулируемые* (от 24 ч до 1–4 сут), на которых имеется способ отклонения полосы съёмки от подспутниковой трассы.

– *регулируемые* (по запросу), делящиеся на ежесуточные, многократные

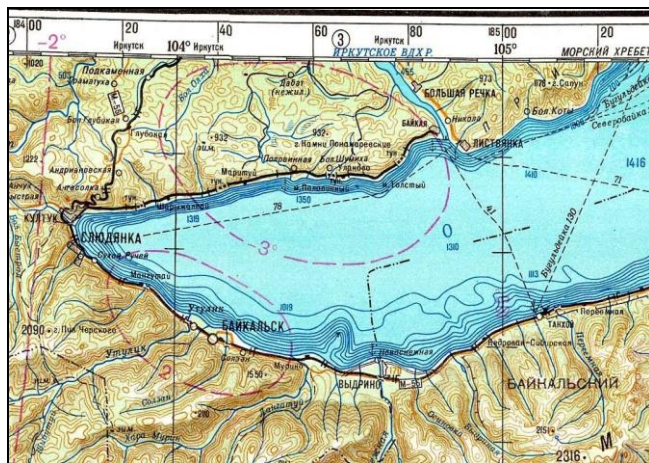
внутригодовые, ежегодные, неежегодные (через несколько лет), разовые.

Разновременные материалы позволяют изучать объекты и явления в динамике, сравнивая старые и новые данные съёмки.

Богатый мировой опыт проведённых исследований, позволяет сделать вывод, что комбинирование разномасштабных, разновременных, разноспектральных космических снимков и материалов их первичной обработки, является оптимальным методом получения полной, многосторонней и достоверной информации об экологическом состоянии ландшафтов [32]. Таким образом, обширный фонд космоснимков способствует правильному и эффективному их отбору в целях экологического картографирования.

Картографические материалы.

Важными исходными материалами для создания основного содержания также могут послужить различные тематические и топографические, в т. ч. общегеографические, карты и планы (рисунок 21, а, б).



а)



б)

Рисунок 21 – Картографические материалы для тематического содержания:

а) – уменьшенный фрагмент топографической карты М-48

(масштаб 1 : 1 000 000); б) тематический атлас

Топографические карты предоставляют многостороннюю и достоверную информацию о геосистемах [23–25, 87, 123]. Достоинствами этих карт являются

их документальный характер, точные математические и геодезические основы. Отличительными чертами всех топографических карт считаются: единый установленный масштабный ряд, сравнимость листов карт одного масштаба для разных территорий, сопоставимость карт разных масштабов на одну и ту же территорию. По уклонам, густоте и глубине расчленения, генетическим формам рельефа можно судить об активности и направлениях геохимических потоков веществ, в т. ч. различных загрязнителей.

Некоторые особенности гидрографической сети: уклоны русел и скорости течения, коэффициенты меандрирования, режим стока (водотоки постоянные, пересыхающие, временные), уровень воды в меженный и паводковый периоды, площадь разлива рек, густота речной сети, степень заозёрности и заболоченности территории, степень засоленности и проточность озёр, удлинённость водохранилищ, вид грунта на дне водоёмов и другие, – дают оценку способности водных объектов к самоочищению и восстановлению.

Показатели растительности обеспечивают общее представление о фитомассе и годовой продуктивности фитоценозов, а в сочетании с характером грунтов также определяют разнообразие природных комплексов территории и степень их устойчивости к АВ.

И даже разнообразная характеристика об уровне освоенности территории, например, плотность населённых пунктов, промышленных объектов и дорог, площади пашен, гарей и вырубок, показывают обобщённое представление об экологической напряжённости хозяйственного освоения территории.

При сборе дополнительных сведений по АВ на ландшафты и их экологическому состоянию потребуются разнообразные ранее изданные экологические и отраслевые карты, содержащие важную экологическую информацию.

При выборе карт в качестве исходных материалов руководствуются следующими критериями [11, 48]:

– оценка математической основы – целесообразность имеющихся масштабов и проекций карт;

- оценка научной достоверности карт – соответствие принятым научным фактам, закономерностям и концепциям основного содержания карт и легенды к ним, правильная локализация объектов на картах-источниках;

- полнота и современность содержания – объём информации, нагрузка, соответствие содержания задачам проектируемой карты, степень устаревания карт;

- геометрическая точность – величина погрешности при измерениях на картах;

- качество оформления и издания карт – наглядность, гармоничность и читаемость карт.

Анализ исходных картографических материалов предусматривает изучение, главным образом, легенды карты и таблицы картографических знаков, и, если потребуется, сравнительной таблицы картографических знаков с исходных материалов и составляемой карты [14].

Документальные материалы.

При создании различных карт экологической направленности требуется большой объём качественно-количественных (справочно-статистических) сведений, которые имеются в различного рода документальной продукции.

Особая значимость придаётся сбору данных по численности всех населённых пунктов. Искомые материалы берутся в официальных материалах по проводимым в стране учётам населения. Последняя перепись населения в Российской Федерации проводилась в 2010 г., её результаты доступны в федеральных и региональных отделениях Государственной статистики «Росстат», а также на официальном сайте «Всероссийская перепись населения 2010 года» (рисунок 22). В свою очередь, региональные государственные органы записи актов гражданского состояния (ЗАГС) предлагают промежуточные итоги с численностью населённых пунктов на 1 января текущего года [101].

В «Росстате» и региональных отделениях ЗАГСа публикуется информация о занятости людей по отраслям экономики, что даёт картографам представление об имеющихся на исследуемой территории типах природопользования.

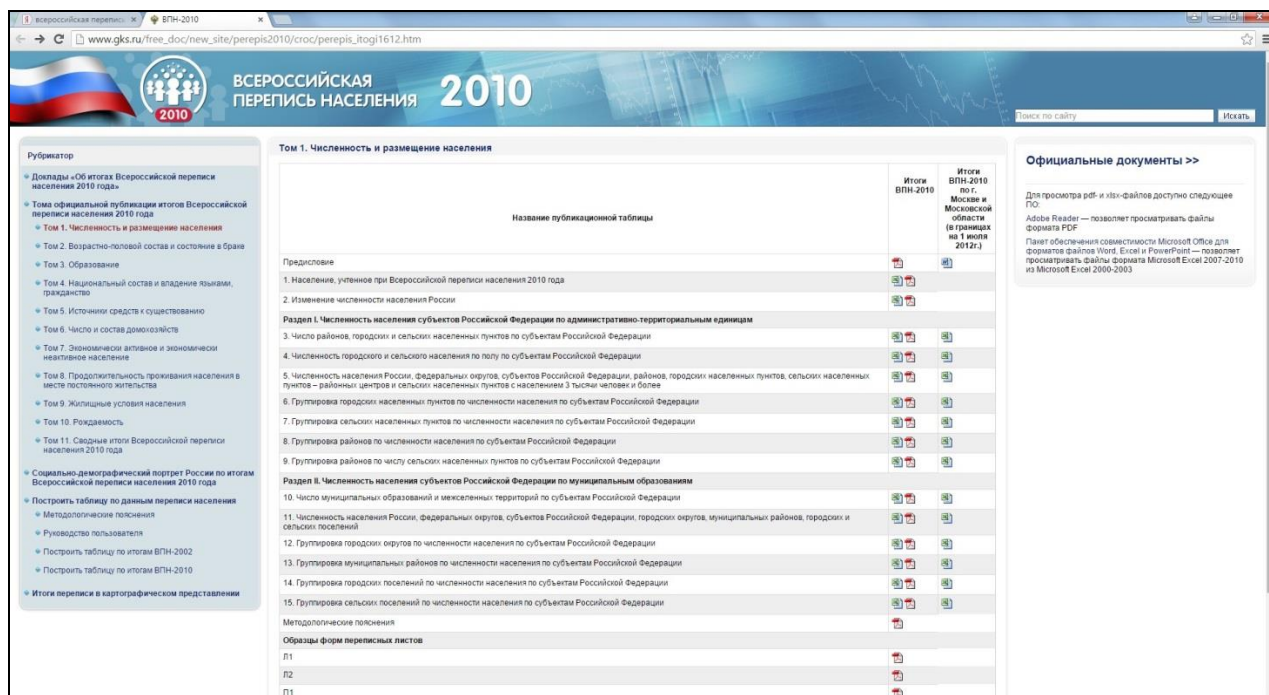


Рисунок 22 – Сайт «Всероссийская перепись населения 2010»

Рекреационное воздействие характеризуется совокупным показателем отдыхающих к единице площади в единицу времени или количеством турбаз, что предоставляет сведения о возможном числе рекреантов.

В случае лесохозяйственного воздействия должны быть выявлены участки вырубок и горелого леса (гарей). Данные о площадях, объёмах, и возрасте нарушенных лесов можно найти в специализированных экологических отчётах и сборниках.

При сельскохозяйственном воздействии важно учитывать размеры и степень преобразованности распаханых земель, сенокосов и пастбищ. Также нужна качественная и количественная информация о поголовьях скота, об использовании и хранении на распаханых землях химических веществ, экологическом состоянии земельных ресурсов.

К данным о горнопромышленном воздействии относятся величины объёмов и площадей нарушенных пород. Для оценки воздействия предприятий обрабатывающей промышленности и жилищно-коммунального хозяйства в населённых пунктах требуются сведения о величине сбросов и выбросов промышленных отходов, направлениях дальнейшего их распространения по

территории и уровне теплового и шумового загрязнения в ландшафтах.

Объёмы и структура выбросов и сбросов вредных загрязняющих веществ, направления дальнейшего их распространения по территории, уровень теплового загрязнения в ландшафтах, а для линий электропередач и железнодорожного транспорта – шумового и электромагнитного загрязнения, определяют транспортное воздействие.

Водохозяйственное воздействие имеет место, в случае создания на данной территории искусственных водоёмов, например, водохранилищ. Интерес будет представлять информация о площади затопленных земель, длине размываемой береговой линии и форсируемых уровнях воды.

Подобным образом, это относится и к природоохранному воздействию человека, при условии проведения им природоохранных мероприятий различного характера или наличия любых категорий ООПТ. В данном аспекте эффективность природоохранной деятельности заключается в уменьшении величин всех перечисленных выше показателей.

При составлении тематических карт текстовые и статистические материалы очень часто играют роль основных исходных материалов. Поэтому к ним следует предъявлять следующие требования: адресованность, непрерывность и однородность [130].

Требование адресованности предполагает то, что каждый картографируемый объект или явление должен иметь точную пространственную привязку к географической основе, или другими словами иметь свой «адрес».

Требование непрерывности обозначает, что для всей картографируемой территории не приемлемо наличие «пробелов» в массиве данных, предназначенных для показа на карте.

Требование однородности подразумевает использование общих показателей, приведённых в одной и той же системе мер, периоду времени и т. д.

Важным условием использования данных из документальных источников является подготовка их в единообразном или формализованном виде.

Полевые материалы.

Полевые данные (тематические съёмки) – очень ценный и достоверный материал для составления любых тематических карт. Поэтому их используют в целях подтверждения и детального изучения информации из всех перечисленных исходных материалов[101].

Полевые данные могут принимать различную форму: результаты инструментальных измерений, проб, натурные описания, опросы населения и фотографии.

Комплекс работ полевого этапа состоит из непосредственного заполнения журнала обследования (таблица 9), фотофиксации объектов (рисунок 23), координирования эталонных участков портативными GPS приемниками, полевых измерений и наблюдений, в т. ч., если нужно, отбор проб основных компонентов ландшафта. Полученные пробы предоставляют количественные и качественные сведения о состоянии природных компонентов, которые могут использоваться для пополнения базы данных и создания ЛЭК АВ на ООПТ.

Таблица 9 – Образец записей наземных исследований в полевом журнале

Номер участка	Наименование участка	Дата	Номер фото	Координаты участка	Описание участка (визуальная характеристика)	Измерения	Прочее
1							

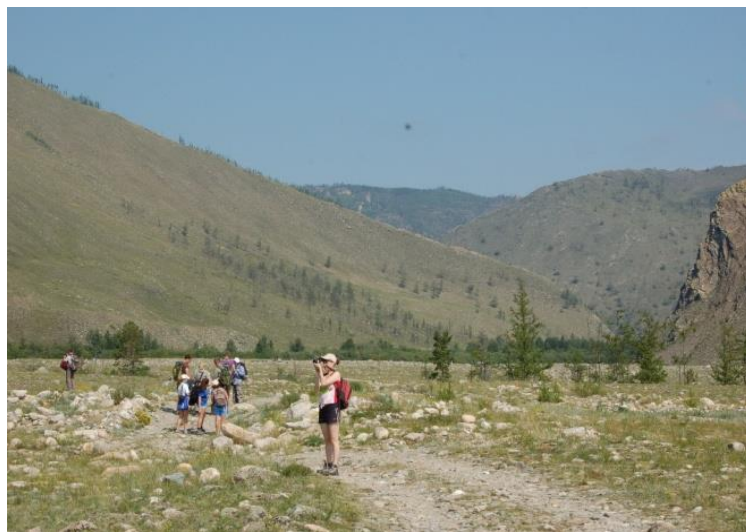


Рисунок 23 – Полевая фотофиксация объектов исследования

В настоящее время данные полевых исследований отличаются следующими особенностями [34]:

- получение точных количественных характеристик объектов;
- проведение системных наблюдений (мониторинга) на ключевых участках и стационарах;
- достаточно точная привязка точек наблюдения при помощи ГПС;
- использование геоинформационных технологий.

Так, очень важно определение периода и продолжительности полевых наблюдений или сбора данных. Все собранные исходные материалы должны быть обязательно проанализированы и оценены на предмет их точности, полноты, современности для их использования в процессе создания карты. Выбирать надо такие материалы, которые потребуют меньше работы по их обработке [130].

2.4 Информационная ёмкость космических снимков для изучения видов антропогенного воздействия

Признаки, по которым визуально анализируются объекты и явления на снимках, называются дешифровочными признаками. Различают два вида признаков: прямые и косвенные [64, 70, 73].

Прямые признаки характеризуются теми свойствами объектов, которые непосредственно отображены на снимках, такие как: геометрические (форма, тень, размер), яркостные (фототон, уровень яркости, цвет, спектральный образ), структурные (текстура, структура, рисунок).

Форма – наиболее эффективный дешифровочный признак, поскольку некоторые природные, а особенно антропогенные объекты имеют особую специфичную форму.

Размер – менее надёжный признак, но его используют для установления вида объектов, их функционального назначения.

Тень – в отдельных случаях очень действенный дешифровочный признак, позволяющий диагностировать пространственную или объёмную форму объектов

и сам объект (облака, например). По контуру и протяжённости тени можно определить поверхность, силуэт и высоту объекта. Однако случается, что тени значительно осложняют рисунок изображения, что затрудняет процесс дешифрирования снимка.

Тон – «...(степень почернения) изображения, определяемый яркостью объекта и спектральной зоной съёмки...», [64, с. 110] может помочь распознать основные типы поверхностей. Различия в яркости объектов в серии зональных снимков называются спектральным образом объектов.

Цвет (оттенок) – признак, аналогичный тону, но типичен только для цветных снимков. Цвет, по сравнению с тоном, гораздо лучше и удобнее анализировать человеческому глазу, что значительно облегчает визуальное дешифрирование снимков.

Рисунок изображения – комплексный дешифровочный признак, объединяющий в себе не только изображения объектов и их частей особых форм, размеров, тонов (цветов), но и взаимные их распределения. Образ изображения складывается из: текстуры – формы рисункообразных элементов и структуры – пространственного расположения элементов текстуры. Устойчивые сочетания структуры и текстуры, свойственные данным объектам и явлениям, и представляют собой рисунок изображения, который в не зависимости от масштаба и пространственного разрешения снимка, повторяет рисунок ПТК разных уровней.

Косвенными принято считать прямые дешифровочные признаки других объектов, называемых индикаторами, помогающие выявлять невидимые на снимках объекты и явления, а также их свойства. Такая возможность обусловлена существующими в действительности взаимосвязями и взаимозависимостями между всеми природными и антропогенными объектами и явлениями. Индикаторами могут быть индикаторы объектов, индикаторы свойств объектов, индикаторы движения или изменения. Также к косвенным признакам относятся местоположение объекта, географическое соседство, следы воздействия объекта на окружение.

При мелкомасштабном картографировании в настоящее время все более широкое применение находит индикационный метод, часто используемый при создании многих оценочных и прогнозных карт прикладного характера.

Индикационное дешифрирование – дешифрирование снимков, основанное на использовании индикационных показателей, с помощью которых по ярко выраженным «физиономичным» компонентам ландшафта опознаются другие компоненты или процессы, не доступные для наблюдения. В процессе индикационного дешифрирования составляются так называемые индикационные таблицы, в которых каждому типу или состоянию индикатора присваивается подходящий ему вид индицируемого объекта [64, 70, 162].

Выбор индикаторов заключается в выявлении связи при построении комплексного профиля, который территориально привязан к характерному району или усреднён. Существует способ применения количественной оценки тесноты связей путём создания моделей зависимости и графиков, а также рассчитывая коэффициенты корреляции [47].

Зачастую при косвенном дешифрировании применяется не отдельный, а целый комплекс индикаторов, точнее, облик ландшафта, что в свою очередь считается *ландшафтным дешифрированием*. Оно опирается на изучении природных комплексов во всём сочетании их природных особенностей и отображаемых рисунков на снимках для дальнейшего анализа, оценки и картографирования каждого компонента ландшафтов. Важно учитывать, что определённые взаимосвязи индикаторов присущи только одной конкретной геосистеме. Перенесение установленных индикаторов на близлежащие ландшафты может привести к значительным погрешностям в дешифрировании.

На космоснимках многие виды АВ на ландшафты и их компоненты хорошо передаются при визуальном дешифрировании по характерным признакам. Методика ландшафтно-экологического дешифрирования дистанционных материалов рассмотрена во многих работах [26, 32, 35, 42, 62, 64, 66, 69, 70, 163, 166].

Изучение воздействий на литосферу суши.

Влияние антропогенного фактора на рельеф и геологические строение территории происходит в результате нарушения структуры горных пород, изменению уклонов местности, образованию новых форм рельефа. Воздействие на природную среду в процессе добычи минерального сырья начинает оказываться уже с закладки карьеров, канав, шахт, шурфов, обнажению коренных пород и т. д.

Открытая добыча полезных ископаемых фиксируется с помощью прямых признаков, подземная – косвенных. Карьеры по извлечению полезных ископаемых опознаются по характерным «пятнам» пустот на земной поверхности, чаще всего овально или круглой формы, наличию терриконов (отвалов) (рисунок 24, а, б). Подземный способ разработки месторождений анализируется по имеющимся отвалам пустой породы и хвостохранилищам горнообогатительных фабрик. Часто подземные выработки вызывают проблемы просадок грунта.



а)



б)

Рисунок 24 – Фрагменты космических снимков Landsat (синтез 7-4-2):

а) юго-западная часть ПНП и Ангасольское месторождение;

б) карьеры Гусиноозёрского месторождения угля

Также активная хозяйственная деятельность не редко сопровождается косвенными последствиями, в т. ч. активизацией различных негативных геоморфологических процессов. К примеру, достаточно явно выражено по

космическим материалам высокого и среднего разрешения развитие эрозии, которая проявляется типичным древовидным рисунком разрастающейся сети ложбин и оврагов. Не менее результативно прослеживается усиление эоловых процессов посредством регистрации пылепесчаных потоков и наступлением песчаных массивов на почвенно-растительный покров. Также по космоснимкам можно проследить карстовые, мерзлотно-термокарстовые и просадочно-суффозионные, гравитационные явления.

Изучение воздействий на атмосферу и климат.

Космические изображения планеты, переданные с первых метеорологических спутников, были направлены для изучения атмосферы Земли. Благодаря космическим методам получены глобальные картины облачного покрова и атмосферной циркуляции, зональное распределение климатических зон. С помощью дешифровочных признаков или автоматизированной обработки снимков удаётся выделять типы облачности по яркости, размерам и структуре.

На сегодняшний день материалы, поступающие с метеоспутников и зондов, не оставляют «белых пятен» на изображениях и могут охватывать любую территорию, не взирая на рельеф местности, тип подстилающей поверхности и государственные границы. При этом для фиксируемых на снимке сведений о погодных процессах не имеет значения высота съёмки. «Распознавание метеорологических явлений (облачность, осадки, ливни, грозы, град в облаках и др.) и оценка высоты верхней границы кучево-дождевой облачности по спутниковой информации осуществляется на основе прямых измерений радиационной температуры на верхней границы облаков и учёта специально рассчитываемых прогностических данных о вертикальном профиле температуры и влажности воздуха в атмосфере» [22, с. 421].

Съёмка в радиодиапазоне применяется для регистрации приповерхностных ветров по силе морского волнения. С микроволновых радиометров передаются показатели об интенсивности осадков над океанами. Тепловые инфракрасные снимки обеспечивают данными о температуре воздуха и земной поверхности. Различные спектрометрические приборы, установленные на многих спутниковых

системах и зондах, предназначены для получения параметров, имеющие важное экологическое значение, о физическом и химическом состоянии атмосферы: а именно, количественные величины содержания озона, водяного пара, аэрозолей, парниковых газов и т. д.

По космическим снимкам чётко проявляется загрязнение воздуха от лесных пожаров в виде дымовых шлейфов (рисунок 25, а), а также от крупных предприятий и транспорта над городами и промышленными районами в виде смогов. Космическая съёмка также позволяет видеть пыльные бури, типичные для территорий опустынивания ландшафтов. Характерное снижение прозрачности атмосферы и пылевые шлейфы выделяются на снимках при визуальном дешифрировании.

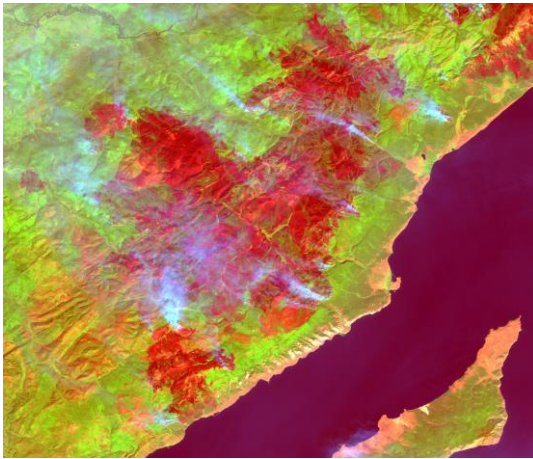
Изучение воздействий на гидросферу суши.

Материалы космических исследований способствуют считыванию косвенного влияния антропогенной деятельности через отображение распространения границ и динамики снежного покрова, горного и покровного оледенений, формирование наледей и подземных льдов. При помощи изучения их морфологии, объёмов, скорости образования и таяния, а также сети лавиносборов, определяют тип лавин, их возможные объёмы, режим схода; специалисты прогнозируют процессы прохождения наводнений, осушений, глобального водообмена. Сравнивая отражательную способность снега на изображениях в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне, можно получить сведения о тающем снеге, так как его альbedo заметно уменьшается в ближней инфракрасной зоне спектра [35, 64, 70, 158, 161].

По данным ДЗЗ производится наблюдение за динамикой площадей и уровней водоёмов (рисунок 25, б), качеством их вод, распространением взвесей и загрязнителей, процессами зарастания и эвтрофикации т. д.

Сбросы в водоёмы от промышленных предприятий отлично фиксируются при космосъёмке в виде прибрежной полосы повышенной мутности. Обнаружение ареалов загрязнений возможно как с помощью тепловых инфракрасных снимков, так и посредством микроволновой радиометрической

съёмки. Первые улавливают тепловые аномалии в областях, прилегающих к населённым пунктам и предприятиям. Изменение температуры воды может быть обусловлено сбросами канализационных вод, отработанных вод с предприятий энергетики, нефтяные плёнки. Второй метод основан на изменении излучательной способности воды вследствие резкого повышения свойств электропроводности при загрязнении воды промышленными стоками.



а)



б)

Рисунок 25 – Фрагменты космических снимков Landsat 8 (синтез 7-5-3):

а) пожар у границ ПНП в 2015 г.; б) высохшее оз. Шара-Нур

Как показывают многие исследования, для выявления и анализа водных загрязнений выгодно совмещать тепловую инфракрасную и микроволновую радиометрическую съёмку [64, 70].

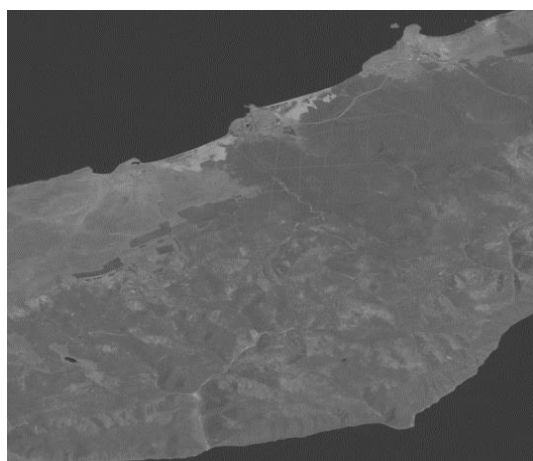
Изучение воздействий на педосферу.

Наибольшее влияние на земельные ресурсы со стороны человека происходит путём распашки естественных почвенных горизонтов, а также в ходе уплотнения под действием тяжёлой техники, людей или скота. На снимках возделываемые участки хорошо выделяются темным фототонем (без растительности) в ближней инфракрасной зоне и резкими прямоугольными (рисунок 26, а, б), иногда и круглыми формами [35, 42, 98, 100].

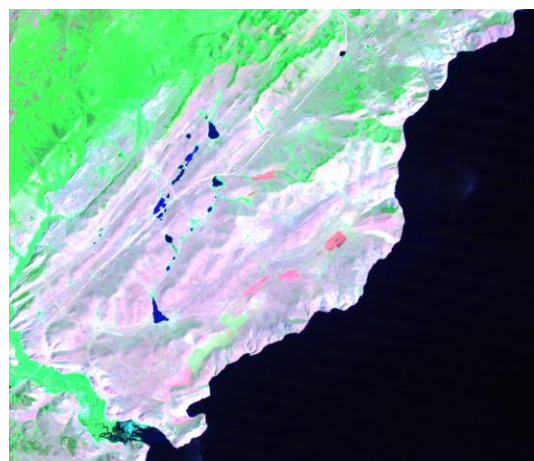
Показателями нерационального использования почв являются гумусность, влажность, засоленность, эродированность, загрязнённость.

Гумусность – важнейшее свойство почв, определяющее их плодородие.

Возможность количественной оценки дистанционными методами концентрации гумуса в почвах заключается в изучении его спектральных особенностей. Выявлено, что для почв «с диапазоном содержания гумуса от 0,15 до 10 % и содержания гуминовых кислот от 0,01 до 5 % установлена экспоненциальная зависимость спектральных коэффициентов отражения от содержания гумуса и гуминовых кислот.... Используя экспоненту в качестве градуировочной кривой, можно пересчитывать коэффициенты спектральной яркости почв в величины гумусированности» [69, с. 152–153]. В целом, при визуальном дешифрировании для почв с высокими показателями гумуса характерен более темный тон на снимке. Но этой взаимосвязи не подчиняются различные виды чернозёмов, в которых процентное соотношение органических веществ составляет 6–12 %, так как их повышенный процентный состав не приводит к колебанию значений тональности почв. Следовательно, космическая съёмка приемлема для обнаружения более бедных почв.



а)



б)

Рисунок 26 – Фрагменты космических снимков Landsat 5:

а) остров Ольхон (1991 г., канал 4);

б) Тажеранская степь (1995 г., синтез 7-4-2);

Таким образом, для большинства типов почв с уменьшением концентрации гумуса в почве, увеличивается цифровое выражение её спектральной яркости.

Поэтому существует доступность автоматизированного анализа плодородности почв.

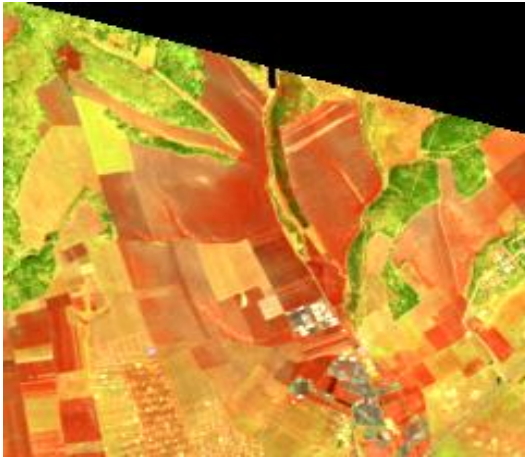
Низкие показатели гумусности не редко спровоцированы вымыванием органических веществ из почвы, или действием так называемых линейного и плоскостного смывов. На снимках эти процессы проявляются посредством развития форм эрозионного рельефа, таких как борозды, овражно-балочная сеть (рисунок 27, а), а также чередованием осветлённых пятен вымываемых почв, приуроченных к выпуклым участкам склонов, и тёмных пятен намываемых почв в пониженных формах рельефа. Дефляция отображается своеобразными светлыми пятнами выдуваемых почв, направленных в сторону движения ветров и соответствующих рисунку микроформ эолового рельефа [64].

О наличии щелбности почвы может говорить более тёмный тон, а процессы заиливания обнаруживаются по осветлённым участкам.

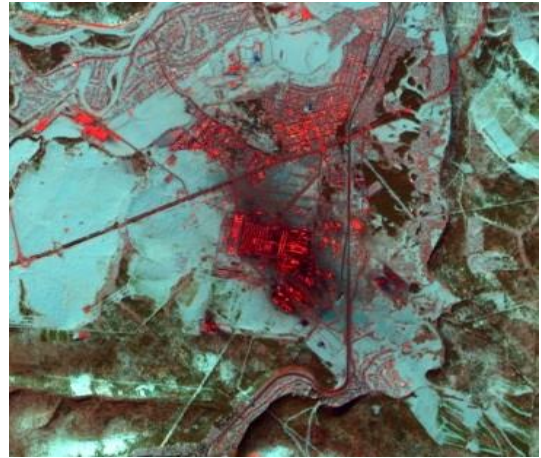
Загрязнение почв происходит в процессе выбросов в воздух отходов производства от предприятий промышленности, энергетики и транспорта и далее последующего накопления вредных веществ при оседании или выпадении их с атмосферными осадками. На сегодняшний день для решения этой задачи космические снимки имеют успешное и широкое применение, опираясь при этом на индикационное дешифрирование угнетённой растительности. Сами накопления и ареалы распространения поллютантов особенно хорошо заметны по изображениям снежного покрова в зимний период. Альbedo загрязнённого снега резко снижается до 0,2–0,3 по сравнению с альbedo чистого снега, равного 0,7–0,9 (рисунок 27, б).

Другие способы заражения почв вызваны вследствие скопления бытовых отходов вблизи мест проживания и отдыха людей, разливов нефти, использования химических удобрений и пестицидов в сельском хозяйстве. Было замечено, что отражательные характеристики почв при загрязнении, особенно нефтяными плёнками, значительно снижаются, причём их спектральные кривые при сильном загрязнении стремятся к горизонтальной линии. Экспериментальным образом были произведены расчёты уравнений, определяющие параметры соотношения

величины отражения почв от содержания на их поверхности углеводородов нефти, которые показали экспоненциальный характер зависимости [69].



а)



б)

Рисунок 27 – Фрагменты космических снимков Landsat 8 (синтез 7-5-3):
а) эрозия почв (Иркутский район); б) загрязнение снега и почв (г. Шелехов)

К сожалению, дать качественную и количественную оценку состава вредных веществ пока не возможно, но проводятся исследования, направленные на измерение оптических свойств поллютантов и их индикаторов.

При определении *влажности* почвы успешны все виды дистанционных методов и весь перечень электромагнитного спектра. Также как и на снимках в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне, на тепловых снимках представлен только тонкий поверхностный горизонт почвы, но при наличии данных о суточной амплитуде температур, с использованием значений тепловой инерции можно оценить количество влаги и в более глубоком срезе.

Существует возможность исследования влагосодержания в почве, применяя съёмку в радиодиапазоне, так как излучение в этом интервале длин волн во многом характеризуется именно влажностью земель, хоть и имеет тесную связь с другими свойствами почвы – содержанием солей, гранулометрическим составом, шероховатостью верхнего слоя. Величина микроволнового излучения имеет обратную корреляцию от гумидности почвы. Микроволновый диапазон также удобен тем, что датчиками регистрируется излучение и глубинных пластов

почвенного покрова (в однородных грунтах – до 10–40 см). Недостатком такого вида космических съёмок является низкое разрешение радиометрических снимков. При активной радиолокационной съёмке «интенсивность отражённого от поверхности радиосигнала зависит от диэлектрической постоянной изучаемой поверхности (значение этого коэффициента для водной поверхности около 80, а для сухой почвы порядка пяти)» [69, с. 156]. Но значение данного показателя относится к верхнему уровню почвы мощностью 1–10 см, а для распознавания влажности на нижележащих горизонтах почвы необходимо учитывать более длинноволновое излучение (L-диапазон).

Таким образом, среди различных методов, основанных на применении всего набора электромагнитного спектра, наиболее надёжной является тепловая инфракрасная съёмка, позволяющая получать более точные количественные величины влажности почв в любой природной зоне, не взирая даже на растительный покров. Не менее важна и перспективна съёмка в радиодиапазоне.

Процессы *засоления почв*, причём разной степени и стадии, но только в верхнем слое, хорошо выделяются на многозональных снимках в оптическом диапазоне (особенно в голубой зоне) посредством прямых и косвенных дешифровочных признаков. Сухая поверхность засоленных почв на снимках отображается белым тоном, влажная – приобретает более тёмный тон, поэтому при диагностировании важно принимать во внимание погодные условия съёмки [35, 69]. Для районов вторичного засоления типичны пятна с выцветами солей.

Косвенными признаками при индикационном дешифрировании степени засоленности почв являются особенности микрорельефа и растительного покрова территории. Известно, что повышенное содержание солей приводит к угнетению и разреженности зональной растительности и, наоборот, способствует распространению галофитных видов.

Ошибочное отнесение песчаных массивов к засоленным участкам исключено, используя анализ характера рисунка изображения, а также более светлый тон солончаков в голубой зоне спектра. Для песков не свойственны такие чёткие и изрезанные границы. К тому же, песчаные массивы отличаются

вытянутостью шлейфов по направлению господствующих ветров.

Изучение воздействий на биосферу.

Растительный покров. Как было сказано, на снимках любого масштаба очень точно прослеживаются территории, покрытые растительным покровом, что предоставляет превосходную возможность анализировать динамику распространения растительности, её экологическое состояние, степень антропогенной нарушенности [32, 42, 62, 64, 70, 105]. Наиболее эффективно применение не только прямых признаков: тона (цвета), формы, размера, тени, рисунка (структуры и текстуры) изображения, – но и также косвенных признаков.

Так, дистанционные исследования вполне существенно отображают состояние пастбищ. Пастбищная дигрессия, представляющая собой участки со сбитым растительным покровом, распознаётся на космических снимках посредством белёсого фототона. Такие проявления тяготеют, как правило, к населенным пунктам, колодцам, пунктам стоянки отар, образуя в полупустынных и пустынных районах своеобразную звёздчатую пятнистость [35]. Достоверность такого рода нарушений предполагает наличие скотопрогонных троп, ведущим к местам водопоя и проживанию людей.

Лесные вырубки и просеки хорошо дешифрируются как на синтезированных в естественных или ложных цветах снимках, так и на зональном снимке в синей или голубой зоне по прямоугольной форме, прямолинейным границам, светлому тону [42, 98, 100, 103] (рисунок 28, а).

Резкое изменение цвета (тона) на обширной территории позволяет диагностировать погибшие лесные массивы. Так, отклонения от нормального хода спектральных кривых хвои или листьев деревьев свидетельствуют о начальных стадиях ухудшения состояния лесной растительности. Для большей надёжности прибегают к дополнительным данным об условиях развития лесов, таких как расположение источников промышленных выбросов и розу ветров для повреждённого участка. Информативность обнаружения можно увеличить, если учитывать таксационные параметры высоты и сомкнутости полога, которые коррелируют друг с другом. Также отличительным индикатором повреждённых

или усохших участков от древесных вредителей на цветных снимках признан синий или сине-зелёный цвет.

На аэро- и космоснимках высокого разрешения старые сухие деревья обозначены штрихами, а тени от них – резкими чёрными линиями. Светлый тон крон деревьев, разные по величине и неправильной формы провалы в проекции полога насаждений характеризуют куртины и сухостой. Кроме того, по стереопарам крупномасштабных аэрофотоснимков хорошо просматривается поверхность Земли, в т. ч. наличие в лесах валежника [96].

Космические снимки в видимом диапазоне успешно позволяют визуально фиксировать лесные пожары по дымовым шлейфам (см. рисунок 25, *а*), последствия пожаров лучше всего видны в ближней инфракрасной зоне, где они выделяются тёмными пятнами неопределённой формы (рисунок 28, *б*), и тепловой съёмкой. На синтезированном снимке Landsat в естественных цветах (синтез каналов 3-2-1) гари просматриваются по серо-коричневому цвету.

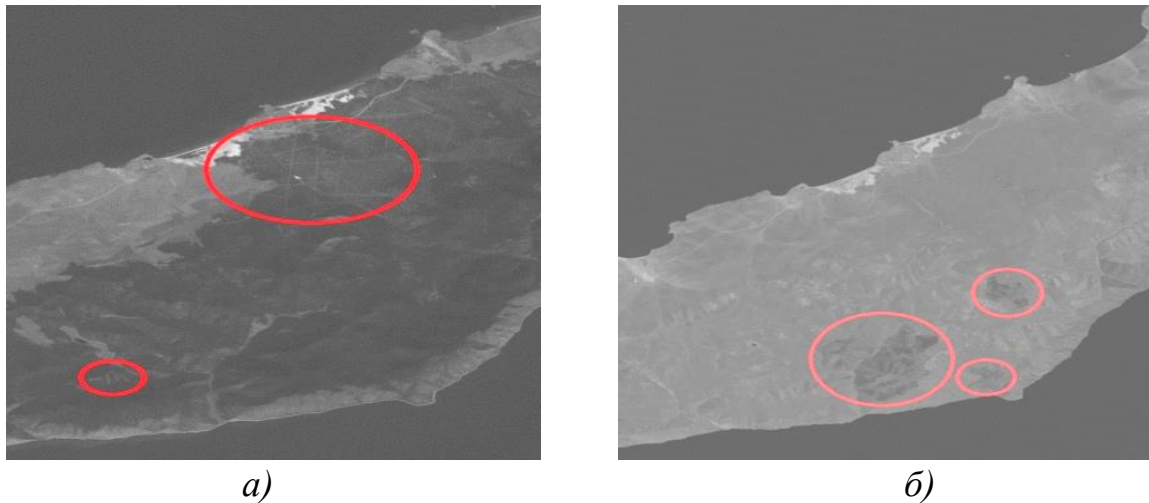


Рисунок 28 – Остров Ольхон на фрагментах космических снимков Landsat 5:

а) вырубки и просеки (1995 г., канал 1); б) гари (2009 г., канал 4)

Животный мир. Привлечение космических материалов считается дополнительным источником данных о воздействиях на животный мир.

Посредством тепловых снимков существует способ учёта численности и самочувствия диких или домашних животных. Сведения о перемещениях и

состоянии отдельных особей возможно принимать с помощью прикреплённых передатчиков, посылаемых сигналы на спутники [64, 70].

Созданные по данным ДЗЗ различные ландшафтные и ботанические карты, и далее преобразованные в карты местообитаний животных, предоставляют незаменимую информацию о качестве среды проживания зооценозов, что и определяет существование и благополучие самого животного населения. Для этого часто прибегают к картам вегетационных индексов. Отражая степень трансформации и биомассу растительного покрова, индексные изображения указывают на очаги и направления распространения зоопаразитов и зоовредителей растений.

Таким образом, созданная с помощью космических снимков карта местообитаний, может помочь в составлении взаимосогласованной серии карт животного мира, а также различных региональных и обзорных медико-географических карт.

Изучение воздействий на ландшафты.

О нарушениях, происходящих в целом ландшафте или в каком-либо из компонентов системы, можно судить при помощи дистанционных материалов по тем негативным процессам, подробно описанных выше [35, 64, 66, 69, 70]. Далее будут обобщены последствия и способы отображения антропогенной деятельности по типам хозяйственного использования ландшафтов.

Прямое и максимальное воздействие на геосистемы суши оказывает *добывающая промышленность, строительство*, в результате которых изменяется не только рельеф, но также полностью утрачивается первоначальный ландшафт и образуется техногенный. Глядя на космические изображения по взаимному расположению объектов уверенно дешифрируются угле-, рудо-, торфо-, соле-, нефтедобывающие, нефтеперерабатывающие предприятия.

Торфоразработки фиксируются по уничтоженному лесному покрову, мелиоративной осушке земель, специфичной мозаичной структуре полей торфодобычи, которым присущи полосчатая или удлинённая прямоугольная форма различного неровного фототона. Отличительной особенностью

соледобычи является отображение чёрным цветом и полосчатой структурой озёр, покрытых соляной коркой и разделённых на отсеки для выпаривания.

При нефте- и газопромысле скопления точек разведочных скважин и шурфов (примерно одинаковых размеров), часто равноудаленных друг от друга и соединенных между собой сетью параллельных дорог, сообщают о наличии разведочных площадей. А проложенные линии нефте- и газопроводов характеризуют о разрабатываемых месторождениях нефти и газа. Также практически от всех объектов горнодобывающей отрасли отходят транспортные линии до населённых пунктов или промышленных объектов.

Неблагоприятное воздействие от разработки минерального сырья отмечается сбросом сточных вод, пылевым загрязнением воздуха, повышением селеопасности, потому как отвалы накапливаются в долинах рек. Также создаётся риск техногенных или природных аварий, имеющих сейсмогенный или гравитационный характер, что находит отпечаток на космических снимках.

На материалах ДЗЗ *сельскохозяйственная деятельность* человека выражается степенью распаханности территории, сенокосного и пастбищного использования и изменениям, к которым они приводят: ветровая и водная эрозия, деградация почвенно-растительного покрова, дегумификация, засоление и заиление (заболачивание) почв.

Лесохозяйственное воздействие в результате вырубок, дешифрируемых по снимкам, способствует облесению территорий, понижению уровня грунтовых вод, уплотнению почв, отступанию многолетней мерзлоты и т. д. Особенно актуально для лесной отрасли регистрация и контроль правил вырубок, лесовосстановления, повреждения ветровалами, пожарами, энтомофитовредителями и промышленными выбросами.

Информативность привлечения дистанционных методов для обнаружения *предприятий обрабатывающей промышленности и энергетики* ограничены масштабом и разрешением снимков. Не смотря на небольшие размеры промышленных объектов, воздействие от них распространяется на обширные территории вокруг. Навык определения объектов промышленности по снимкам

даёт преимущества в понимании возможного состояния ландшафтов [35].

Селитебное воздействие. Населённые пункты, как правило, уверенно определяются по результатам космосъёмки. В зависимости от разрешения снимков, их легко узнать по планировке кварталов и улиц (дорог), отсутствию естественного растительного покрова в границах поселения, по яркости огней на ночных снимках (рисунок 29, а).

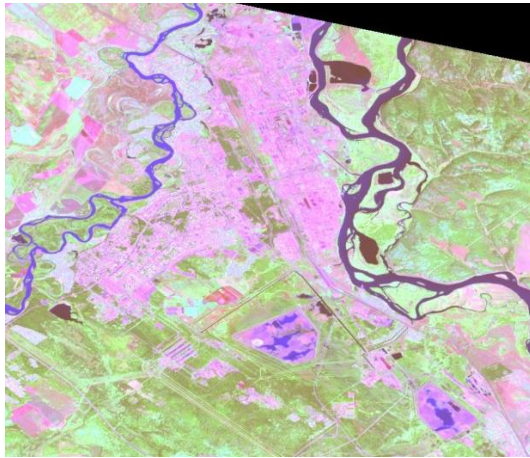
Таким образом, космическая съёмка предоставляет хорошую возможность диагностировать развитие селитебной сети, густоту застройки, темпы её динамики. При росте и разрастании населённых пунктов уничтожается или преобразуется почвенно-растительный покров, транспортные пути, отпугиваются животные, увеличиваются или образуются свалки бытовых отходов и т. д., что приводит к деградации и нарушению естественных ландшафтов не только в административных границах поселения, но и на прилегающих территориях и даже удалённых от него.

Транспортное воздействие. Обычно в хорошо освоенных и обжитых районах дорожная сеть тесно связана с селитебной: населённые пункты соединены между собой транспортными линиями. Дороги и ЛЭП на чёрно-белых снимках представлены светлыми полосами и линиями разной ширины.

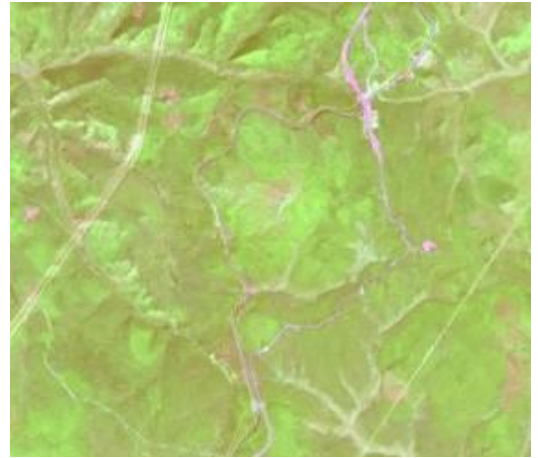
Полотнам железных дорог свойственны прямолинейность на больших расстояниях, плавные повороты со значительным радиусом закруглений. Вблизи железнодорожных станций характерно увеличение количества путей [26, 35, 43, 116] (рисунок 29, б).

Автомобильные дороги отличаются более крутыми поворотами и на снимках дешифрируются по белым линиям, окантованным по боковым сторонам тёмными полосами канав (рисунок 29, б). Также имеет значение и вид покрытия дорог: асфальт выражен тёмным тоном, бетон – серым, гравий – светлым. Для грунтовых дорог типичны светлый тон, извилистость, большая разветвлённость, неравномерная ширина полотна, крутые повороты, отсутствие боковых канав и т. д. Интенсивность транспортных потоков определяется по ширине и яркости изображения дорог.

ЛЭП на снимках обнаруживаются по светлым прямым на значительных расстояниях линиям с резкими остроугольными поворотами (рисунок 29, б).



а)



б)

Рисунок 29 – Фрагменты космического снимка Landsat 8 (синтез 7-5-3):

а) селитебная и промышленная зоны г. Ангарска;

б) Транссибирская магистраль, шоссе «М-55», ЛЭП (Шелеховский район)

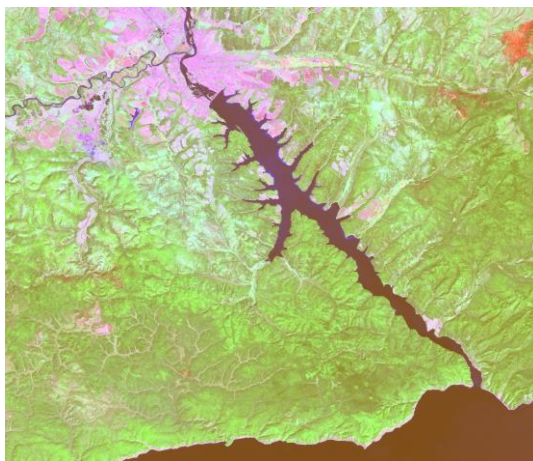
В целом, воздействие обрабатывающей промышленности, теплоэнергетики и транспорта прослеживается на снимках через загрязнение водоёмов, атмосферного воздуха, уничтожение или угнетение почв и растительности, образованием больших площадей с отходами производств и т. д. Это влечёт за собой уменьшение видового разнообразия животного мира и ухудшение здоровья населения на прилегающих территориях.

Водохозяйственное воздействие. Созданные при строительстве гидроэлектростанции (ГЭС) или оросительных систем плотины хорошо читаются на снимках, благодаря разделению речного русла на две части: широкую и утолщённую в верхнем бьефе (водохранилище) и узкую в нижнем (рисунок 30, а). Водоохранилища способствуют изменению местного климата, что оказывает влияние на окружающие территории и здоровье людей. По материалам, сделанным в зимнее время, видны контуры более тёмного, а значит более влажного снежного покрова. При последовательном удалении от водоёма заметна смена растительности, вследствие подъёма уровня грунтовых вод после

образования водохранилища. Кроме того, «...зарегулированность стока реки приводит к проблемам в рыбном хозяйстве, ухудшает возможности промыва сельскохозяйственных земель во время половодий, снижает скорость течения реки и, значит, возможности самоочищения воды» [35, с. 154], а также – к затоплению огромных площадей земель, в т. ч. лесных массивов.

Рекреационное воздействие. Воздействие туризма и рекреации тяготеет к местам сосредоточения рекреационных ресурсов и обусловлено, главным образом, транспортной доступностью к территории. Зачастую на космических снимках выделяется деградация почвенно-растительного покрова в результате строительства туристических комплексов, вытаптывания или хаотичной бездорожной езды в рекреационных местностях (рисунок 30, б).

Таким образом, чрезмерное и бесконтрольное развитие хозяйственной деятельности человека, без принятия природоохранных и восстановительных мероприятий, ведёт к загрязнению, разрушениям природных ландшафтов, в том числе опустыниванию и образованию техногенных пустошей.



а)



б)

Рисунок 30 – Фрагменты космического снимка Landsat 8 (синтез 7-5-3):

а) Иркутское водохранилище; б) горнолыжный курорт, г. Байкальск

Природоохранное воздействие. По космическим снимкам можно отследить и положительные виды воздействия на природные комплексы, направленные на охрану, улучшение или восстановление природных свойств и состояний

ландшафтов. Так, хорошо фиксируются зарастающие растительностью участки, создание искусственных лесопосадок, мелиоративные и оросительные системы, берегоукрепительные сооружения, противоэрозионные севообороты, снегоудерживающие полосные посевы, рекультивация земель и т. д. [35, 64].

2.5 Разработка тематического содержания ландшафтно-экологических карт антропогенного воздействия на особо охраняемые природные территории

При разработке тематического содержания ЛЭК АВ на ООПТ учитываются общие методологические принципы картографирования [48]:

- размещение объектов и явлений на карте следует осуществлять на основе географической и индикационной локализации;
- при составлении карт нужно учитывать, представлять в картографическом отображении разные типы связей между объектами и явлениями;
- в процессе картографирования объектов и явлений требуется правильный учёт и отображение различных типов природных и антропогенных границ;
- при создании карт необходимо принимать во внимание экологические аспекты и антропогенные изменения территорий.

Тематическое содержание ЛЭК АВ на ООПТ и легенды к ним в зависимости от тематики могут включать типы, виды, количественную характеристику, последствия хозяйственной деятельности человека, экологическое состояние ландшафтов (рисунок 31).

В зависимости от названия ЛЭК АВ на ООПТ, тематическая основа будет представлена типами АВ на ландшафты (селитебным, транспортным, рекреационным, промышленным, лесо-, сельско- и водохозяйственным, природоохранным), типами последствий АВ на ландшафты: позитивным (охрана и восстановление) или негативным (загрязнение, нарушения, деградация), – и экологическим состоянием ландшафтов.

Система условных обозначений ЛЭК АВ на ООПТ строится на основе

группировки тематического содержания карт. Типы подразделяются на группы, а группы – на виды. Каждому картографируемому виду объектов или явлений присвоен условный знак и имеется поясняющая подпись.

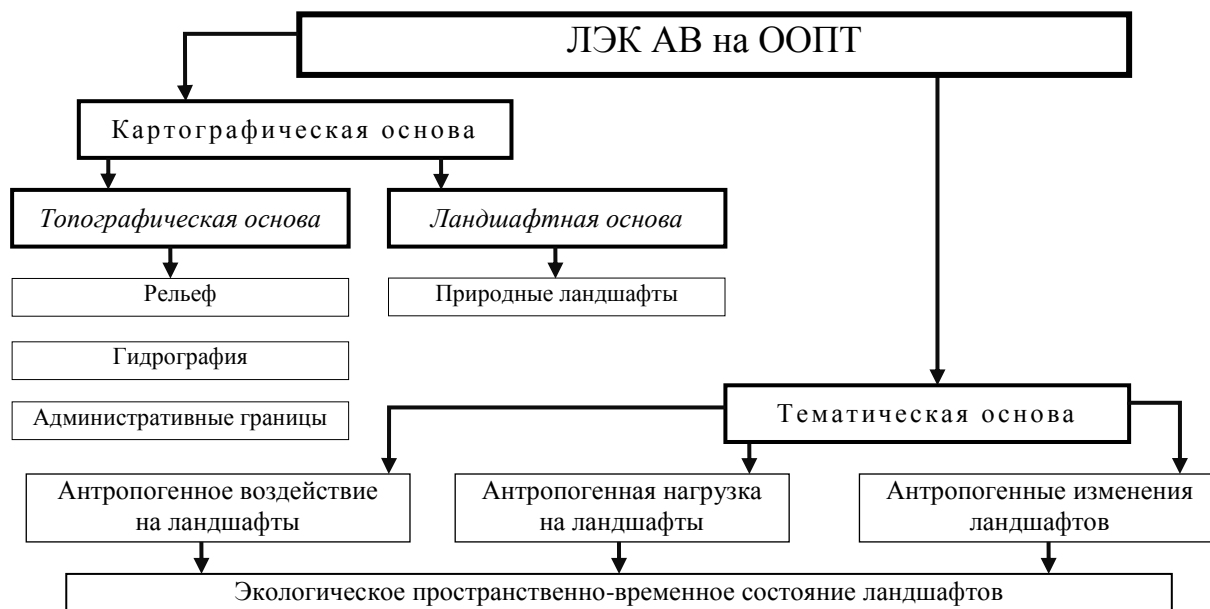


Рисунок 31 – Структура содержания ландшафтно-экологических карт

Согласно общепринятым в картографии [139] способам пространственной локализации, все объекты и явления ландшафтно-экологического картографирования образуют пять больших групп (таблица 10).

Таблица 10 – Объекты и явления ландшафтно-экологических карт антропогенного воздействия на особо охраняемые природные территории по способу пространственной локализации

Локализация явлений				
В пунктах (мелкий масштаб)	На площадях (крупный масштаб)	На линиях	Рассеянного распространения	Сплошного распространения
Источники, параметры и последствия различных типов антропогенного воздействия				Природные ландшафты

В ландшафтно-экологическом картографировании АВ на ООПТ выбирают те же способы картографических изображений, что и во всех группах тематического, и в т. ч. экологического картографирования.

Значковый способ в экологическом картографировании является одним из

самых распространённых и употребляется для показа положения объектов, локализованных в пунктах и не соответствующих масштабу карты. На ЛЭК значки, как фигурные, так и буквенные и численные применяются для отображения источников, параметров и последствий различных типов АВ.

Способ линейных знаков используется при картографировании линейных объектов и явлений: границ ООПТ, различных видов транспортных коммуникаций и воздействий оказываемых ими, а также линейно вытянутых участков загрязнённых рек и др.

Способ качественного фона удобен для иллюстрации объектов и явлений сплошного и реже рассеянного распространения: ландшафтов, экологической обстановки, населения и характера использования земель.

Ареалами обозначаются имеющие ограниченные по площади явления, такие как области распространения редких и охраняемых биологических видов, загрязнений, геодинамических процессов, ООПТ.

Для передачи количественных показателей свойственны способы изолиний, локализованных диаграмм, картограмм и картодиаграмм, реже привлекаются способы качественного фона, точечный.

Способ изолиний предназначен для отображения количественных данных сплошных и постепенно изменяющихся в пространстве явлений, таких как загрязнения, устойчивость компонентов ландшафтов к воздействиям, интенсивность геодинамических процессов.

Для фиксации численной информации об явлениях, которые характеризуются ограниченным по площади распространением, к примеру, антропогенной нагрузки от источников АВ, можно применять псевдоизолнии.

Способом локализованных диаграмм показывают количественные характеристики и динамику объёмов антропогенной нагрузки от источников воздействия точечного или линейного типа, концентрации отдельных веществ, уровень загрязнения атмосферы или гидросферы, условия рассеяния или потенциала самоочищения природных компонентов.

При картографировании направлений движений геодинамических

процессов или перемещения веществ, животных используются знаки движения в виде векторных линий.

2.6 Генерализация тематического содержания ландшафтно-экологических карт антропогенного воздействия на особо охраняемые природные территории

Явление генерализации основано на ограниченных возможностях отображения всех существующих на картографируемой территории объектов и явлений, вследствие чего требуется проводить отбор существенной для тематики, выбранного масштаба и назначения карты информации. Так, на картах крупномасштабного ряда обозначаются категории более низкого ранга, показывается больше деталей. Для мелкомасштабного ряда оставляют категории высоких рангов, без дробного их деления на меньшие группы и детали [47]. Помимо главных перечисленных факторов на характер и степень генерализации оказывают влияние и второстепенные факторы: исходные материалы, способы и условия пользования картой, средства картографического изображения, технические способы и средства составления карты.

Начало составления карты определяется отбором содержания, состоящего из нескольких этапов и переносимого на оригинал с исходных материалов. С самой первой стадии требуется их предварительная обработка, при которой выявляются основные объекты и границы участков, включаемые в составляемую карту. На следующем шаге происходит отбор мелких контуров и объектов, составляющих легенду карты, которые мало значимы для обобщённой карты. На последней стадии отбора проводится графическое обобщение рисунка карты, выражающееся упрощением рисунков площадных или линейных объектов, путём исключения деталей изолиний или изгибов границ, сохраняя при этом типичные черты и общее сходство с исходными данными.

Генерализация проявляется в ходе отбора и обобщении пространственных (геометрических) и содержательных характеристик, качественных и количественных показателей. Отбор объектов осуществляется установлением цензов и норм отбора – показателей генерализации.

«Методологически процесс отбора включает разработку правил отбора, выявление признаков, подлежащих отбору, установление показателей отбора, определение порядка (последовательности) отбора объектов, определение степени нагрузки карты» [14, с. 76].

Генерализация объектов, локализованных в пунктах и на линиях, в т. ч. и векторов движения, происходит путём отбора и обобщения (укрупнения) качественных и количественных показателей, но для линейных объектов возможно упрощение или спрямление очертаний.

При сплошном распространении явлений, выражающихся площадными или изолинейными способами изображения, используются все виды генерализации: удаление или объединение малых контуров в более крупные, спрямление или смещений очертаний, преувеличение размеров выделов и т. д.

При отображении способами ареалов, качественного фона и картограмм проводят слияние контуров и объединяют категории градаций картографируемого явления.

Для явлений рассеянного распространения процесс генерализации проводится за счёт увеличения веса точки.

Из практики картографирования известно, что мелкие объекты на картах воспринимаются человеческим глазом размером 1 мм^2 [47]. В масштабе карты $1 : 500\,000$ объекты размером 1 мм^2 будут соответствовать объектам площадью $0,25 \text{ км}^2$ на местности.

На картах, созданных с помощью обработки космических снимков Landsat 5, 7, 8 с разрешением 30 м, минимальный размер объектов равен одному пикселю на снимке, что составляет площадь 900 м^2 на местности (таблица 11).

Таблица 11 – Соотношение минимальных размеров объектов зонального изображения космического снимка Landsat и картах масштабов $1 : 500\,000$, $1 : 1\,000\,000$

Линейный размер 1 пикселя	Площадной размер1 пикселя	Линейный размер на карте 1 мм		Площадной размер на карте 1 мм^2	
		1:500 000	1 :1 000 000	1 :500 000	1 :1 000 000
0,03 км	$0,0009 \text{ км}^2$	0,5 км	1 км	$0,25 \text{ км}^2$	$1,0 \text{ км}^2$
30 м	900 м^2	500 м	1000 м	250000 м^2	1000000 км^2

Таким образом, в целях генерализации объекты площадью менее 0,25 км² были отсортированы и удалены. Группы близко расположенных полигонов были объединены цифрованием ручным способом в более крупные [104].

Разная степень генерализации наблюдается и у карт разного типа. Более подробными считаются аналитические карты инвентаризационного типа, а более обобщёнными и генерализованы синтетические, что особенно характерно для карт-выводов, карт-умозаключений.

Научно обоснованный показ территориальной структуры и взаимосвязанности явлений является определяющим требованием для географически достоверной генерализации. Оно заключается в сохранении морфологического облика, выделении или подчёркивании главных (инвариантных) элементов, типичные отношения и иерархию объектов [11, 154, 162].

До сих пор не решёнными остаются проблемы не достаточной разработанности алгоритмов автоматических способов генерализации картографического изображения, так как они трудно поддаются формализации, и в значительной степени требуют участия квалифицированного опыта картографа. Но и имеющиеся можно использовать для получения технических вариантов карты с последующей интерактивной доработкой содержания карты [34, 47, 48].

2.7 Выводы по второму разделу

Методика создания ЛЭК разработана на использовании разнородных типов картографических материалов, комплексное отображение ландшафтных условий и источников АВ которой позволяет представить полную картографическую модель для оценки экологического состояния ландшафтов.

Картографическая основа ЛЭК является пространственным каркасом для привязки объектов тематического содержания ЛЭК, включающей ландшафтную основу, объекты экологического состояния и динамики экологических условий.

Систематизация и характеристика исходных картографических материалов для тематического содержания ЛЭК зависит от их геометрических свойств,

формализованного вида, периода обновления, возможности их пространственной привязки. Разделение исходной информации по заданным критериям позволяет составителям ЛЭК осуществлять отбор, упорядочивание и использование данных.

Информационная ёмкость разновременных многозональных космических снимков при их визуальном дешифрировании предоставляет широкие возможности для объективного и всестороннего изучения АВ на ландшафты и их компоненты.

Разработка тематического содержания ЛЭК и её легенды, составленных на основе комплексного анализа и обработки исходных материалов, представляет собой систематизированное группирование ландшафтов по степени изменённости растительности и соответствующих типов АВ на ООПТ. Такой подход способствует полноценному отображению и восприятию ландшафтной структуры территории во взаимосвязи с типами хозяйственной деятельности человека и экологическим состоянием ландшафтов.

Главными факторами генерализации тематического содержания ЛЭК является масштаб, тематика и назначение карты, а при использовании космических материалов определяющим критерием также выступает пространственное разрешение снимка. Поэтому необходимыми условиями в ходе составления картографической и тематической основ ЛЭК являются отбор и обобщение пространственных (геометрических) и содержательных характеристик, качественных и количественных показателей картографируемых объектов.

3 ИССЛЕДОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ НА ОСНОВЕ ГИС И ДЗЗ ИЗ КОСМОСА

3.1 Состав технологических этапов ландшафтно-экологического картографирования антропогенного воздействия на особо охраняемые природные территории

Исследование технологий создания карт начинается с изучения опыта использования программно-аппаратного обеспечения ГИС по сбору и обработке исходных картографических материалов. Затем рассматриваются вопросы отображения и распространения геопространственных данных посредством карт и ГИС [13]. Основываясь на ГИС-технологиях комплексного картографирования, применяется профессиональный класс ГИС-программ и инструментов в экологических исследованиях, т. к. их функциональные возможности позволяют выполнить полный технологический процесс от сбора материалов до создания картографических моделей конкретного явления.

В диссертационном исследовании предлагается технологическая схема создания ЛЭК АВ на ООПТ с помощью ГИС и ДЗЗ из космоса (рисунок 32), характеризующая состав используемых материалов, технических операций и картографических результатов, которая включает следующие этапы:

- сбор и анализ исходных материалов;
- обработка космических снимков;
- обработка и контроль информации;
- создание базы данных ЛЭК;
- ГИС-анализ изменённости растительности;
- ГИС-моделирование изменённости растительности;
- создание ЛЭК;
- оценка результатов.

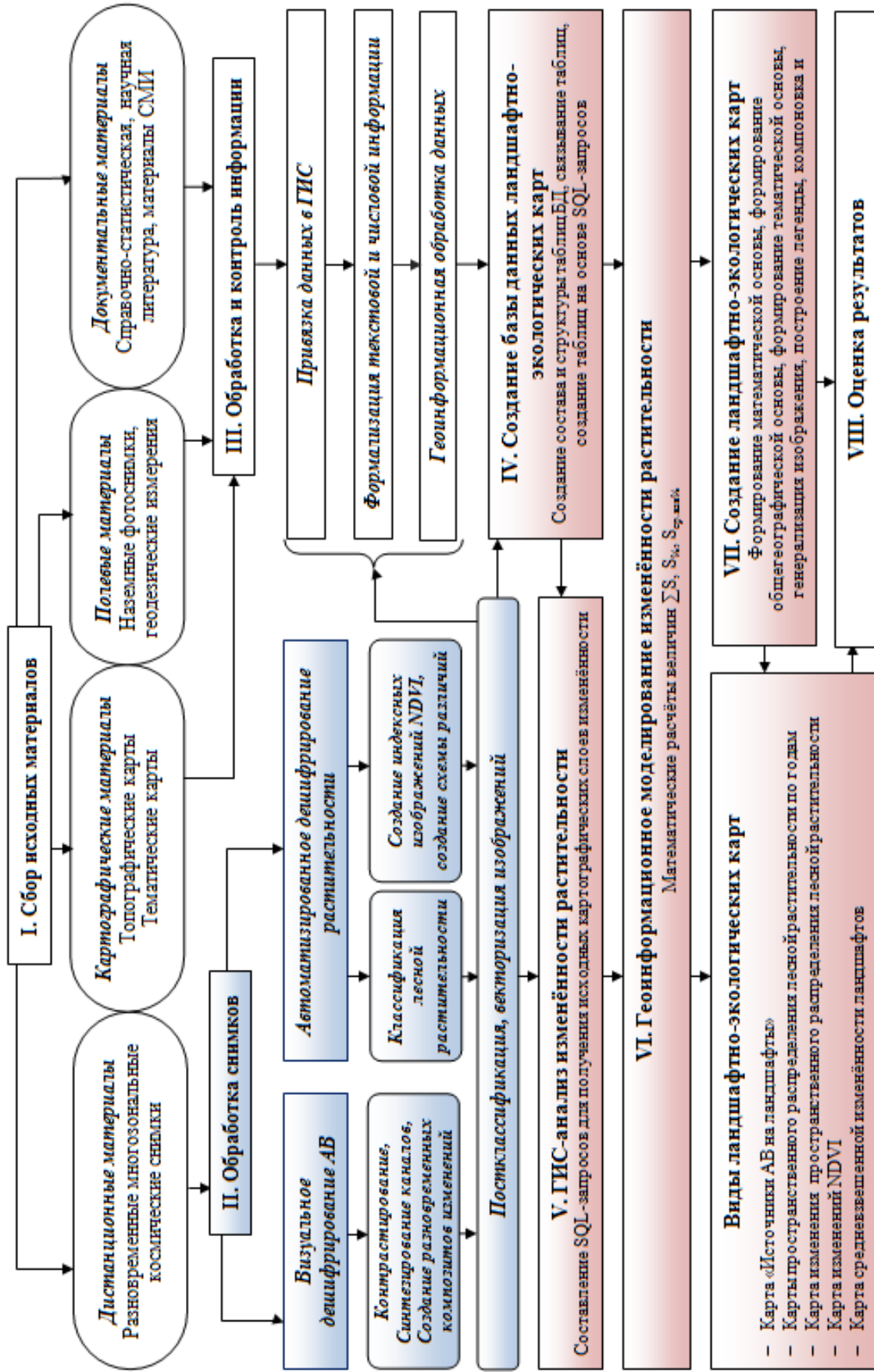


Рисунок 32— Общая технологическая схема создания ландшафтно-экологических карт антропогенного воздействия с использованием ГИС и ДЗ

На начальном этапе технологической схемы создания карты производится разработка её программы, включающей выбор объекта картографирования; назначения и общей концепции карты; содержания и способов отображения её картографической и тематической основ; видов и способов получения исходных материалов [103, 104]. Обработка исходных материалов состоит в их геопривязке, формализации текстовой и числовой информации, геоинформационной обработке векторно-растровых материалов. Также выполняется систематизация и ранжирование исходных материалов по классу достоверности.

Затем выполняется обработка космических снимков заключающейся в их атмосферной и геометрической коррекции, применении визуального и автоматизированного дешифрирования и оценки их точности.

Основным технологическим процессом является геоинформационная обработка пространственной информации, полученной при дешифрировании снимков, составлении картографической и тематической основы ЛЭК АВ на ООПТ. Также рассматривается определение топологической корректности пространственной информации и контроль их метрического описания.

Далее осуществляется создание структуры таблиц базы данных (БД) ЛЭК АВ на ООПТ и их заполнение семантической информацией. Технические требования к созданию структуры таблиц определяется использованием конкретной программы ГИС, имеющей реляционную модель БД.

По результатам созданной БД составляются выборки и SQL-запросы, отвечающие экологической ситуации и типу векторной модели данных ГИС. Экологическая ситуация может характеризовать состояние или динамику рассматриваемого явления. От этого зависит выбор используемых данных по времени создания и пространственной точности. После выбирается тип векторной модели данных – площадной, линейный, точечный или их сочетания.

В нашем случае, выполнен ГИС-анализ изменённости растительности ландшафтных выделов, так как она является самым динамичным компонентом ландшафта и данные по ней легко распознаваемые на космических снимках.

В последующем данные выборок и SQL-запросов использованы в ГИС-

моделировании изменённости растительности ландшафтных выделов на основе математических алгоритмов и географических характеристик (площадей выделов и объектов классов изменений, входимости объектов классов изменений в выдел).

В результате ГИС-моделирования созданы карты: АВ на ландшафты ООПТ, пространственно-временной изменённости растительности, изменений NDVI, средневзвешенных значений процента изменённости ландшафтов ООПТ.

Создание карт предусматривает следующие операции – создание слоёв картографической основы, создание слоёв тематической основы, построение легенды карты, компоновка и оформление карты.

На заключительном этапе производится оценка результатов геоинформационного ландшафтно-экологического картографирования на предмет согласованности их с реальными социально-экономической и экологической ситуациями в регионе.

Предложенная технологическая схема апробирована на территории Прибайкальского национального парка (ПНП) [98–107, 114].

3.2 Предварительная обработка космических снимков

Процедура предварительной обработки космических снимков состоит из радиометрической калибровки, атмосферной и геометрической коррекции, использования масок, операций визуального дешифрирования.

Радиометрическая калибровка. Информация на снимках, переданная непосредственно со спутника, представлена в виде «сырых значений» яркости (DN, Digital Number) [64]. Радиометрическая калибровка позволяет перевести эти значения в физические единицы, устранить влияние различий освещённости и дефекты изображения.

В исследовании применены многозональные изображения космических снимков Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM, Landsat 8 OLI на территорию ПНП за ряд лет (1995–2015 гг.), преимущественно за июль месяц, так как именно к этому периоду наблюдается максимальная вегетация растений. Временной ряд выбранных сцен был разделен на периоды в 5–7 лет, в т. ч. 1995–2002 гг., 2002–

2009 гг., 2009–2015 гг. [104].

Учитывая, что на спутниковых системах Landsat установлены разные модели сенсорных приборов, поэтому для зональных изображений была применена радиометрическая калибровка космических изображений с применением функции Landsat Calibration и текстового файла метаданных этого снимка, в котором указываются необходимые данные о сенсорном приборе, дате снимка, высоте Солнца (sun elevation), значениях L_{\max} , L_{\min} [125].

Вычисление отношения ρ_λ отраженного потока излучения к падающему излучению осуществляется по формуле (2) [64]

$$\rho_\lambda = \frac{\pi B_\lambda D_\odot^2}{J_{\odot\lambda} \cos Z_\odot}, \quad (2)$$

где D_\odot – расстояние от Земли до Солнца в астрономических единицах на конкретную дату;

$J_{\odot\lambda}$ – средняя солнечная внеатмосферная энергетическая освещенность, Вт/(м²нм);

Z_\odot – зенитное расстояние Солнца (угол, дополняющий высоту Солнца до 90°);

D_\odot и $J_{\odot\lambda}$ берутся из справочных таблиц;

Z_\odot – из калибровочного файла, сопровождающего цифровой снимок.

Атмосферная коррекция. При дистанционном зондировании электромагнитное излучение перед фиксацией на датчике дважды проходит через слой атмосферы, что вносит некоторые погрешности в значения пикселей на снимке. Для устранения влияния атмосферы производится атмосферная коррекция инструментом DarkSubstraction способом Reflectance.

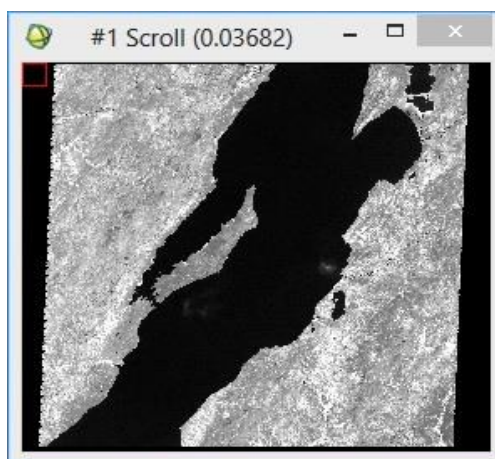
Сущность метода состоит в «нахождении яркости однопроцентно тёмного объекта геоснимка с последующей коррекцией минимума значений каждого пикселя изображения относительно спектральной яркости найденного объекта... Вычислительный метод подразумевает, что суммарная яркость (от 0 до n)

однопроцентно тёмного объекта будет соответствовать 0,01 % от суммарной яркости всех пикселей геоснимка» [5].

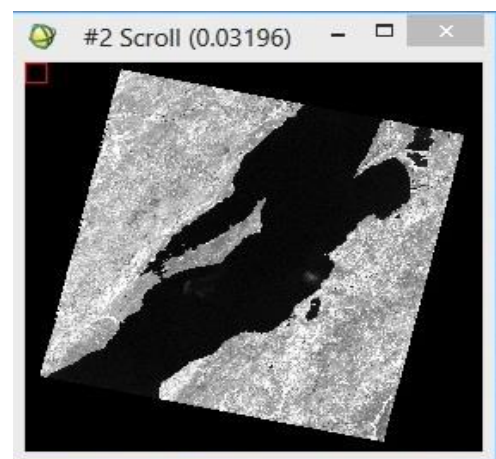
Геометрическая коррекция. Для космических снимков свойственны геометрические искажения, связанные с углом наклона съёмки, рельефом поверхности, кривизной Земли, а также неодинаковый масштаб в разных частях снимка. Причём фотографические (одномоментные) снимки характеризуются меньшими искажениями, чем сканерные и радиолокационные, но при условии равного охвата аэроизображения подвержены большему искажению по сравнению с космическими [64].

В целях устранения искажений и представления снимков к необходимым масштабу, проекции и системе координат осуществляют трансформирование и геометрическую коррекцию снимков. Данная обработка требуется при создании карт по аэрокосмическим материалам или в случае, если сравниваются разные по типу или времени съёмки (модели спутника) снимки.

Таким образом, была применена геометрическая коррекция исходного космического снимка Landsat 7, угол съёмки которого значительно отличался от снимков Landsat 5 и 8 (рисунок 33, а, б).



а)



б)

Рисунок 33 – Космический снимок Landsat 7 (БИК-канал):

а) исходный снимок; б) после геометрической коррекции

Задачи геометрического трансформирования сводятся к выявлению новых

положений центров пикселей преобразованного снимка и в установлении нового размера пикселя (передискретизация). В случае решения яркостной задачи пикселям корректируемого снимка будут записаны новые значения яркости.

Использование масок. В ходе подготовки и обработки дистанционных материалов создаются маски, позволившие отделить из сцен снимков исследуемую территорию, а также вырезать участки, закрытые облаками на рабочем снимке, из других подходящих сцен снимков [104] (рисунок 34 а, б).

Операции визуального дешифрирования. Визуальное дешифрирование – процесс, при котором сведения с аэрокосмоснимков оцениваются и опознаются либо невооружённым глазом, либо с помощью увеличительных или стереоскопических приборов посредством зрительного и логического аппаратов исследователя.

При использовании снимков предварительно проводят *яркостные преобразования* – способы улучшения визуального восприятия экранного изображения. Подробно операции яркостных преобразований описаны во многих работах по использованию дистанционных материалов [34, 64, 73, 87, 125, 157, 164].

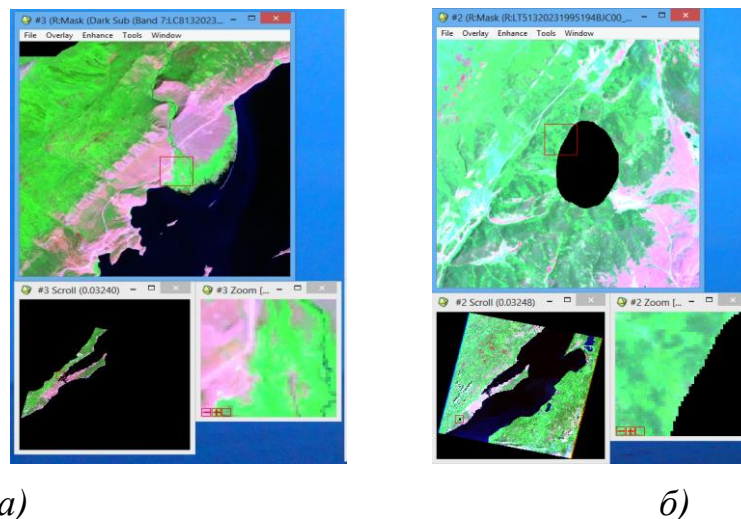


Рисунок 34 – Космический снимок Landsat в ПК ENVI:

а) маска исследуемой территории; б) маска облака

В исследовании использованы следующие яркостные операции:

– контрастирование, основанное на изменении гистограммы снимка, – графическом или табличном представлении количественного распределения пикселей изображения по значениям яркости. Растягивая или перераспределяя яркости на гистограмме, можно создать качественное изображение (добиться качественной делимости, дешифрируемости объектов).

– синтезирование – назначение в соответствии со съёмочной зоной (каналом) каждому пикселу исходных изображений определённое значение в системе координат цветовой модели, чаще всего RGB. Английская аббревиатура RGB (Red, Green, Blue – красный, зелёный, синий) используется для определения данного способа цветовоспроизведения. По практическим результатам установлено, что по снимкам с натуральной цветопередачей лучше всего устанавливается сущность объектов, с ложной цветопередачей – оконтуривание и разделение объектов [64].

Для исследования были созданы синтезированные изображения снимков за указанные годы (для снимков Landsat 5, 7 – комбинация каналов 7-4-2; для снимков Landsat 8 – комбинация каналов 7-5-3). На представленных синтезах снимков лесная растительность показана оттенками зелёного цвета, не покрытые лесной растительностью территории отображены оттенками розового и красного цветов, водные объекты – тёмно-синего цвета (рисунок 35, а).

Наложение, или синтезирование, возможно не только для материалов, созданных в различных диапазонах электромагнитного излучения, но и отличающихся временем съёмки и пространственным разрешением – синергизм снимков. На этом принципе основаны метод главных компонент и *построение разновременных композитов* снимков, на котором фиксируются все изменения между датами съёмки: зелёный цвет показывает исчезнувшие объекты, розовый – наоборот, появившиеся (рисунок 35, б) [98, 100, 103, 125].

Затем данные космических съёмок согласовывались с картографической основой ЛЭК АВ на ООПТ, которая создается по цифровым топографическим картам масштаба 1 : 1 000 000 (листы N-48, M-48). Также для подготовки тематической основы используются электронные тематические карты:

«Байкальская природная территория. Масштаб 1 : 1 000 000» [7] и «Природные ландшафты и их использование» [124]. Кроме того важное место имеют документальные [3, 28–31, 40, 41, 46, 71, 85, 93, 112, 118–120, 126, 132, 133, 143] и полевые данные.

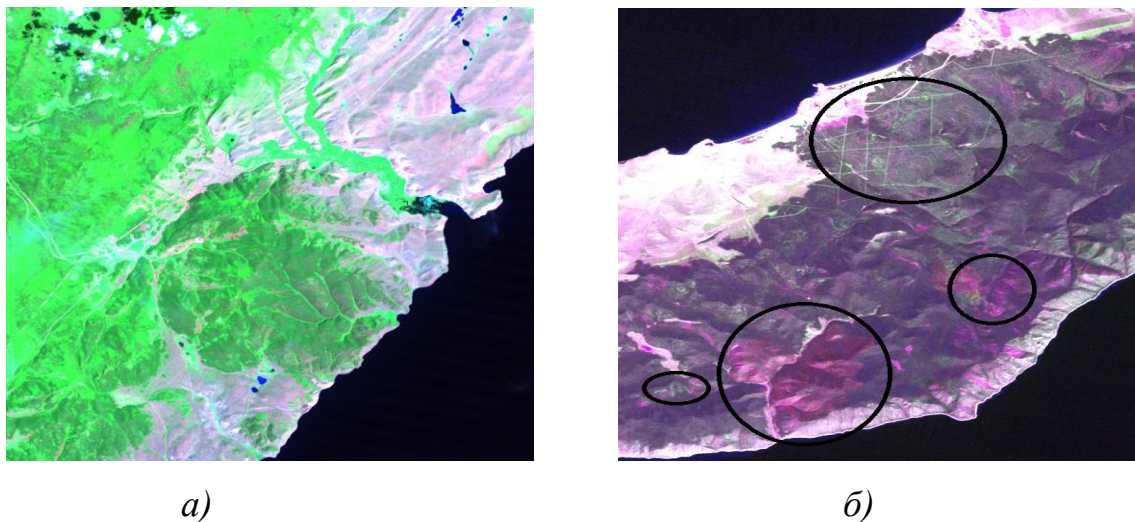


Рисунок 35 – Фрагменты космических снимков Landsat 5:

а) синтез каналов 7-4-2; б) разновременной композит снимков (2009–1995 гг.)

Для полевого обследования выбираются несколько ключевых участков ООПТ. Например, территория ПНП, имеющая характерный или наибольший набор ИАВ: окрестности посёлков Еланцы, Сахюрта, Сарма, Курма, Хужир, Песчанка, Большое Голоустное, Листвянка, Байкал, Большие Коты и др. Способами передвижения являлись пешие, автомобильные и водные маршруты (научно- исследовательское судно «Исток», курсировавшее вдоль побережья ПНП) (рисунок 36, а, б).

Фиксирование объектов проходило путём визуального обнаружения, записи в полевой журнал, фотосъёмкой, координирования точек наблюдения.

3.3 Автоматизированное дешифрирование растительности по космическим снимкам Landsat

Процесс распознавания объектов на космических снимках, их свойств и

взаимосвязей по их изображениям принято называть дешифрированием снимков.

Выделяют следующие методы дешифрирования материалов ДЗЗ:

- визуальное (глазомерное, аналитическое);
- измерительное;
- автоматическое (машинное);
- автоматизированное (интерактивное, человеко-машинное) [96].



а)



б)

Рисунок 36 – Полевые обследования:

а) пешие; б) водным транспортом

В диссертационном исследовании использован метод *автоматизированного дешифрирования (АД)* снимков, который является одним из этапов компьютерной обработки данных ДЗЗ. Результаты АД, «обеспечивающего корректное и точное выявление и определение характеристик объектов, на основании анализа свойств их электромагнитного излучения с использованием программных возможностей современных геоинформационных систем» [36], представлены в цифровом виде. АД включает в себя элементы аналитико-измерительного, осуществляемого человеком по снимкам на мониторе компьютера, с автоматическим дешифрированием.

Для получения количественной информации и автоматизированной векторизации объектов по космическому снимку с целью геоинформационного анализа и моделирования выполняется построение индексных изображений, схем

различий, изображений по результатам классификации.

Наилучшим индикатором происходящих изменений в ландшафтах является растительный покров, так как он реагирует на любые отрицательные или положительные изменения в природных комплексах [32, 62, 154, 162].

Для цели геоинформационного моделирования изменённости растительности АД поделено на две ветви:

– ветвь А – для определения структурной изменчивости ландшафтов используются индексные и разностные изображения различий;

– ветвь Б – для определения пространственного распределения лесной растительности осуществлена классификация изображения.

Ветвь А. Построение индексного изображения. При тематическом дешифрировании объектов дополнительно применяют индексные изображения, получаемые расчётом коэффициентов по значениям яркостей объектов в различных спектральных зонах. Главной чертой индексных изображений является особенность того, что для диагностики объектов и их состояния требуются не принадлежащие им абсолютные значения яркости, а определённые соотношения между коэффициентами отражения в определённых спектральных диапазонах съёмки [64, 70, 104, 142].

Таких индексов, рассчитываемых различными формулами, существует большое количество. Они основаны на определении содержания в объектах некоторых веществ: хлорофилла, воды, различных минералов и т. д., с помощью чего можно выделить многообразные типы поверхности и их состояние.

Для автоматизированной оценки продуктивности и состояния растительного покрова рассчитывают вегетационные индексные изображения, формирующие прямую зависимость между биомассой растительности, точнее количества хлорофилла, и её спектральной отражательной способностью. Они не сильно связаны с высотой Солнца, и напрямую коррелируют с проективным покрытием фитоценозов. Для этой цели часто прибегают к известным минимуму отражательной способности зелёных растений в красной и резкому её скачку в ближней инфракрасной зонах.

Наиболее простым и успешно применяемым относится *нормализованный разностный вегетационный индекс* (Normalised Difference Vegetation Index – *NDVI*), который вычисляется по следующей формуле (3):

$$NDVI = \frac{\rho_{БИК} - \rho_{КР}}{\rho_{БИК} + \rho_{КР}}, \quad (3)$$

где $\rho_{КР}$ – коэффициент отражения в красной спектральной зоне;

$\rho_{БИК}$ – коэффициент отражения в ближней инфракрасной спектральной зоне [142].

NDVI изменяется в пределах от минус 1 до плюс 1, и для объектов растительного покрова с большей фитомассой и с лучшим состоянием данное значение стремится к плюс 1. NDVI также полезен для установления сезонных фенологических изменений растительности.

Показатель NDVI при переходе между почвой и растениями в разных регионах может быть выражен разными цифрами [64].

При обработке снимков для анализа разновременной изменённости состояния растительности в ландшафтах Приольхонья и острова Ольхон были созданы четыре изображения NDVI: за 1995, 2002, 2009, 2015 гг. (рисунок 37).

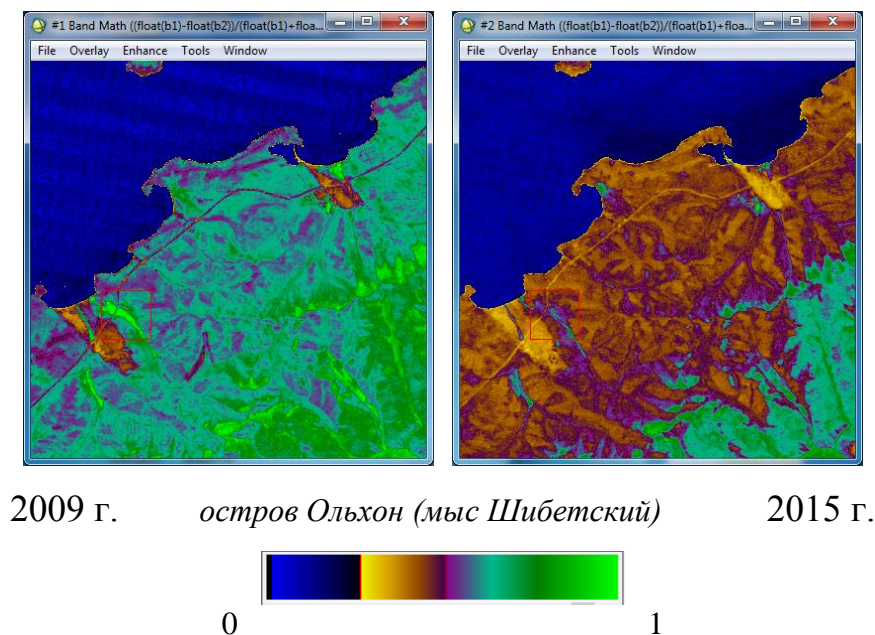


Рисунок 37 – Фрагменты изображений и шкала значений NDVI в ПК ENVI

Построение схемы различий (разностного изображения изменений).

Разностное изображение изменений (Change Detection) представляет собой совмещение двух разновременных снимков в определённых зонах электромагнитного спектра или двух индексных изображений за разные даты [104] (рисунок 38).

«Различия вычисляются путём вычитания изображения начального состояния из изображения конечного состояния... Каждый класс определён порогом различия, который представляет собой количество различий между двумя изображениями.... По умолчанию пороги классификации равномерно распределены между минус 1 и плюс 1 для дробных чисел или минус 100 % и плюс 100 % для процентных различий» [125, с. 173–174].

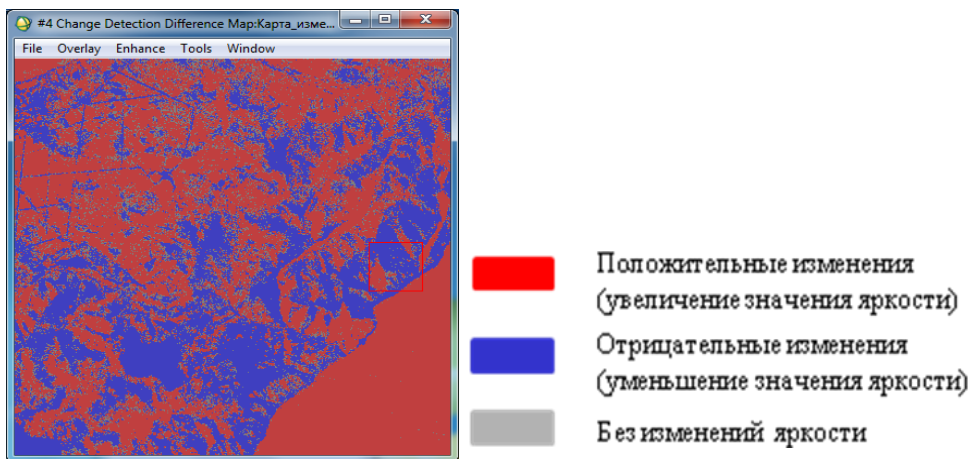


Рисунок 38 – Фрагмент изображения схемы различий значений NDVI

в период 2009 –2015 в ПК ENVI

На созданном изображении различий оттенками красного цвета и со знаком «+» обозначены пиксели, яркость которых на конечном снимке стала больше. Оттенками синего цвета и со знаком «-» обозначены пиксели, яркость которых на конечном снимке стала меньше. В рамках исследования созданы схемы различий в дробных числах, в которых установлено девять классов различий (таблица 12) между значениями от минус 1 до плюс 1.

Для полученных схем различий производится генерализация изображений (постклассификация).

Таблица 12 – Интервалы значений для классов изменений

Класс 1	Класс 2	Класс 3	Класс 4	Класс 5	Класс 6	Класс 7	Класс 8	Класс 9
> 0,5	0,3–0,5	0,1–0,3	0–0,1	0	0–(-0,1)	(-0,1)–(-0,3)	(-0,3)–(-0,5)	< (-0,5)

Векторизация и конвертация в ГИС. После постклассификации все классы изменений послойно векторизируются по созданным схемам различий на основе одновременных изображений NDVI за указанные годы с целью отображения их на карте и выявления количественной динамики площадей изменения состояния растительности.

После готовые векторные слои каждого класса изменений разностных схем различий были переконвертированы в ГИС MapInfo Professional для дальнейшей геоинформационной обработки.

Ветвь Б. Классификация изображений снимка. Основой АД является классификация изображений, которая предполагает распределение пикселей непрерывного растрового изображения на несколько тематических категорий (классов) в соответствии с показателями их спектральных признаков, не пересекающихся с другими.

Имеется большое разнообразие алгоритмов классификации [34, 43, 64, 73, 125, 155, 164], которые относятся к двум основным группам: с обучением, без обучения.

При неконтролируемой классификации (без обучения) приуроченность пикселей к определённым классам происходит автоматическим путём по схожим признакам. Результаты классификации исследователь сравнивает и корректирует с реальным расположением объектов на картах и местности.

Широко используется способ ISODATA, где набор яркостей снимка рассредоточивается между неким числом равных областей (кластеров), в центре которых выявляются средние значения. Далее происходит первая итерация кластеризации, при которой для значений яркости всех пикселей рассчитываются спектральные расстояния до средних значений, и далее каждый пиксел переходит в определённый кластер по принципу минимального расстояния. При каждой следующей итерации указанный принцип будет повторяться до момента, когда

будет достигнут порог сходимости, и среднеквадратическая ошибка закончит уменьшаться. При этом оформятся новые средние значения и уточнятся границы выделенных областей.

При контролируемой классификации (с обучением) отнесение пикселей по назначенным человеком классам задаётся на основе обозначенных им эталонов (обучающих выборок), качество выбора которых влияет на достоверность результатов классификации. Итогом контролируемой классификации является «карта классификации» с готовой легендой.

Разработаны следующие алгоритмы классификации с обучением:

- минимального расстояния;
- параллелепипеда;
- спектрального угла;
- двоичное кодирование;
- максимального правдоподобия и др.

Наиболее часто употребляется *метод максимального правдоподобия*, при котором соблюдается требование наибольшей вероятности попадания пикселя к конкретному классу. Для каждого класса объектов, используя эталонные участки, вычисляются минимальные, максимальные и средние значения спектральных яркостей и матрица ковариации, которая определяет взаимосвязи между значениями яркости класса в разных спектральных зонах. Учитывая указанные параметры, рассчитывается особое спектральное расстояние, называемое расстоянием Махаланобиса. В данном случае, пиксел будет принадлежать тому классу, в котором это расстояние соизмеримо с показателем установленного порога, и минимально до эталонных средних значений класса. Преимуществом данного способа считается стопроцентная классифицированность всех пикселей снимков.

Анализ динамики пространственных изменений лесной растительности острова Ольхон, проводился с помощью автоматизированной классификации с обучением (способом максимального правдоподобия), используя созданные за представленные годы синтезированные изображения снимков (в комбинации

каналов 7-4-2). Для этого были учтены только следующие классы объектов: участки, покрытые лесной растительностью; участки, не покрытые лесной растительностью; водные объекты. Эталоны обучения были выбраны вручную, учитывая визуальную оценку снимка. На основе указанных характеристик получено достоверное итоговое классифицированное изображение, на котором классы объектов вполне соответствуют объектам на местности и на синтезированных изображениях снимка Landsat [98, 99] (рисунок 39).

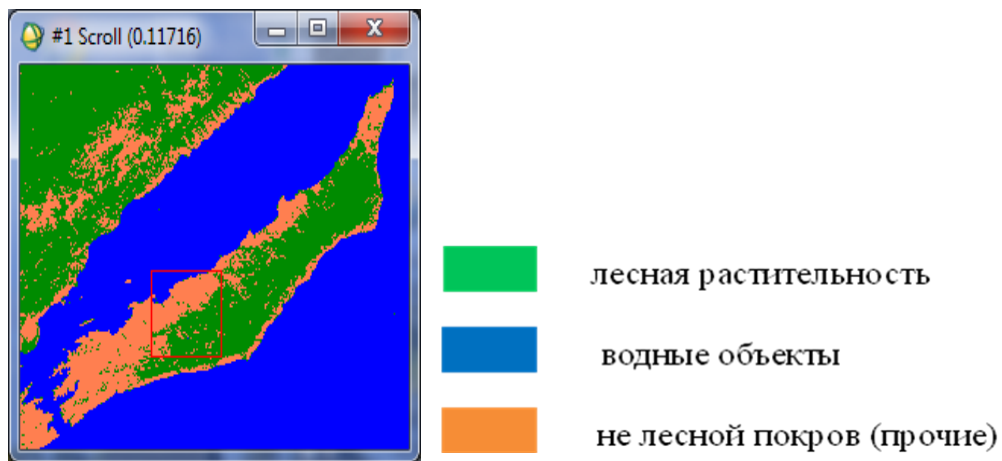


Рисунок 39 – Результаты классификации с обучением
(способ максимального правдоподобия)

После классификации проводится постклассификационная обработка (генерализация) способом Majority/Minority Analysis и дальнейшая векторизация полученных результатов классификации. В конечном итоге получаются три отдельных векторных слоя на каждый исследуемый год.

3.4 Состав и структура геоинформационной базы данных ландшафтно-экологических карт

Геоинформационная БД ЛЭК АВ на ООПТ представляет собой совокупность таблиц (слоев) картографической и тематической основ, созданных на платформе ГИС MapInfo Professional. Преимуществом ГИС MapInfo считается наличие прямой связи между картографическим отображением и БД, в которой

записаны все объекты карты.

Формирование геоинформационной БД ЛЭК АВ на ООПТ включает:

- разработку общей структуры и состава БД;
- ввод и привязку картографических элементов;
- заполнение семантических характеристик.

В структурном отношении ГИС MapInfo Professional относится к реляционной БД, в таблицах которой отдельная запись (строка) соответствует каждому отдельному пространственному объекту, а поле (колонка, графа) – его атрибуту значениям по определённому признаку, относящемуся к нескольким объектам этой таблицы.

ГИС MapInfo Professional поддерживает следующие типы данных [67, 134]:

- символьные (character) – текстовые до 254 символов;
- целые (integer) – численные с целыми числами от $-2 \cdot 10^9$ до $2 \cdot 10^9$;
- десятичные (decimal) – численные с десятичными числами с фиксированной точкой;
- вещественные (float) – численные с десятичными числами с плавающей точкой;
- дата (date) – календарные числа (даты) в формате «дд.мм.гггг»;
- логические (logical) – выражения со значениями «истина/ложь».

Далее разрабатывается геоинформационная БД картографической и тематической основ ЛЭК АВ на ООПТ, состав и структура которой показаны на рисунке 40.

В ГИС MapInfo Professional встроена система управления БД, которая обеспечивает «ввод, изменение данных в базе, организацию связей между отдельными базами, обработку данных: сортировку, фильтрацию, формирование выборок объектов для количественного анализа, обновление данных, вычисление новых атрибутов, подготовку иллюстраций, отчётов» [67, с. 104].

После выполняется ввод и локализация (привязка) собранных со всех исходных материалов основных объектов карты, а также заполнение семантическими данными картографических слоёв.

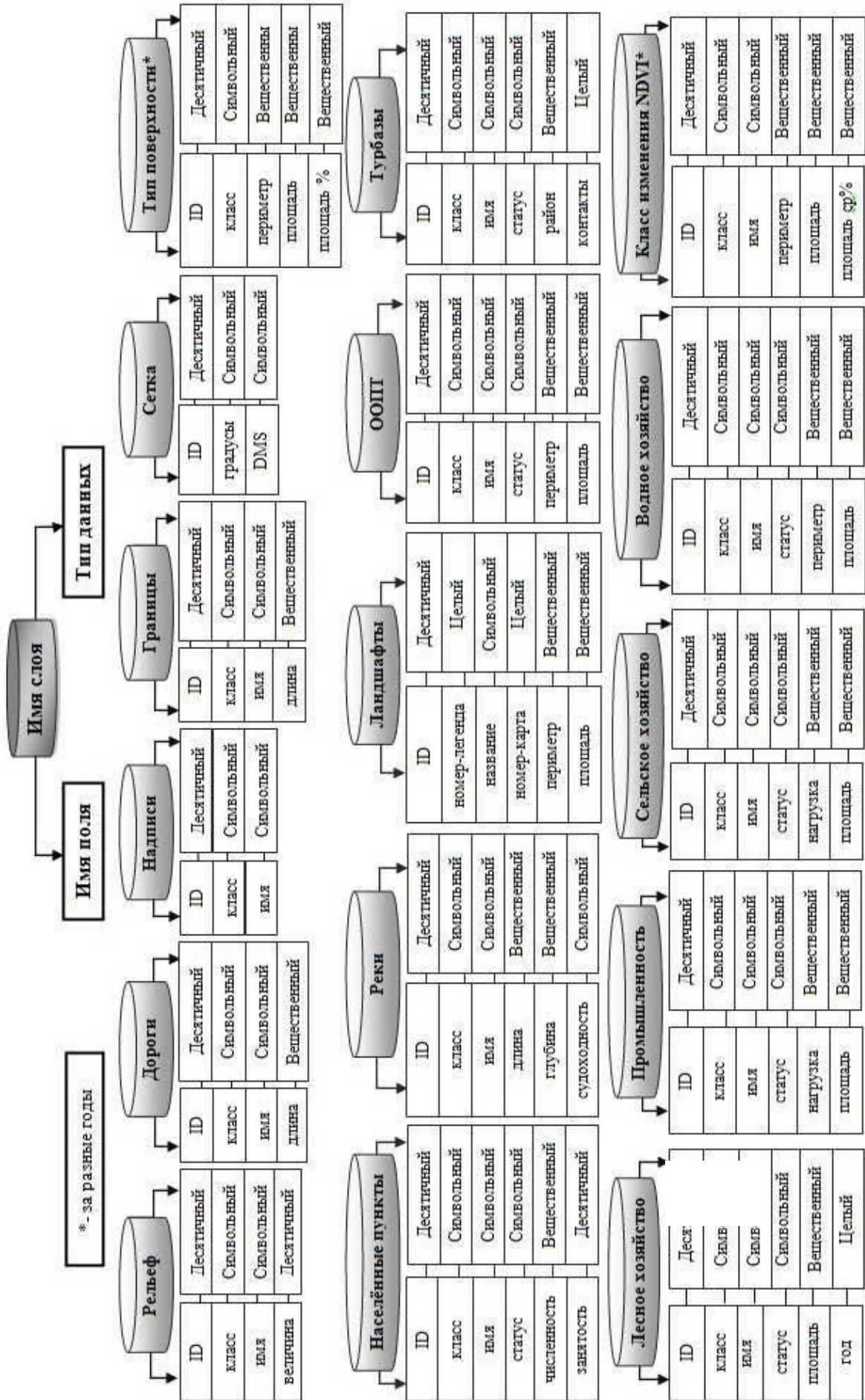


Рисунок 40 – Состав и структура таблиц геоинформационной БД ЛЭКАВ на ООПТ [113]

Таким образом, геоинформационная БД ЛЭК АВ на ООПТ создается из:

- полученных в результате обработки космических снимков и переконвертированных в ГИС векторных слоёв (классы изменения NDVI, контуры лесной растительности острова Ольхон и береговой линии озера Байкал (водное хозяйство), лесное хозяйство и частично промышленность и сельское хозяйство);
- импорта общегеографических слоёв из цифровой топографической карты (населённые пункты, дорожная сеть, административные границы, рельеф, гидрография);
- ручной векторизации слоёв (ландшафты и границы ООПТ);
- ручной привязки объектов слоёв (турбазы, частично промышленность и сельское хозяйство).

3.5 ГИС-анализ изменённости растительности с использованием инструментария пространственного анализа

В ГИС существуют операции с графическими объектами и их атрибутивными данными, называемые пространственным анализом [61, 75, 81, 83, 95, 156, 160]. «К средствам пространственного анализа относятся различные процедуры манипулирования пространственными и атрибутивными данными.... Это, прежде всего, организация выбора и объединения объектов в соответствии с заданными условиями, реализация операций вычислительной геометрии, анализ наложений, построение буферных зон, сетевой анализ» [75, с. 13].

Выделяют следующие операции:

- обобщение или объединение объектов одного слоя с полигональными или линейными объектами другого осуществляется при наличии одинаковых значений атрибутов.
- вырезание или разрезание выполняется в момент, когда указанный объект (иногда весь слой) используется в качестве «резака» для другого объекта/полигона (или слоя), определяя тем самым его границы.
- геометрические функции: к ним относят расчеты геометрических

характеристик объектов или их взаимного положения в пространстве, при этом используются формулы аналитической геометрии на плоскости и в пространстве.

– оверлейные операции представляют собой построение графической композиции нового слоя способом полного или частичного наложения одного слоя поверх другого. Выделяют оверлеи соединения или пересечения.

– создание буферной зоны, означающей район или полигон, отграничивающий выбранный объект (полигон, линия, точка) на равное заданное расстояние от него, в результате чего появляется новый полигон, содержащий исходный объект. Как правило, буферные зоны на картах символизируют охранные зоны различных объектов, зоны видимости, дальности действия и т. д.

– применение сетевого анализа предоставляет возможность исследовать пространственные сети взаимосвязанных линейных объектов (транспортных путей, линий электропередач и т. д.) на предмет выявления выгодного пути, адреса, нагрузки на сеть и др.

Осуществление отбора объектов и получение новых сведений с помощью геоинформационной обработки на основе имеющихся данных – одна из главных функций ГИС.

Так, при работе с ГИС иногда нужно оперировать не всем массивом хранящихся данных или требуется объединить часть информации, находящейся в разных таблицах. В этом и заключается смысл формирования выборок и запросов, или другими словами, заданий на поиск и отбор объектов БД, соответствующих определённым критериям (рисунок 41).

Наиболее распространённым языком запросов для реляционных СУБД является язык SQL (Structure Query Language). Во многих ГИС при составлении упрощённых выборок и SQL-запросов предусмотрены готовые мастера построения, которые в структурном плане состоят из следующих основных операторов: SELECT (выбрать) <поле>, FROM (из) <таблица>, WHERE (где) <условие, критерии> [83, 117].

При составлении пространственных запросов используются атрибутивный и географический критерии.

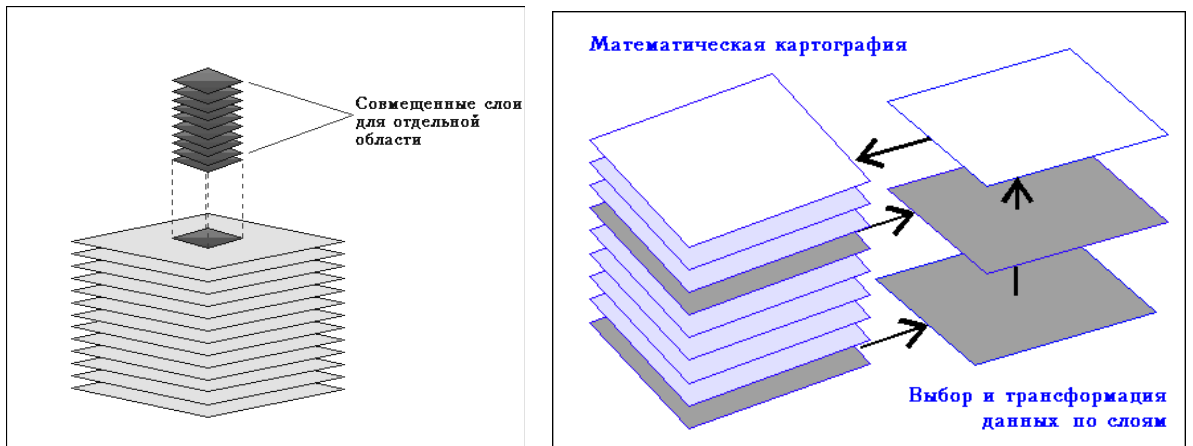


Рисунок 41 – Пространственные выборки из слоёв базы данных [74]

Критерием можно назвать набор требований к значениям записей, которые отображаются в форме условий. Так, выбор объектов осуществляется по их пространственным или содержательным свойствам [67].

Атрибутивный критерий использует значения определённых полей одной или нескольких таблиц (констант) и таких операторов сравнения, как: больше $>$, меньше $<$, равно $=$, не равно \neq , и их комбинаций.

Географический критерий осуществляет сопоставление отношений между географическими объектами из разных таблиц (слоёв): пересекает (intersects), входит (within), включает (contains), входит целиком (within entire) и другие, – и производит расчёт географических параметров объектов, таких как: площадь (area), периметр (perimeter), длина линии (objectlen), центрост – координаты (centroid).

После выполнения условий запроса предоставляется новая таблица, или список, (чаще всего временная, существующая до закрытия запроса), которая становится основой при построении других запросов.

Таким образом, составление различных видов запросов позволяет:

- выбрать объекты (записи), удовлетворяющие условиям отбора;
- включить в результирующую таблицу запроса новые поля;
- выполнить вычисления в каждой из отобранных записей;
- произвести обновление полей в отобранных записях;
- удалить выбранное подмножество записей и др. [134].

Подобный ГИС-анализ был проведён для выборки и количественной оценки изменений растительного покрова территорий Приольхонья и острова Ольхон.

Ветвь А. В каждом слое класса изменений NDVI требуется определить суммарную площадь полученных полигонов во всех ландшафтных выделах.

В качестве решения этой задачи применяют следующие комбинированные *SQL-запросы*:

- выборка полигонов каждого класса изменений для конкретного ландшафтного выдела, объединяя между собой слои ландшафтов и классов изменений – объединение (рисунок 42);
- подсчёт суммарных площадей во всех классах изменений для каждого ландшафтного выдела – геометрические и арифметические функции.

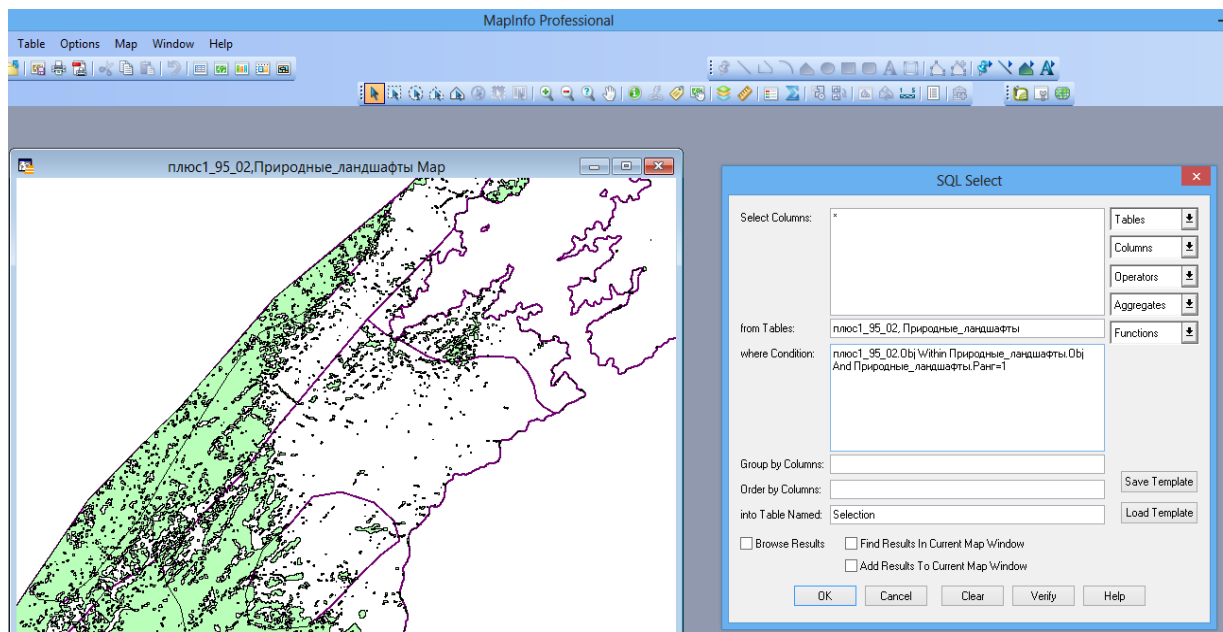


Рисунок 42 – Пример SQL-запросов в ГИС MapInfo Professional

Готовые результаты сведены в самостоятельную атрибутивную таблицу, значения фрагмента которой представлены в таблице 13 [104].

Далее, объекты площадью менее 1 км², отсортированные функцией «Выбрать» и выражением «Area < 1», были вырезаны и скопированы в прилегающие слои. Группы близко расположенных полигонов были объединены цифрованием ручным способом в более крупные.

Таблица 13 – Суммарные площади классов изменений NDVI в каждом ландшафте за период 2009–2015 гг. на примере острова Ольхон, км²

Номер выдела	Наименование ландшафта	Классы изменений				Общая площадь
		3	4	6	7	
15	Горно-степные	0,13	252,57	2,37	0,46	255,53
16	Низинные и долинные степные	0,00	23,33	0,03	0,00	23,36
17	Горнотаежные сосновые	6,73	271,20	3,88	1,17	282,98
18	Подгорные подтаежные сосновые и лиственнично-сосновые	0,00	8,33	0,43	0,00	8,76
19	Подгорные подтаежные сосновые и лиственнично-сосновые	0,04	8,44	0,25	0,00	8,74
20	Подгорные межгорных понижений и долин степные	0,00	28,38	0,53	0,00	28,91
31	Подгорные межгорных понижений и долин степные	0,00	69,96	9,37	0,00	79,33

Ветвь Б. Для количественного и пространственного распределения лесной растительности острова Ольхон за представленные временные периоды в ГИС MapInfo Professional слои лесной растительности разрезаны по ячейкам размером 1 км² с точками в центрах [98, 99]. В результате была получена точечная регулярная сетка (рисунок 43).

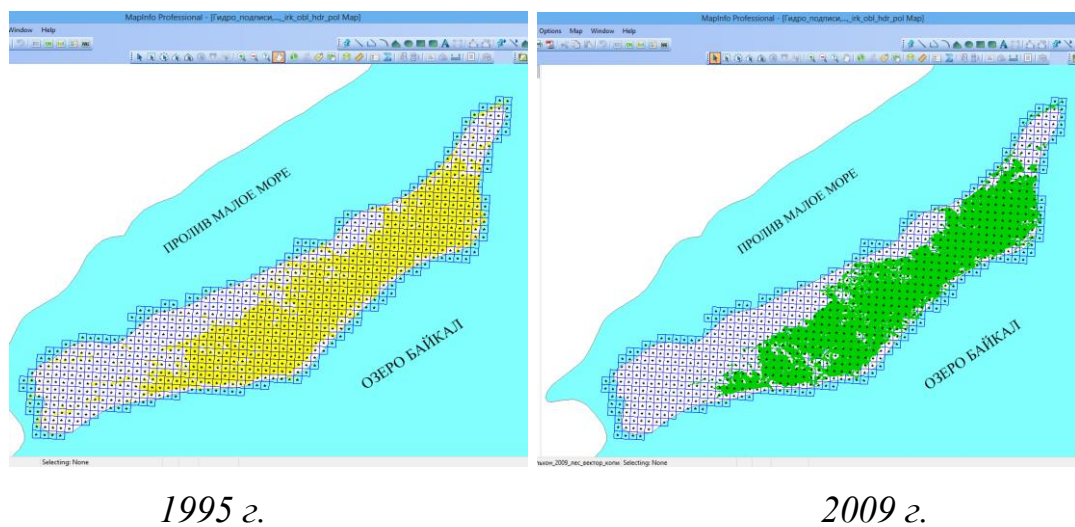


Рисунок 43 – Векторные слои лесной растительности острова Ольхон в ГИС MapInfo Professional

Необходимо отметить, что при ГИС-анализе важен не сам объём пространства или форма, свойственные объекту, а расположение в этом пространстве, представленное количеством объектов в конкретной области, а

также показатели характера его распределения: равномерность, удалённость друг от друга, общий размер занимаемой площади, а также связь между объектами [95].

Пространственное распределение объектов представляет собой порядок, расстановку, рассеянность или концентрацию, бессвязность или соединенность нескольких объектов в заключающем их географическом пространстве, подразделяющиеся на распределения точек, линий, полигонов. Точечные распределения характеризуются следующими параметрами: плотностью и формой распределения – равномерной (одинаковое количество в каждой подобласти), регулярной (в узлах сетки на равном расстоянии), кластерной (собраны в тесные группы) и случайной.

Для линейных распределений определяются плотность линий, близость, возможные пересечения, ориентация, направленность и связанность.

При исследовании распределения полигонов рассчитывают долю площади, занимаемую полигоном. Полигонам, как и точкам, свойственны сгруппированное, рассеянное (регулярное или хаотичное) виды распределений. Особенности пространственного распределения смежных полигонов оценивается статистическим показателем соединений – статистик соединений, обозначающего соединение или общую границу между двумя смежными полигонами. Его функция заключается в подсчёте количества соединений в полигональном распределении и характеристика структуры соединений.

3.6 Геоинформационное моделирование изменённости растительности

Геоинформационное моделирование определяется как класс моделирования графических объектов, взаимосвязанных с БД, суть которого составляют преобразования, основанные на законах формальной логики и теоретико-множественных отношениях. Геоинформационное моделирование проявляется при создании аналитических тематических карт путём обработки атрибутивных данных.

Создание моделей поверхностей производится по имеющимся в БД

численным характеристикам. К примеру, построенные по регулярным и нерегулярным точкам модели. Также можно отнести модели двух- и трёхмерной визуализации [117].

Таким образом, на основе полученных результатов пространственного анализа осуществляется геоинформационное моделирование изменённости растительного покрова территорий Приольхонья и острова Ольхон.

Ветвь А. Применяя принцип общей арифметической середины, рассчитываются процентное отношение площадей каждого класса изменений [104] в структуре всех ландшафтных единиц по известной формуле (4)

$$S_{\%k} = \frac{S_k * 100\%}{S_l}, \quad (k=1, \dots, m), (l=1, \dots, t) \quad (4)$$

где $S_{\%k}$ – процентное соотношение площади k -го класса изменения к общей площади выдела;

S_k – площадь k -го класса изменения в структуре определенного ландшафтного выдела;

S_l – общая площадь l -го ландшафтного выдела;

k – номер класса изменения;

l – номер ландшафтного выдела.

Далее в каждом ландшафте по формуле (5) [82] вычисляется средневзвешенное значение процента изменённости растительного покрова (среднее арифметическое значение, в котором учтены веса значимости каждого из чисел)

$$S_{\%cp} = \frac{S_{\%k} * P_i + S_{\%n} * P_n}{\sum_{i=1}^n P_n}, \quad (k=1, \dots, m), (i=1, \dots, n) \quad (5)$$

где P_i – вес значимости;

i – i -й вес значимости.

Готовые результаты сведены в самостоятельные атрибутивные таблицы по временным периодам, фрагмент одной из них представлен в таблице 14 [104].

Таблица 14 – Соотношение площадей классов изменений NDVI в структуре ландшафтных выделов острова Ольхон за период 2009–2015 гг., проценты

Номер выдела	Наименование ландшафта	Классы изменений				Средневзвешенный процент
		3	4	6	7	
15	Горно-степные	0,051 %	98,841 %	0,926 %	0,182 %	29,876 %
16	Низинные и долинные степные	0,000 %	99,877 %	0,123 %	0,000 %	29,988 %
17	Горнотаежные сосновые	2,379 %	95,836 %	1,371 %	0,413 %	30,018 %
18	Подгорные подтаежные сосновые и лиственнично-сосновые	0,000 %	95,136 %	4,864 %	0,000 %	29,514 %
19	Подгорные подтаежные сосновые и лиственнично-сосновые	0,482 %	96,625 %	2,893 %	0,000 %	29,759 %
20	Подгорные межгорных понижений и долин степные	0,000 %	98,174 %	1,826 %	0,000 %	29,817 %
31	Подгорные межгорных понижений и долин степные	0,000 %	88,185 %	11,814 %	0,001 %	28,818 %

По полученным значениям построена общая диаграмма динамики средневзвешенного значения процента изменённости ландшафтных выделов Приольхонья и острова Ольхон в период 1995–2015 гг. (рисунок 44). Анализ данных показывает, что для всей рассматриваемой территории характерно увеличение значений средневзвешенной изменчивости ландшафтных выделов к 2015 г. по сравнению с 1995 г.

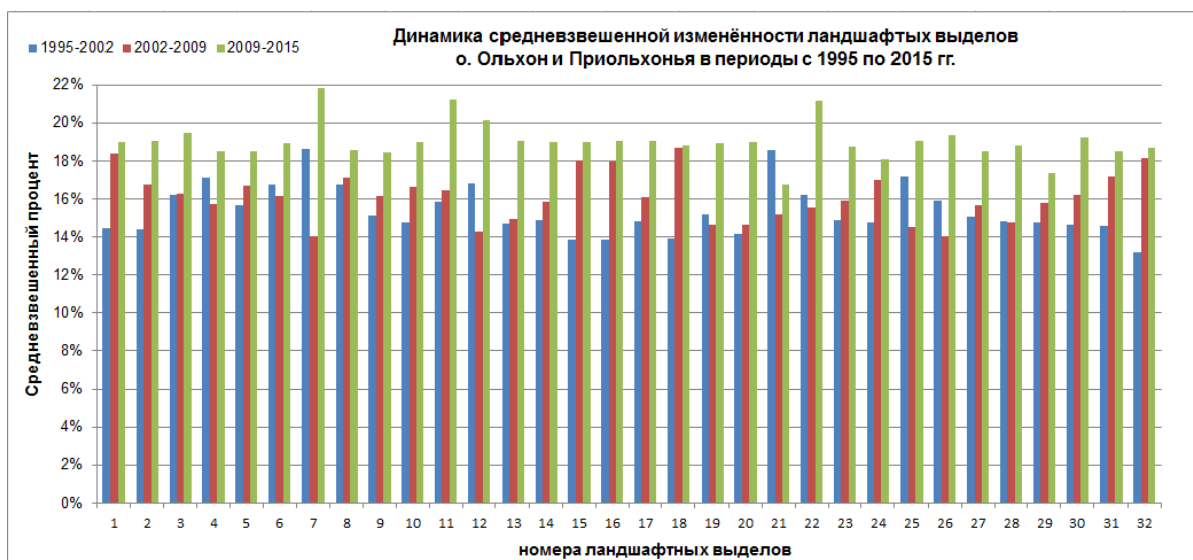


Рисунок 44 – Динамика средневзвешенное значение процента изменённости ландшафтных выделов Приольхонья и острова Ольхон в период 1995–2015 гг.

Ветвь Б. Для каждой точки регулярной сетки разновременных слоёв лесной растительности острова Ольхон были рассчитаны [98, 99]: суммы площадей полигонов лесной растительности (S_j) по формуле (6), коэффициенты процентного отношения площади лесной растительности внутри каждой ячейки (R_j) по формуле (7), а также изменение этих коэффициентов за интервал времени (ΔR) по формуле (8)

$$S_j = \sum_{h=1}^f S_f, \quad (h=1, \dots, f), (j=1, \dots, g) \quad (6)$$

где S_h – площадь лесной растительности внутри одной ячейки;
 h – количество ячеек,
 j – дата;

$$R_j = \frac{S_j}{S_o}, \quad (j=1, \dots, g) \quad (7)$$

где S_o – площадь ячейки (1 км²);
 j – дата;

$$\Delta R = R_{noz} - R_{ран} \quad (8)$$

где R_{noz} – коэффициент процентного отношения с поздней датой,
 $R_{ран}$ – коэффициент процентного отношения с ранней датой.

По полученным данным методом линейной интерполяции IDW (средневзвешенных расстояний) были составлены аналитические карты [102].

Результаты моделирований сведены в самостоятельные атрибутивные таблицы, значения которых представлены на картах.

3.7 Выводы по третьему разделу

Предложенная технологическая схема создания ЛЭК АВ на ООПТ основана

на следующих преимуществах: на интеграции и сочетании программного инструментария по обработке материалов ДЗЗ и ГИС, на использовании индексных изображений и классификации космических снимков при оценке изменённости растительного покрова в ландшафтах, на комплексном использовании разнородных типов картографических материалов.

Технология автоматизированного дешифрирования разновременных многозональных космических снимков Landsat обеспечивает достоверным и объективным материалом для геоинформационного анализа и моделирования изменённости растительности, пространственного распределения лесной растительности.

Создание геоинформационной БД ЛЭК АВ на ООПТ является важным этапом для объединения, накопления и картографического отображения сведений о пространственных объектах природоохранных территорий.

Геоинформационное моделирование изменённости растительности и динамики пространственного распределения лесной растительности выражается в получении новых знаний и сведений об экологическом состоянии ландшафтов ООПТ.

4 ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ

4.1 Ландшафтно-экологическая характеристика Прибайкальского национального парка

Прибайкальский национальный парк (ПНП), созданный в 1986 г. на западном берегу озера Байкал на площади 418 тыс. га, узкой полосой протягивается от посёлка Култук в южной части озера до Байкало-Ленского заповедника в северной половине. В 2014 г. было проведено объединение администрации Байкало-Ленского заповедника и ПНП, сохранив их прежние территории и цели деятельности [46, 113, 119, 140].

Ландшафты котловины озера Байкал отличаются высоким разнообразием и специфичностью. Значительный объём воды в водоёме и его меридиональная протяжённость оказывают заметное влияние на прибрежную зону и склоны окружающих хребтов. Именно поэтому здесь сформировалась своеобразная и уникальная на Земле горно-озерно-котловинная природная система. Отличительное высокое ландшафтное и биологическое разнообразие связано с положением в середине Байкальской рифтовой зоны, характеризующейся сложным горным рельефом и длительным изоляционным развитием [86, 93].

Таким образом, важнейшими факторами формирования природных ландшафтов ПНП являются особенности рельефа и климата территории.

Основу геоморфологического образа ПНП составляют цепочки Обручевской зоны тектонических разломов (сбросов), связанных с процессами рифтообразования, которые проявляются в виде крупных береговых уступов вдоль всего побережья озера протяженностью более 400 км [10, 46, 51, 119]. Современный облик рельефу придали разнообразные экзогенные процессы.

В юго-западной части к озеру Байкал подступает Олхинское плато, расположенное от западной оконечности озера до истока реки Ангара. Его абсолютные отметки высот постепенно увеличиваются к югу до максимальной

величины в 933 м и резким скальным уступом высотой около 300–350 м круто обрываются к озеру. Рельеф представлен платообразными вершинами, многочисленными скальными останцами, речными долинами с просторными заболоченными расширениями.

Большую часть территории парка занимает Приморский хребет, протянувшийся от правого берега Иркутского водохранилища до Анайских гольцов на водоразделе рек Кочерикова и Анай, где он сочленяется с Байкальским хребтом. В его морфологии трудно выделить водораздельный гребень: он напоминает постепенно повышающееся к водоёму плато, внезапно обрывающееся своим юго-восточным склоном. Поэтому здесь в большинстве случаев не выражены прибрежные равнины. Наибольшие высоты в средней части хребта составляют более 1500 м (гора Трёхголовый голец имеет абсолютную отметку 1746 м). С его прибайкальских склонов стекает множество небольших ручьёв и временных водотоков, имеющих V-образные долины. Более разработаны, с террасами, долины относительно крупных рек – Голоустной, Бугульдейки, Анги.

В ландшафтной структуре ПНП слабо выражены гольцовые и подгольцовые геосистемы [90–93, 133]. Обширному распространению горно-тундровых ландшафтов препятствуют сравнительно низкие высоты Приморского хребта (900–1000 м). Только отдельные высокие вершины и гребни способствуют формированию каменистых, мохово-лишайниковых и кустарниковых кедрово-стланиковых комплексов. Редко можно увидеть участки скальных останцов выветривания, состоящих из грубообломочного материала. Совсем нет следов древнего оледенения [50].

В ПНП наиболее типичны горно-таёжные ландшафты среднегорий разного фитоценотического состава. В южной части рассматриваемой территории преобладают горно-таёжные темнохвойные, подгорные и межгорных понижений таёжные темнохвойные природные комплексы. Юго-восточные склоны Приморского хребта и острова Ольхон занимают светлохвойные травянистые подгорные подтаёжные ландшафты и горнотаёжные сосновые с подлеском из рододендрона даурского. В долинах и котловинах Приольхонья также широко

представлены сосновые подтаежные ландшафты.

Степные и лесостепные ландшафты предгорий, подгорных шлейфов и долин наиболее характерны для Приольхонья и острова Ольхон, которые также местами поднимаются по склонам Приморского хребта до высоты 800 м. Их отличительной чертой можно назвать большое количество реликтовых эндемичных и редких видов растений и животных, специфичных сообществ и популяций. Эти экосистемы отличаются наибольшей заселённостью и преобразованностью человеком. Тажеранская группа сульфатных озёр в Приольхонье является уникальной, здесь сохранились типичные степи. А по склонам южной экспозиции невысоких прибрежных гор фиксируются безлесные остепнённые участки – «маряны».

Располагаясь в южных районах Иркутской области, ПНП попадает в самую густонаселённую и промышленную её часть, с которой связан автомобильными, железнодорожными, воздушными и водными путями. Вследствие указанного географического положения, характеризующегося близостью к промышленно-развитым центрам и крупным населённым пунктам, лёгкой транспортной доступностью, ландшафты ПНП подвергаются значительному антропогенному воздействию (АВ) [102, 103, 107, 114].

Сохранение уникальной экологической системы озера Байкал и предотвращение негативного воздействия хозяйственной деятельности на её состояние является целью экологического зонирования прилегающих к озеру Байкал территорий.

Экологическое зонирование Байкальской природной территории (БПТ) проводится в соответствии и во исполнение Федерального закона Российской Федерации (РФ) № 94 от 01.05.1999 г. «Об охране озера Байкал» [112], согласно которому «БПТ – территория, в состав которой входят озеро Байкал, водоохранная зона, прилегающая к озеру Байкал, его водосборная площадь в пределах территории РФ, особо охраняемые природные территории, прилегающие к озеру Байкал, а также прилегающая к озеру Байкал территория шириной до 200 км на запад и северо-запад от него. На БПТ выделяются

следующие экологические зоны:

- центральная экологическая зона – территория, которая включает в себя озеро Байкал с островами, прилегающую к озеру Байкал водоохранную зону, а также особо охраняемые природные территории, прилегающие к озеру Байкал;
- буферная экологическая зона – территория за пределами центральной экологической зоны, включающая в себя водосборную площадь озера Байкал в пределах территории РФ;
- экологическая зона атмосферного влияния – территория вне водосборной площади озера Байкал в пределах территории РФ шириной до 200 км на запад и северо-запад от него, на которой расположены хозяйственные объекты, деятельность которых оказывает негативное воздействие на уникальную экологическую систему озера Байкал» [112].

Границы БПТ утверждены Распоряжением Правительства РФ от 27 ноября 2006 г. № 1641-р [127].

По итогам комплексного сбора и обработки исходных материалов в таблицу 15 сведены основные источники АВ на геосистемы ПНП [103, 114].

Таблица 15 – Основные источники антропогенного воздействия для ПНП

Наименование	Тип природопользования	Рабочее состояние
В границах ПНП		
Населённые пункты (население и их хозяйственная деятельность)	Селитебное	Действующее
Туризм, рекреация	Рекреационное	Действующее
Сельское хозяйство	Сельскохозяйственное	Действующее
Лесное хозяйство (вырубки, гари)	Лесохозяйственное	Периодическое
Промысел (рыболовство, охота, сбор дикорастущего сырья)	Промышленное, Браконьерное, Любительское	Периодическое
Иркутское водохранилище, плотина ГЭС	Водохозяйственное	Действующее
Транспорт (железнодорожный, автомобильный, водный, воздушный)	Транспортное, Рекреационное	Действующее
Линии электропередач	Транспортно-Промышленное	Действующее
Центральная экологическая зона (ЦЭЗ):		
Месторождение «Бугульдейское»	Горнопромышленное	Остановленное
Месторождение «Ангасольское»	Горнопромышленное	Действующее

Продолжение таблицы 15

Наименование	Тип природопользования	Рабочее состояние
Участок, примыкающий с северо-востока к Ангасольскому месторождению	Горнопромышленное	Действующее
Месторождение «Буровщина»	Горнопромышленное	Действующее
Месторождение «Перевал»	Горнопромышленное	Действующее
Месторождение «Динамитное»	Горнопромышленное	Действующее
Промышленность и ЖКХ г. Слюдянка	Горнопромышленное	Действующее
Промышленность и ЖКХ пос. Култук	Горнопромышленное	Действующее
Промышленность и ЖКХ г. Байкальск	Промышленное	Остановленное
Экологическая зона атмосферного влияния (ЭЗАВ):		
Промышленность и ЖКХ г. Свирск	Промышленное	Действующее
Промышленность и ЖКХ г. Черемхово	Промышленное	Действующее
Промышленность и ЖКХ г. Усолье-Сибирское	Промышленное	Действующее
Промышленность и ЖКХ г. Ангарск	Промышленное	Действующее
Промышленность и ЖКХ г. Иркутск	Промышленное	Действующее
Промышленность и ЖКХ г. Шелехов	Промышленное	Действующее
Трубопроводный транспорт	Транспортное	Действующее

Селитебное воздействие.

В пределах ПНП расположены четыре посёлка городского типа и 46 населенных пунктов сельского типа, которые насчитывают 15 тыс. человек. Относительно близко с национальным парком находятся крупные города и пригородные территории с общей численностью населения более одного миллиона человек [40, 143] (рисунок 45, а, б). В связи со сложившимися природно-историческими и социально-экономическими условиями большая часть населения в ПНП занята в сферах сельского хозяйства и сезонного туризма, или же незаконного природопользования.

Рекреационное воздействие.

Озеро Байкал и его побережье является крупнейшим в Восточной Сибири центром российского и международного туризма. С каждым годом поток отечественных и зарубежных туристов увеличивается, при этом большая их часть посещает ПНП. Одними из самых посещаемых мест в ПНП и в Байкальском регионе (БР) считаются территории Приольхонья и острова Ольхон, особенно побережья пролива Малое Море, где сконцентрировано всё многообразие

природных ландшафтов байкальских берегов и других рекреационных ресурсов. Этот район в зависимости от погодных условий за лето посещают порядка 150 тысяч отдыхающих [104, 118].



а)



б)

Рисунок 45 – Населённые пункты:

а) посёлок Сарма; б) г. Иркутск

В самых популярных местах отдыха (бухта Песчаная, остров Ольхон и Приольхонье, в т. ч. побережье пролива Малое море) наблюдаются высокие нагрузки на природные комплексы [126, 132]. Они характеризуются значительной степенью замусоренности, деградацией почвенно-растительного покрова, сбросом стоков и т. д. Побережья озера практически повсюду застраиваются турбазами, частными коттеджами, гостиницами и др. При сохранении такой тенденции, не останется свободного подхода к озеру (рисунок 46, а, б).

Также массовое развитие нерегулируемого туризма, как правило, в большинстве случаев становится причиной лесных пожаров.

Таким образом, в результате неорганизованной туристической деятельности и проживания местного населения природные ландшафты района подвержены значительному АВ.

Лесохозяйственное воздействие.

Вырубки леса запрещены в ПНП, но единичные экземпляры определяются на космическом снимке Landsat 5 за 1995 г. Большая их часть была зафиксирована

на острове Ольхон: восточнее озера Шара-Нур, несколько лесных просек – восточнее посёлка Хужир (см. рисунок 28, *а*) [98–100].

Горелые участки леса (гари) были выделены на космических снимках 1991–2015 гг. (см. рисунки 25, *а*; 28, *б*). С их помощью и во время полевых маршрутов было обнаружено большое количество последствий пожаров на юге ПНП, а также в Приольхонье и на острове Ольхон (рисунок 47, *а*, *б*).

*а)**б)*

Рисунок 46 – Рекреационное воздействие в ПНП:

а) палаточный лагерь; б) застройка турбазами

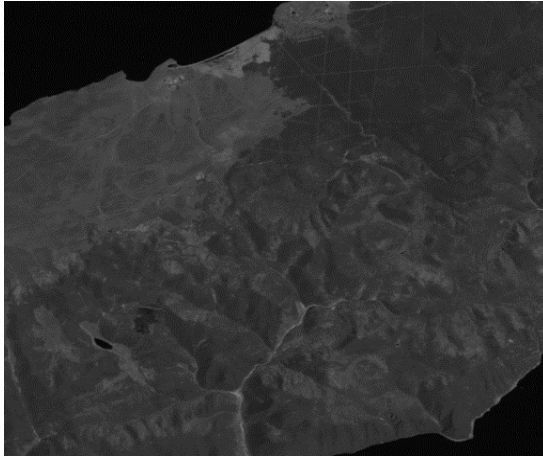
*а)**б)*

Рисунок 47 – Горелые участки леса (гари) в ПНП:

а) свежие; б) зарастающие

Сельскохозяйственное воздействие.

Сельскохозяйственная деятельность в виде земледелия и скотоводства, была развита в ПНП до его образования, преимущественно в Ольхонском районе (см. рисунок 26, *а, б*). На снимке Landsat 5 за 1995 г. (канал 4) пашни обнаруживаются не явно, что объясняется их заброшенностью и зарастанием. Сегодня в степных геосистемах сохраняется выпас скота (рисунок 48, *а, б*).



а)



б)

Рисунок 48 – Сельскохозяйственное воздействие в ПНП:

а) зарастающие пашни на острове Ольхон; б) выпас скота

Транспортное воздействие, линии электропередач (ЛЭП).

Короткий промежуток Транссибирской железнодорожной магистрали (от станции Андриановской до остановочного пункта Земляничный) расположен в непосредственной близости к территории юго-западного края национального парка [141]. К этой части путей сообщений примыкает разработка месторождений щебня, что увеличивает отрицательное АВ на ландшафты ПНП.

Кругобайкальская железная дорога (КБЖД, «Кругобайкалка»), проложенная в начале XX в. вдоль северного берега Южного Байкала, некогда относилась к Транссибирской магистрали (рисунок 49, *а*), но часть её полотна от г. Иркутска до посёлка Байкал была затоплена при образовании Иркутского водохранилища в 1956 г. [71].

В виду того, что вдоль КБЖД насчитывается 582 памятника инженерного

искусства, 172 памятника архитектуры, 16 археологических и 46 памятников природы этот уникальный объект принят под государственную охрану с 1980 г. В 1986 г. большая часть «Кругобайкалки» вошла в границы ПНП, в 1995 г. – в перечень объектов исторического и культурного общероссийского значения как памятник архитектуры и градостроительства, в 1996 г. – в территорию объекта всемирного природного наследия ЮНЕСКО «Озеро Байкал».



а)



б)

Рисунок 49 – Транспортное воздействие и ЛЭП:

а) КБЖД; б) ЛЭП вблизи посёлка Сарма

Автомобильные дороги регионального уровня в границах парка проложены от г. Иркутска до посёлков Листвянка, Большое Голоустное, Хужир и Кочерикова. Дорожное полотно федеральной трассы М-55, хоть не проходит в пределах парка, но находится слишком рядом к его юго-западной части, что негативно сказывается на прилегающие ландшафты ПНП [103, 141].

Кроме этого, Байкал вместе с притоками считаются водными путями в регионе. Вдоль его побережья построено несколько портов и пристаней: Байкал, Большие Коты, Большое Голоустное, бухта Песчаная, Листвянка, Сахюрта, Хужир и др. На 2015 г. на Байкале было официально зарегистрировано 239 судов (около 80 % которых владельцами являются частные лица) [30, 40]. Значение озёрного флота заключается, главным образом, в перевозке пассажиров и грузов, в т. ч. для целей рыбной ловли и научных исследований. Навигационный период

действует с середины июня по ноябрь. При этом прибрежная зона парка подвержена негативному воздействию со стороны водного транспорта.

Также вдоль основных дорог к наиболее крупным населённым пунктам проведены ЛЭП и связи (рисунок 49, б).

Водохозяйственное воздействие.

Величина среднего многолетнего уровня озера Байкал до момента образования Иркутского водохранилища составляла 454,5 м над уровнем моря. Строительство плотины Иркутской ГЭС на реке Ангаре и создание Иркутского водохранилища вызвали поднятие уровня озера и увеличение амплитуды его колебаний приблизительно на 1 м, что привело к процессам затопления земель, размыва берегов, увеличения осадконакопления и мутности вод, уничтожения традиционных мелководий, где обитают и нерестятся ценные промысловые виды рыб. При этом в озере сформировалась так называемая технологическая зона, которая при достижении водохранилищем максимального проектного форсированного уровня время от времени напитывалась влагой или затапливалась. К тому же, был значительно повышен уровень подземных и грунтовых вод, подтапливающих близлежащие населённые пункты [4, 29, 103].

Промышленное воздействие.

В южную часть ПНП из Иркутско-Черемховской промышленного узла (ЭЗАВ БПТ) поступает около 70 тыс. т выбросов в год (до 10 %). При этом климатические и орографические условия котловины озера отличаются тем, что способствуют накоплению вредных веществ в ней. На эту территорию приходится 56,6 % суммарных воздушных загрязнений по всему озеру [30, 31]. Главная доля до 2013 г. принадлежала Байкальскому целлюлозно-бумажному комбинату (ЦБК) и его ТЭЦ (рисунок 50, а), сегодня – это горнодобывающие предприятия Слюдянского района и многочисленные котельные населённых пунктов. Некоторую часть в аэровыбросы поставляет автомобильный транспорт. Примерно 30 % загрязнений воздуха переносится потоками глобального переноса.

Горнодобывающее воздействие.

Слюдянский горно-рудный район – старейший в Восточной Сибири. «До

1971 г. разрабатывались месторождения слюды-флогопита. В настоящее время на месторождении Перевал добываются цементные мраморы, на Динамитном – декоративный мраморный щебень, на Буровщине – облицовочные мраморы... Периодически ведётся добыча лазурита на Малобыстринском месторождении» [120, с. 57].

Недалеко от границ ПНП, в 4 км от берега озера Байкала ведётся разработка месторождений щебня из природного камня (граниты и мегматиты): «Ангасольское» и «Участок, примыкающий с северо-востока к Ангасольскому месторождению (рисунок 50, б). Строительный материал добывается с 1957 г., а с 1981 г. был введён в эксплуатацию Ангасольский щебёночный завод [3, 40].

В 2 км от села Бугульдейка, рядом с ПНП имеется «Бугульдейское» месторождение облицовочного мрамора. Его запасы оцениваются до 10 млн. м³, которые отличаются высокими декоративными качествами [28]. В связи с тем, что месторождение находится в ЦЭЗ БПТ, в которой установлен режим ограниченного природопользования, добыча сырья была свёрнута. Также, здесь запрещено осваивать новые месторождения и предлагается решить вопрос о прекращении работы на действующих предприятиях.



а)



б)

Рисунок 50 – Промышленное воздействие в ЦЭЗ БПТ:

а) Байкальский ЦБК (2012 г.); б) отвалы Ангасольского месторождения

4.2 Карта «Антропогенное воздействие на ландшафты Прибайкальского национального парка»

На основе собранной БД, которая в свою очередь является инвентаризационной пространственной моделью территории, средствами геоинформационного картографирования происходит формирование производных картографических материалов, а именно непосредственное графическое составление карт с отображением картографической основы и тематического содержания.

Карта «АВ на ландшафты ПНП» создана в масштабе 1 : 750 000 (в 1 см – 7,5 км), используя картографическую проекцию долгота/широта WGS 84 (рисунки 51–52, Приложение Б).



Рисунок 51 – Фрагмент карты «Антропогенное воздействие на ландшафты Прибайкальского национального парка»

Антропогенное воздействие на природные ландшафты

Условный знак	Наименование ландшафта	Типы антропогенного воздействия
Североазиатские гольцовые и таёжные		
	Гольцовые тундровые и альпийские, подгольцовые кустарниковые, листовично-редколесные, каменисто-берёзовые и темнохвойно-редколесные	Рекреационно-туристическое, в т.ч. охота, сбор дикоросов*. Природоохранное
Горнотаёжные Байкало-Джуджурские		
	Горнотаёжные листовичные	Рекреационно-туристическое, в т.ч. охота, сбор дикоросов*. Лесохозяйственное. Селитбное. Транспортное. Природоохранное
Горнотаёжные Южно-Сибирские		
	Горнотаёжные темнохвойные	Рекреационно-туристическое, в т.ч. охота, сбор дикоросов*. Лесохозяйственное. Селитбное. Транспортное. Природоохранное
	Подгорные и межгорных понижений таёжные темнохвойные	Рекреационно-туристическое, в т.ч. охота, сбор дикоросов*. Лесохозяйственное. Селитбное. Транспортное. Природоохранное
	Горнотаёжные сосновые	Рекреационно-туристическое, в т.ч. охота, сбор дикоросов*. Лесохозяйственное. Селитбное. Транспортное. Природоохранное
	Подгорные подтаёжные сосновые и листовично-сосновые	Рекреационно-туристическое, в т.ч. охота, сбор дикоросов*. Лесохозяйственное. Селитбное. Транспортное. Природоохранное
Центрально-азиатские степные		
Горные западнобайкальские даурского типа		
	Горно-степные	Рекреационно-туристическое, в т.ч. охота, сбор дикоросов*. Сельскохозяйственное. Селитбное. Транспортное. Природоохранное
	Подгорные межгорных понижений и долин степные	Рекреационно-туристическое, в т.ч. охота, сбор дикоросов*. Сельскохозяйственное. Селитбное. Транспортное. Природоохранное

Лесохозяйственное воздействие
Участки горелого леса площадью менее 1,5 кв.км

- Свежие
- Зарастающие

Участки горелого леса площадью 1,5 кв.км и более

- Свежие
- Зарастающие

Вырубки

- Зарастающие

Транспортное воздействие

Дороги

- Автомобильные с покрытием
- Автомобильные без покрытия
- Железные

Водохозяйственное воздействие

Береговая линия оз. Байкал и Иркутского водохранилища, в связи с поднятием уровня воды после создания плотины Иркутской ГЭС

- Плотина Иркутской ГЭС

Природоохранное воздействие

- Граница Прибайкальского национального парка

Байкальская природная территория

- Центральная экологическая зона
- Экологическая зона атмосферного влияния
- Буферная экологическая зона

Селитбное воздействие
Населённые пункты по числу жителей и тпгу

- более 100 000
- 10 000 - 100 000
- 1 000 - 10 000
- 100 - 1 000
- 0 - 100

ШЕЛЕХОВ

- Посёлки городского типа
- Посёлки сельского типа

Отраслевая структура населённых пунктов

- Сельское хозяйство
- Лесное хозяйство
- Транспорт
- Туризм и рекреация

Рекреационное воздействие

Количество турбаз

- 30 - 35
- 15 - 20
- 11 - 15
- 6 - 10
- 1 - 5

Сельскохозяйственное воздействие

- Выпас скота
- Зарастающие пашни

Общегеографические элементы

- Рельеф**
 - Горизонтали
 - 932 - Отметки высот
 - Скалы и скалистые обрывы
- Гидрография**
 - Озёра, водохранилища, крупные реки
 - Мелкие реки
- Административные границы**
 - Государственная граница
 - Субъектов РФ

Рисунок 52 – Легенда карты «Антропогенное воздействие на ландшафты Прибайкальского национального парка»

Масштаб карты наиболее оптимален для полного охвата всей территории ПНП [102, 103, 107], что предоставляет возможности для анализа общих условий формирования и развития экологического состояния природных комплексов парка, а именно:

- инвентаризации главных источников АВ на ландшафты ПНП;
- получении справочной информации;
- характеристике факторов АВ, формирующих экологический фон территории, их пространственного распределения, состава и их сочетания.

Цифровая карта, подобно другим тематическим картам, содержит картографическую и тематическую основы.

Топографические элементы карты показаны способами картографического отображения, разработанными для обзорных топографических карт. Рельеф представлен изолинейным способом, горизонтали проведены через 100 м. Качественным фоном выражены скалы и скалистые обрывы, а также объекты гидрографии: озёра, водохранилища и крупные реки. Мелкие реки и административные границы выполнены способом линейных знаков.

С ранее указанной ландшафтной карты были перенесены взаимное расположение основных ландшафтных выделов, с учётом их классификации и иерархии, а также принятой системы условных знаков (цветовой гаммы). Таким образом, соблюдено условие того, что фоновые элементы карты отвечают принципам ландшафтного отображения на картах. Разделение ландшафтных единиц по условиям развития не играет важной роли на карте «АВ на ландшафты ПНП», поэтому часть ландшафтных выделов были объединены.

Тематическая основа карты представлена различными типами АВ: селитебным, транспортным, рекреационным, лесо-, сельско- и водохозяйственным, природоохранным.

Населённые пункты являются элементами раздела «Селитебное воздействие». Объекты, в соответствии с размером и шрифтом подписи к названию, представлены городами, посёлками городского и сельского типа. На карте пункты показаны способом значков и обозначены кружками с весом. На

территории парка пункты имеют структурный знак, раскрывающий их специализацию по отраслям экономики (транспорт, лесное или сельское хозяйство, туризм и рекреация).

Количественная характеристика функционирующих туристических баз на определённых посещаемых участках парка образуют раздел «Рекреационное воздействие». Центрами туризма в парке являются остров Ольхон, побережье пролива Малое море, посёлок Листвянка, бухта Песчаная и другие, которые представлены на карте значками турбаз с весом.

Раздел «Сельскохозяйственное воздействие» содержит объекты растениеводства и животноводства: зарастающие пашни, сенокосы и пастбища (выпас скота), – представленные способом значков.

Объектами раздела «Лесохозяйственное воздействие» являются участки горелых и вырубленных лесов в разной стадии восстановления (свежие и зарастающие). Учитывая масштаб карты и площадные характеристики объектов, участки гарей площадью 1,5 км² и более показаны способом качественного фона, участки гарей и вырубок площадью – менее 1,5 км² значковым способом.

Раздел «Транспортное воздействие» образован различными типами путей сообщений: железными и автомобильными без покрытия, включая тропы, и с покрытием дорогами, изображённых линиями разной структуры и толщины.

Негативному АВ, связанному с подъёмом уровня озера Байкал после строительства плотины Иркутской ГЭС, подвержена береговая линия озера Байкал и Иркутского водохранилища, которая относится к разделу «Водохозяйственное воздействие» и отображена способом линейного знака.

Раздел «Природоохранное воздействие» характеризуется границей ПНП, отображенной сплошной линией и примыкающими к ней поперечными отрезками, размещённых через определенное расстояние, и зонированием БПТ, экологические зоны которой показанные качественным фоном.

Для карты разработано содержание легенды, особенностью которой является группировка ландшафтов и АВ по типам природопользования (см рисунок 50). Согласно теории картографической семиотики система условных

обозначений разработана с учетом состава и структуры легенды комплексных географических карт.

Карта дополнена картой-врезкой, дающей представление о географическом положении ПНП и БПТ в БР, в состав которого входят Иркутская область, Республика Бурятия, Забайкальский край. Условные обозначения карты-врезки полностью соответствуют условным обозначениям основной карты.

Таким образом, карта «АВ на ландшафты ПНП» является одним из результатов визуализации геоинформационной БД ПНП, в результате чего:

- выявлены основные источники АВ на ландшафты ПНП, определяющие экологический фон его территории;

- разработаны содержание и структура карт АВ на ландшафты ООПТ.

Значение карты «АВ на ландшафты ПНП» связано с её использованием:

- в целях мониторинга и управления рекреационной и природоохранной деятельностью, при постановке научных исследований в ПНП,

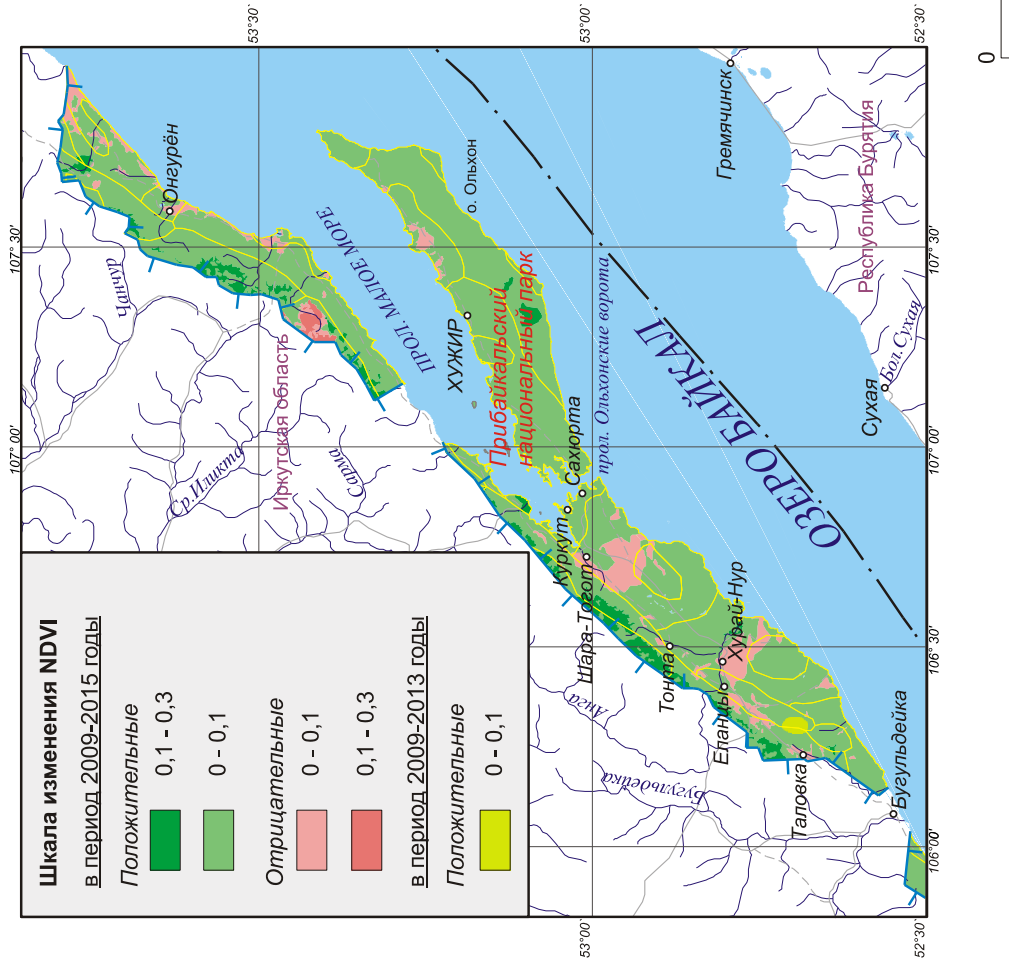
- для образовательных целей на территориях Иркутской области и Республики Бурятия,

- а также для широкого круга пользователей в качестве научного и популярного пособия по географии, экологии, охране природы и краеведению.

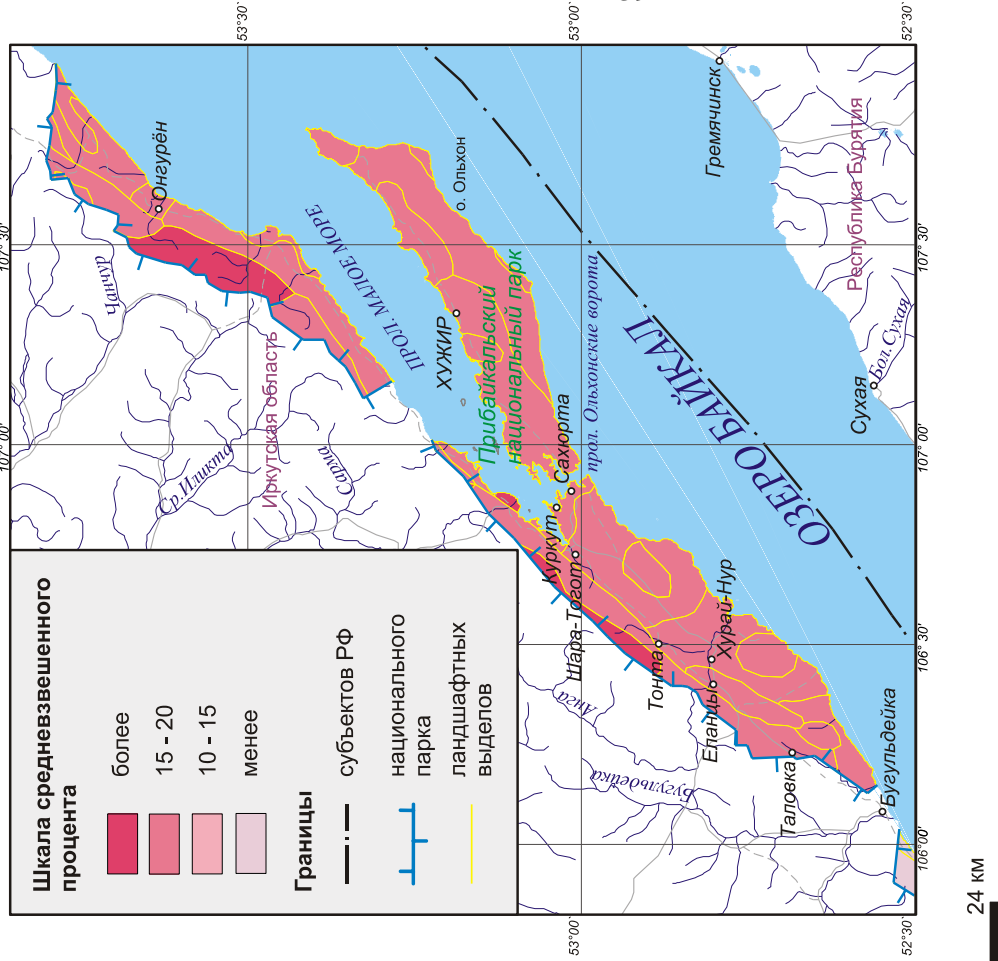
4.3 Аналитические ландшафтно-экологические карты территории Приольхонья и острова Ольхон

По результатам ГИС-анализа и геомоделирования (ветви А и Б) созданы аналитические карты территории Приольхонья и острова Ольхон [98, 99, 104].

Картографические основы полученных аналитических карт складываются из топографических элементов и математической основы, главной частью которой считается выбор масштаба карты. Так, карты созданы, используя картографическую проекцию долгота/широта WGS 84, в масштабе 1 : 1 200 000 (в 1 см – 1,2 км) (рисунок 53, а, б; Приложение В).



а)



б)

Рисунок 8 – Серия аналитических карт за период 2009–2015 гг.

а) карта изменений NDVI в ландшафтах Приольхонья и острова Ольхон

б) карта средневзвешенных значений процента изменённости ландшафтов Приольхонья и острова Ольхон

Для картографической основы из цифровой топографической карты масштаба 1 :1 000 000 заимствованы слои населённых пунктов, дорог, гидрографии, административных границ.

Содержание тематических основ карт состоит из линейных границ ПНП и ландшафтов выделов, ранее созданных для карты «АВ на ландшафты ПНП», и количественных показателей.

На «Карте изменений NDVI» (см. рисунок 53, *а*) способом количественного фона отражено пространственное распределение изменений NDVI, выраженных двумя положительными и двумя отрицательными диапазонами значений от 0 до 0,3. В юго-западной части исследуемой территории представлен участок значений изменения NDVI за период 2009–2013 гг., в связи с использованием маски [104].

Для отображения величин средневзвешенной изменённости ландшафтов построена картографическая поверхность «Диапазоны» (см. рисунок 53, *б*) с равными интервалами значений от менее 10 до более 20, выраженных в процентах. Для каждого ландшафтного выдела данный показатель продемонстрирован способом количественного фона.

На готовые слои привязана электронная ландшафтная карта. На предложенных картах линейным способом обозначены их границы, при этом в атрибутивной таблице слоя проставлены порядковые номера выделов.

Наибольшая изменённость растительности в структуре ландшафтов Приольхонья и острова Ольхон в период 1995–2015 гг., как положительная, так и отрицательная, наблюдается в местах лесных пожаров. Приуроченность изменённости в большей степени характерно для горнотаёжных и гольцовых ландшафтов, в меньшей степени – для степных. Результаты картографического отображения средневзвешенных значений процента изменённости варьируют в интервале 13,14–21,84 %, что показывает небольшую величину амплитуды, так как территория является одновременно и природоохранной и рекреационной.

Участки, обладающие большей величиной средневзвешенных значений процента изменённости ландшафтов, тяготеют к местам интенсивной хозяйственной деятельности человека: населённым пунктам, промышленным и

сельскохозяйственным территориям, площадям по добыче и производству полезных ископаемых, – которые на территории парка имеют локальный характер и для автоматизированного обнаружения требуют более высокого разрешения дистанционных материалов.

Немало важную роль играет технология обработки космических снимков. В результате расчётов индексных изображений получают относительные показатели спектральной яркости объектов, в отличие от исходных снимков с абсолютными значениями.

Карты пространственного распределения лесной растительности острова Ольхон за 1995, 2009 гг. (рисунок 54), а также карта изменений пространственного распределения лесной растительности острова Ольхон за период времени 1995–2015 гг. (рисунок 55) были составлены способом псевдоизолиний [98, 99].

Содержание легенд разработанных карт представлено тематическими блоками, особенностью которых является отображение количественных показателей в виде шкал значений.

С помощью полученных карт выявлены пространственные изменения лесной растительности острова Ольхон: максимальная отрицательная динамика лесного покрова отмечается в юго-восточной части острова, а самая высокая положительная – в центральной части (восточнее посёлка Хужир).

Таким образом, созданные с помощью ГИС и ДЗЗ карты служат основой для проведения научно-прикладных разработок (в т. ч. картографических):

- проведение оценки и мониторинг состояния ландшафтов,
- районирование территорий по степени экологической опасности, нарушенности природных комплексов и т. д.
- разработка рекомендаций для проведения природоохранных мероприятий,
- экологическая экспертиза проектов строительства или другого хозяйственного освоения территории с возможными последствиями для природы и здоровья населения [107].

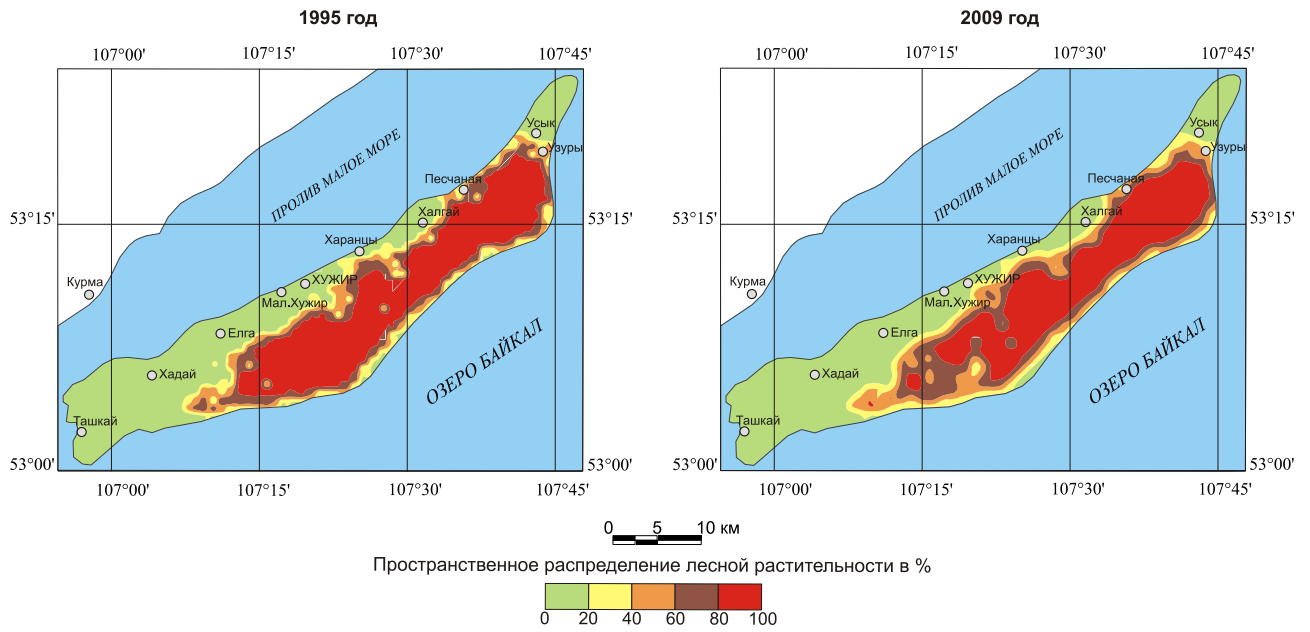


Рисунок 53 – Карты пространственного распределения лесной растительности острова Ольхон

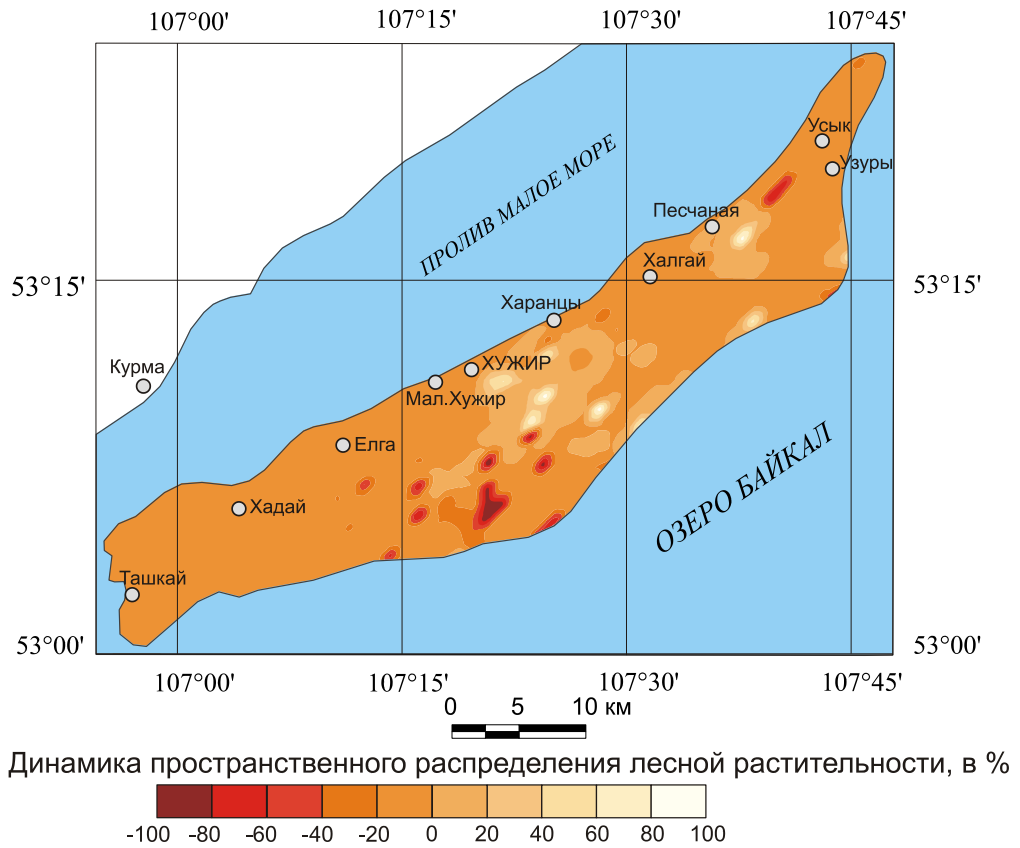


Рисунок 54 – Карта изменения пространственного распределения лесной растительности острова Ольхон в период 1995–2009 гг.

4.4 Выводы по четвёртому разделу

Уникальные ландшафты ПНП подвержены значительному влиянию хозяйственной деятельности человека, что требует научно обоснованного выбора источников АВ на ландшафты ПНП, а также качественного и количественного анализа пространственно-временной динамики их состояния в виде картографических моделей.

Карта «АВ на ландшафты ПНП» является одним из результатов визуализации геоинформационной БД АВ на ландшафты ПНП, что способствует решению задач:

- инвентаризации источников АВ на ландшафты ПНП и получении справочной информации об экологическом состоянии территории;
- характеристике факторов АВ, формирующих экологический фон территории, их пространственного распределения, состава и их сочетания.

Тематическое содержание созданных ЛЭК АВ представлено границами ПНП, природных ландшафтов, экологических зон, различными типами АВ: селитебным, транспортным, рекреационным, лесо-, сельско- и водохозяйственным, природоохранным, – а также количественными показателями лесной растительности и структурной изменённости ландшафтов, что в дальнейшем будет способствовать при разработке и составлении комплексных и прогнозных ЛЭК ООПТ.

Аналитические ЛЭК АВ – результат многостороннего пространственного ГИС-анализа и геоинформационного моделирования, позволивший проанализировать пространственно-временную и количественно-временную динамику лесной растительности и средневзвешенных значений процента изменённости ландшафтов Приольхонья и острова Ольхон. Разработанные карты дают представление о скорости и степени изменённости ландшафтов ПНП, позволяющие проводить регулирование и управление природоохранными мероприятиями в парке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведения диссертационного исследования достигнута основная его цель: разработана методика и технологическая схема создания ландшафтно-экологических карт антропогенного воздействия на особо охраняемые природные территории для их управления.

Итоги диссертационного исследования:

– проанализированы состояние и проблемы ландшафтно-экологического картографирования как ключевого направления комплексного экологического картографирования. При этом описан существующий опыт изучения методологии картографического отображения границ ландшафтов и типизации АВ, которые были положены в разработку научно-методических основ создания ЛЭК АВ на природоохранные территории;

– разработана методика создания ЛЭК АВ на ООПТ, представляющая совокупность методов сбора и обработки разнородных картографических материалов, которая позволяет выбирать оптимальный вариант картографической и тематической основы на принципах генерализации. Большое значение при ландшафтно-экологическом картографировании имеют разновременные данные космических съемок как объективный способ исследования динамики растительного покрова;

– разработана технологическая схема создания ЛЭК АВ на ООПТ с использованием данных ГИС и ДЗЗ, которая позволяет получить картографические модели экологических ситуаций – изменённости NDVI в ландшафтах и средневзвешенных значений процента изменённости ландшафтов, изменения пространственного распределения лесной растительности;

– создана и апробирована на территории ПНП серия ЛЭК АВ для информационной поддержки задач управления ООПТ, в т. ч. для обеспечения инвентаризационной и оценочными картами природоохранной и рекреационной деятельности.

Таким образом, перспективы геоинформационного ландшафтно-экологического картографирования АВ связаны с совершенствованием организации и внедрением в развитие природоохранной и рекреационной деятельности на ООПТ, экологического туризма, а также с разработкой и созданием экологических ГИС в сферах управления, науки и образования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Абалаков, А. Д. Современная концепция развития системы ООПТ России и её преломление в заповедниках и национальных парках Байкальского региона [Текст] / А. Д. Абалаков, А. М. Лехатинов, М. Е. Овдин // Тункинскому национальному парку – 20 лет; природоохранная деятельность в современном обществе : материалы Междунар. научно-практ. конф. – Иркутск : Изд-во Ин-та географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2011. – С. 14–23.
- 2 Абдулкасимов, А. Применение космоснимков при ландшафтном картографировании Кураминского хребта и прилегающих равнин [Текст] / А. Абдулкасимов, Р. Абдуназаров, К. С. Ярашев // Молодой ученый. – 2012. – № 3. – С. 131–132.
- 3 Ангасольский щебёночный завод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.1pnr.ru/filials/angasolka>.
- 4 Атлас Байкала [Карты] / под ред. Г. И. Галазия. – М. : ФСГКР, 1993. – 160 с.
- 5 Атмосферная коррекция по методу DOS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gis-lab.info/qa/atcorr-dos.html>.
- 6 Байкало-Ленский заповедник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.irkobl.ru/sites/baikal/monitoring/kadastr/oopt/baikalolensk/>.
- 7 Байкальская природная территория [Карта-Электронный ресурс]. – Режим доступа: [<http://geol.irk.ru/baikal/>].
- 8 Батуев, А. Р. Картографическое обеспечение регионального развития [Текст] : автореф. дис. д-ра. геогр. наук : 25.00.33 / Батуев Александр Раднажалович. – М., 2003. – 50 с.
- 9 Берг, Л. С. Опыт разделения Сибири и Туркестана на ландшафтные и морфологические области [Текст] / Л. С. Берг // Сборник в честь 70-летия проф. Д. Н. Анучина. – М., 1913. – С. 117–151.
- 10 Беркин, Н. С. Байкаловедение [Текст] : учеб. пособие / Н. С. Беркин, А. А. Макаров, О. Т. Русинек. – Иркутск : Изд-во Ирк. гос. ун-та, 2009. – 291 с.

11 Берлянт, А. М. Картография [Текст] : учебник для вузов / А. М. Берлянт. – М. : Аспект Пресс, 2002. – 336 с.

12 Бешенцев, А. Н. Геоинформационная оценка динамических процессов в геосистемах [Текст] / А. Н. Бешенцев // Динамика геосистем и оптимизация природопользования : материалы междунар. конф. – Иркутск : Изд-во ИГ СО РАН, 2010. – С. 35–37.

13 Бешенцев, А. Н. Модернизация картографического метода исследования [Текст] / А. Н. Бешенцев // Геодезия и картография. – 2011. – № 2. – С. 19–23.

14 Билич, Ю. С. Проектирование и составление карт [Текст] / Ю. С. Билич, А. С. Васмут / под ред. Л. М. Бугаевского. – М. : Недра, 1984. – 365 с.

15 Бобра, Т. В. Выявление и картографирование ландшафтных границ [Текст] / Т. В. Бобра // Ученые записки Тавр. нац. ун-та им. В. И. Вернадского. – 2000. – Вып. 1. – С. 20–22.

16 Бобра, Т. В. К вопросу о понятиях «граница» – «экотон» – «геоэкотон» в географии [Текст] / Т. В. Бобра // Культура народов Причерноморья. – 2006. – № 79. – С. 7–12.

17 Бобра, Т. В. Ландшафтные границы: подходы к анализу и картографированию [Текст] / Т. В. Бобра. – Симферополь : Таврия-Плюс, 2001–165 с.

18 Бобра, Т. В. Признаки и функции ландшафтных границ [Текст] / Т. В. Бобра // Ученые записки Тавр. нац. ун-та им. В. И. Вернадского. Сер. География. – 1999. – Т. 12 (51), № 1. – С. 45–54.

19 Бобра, Т. В. Проблема изучения геоэкотонов и экотонизации геопространства в современной географии [Текст] / Т. В. Бобра // Ученые записки Тавр. нац. ун-та им. В. И. Вернадского. Сер. География. – 2004. – Т.17(56), № 3.– С. 35–43.

20 Бузмаков, С. А. Состояние региональных особо охраняемых природных территорий Пермского края [Текст] / С. А. Бузмаков, А. А. Зайцев // Вестник Удмуртского университета. Биология. Науки о Земле. – 2011. – Вып. 3. – С. 3–12.

21 Буров, В. Н. Экология [Текст] : учеб. пособие / В. Н. Буров, В. А. Малинников. – М. : Изд-во МИИГАиК, 2008. – 220 с.

22 Бухаров, М. В. Анализ соответствия между результатами автоматизированной метеорологической дешифровки информации с геостационарного спутника и данными МРЛ [Текст] / М. В. Бухаров, Д. В. Говоров // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2008. – Т. 1, № 5. – С. 419–423.

23 Верещака, Т. В. Концептуальные основы экологического содержания топографических карт [Текст] / Т. В. Верещака // Геодезия и картография. – 2016. – № 9. – С. 48–53.

24 Верещака, Т. В. Топографические карты в системе экодиагностики территории: оценка антропогенных воздействий [Текст] / Т. В. Верещака, Г. А. Качаев // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2011. – № 5. – С. 54–64.

25 Верещака, Т. В. Экологическое прочтение топографических карт [Текст] / Т. В. Верещака // Интерэкспо-ГЕО Сибирь-2017 : материалы Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – Т. 2. – С. 3–8.

26 Визуальные методы дешифрирования [Текст] / Т. В. Верещака, А. Т. Зверев, С. А. Сладкопечев, С. С. Судакова. – М. : Недра, 1990. – 341 с.

27 Виноградов, Б. В. Основы ландшафтной экологии [Текст] / Б. В. Виноградов. – М.: ГЕОС, 1998. – 418 с.

28 Винокуров, М. А. Экономика Иркутской области [Текст] : в 4 т. / М. А. Винокуров, А. П. Суходолов. – Иркутск : Изд-во БГУЭП (ИГЭА), 1998. – Т. 1. – 276 с.

29 Винокуров, М. А. Экономика Иркутской области [Текст] : в 4 т. / М. А. Винокуров, А. П. Суходолов. – Иркутск : Изд-во БГУЭП (ИГЭА), 2002. – Т. 3. – 432 с.

30 Винокуров, М. А. Экономика Иркутской области [Текст] : в 4 т. / М. А. Винокуров, А. П. Суходолов. – Иркутск : Изд-во БГУЭП (ИГЭА), 2004. – Т. 4. – 248 с.

31 Вологжина, С. Ж. Оценка пространственно-временного распределения антропогенных примесей в атмосфере Прибайкалья [Текст] : дис... канд. геогр. наук: 25.00.36 / Вологжина Саяна Жамсарановна. – Иркутск, 2012. – 176 с.

32 Востокова, Е. А. Экологическое картографирование на основе космической информации [Текст] / Е. А. Востокова, Л. А. Шевченко, В. А. Сушня. – М. : Недра, 1988. – 223 с.

33 Гаврилова, И. И. Основы топографии [Текст] : учеб. пособие / И. И. Гаврилова. – Тверь : Твер. гос. ун-т, 2005. – 132 с.

34 Географическое картографирование: карты природы : учебное пособие [Текст] / Под. ред. Е. А. Божилиной. – М.: КДУ, 2010. – 316 с.

35 География из космоса [Текст] : учебно-метод. пособие / В. П. Савиных, В. А. Малинников, С. А. Сладкопечев, Э. М. Цыпина. – М. : Московский гос. ун-т геодезии и картографии, 2000. – 224 с.

36 Геоинформатика [Электронный ресурс] : толковый слов. основных терминов / Ю. Б. Баранов, А. М. Берлянт, Е. Г. Капралов, А. В. Кошкарев, Б. Б. Серапинас, Ю. А. Филиппов. – Режим доступа: <http://www.gisa.ru/geoinfoslovar.html>.

37 Геоинформационное ландшафтно-экологическое картографирование бассейна озера Байкал (в пределах России и Монголии) / В. М. Плюснин, Т. И. Кузнецова, А. Р. Батуев, Д. А. Лопаткин [Текст] // Геодезия и картография. – 2015. – № 8. – С. 29–37.

38 Геоэкологическая карта Астраханской области [Карты] / отв. ред. : Б. Н. Кочуров, Н. И. Воронин ; под общ. ред. В. М. Котлякова, Н. Ф. Глазовского. – М. : Астрахань, 2003. – 1 к.

39 Голубев, Г. Н. Современные ландшафты мира [Текст] : учебник / Г. Н. Голубев. – М. : ГЕОС, 1999. – 338 с.

40 Государственный доклад о состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2005-2015 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://geol.irk.ru/baikal/>.

41 Деловое Приангарье. Туристско-гостиничный бизнес: статистический

справочник (сборник) [Текст] / Федер. служба гос. статистики. – Иркутск : ИРКУТСКСТАТ, 2011. – 59 с.

42 Дешифрирование многозональных космических снимков. Методика и результаты [Текст]. – М. ; Берлин : Наука ; Akademie-VerlagBerlin, 1982. – 85 с.

43 Елсаков, В. В. Автоматизированное дешифрирование аэрокосмических изображений [Текст] : учеб. пособие / В. В. Елсаков, Д. В. Кириллов. – Сыктывкар : СЛИ, 2013. – 44 с.

44 Жуков, В. Т. Компьютерное геоэкологическое картографирование [Текст] / В. Т. Жуков, Б. А. Новаковский, А. Н. Чумаченко. – М. : Научный мир, 1999. – 128 с.

45 Залетаев, В. С. Экотонные экосистемы как географическое явление и проблема экотонизации биосферы [Текст] / В. С. Залетаев // Современные проблемы географии экосистем. – М., 1984. – С. 53–55.

46 Заповедное Прибайкалье [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.baikal-1.ru/nature/territory>.

47 Заруцкая, И. П. Картографирование природных условий и ресурсов [Текст] : учебник / И. П. Заруцкая, Н. В. Красильникова. – М. : МГУ, 1988. – 299 с.

48 Заруцкая, И. П. Проектирование и составление карт. Карты природы [Текст] : учебник / И. П. Заруцкая, Н. В. Красильникова. – М. : МГУ, 1989. – 296 с.

49 Игенбаева, Н. О. Методика оценки антропогенных нагрузок на ландшафты (на примере лесостепи Омского Прииртышья) [Текст] / Н. О. Игенбаева // Ландшафтоведение: теория, методы, региональные исследования, практика : материалы XI Междунар. ландшафт. конф. – М. : Геогр. фак. МГУ, 2006. – С. 101–103.

50 Иметхенов, О. А. Ландшафты // [Электронный ресурс] / О. А. Иметхенов. – Режим доступа: <http://www.baikalfund.ru/baikal/geography/nature/index.wbp>.

51 Иркутская область (природные условия административных районов) [Текст] / Н. С. Беркин, С. А. Филиппова, В. М. Бояркин, А. М. Наумова, Г. В. Руденко. – Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 1993. – 304 с.

- 52 Исаченко, А. Г. Введение в экологическую географию [Текст] : учеб. пособие / А. Г. Исаченко. – СПб. : Изд-во СПб. ун-та, 2003. – 192 с.
- 53 Исаченко, А. Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование [Текст] / А. Г. Исаченко. – М. : Высш. шк., 1991. – 366 с.
- 54 Исаченко, А. Г. Методы прикладных ландшафтных исследований [Текст] / А. Г. Исаченко. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1980. – 222 с.
- 55 Исаченко, А. Г. Теория и методология географической науки [Текст] : учеб. для студ. вузов / А. Г. Исаченко. – М. : Академия, 2004. – 400 с.
- 56 Исаченко, А. Г. Физико-географическое картирование [Текст] / А. Г. Исаченко. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1958.– Ч. 1.– 232 с.
- 57 Исаченко, А. Г. Физико-географическое картирование [Текст] / А. Г. Исаченко. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та. – 1961. – Ч. 3. – 268 с.
- 58 Исаченко, А. Г. Хозяйственное освоение территории России и антропогенная трансформация ландшафтов [Текст] / А. Г. Исаченко // Изв. РГО. – 1998. – Т. 130, вып. 6. – С. 10–21.
- 59 Калихман, Т. П. Байкальская природная территория в институциональной модели охраны природы [Текст] / Т. П. Калихман // География и природные ресурсы. – 2008. – № 3 – С. 65–74.
- 60 Калихман, Т. П. Байкальская природная территория в экономической модели охраны природы [Текст] / Т. П. Калихман // География и природные ресурсы. – 2008. – № 4 – С. 42–51.
- 61 Карпик, А. П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий [Текст] : монография / А. П. Карпик. – Новосибирск : СГГА, 2004. – 260 с.
- 62 Картографирование по космическим снимкам и охрана окружающей среды [Текст] / Е. А. Востокова, Л. А. Шевченко, В. А. Суценыя и др.– М. : Недра, 1982. – 251 с.
- 63 Кейко, Т. В. Ландшафтно-экологическое картографирование на основе материалов дистанционного зондирования Земли из космоса [Текст] / Т. В. Кейко, Т. И. Коновалова // Солнечно-земная физика. – 2004. – Вып. 5. – С. 48–50.

64 Книжников, Ю. Ф. Аэрокосмические методы географических исследований [Текст] : учеб. для студ. высш. учеб. заведений / Ю. Ф. Книжников, В. И. Кравцова, О. В. Тутубалина. – М. : Академия, 2004. – 336 с.

65 Коломыц, Э. Г. Ландшафтные исследования в переходных зонах [Текст] / Э. Г. Коломыц. – М. : Наука, 1987. – 118 с.

66 Комплексное экологическое картографирование (географический аспект) [Текст] : учеб. пособие / под ред. Н. С. Касимова. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1997. – 147 с.

67 Коросов, А. В. Техника ведения ГИС. Приложение в экологии [Текст] : учеб. пособие / А. В. Коросов, А. А. Коросов. – Петрозаводск : Изд-во ПетрГУ, 2002. – 188 с.

68 Кочуров, Б. И. Геоэкологическое картографирование [Текст] : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Д. Ю. Шишикина, А. В. Антипова, С. К. Костовска ; под ред. Б. И. Кочурова. – М. : Академия, 2009. – 192 с.

69 Кравцова, В. И. Космические методы исследования почв: учеб. пособие для студентов вузов [Текст] / В. И. Кравцова. – М. : Аспект Пресс, 2005. – 190 с.

70 Кравцова, В. И. Космические методы картографирования [Текст] / В. И. Кравцова / под ред. Ю. Ф. Книжникова. – М. : Изд-во МГУ, 1995. – 240 с.

71 Кругобайкальская железная дорога [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://irkipedia.ru/content/krugobaykalskaya_zheleznaaya_doroga.

72 Куракова, Л. И. Антропогенные ландшафты [Текст] / Л. И. Куракова. – М. : Изд-во МГУ, 1976. – 216 с.

73 Лабутина, И. А. Дешифрирование аэрокосмических снимков: учеб. пособие для студентов вузов [Текст] / И. А. Лабутина. – М. : Аспект Пресс, 2004. – 192 с.

74 Лайкин, В. И. Геоинформатика [Текст] : учеб. пособие / В. И. Лайкин, Г. А. Упоров. – Комсомольск-на-Амуре : Изд-во АмГПГУ, 2010. – 162 с.

75 Лайкин, В. И. Геоинформационные системы. Конспект лекций [Электронный ресурс] / В. И. Лайкин. – Режим доступа: <http://www.twirpx.com>.

76 Ландшафтно-экологическая карта Бурятии (учебная карта) [Карты] /

под ред. Л. А. Пластинина, А. К. Тулохонова. – Иркутск ; Улан-Удэ, 1993.

77 Ландшафтно-экологическая карта Республики Бурятия [Карты] / под ред. Л. А. Пластинина, А. Р. Батуева, Н. В. Котельниковой. – Иркутск : НУПКЦ «Сибэкокарта», 2010 – 2 к.

78 Ландшафтно-экологическая карта Тункинской долины [Карты] // Альбом карт «Тункинская долина». – Иркутск : Иркутская картогр. ф-ка, 1998. – С. 4–5.

79 Ландшафты Московской области и их современное состояние [Текст] : монография / Г. Н. Анненская, В. К. Жучкова [и др.] ; под ред. И. И. Мамай. – Смоленск : Изд-во Смоленского гуманит. ун-та, 1997. – 296 с.

80 Левицкий, И. Ю. Геодезия с основами землеустройства [Текст] / И. Ю. Левицкий, Е. М. Крохмаль, А. А. Реминский. – М. : Недра, 1977. – 256 с.

81 Лисицкий, Д. В. Геоинформатика [Текст] : учебное пособие / Д. В. Лисицкий. – Новосибирск : СГГА, 2012. – 114 с.

82 Лисьев, В. П. Теория вероятности и математическая статистика [Текст] : учеб. пособие / В. П. Лисьев. – М., 2006. – 199 с.

83 Лурье, И. К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков [Текст]: учебник / И. К. Лурье. – 2-е изд., испр. – М. : КДУ, 2010. – 424 с.

84 Лычак, А. И. Новые подходы к геоэкологическому анализу и прогнозу антропогенной трансформации ландшафтов Крыма [Текст] / А. И. Лычак, Т. В. Бобра // Ученые записки Тавр. нац. ун-та им. В. И. Вернадского. Сер. География. – 2012. – Т. 25 (64), № 1. – С. 146–154.

85 Лямкин, В. Ф. Кадастр особо охраняемых природных территорий Иркутской области [Текст] / В. Ф. Лямкин, Л. П. Соколова. – Иркутск, 1999. – 148 с.

86 Лямкин, В. Ф. Региональный природоохранный каркас (особо охраняемые природные территории Иркутской области) [Текст] / В. Ф. Лямкин, Л. П. Соколова. – Иркутск : Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2008. – 185 с.

87 Марчуков, В. С. Ресурсно-экологическая картография [Текст] / В. С.

Марчуков, С. А. Сладкопевцев. – М. : Моск. гос. ун-т геодезии и картографии, 2005. – 195 с.

88 Мельник, В. И. Экотоны и проблема охраны растительного мира [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bioscience.ru/Conference/Ecology/forest.htm>.

89 Мильков, Ф. Н. Человек и ландшафты [Текст] / Ф. Н. Мильков. – М. : Мысль, 1973. – 335 с.

90 Михеев, В. С. Ландшафты [Карты] : карта масштаба 1:3 500 000 / В. С. Михеев, В. А. Ряшин // Атлас Забайкалья (Бурятская АССР и Читинская область). – М. ; Иркутск : ГУГК, 1967. – С. 70–71.

91 Михеев, В. С. Ландшафты [Карты] : карта масштаба 1:2 500 000 / В. С. Михеев // Атлас Байкала. – М. : ФСГКР, 1993. – С. 136–137.

92 Михеев, В. С. Ландшафты [Карты] : карта масштаба 1:2 500 000 / В. С. Михеев, Т. И. Коновалова // Атлас Иркутской области: экологические условия развития. – М. ; Иркутск, 2004. – С. 52.

93 Михеев, В. С. Ландшафты Байкальского региона: структура, оценка состояния, проблемы [Текст] / В. С. Михеев // География и природные ресурсы, 1995. – № 3. – С. 68–78.

94 Мкртчян, А. С. Автоматизированное выделение ландшафтных единиц путем классификации рельефа с применением ГИС [Текст] / А. С. Мкртчян // Ландшафтное планирование. Общие основания. Методология. Технология : труды междунар. школы конф. – М. : Геогр. фак. МГУ, 2006. – С. 203–208.

95 Моделирование и пространственный анализ в ГИС [Электронный ресурс] : лекции по дисциплине. – Режим доступа: <http://www.lib.ssga.ru/fulltext/УМК>.

96 Неофициальные методические рекомендации по дистанционным методам контроля лесопатологического состояния лесов. Компиляция статей и руководств [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.blogs.gis-lab.info>Форум>download/file.php?id=7314>.

97 Неронов, В. В. Развитие концепции экотонов и их роль в сохранении

биологического разнообразия [Текст] / В. В. Неронов // Успехи современной биологии. – 2001. – Т. 121, № 4. – С. 323–336.

98 Никитина, Ю. Г. Изучение антропогенной трансформации ландшафтов Прибайкалья по космическим снимкам (на примере острова Ольхон) [Текст] / Ю. Г. Никитина, Б. Н. Олзоев // Вестник ИрГТУ. – 2014. – № 2. – С. 67–74.

99 Никитина, Ю. Г. Использование космических и ГИС-технологий при тематическом картографировании антропогенного воздействия на лесную растительность ООПТ Прибайкалья [Текст] / Ю. Г. Никитина // Дистанционное зондирование Земли из космоса: алгоритмы, технологии, данные : материалы молодежной школы-семинара. – Барнаул : АЗБУКА, 2013. – С. 54–59.

100 Никитина, Ю. Г. Использование космических снимков в изучении антропогенных трансформаций ландшафтов особо охраняемых природных территорий Прибайкалья [Текст] / Ю. Г. Никитина // Проблемы устойчивого развития региона : материалы VII школы-семинара молодых учёных России. – Улан-Удэ : Изд-во БНЦ СО РАН, 2013. – С. 137–140.

101 Никитина, Ю. Г. Исходные картографические материалы при создании карт антропогенного воздействия на ландшафты [Текст] / Ю. Г. Никитина, В. Е. Гагин // Интерэкспо Гео-Сибирь-2015 : материалы Междунар. науч. конф. «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология». – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. – Т. 1. – С. 94–99.

102 Никитина, Ю. Г. Карта антропогенного воздействия на ландшафты как инструмент развития и управления природоохранными территориями [Текст] / Ю. Г. Никитина, Б. Н. Олзоев, Л. А. Пластинин // Географические, социально-экономические, экологические и этнокультурные факторы развития восточных территорий России : материалы XV Совещания географов Сибири и Дальнего Востока. – Улан-Удэ ; Иркутск : Изд-во ИГ СО РАН, 2015. – С. 515–517.

103 Никитина, Ю. Г. Картографирование источников антропогенного воздействия в Прибайкальском национальном парке с использованием ГИС и ДЗЗ из космоса [Текст] / Ю. Г. Никитина // Вестник ИрГТУ. – 2015. – № 4. – С. 76–82.

104 Никитина, Ю. Г. Картографическое отображение структуры ландшафтов о. Ольхон и Приольхонья по разновременным космическим снимкам Landsat [Текст] / Ю. Г. Никитина, Б. Н. Олзоев // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22, № 2. – С. 103–119.

105 Никитина, Ю. Г. Космические методы исследования антропогенных трансформаций ландшафтов [Текст] / Ю. Г. Никитина // Проблемы геологии и освоения недр : труды XVII Междунар. симп. акад. М. А. Усова. – Томск : Изд-во ТПУ, 2013. – Т. 2. – С. 581–582.

106 Никитина, Ю. Г. Отображение на космических снимках антропогенного воздействия на ландшафты и способы его картографирования [Текст] / Ю. Г. Никитина // Науки о Земле. Современное состояние : материалы II Всерос. молодёжной научно-практ. школы-конф. – Новосибирск : РИЦ НГУ, 2014. – С. 283–285.

107 Никитина, Ю. Г. Разработка содержания карты антропогенного воздействия на ландшафты Прибайкальского национального парка [Текст] / Ю. Г. Никитина, Б. Н. Олзоев, Л. А. Пластинин // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъёмка. – 2015. – № 5/С. – С. 211–217.

108 Никитина, Ю. Г. Современное состояние функционирования особо охраняемых природных территорий Западного Прибайкалья [Электронный ресурс] / Ю. Г. Никитина // Электронный Междунар. научно-исслед. журн. Сер. Науки о Земле. – Режим доступа: <http://www.research-journal.org/earth/sovremennoe-sostoyanie-funkcionirovaniya-osobo-oxranyaemyx-prirodnux-territorij-zapadnogo-pribajkalya/>.

109 Никитина, Ю. Г. Формирование геоинформационной базы данных для ландшафтно-экологических карт [Текст] / Ю. Г. Никитина, Б. Н. Олзоев // Интерэкспо Гео-Сибирь-2017 : материалы Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». – Новосибирск : СГУГиТ, 2017. – Т. 2. – С. 68–72.

110 Николаев, В. А. Ландшафтные экотоны [Текст] / В. А. Николаев // Вестник Московского ун-та. Сер. 5 : География. – 2003. – N 6. – С. 3–9.

111 Об особо охраняемых природных территориях [Электронный ресурс] : федер. закон // Информационный портал «RuFox». – Режим доступа: <http://law.rufox.ru/view/19/93008132.htm>

112 Об охране озера Байкал [Электронный ресурс] : федер. закон // Информационный портал «RuFox». – Режим доступа: <http://law.rufox.ru/view/ecology/10901732256.htm>

113 Объединение Байкало-Ленского заповедника и Прибайкальского парка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://travel-siberia.ru/forum/viewtopic.php>.

114 Олзоев, Б. Н. Геоинформационное картографирование антропогенного воздействия с использованием разновременных космических снимков на примере Прибайкальского национального парка [Текст] / Б. Н. Олзоев, Ю. Г. Никитина // Интерэкспо Гео-Сибирь-2014 : материалы Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». – Новосибирск : СГГА, 2014. – Т. 2. – С. 237–242.

115 Олзоев, Б. Н. Статистический анализ состояния растительности по результатам обработки мультиспектральных изображений разновременных космических снимков [Текст] / Б. Н. Олзоев, Ю. Г. Никитина // Интерэкспо Гео-Сибирь-2013 : материалы Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия». – Новосибирск : СГГА, 2013. – Т. 2. – С. 41–46.

116 Орлов, В. А. Автоматизированное распознавание лесных дорог по космическим снимкам [Электронный ресурс] / В. А. Орлов. – Режим доступа: http://www.science-bsea.bgita.ru/2006/les_2006/orlov_avtomatizir.htm.

117 Основы геоинформатики [Текст] : в 2 кн. : учеб. пособие для студ. вузов / Е. Г. Капралов, А. В. Кошкарев, В. С. Тикунов и др. ; под ред. В. С. Тикунова. – М. : Академия, 2004. – Кн. 1. – 352 с.

118 Особо охраняемые природные территории [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.baikalfund.ru/baikal/ecology/reserves/index.wbp>.

119 Особо охраняемые природные территории Иркутской области и Байкальского региона [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<http://www.irkobl.ru/sites/baikal/monitoring/kadastr/oopt/>

120 Перспективы рационального использования минеральных ресурсов Южного Прибайкалья [Текст] / Е. П. Васильев, Л. З. Резницкий, Н. И. Демьянович, Е. А. Некрасова // География и природные ресурсы. – 1995. – № 4. – С. 57–64.

121 Петрова, И. Ф. Отображение антропогенной трансформации геосистем на эколого-географических картах [Текст] / И. Ф. Петрова // Геология, география и глобальная энергия. – 2012. – № 4 (47). – С. 182–187.

122 Пластинин, Л. А. Природные рубежи и административно-хозяйственные границы на отечественных картах [Текст] / Л. А. Пластинин // Геодезия, картография, кадастр земель Прибайкалья : докл. региональной научно-практ. конф. с междунар. участием, 12-13 марта 2004 г. – Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2004. – С. 67–70.

123 Пластинин, Л. А. Региональное экологическое картографирование Сибири (на примере Прибайкалья и Забайкалья) [Текст] : дис... д-ра техн. наук: 05.24.03 / Пластинин Леонид Александрович. – Иркутск, 2000. – 181 с.

124 Природные ландшафты и их использование [Карта-Электронный ресурс] // Природные ресурсы, хозяйство и население Байкальского региона. Серия из 100 карт. CD диск.– Иркутск : Изд-во ин-та географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2009. – Режим доступа: <http://irigs.irk.ru/work/cartographic.html>

125 Программный комплекс ENVI [Текст] : учеб. пособие. – М. : Совзонд, 2011. – 315 с.

126 Процессы антропогенной трансформации и состояние горных геосистем Западного Прибайкалья [Текст] / Л. В. Данько, С. Б. Кузьмин, А. П. Сизых, О. В. Тожеева // Горы и человек: антропогенная трансформация горных геосистем : материалы Всерос. науч. конф. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2000. – С. 48–51.

127 Распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2006 года №1641-р. [Электронный ресурс] // Информационный портал «RuFox» – Режим доступа: <http://law.rufox.ru/view/ecology/10902016700.htm>

128 Роганов, С. Б. Границы природных территориальных комплексов разных рангов (на примере Юго-Восточной Мещёры) [Текст] / С. Б. Роганов // Ландшафтоведение: теория, методы, региональные исследования, практика : материалы XI Междунар. ландшафт. конф. – М. : Геогр. фак. МГУ, 2006. – С. 238–240.

129 Родоман, Б. Б. Основные типы географических границ / Б. Б. Родоман [Текст] // Географические границы. – М., 1982. – С. 19–32.

130 Ромашова, Л. А. Основы тематической картографии [Текст] : учебно-метод. пособие / Л. А. Ромашова, О. Н. Николаева. – Новосибирск : СГГА, 2013. – 86 с.

131 Ротанова, И. Н. Ландшафтно-картографический анализ экологических проблем и ситуаций [Текст] : автореф. дис. канд. геогр. наук : 11.00.01 / Ротанова Ирина Николаевна. – Барнаул, 1996. – 22 с.

132 Рященко, С. В. Рекреационное воздействие (территориально-экологический анализ рекреационной деятельности [Текст] / С. В. Рященко, Т. А. Зайцева, О. В. Евстропьева // Региональный экологический атлас. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 1998. – С. 149–157.

133 Савенкова, Т. П. Охраняемые природные территории бассейна озера Байкал [Текст] / Т. П. Савенкова. – Иркутск : Изд-во ин-та географии СО РАН, 2001. – 185 с.

134 Сборник задач и упражнений по геоинформатике [Текст] : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Е. Г. Капралов, В. С. Тикунов, А. В. Заварзин и др.; под ред. В. С. Тикунова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Академия, 2009. – 512 с.

135 Сизых, А. П. Оптимизация границ Прибайкальского национального парка [Текст] / А. П. Сизых, Н. И. Новицкая // Современные проблемы экологии, природопользования и ресурсосбережения Прибайкалья : материалы юбилейной конф. – Иркутск, 1998. – С. 311.

136 Солнцев, Н. А. О морфологии природного географического ландшафта [Текст] / Н. А. Солнцев // Вопросы географии. – 1949. – №. 16. – С. 65.

137 Сочава, В. Б. Введение в учение о геосистемах [Текст] / В. Б. Сочава. – Новосибирск : Наука, 1978. – 320 с.

138 Сочава, В. Б. Определение некоторых понятий и терминов физической географии [Текст] / В. Б. Сочава // Доклады Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока. – 1963. – № 3. – С. 50–59.

139 Стурман, В. И. Экологическое картографирование [Текст] : учеб. пособие / В. И. Стурман. – М. : Аспект Пресс, 2003. – 251 с.

140 Схема развития и размещения особо охраняемых природных территорий в Иркутской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.irkobl.ru/sites/ecology/working/ohrana/oopt>.

141 Транспортно-экологический комплекс [Карты] // Атлас. Иркутская область: экологические условия развития. – М. ; Иркутск, 2004. – С. 69.

142 Черепанов, А. С. Спектральные свойства растительности и вегетационные индексы [Текст] / А. С. Черепанов, Е. Г. Дружинина. – М. : Геоматика, 2009. – № 3 (4). – С. 28–32.

143 Численность населения России, федеральных округов, субъектов российской федерации, городских округов, муниципальных районов, городских и сельских поселений [Электронный ресурс] // Официальный сайт «Всероссийская перепись населения 2010 года». – Режим доступа: [http://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/perepis_itogi1612.htm].

144 Чистов, С. В. Экология России: Итоги науки и практики [Текст] / С. В. Чистов, И. В. Флоренский // Экологическая картография. – М. : РЭФИА, 1997. – Вып. 2. – 134 с.

145 Шабанов, Д. И. Геоэкологическая оценка антропогенной трансформации ландшафтов Астраханской области с применением геоинформационных систем и дистанционного зондирования [Текст] : автореф. дис. канд. геогр. наук : 25.00.36 / Шабанов Дмитрий Иванович. – Астрахань, 2009. – 25 с.

146 Шальнев, В. А. Экотон в морфологии горных ландшафтов (на примере Бокового хребта Северо-Западного Кавказа) [Текст] / В. А. Шальнев, М. В.

Нефедова // Ландшафтоведение: теория, методы, региональные исследования, практика : материалы XI Междунар. ландшафт. конф. – М. : Геогр. фак. МГУ, 2006. – С. 271–272.

147 Шевчук, Ю. Г. Географические границы и граничные образования на ландшафтно-экологической карте Тункинского национального парка [Текст] / Ю. Г. Шевчук // Тункинскому национальному парку – 20 лет; природоохранная деятельность в современном обществе : материалы Междунар. научно-практ. конф. – Иркутск : Изд-во ИГ СО РАН, 2011. – С. 212–214.

148 Шевчук, Ю. Г. К проблеме географических границ природных образований [Текст] / Ю. Г. Шевчук // География, история и геоэкология на службе науки и инновационного образования : материалы Междунар. научно-практ. конф. – Красноярск : Изд-во КГПУ, 2011. – Т. 1. – С. 271–273.

149 Щукин, И. С. Четырехязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии [Текст] / И. С. Щукин – М. : Сов. Энциклопедия, 1980. – 703 с.

150 Экологически ориентированное планирование землепользования в Байкальском регионе : Байкал. природ. территория [Текст] / А. Н. Антипов и др. – Иркутск : Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2002. – 103 с.

151 Эколого-географическая карта Российской Федерации [Карты] / научно-исслед. лаб. комплексного картографирования МГУ им. М. В. Ломоносова. – 1 : 4 000 000. – М. : Роскартография, 1996. – 4 л.

152 Южанинов, В. С. Картография с основами топографии [Текст] : учеб. пособие / В. С. Южанинов. – М. : Высш. шк., 2001. – 302 с.

153 Якомяги, Ю. Роль экотонов в ландшафте [Текст] / Ю. Якомяги, М. Кюльвик, Ю. Мандер // Структура и ландшафтно-экологический режим геосистем. Ученые записки Тартусского ун-та. – Тарту : Изд-во Тарт. ун-та. – 1988. – С. 96–118.

154 Carré, J. Cartographie et environnement [Text] // Bulletin du Comité français de Cartographie. – 1978. – № 76. – P. 40–56

155 ENVI Tutorial: Classification Methods [Electronic resource]. – Режим

доступа:

http://www.forum.sci.ccny.cuny.edu/Members/mtedesco/courses/Spring2009/Classification_Methods.pdf

156 Goodchild, M. E. Geographic information system [Text] // *Progr. Hum. Geogr.* – 1988. – 12, № 4. – PP. 560-566.

157 James, W. Quinn, Band Combination [Electronic resource]. – Режим доступа: <http://web.pdx.edu/emch/ipl/bandcombination.html>.

158 Krimmel R. M., Meier M. P. Glacier application of ERTS images [Text] // *J. of Glaciology*, 1975. – Vol. 15, N 73.

159 Maarel E. On the establishment of plant community boundaries [Text] // *Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft.* – 1976. – T. 89. – P. 415–443.

160 McDonell R., Kemp K. International GIS Dictionary [Text].– *Geoinformation International*, 1995. – 111 p.

161 McGinnis, D. F. Satellite detection of melting snow and ice by simultaneous visible and near-IR measurements [Text] // *Proc. 8th Int. Symp. Remote Sensing Environ., Univ. Michigan.* – 1972. – Vol. I.

162 Ozenda, P. La écologie [Text] // *Acta geographica*, 3-e série, 1978. – № 34. – P. 29–38.

163 Poulton, Ch. E. A comprehensive remote sensing legend system for the ecological characterization and annotation of natural and altered landscapes [Text] // *Proc. 8th Int. Symp. Remote Sensing Environ., Univ. Michigan.*– 1972. – Vol. I.

164 Richards John A., Xiuping Jia. Remote Sensing Digital Image Analysis [Text].– *Springer. USA*, 2006. – 453 p.

165 Schultze, J. H. Das Problem der natürlichen Landschaften und ihrer Kartierung in der Deutschen Demokratischen Republik. *Sitzungsber. d. Deutschen Akad. d. Landwirtschaftwiss. zu Berlin*, Bd. 1. – 1952.

166 Wobber, F. J. Orbital photos applied to the environment [Text] // *Photogrammetric Engineering.* – 1970. – Vol. XXXVI, N 8.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(справочное)
АКТ ВНЕДРЕНИЯ

РОССИЯ
ООО НАУЧНО-УЧЕБНЫЙ И
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ
КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
(НУПКЦ)
«СИБЭКОКАРТА»
664074, г. Иркутск
ул. Лермонтова, 91, каб. 58
Почтовый адрес: 664074,
Иркутск-74, а/я 48
Тел./Факс (395-2) 40-51-03
E-mail: irkplast@mail.ru
« » 201 г.
№

УТВЕРЖДАЮ:
Зам. директора ООО
НУПКЦ «Сибэкокарта»,
д.г.н., профессор

 Батуев А.Р.
201 г.


АКТ
о внедрении результатов кандидатской диссертации
Никитиной Юлии Григорьевны

Комиссия в составе:

Председатель: доцент, к.г.н. Котельникова Н.В.

Члены комиссии:

доцент, к.г.н. Олзоев Б.Н., доцент, к.т.н., Гагин В.Е.

составили настоящий акт о том, что результаты диссертационной работы «Геоинформационное ландшафтно-экологическое картографирование для управления природоохранными территориями (на примере Прибайкальского национального парка)», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук, внедрены в ООО НУПКЦ «Сибэкокарта» при разработке методики создания ландшафтно-экологических карт Прибайкалья, включая:

- 1) методические подходы к ландшафтно-экологическому картографированию с учетом возможностей современных геоинформационных технологий и специфики ООПТ;
- 2) возможности космических снимков при оперативном ландшафтно-экологическом картографировании антропогенной динамики территорий ООПТ;
- 3) карты пространственно-временного состояния ландшафтов, изменённости ландшафтов и средневзвешенной изменённости ландшафтов ООПТ.

По результатам совместных исследований подготовлены доклады на научно-практические конференции и опубликованы 13 научных статей. Использование результатов работы позволяет повысить качество проектирования и эффективность создания ландшафтно-экологических карт на территории Прибайкалья, повысить качество предоставляемых научно-технических услуг.

Результаты внедрялись при выполнении НИР и ОКР по темам:

- 1) разработка и создание электронных ландшафтно-экологических карт Прибайкалья;
- 2) картографо-космический мониторинг природных и техногенных систем Сибири.

Председатель комиссии  Котельникова Н.В.

Члены комиссии:  Олзоев Б.Н.

 Гагин В.Е.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

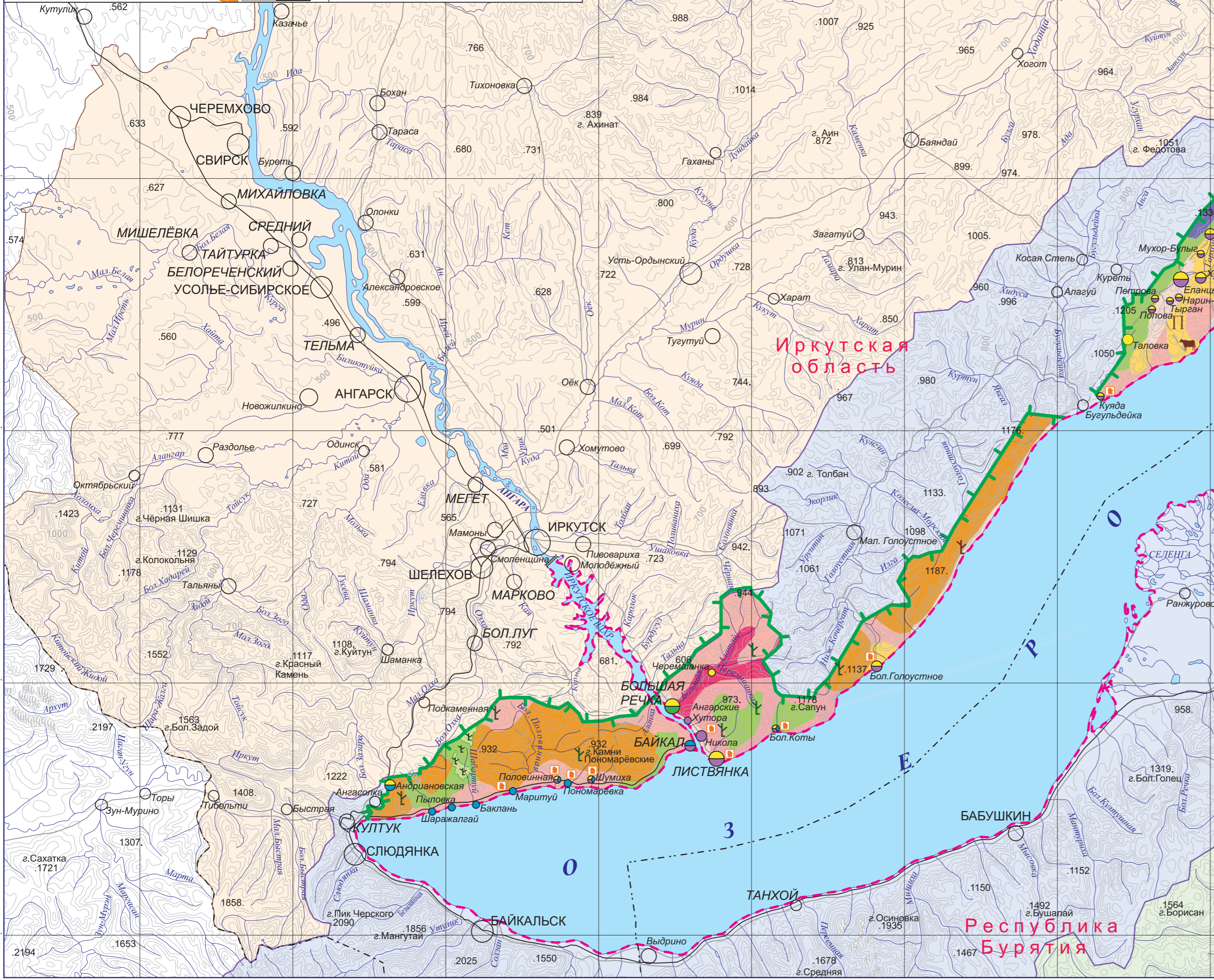
КАРТА «АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЛАНДШАФТЫ
ПРИБАЙКАЛЬСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА»



Географическое положение Прибайкальского национального парка

- Государственная граница
- Байкальская природная территория
- Центральная экологическая зона
- Экологическая зона атмосферного влияния
- Буферная экологическая зона

АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЛАНДШАФТЫ ПРИБАЙКАЛЬСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА



Антропогенное воздействие на природные ландшафты

Условный знак	Наименование ландшафта	Типы антропогенного воздействия
Северозападные гольцовые и таёжные		
<i>Гольцовые и верхнетаёжные Байкало-Джуджурские и Восточноаянские</i>		
	Гольцовые тундровые и альпийские, подгольцовые, кустарниковые, лиственнично-редколесные, каменноберезовые и темнохвойно-редколесные	Рекреационно-туристическое, в т.ч. охота, сбор дикоросов. Природоохранное.
Горнотаёжные Байкало-Джуджурские		
	Горнотаёжные лиственничные	Рекреационно-туристическое, в т.ч. охота, сбор дикоросов*. Лесохозяйственное. Сепитбное. Транспортное. Природоохранное.
Горнотаёжные Южно-Сибирские		
	Горнотаёжные темнохвойные	Рекреационно-туристическое, в т.ч. охота, сбор дикоросов*. Лесохозяйственное. Сепитбное. Транспортное. Природоохранное.
	Подгорные и межгорных понижений таёжные темнохвойные	Рекреационно-туристическое, в т.ч. охота, сбор дикоросов*. Лесохозяйственное. Сепитбное. Транспортное. Природоохранное.
	Горнотаёжные сосновые	Рекреационно-туристическое, в т.ч. разрешённые охота, сбор дикоросов*. Лесохозяйственное. Сепитбное. Транспортное. Природоохранное.
	Подгорные подтаёжные сосновые и лиственнично-сосновые	Рекреационно-туристическое, в т.ч. разрешённые охота, сбор дикоросов*. Лесохозяйственное. Сепитбное. Транспортное. Природоохранное.
Центрально-азиатские степные		
<i>Горные западнобайкальские даурского типа</i>		
	Горно-степные	Рекреационно-туристическое, в т.ч. охота, сбор дикоросов*. Сельскохозяйственное. Сепитбное. Транспортное. Природоохранное.
	Подгорные межгорных понижений и долин степные	Рекреационно-туристическое, в т.ч. охота, сбор дикоросов*. Сельскохозяйственное. Сепитбное. Транспортное. Природоохранное.

Примечание: * - охота и сбор дикоросов (разрешённые виды).

Общегеографические элементы

Рельеф	Гидрография
Горизонтالي	Озёра, водохранилища, крупные реки
Отметки высот	Мелкие реки
Скалы и скалистые обрывы	Административные границы
	субъектов РФ

Масштаб 1:750 000

Антропогенное воздействие на ландшафты

Селитбное воздействие

Населённые пункты по числу жителей и типу

- более 100 000
- 10 000 - 100 000
- 1 000 - 10 000
- 100 - 1 000
- 0 - 100

ШЕЛЕХОВ Города

ХУЖИР Посёлки городского типа

Сарма Посёлки сельского типа

Отраслевая структура населённых пунктов

- Сельское хозяйство
- Лесное хозяйство
- Транспорт
- Туризм и рекреация

Рекреационное воздействие

Количество турбаз

- 30 - 35
- 15 - 20
- 11 - 15
- 6 - 10
- 1 - 5

Сельскохозяйственное воздействие

- Выпас скота
- Зарастающие пашни

Лесохозяйственное воздействие

Участки горелого леса площадью менее 1,5 кв. км

- Свежие
- Зарастающие

Участки горелого леса площадью 1,5 кв. км и более

- Свежие
- Зарастающие

Вырубки

- Зарастающие

Транспортное воздействие

Дороги

- Автомобильные с покрытием
- Автомобильные без покрытия
- Железные

Водохозяйственное воздействие

- Береговая линия оз. Байкал и Иркутского водохранилища, в связи с поднятием уровня воды после создания плотины Иркутской ГЭС
- Плотина Иркутской ГЭС

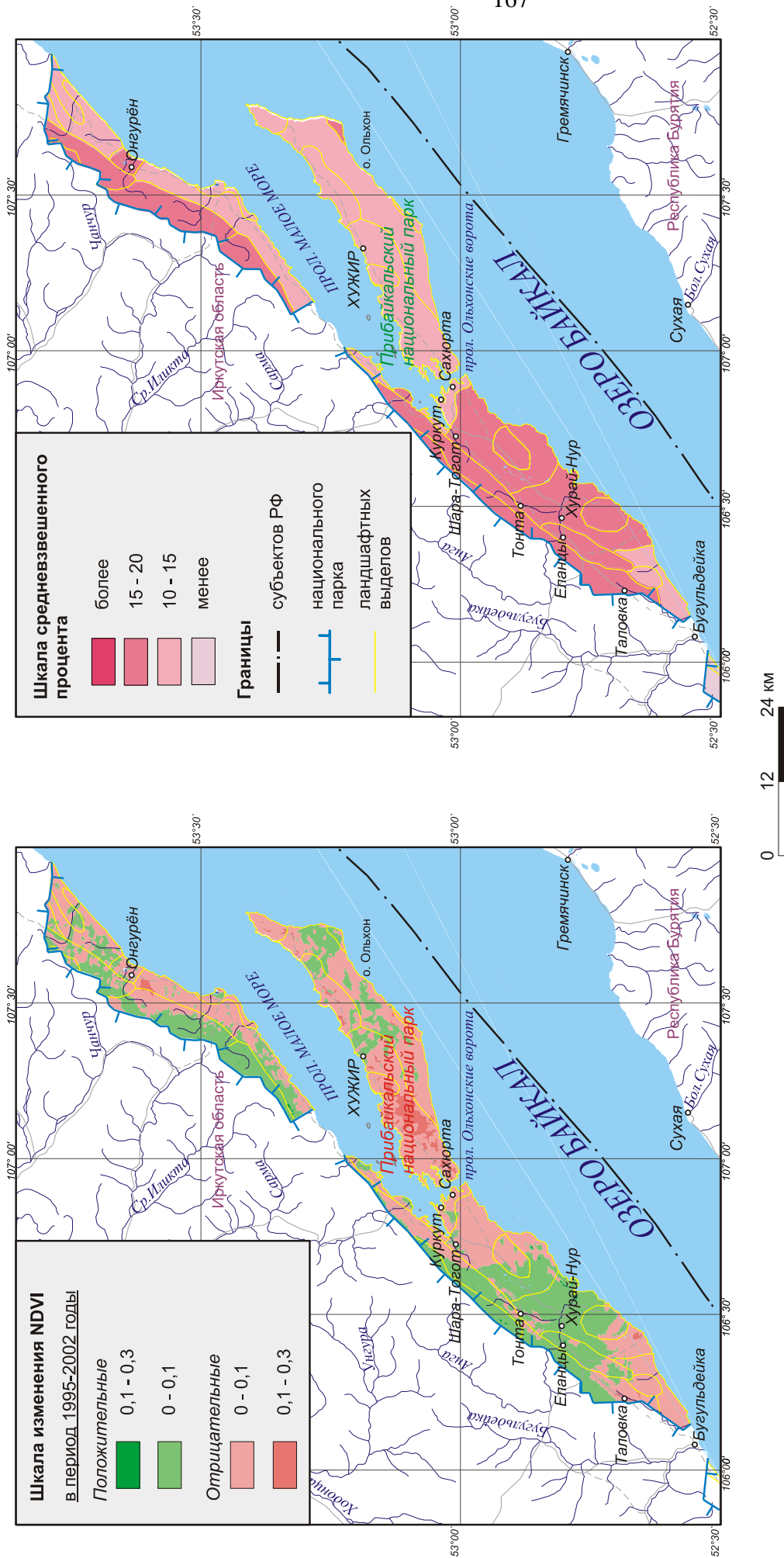
Природоохранное воздействие

- Граница Прибайкальского национального парка

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

СЕРИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ КАРТ ПРИОЛЬХОНЬЯ И ОСТРОВА ОЛЬХОН



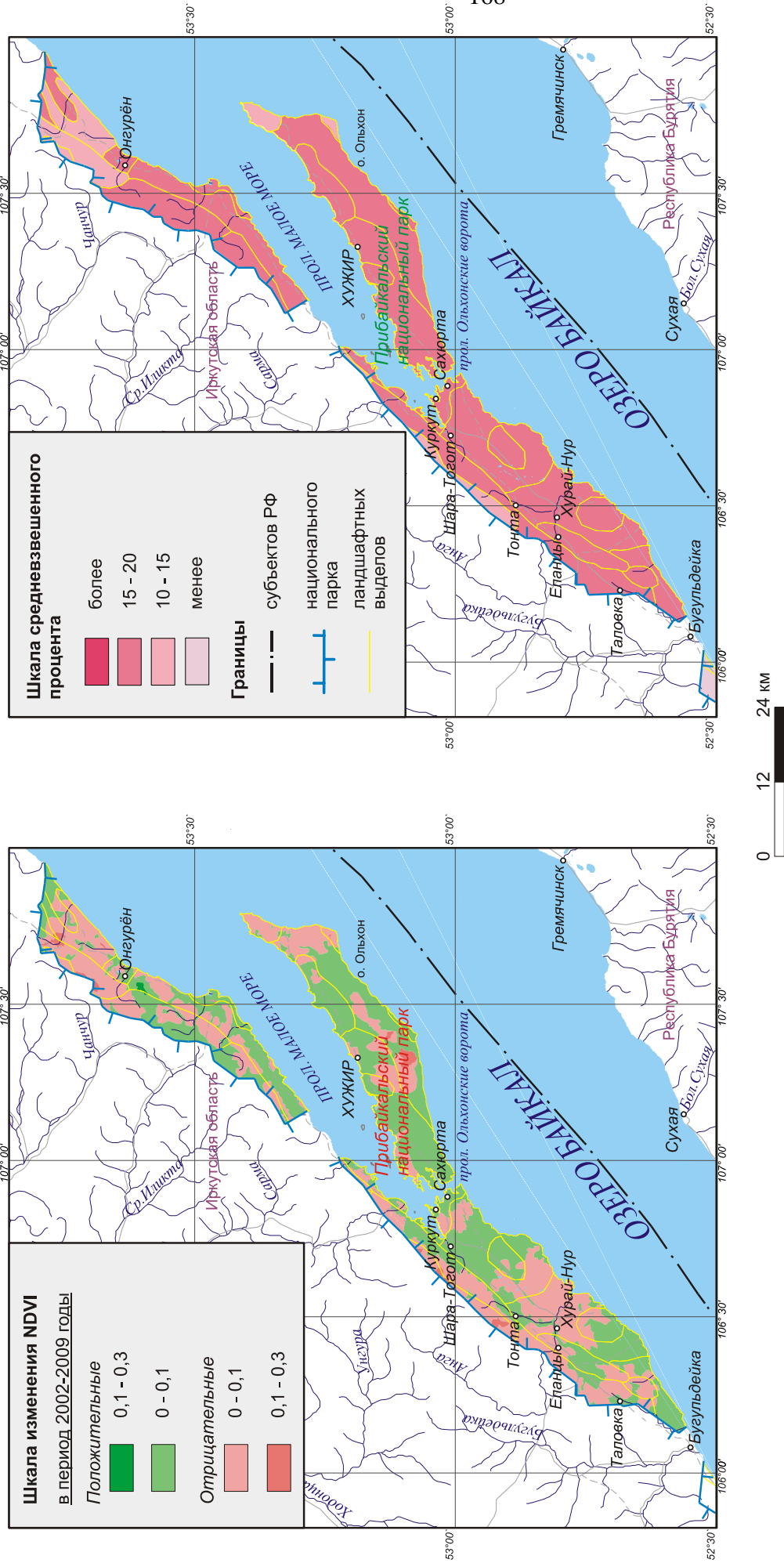
а)

б)

Рисунок В.1 – Серия аналитических карт за период 1995–2002 гг.

а) карта изменений NDVI в ландшафтах Приорья и острова Ольхон

б) карта средневзвешенных значений процента изменённости ландшафтов Приорья и острова Ольхон



а)

б)

Рисунок В.2 – Серия аналитических карт за период 2002–2009 гг.

а) карта изменений NDVI в ландшафтах Приольхонья и острова Ольхон

б) карта средневзвешенных значений процента изменённости ландшафтов Приольхонья и острова Ольхон