


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ НАУК О ЗЕМЛЕ
Кафедра физической географии и экологии

РЕКОМЕНДОВАНО К ЗАЩИТЕ
В ГЭК И ПРОВЕРЕНО НА ОБЪЕМ
ЗАИМСТВОВАНИЯ

И.о. заведующего кафедрой
Кандидат географических наук

 Н.В. Жеребятьева
25 июня 2018 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(магистерская диссертация)

КРУПНОМАСШТАБНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ АРКТИЧЕСКИХ
ЛАНДШАФТОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ (НА
ПРИМЕРЕ ОСТРОВА БЕЛЫЙ)

05.04.02 География

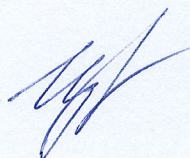
Магистерская программа «Ландшафтное планирование»

Выполнил работу
Студент 2 курса
очной формы обучения



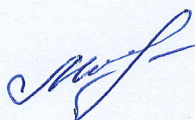
Дружинин
Александр
Николаевич

Научный руководитель
(кандидат географических наук,
доцент)



Идрисов
Ильдар
Рустамович

Рецензент
(кандидат географических наук)



Москвина
Наталья
Николаевна

г. Тюмень, 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| АННОТАЦИЯ..... | 3 |
| СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ..... | 4 |
| ВВЕДЕНИЕ..... | 5 |
| ГЛАВА 1. КРУПНОМАСШТАБНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЛАНДШАФТОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ..... | 7 |
| 1.1. Направления ландшафтно – экологического анализа, как основы оценки воздействия на окружающую среду и их сущность..... | 8 |
| ГЛАВА 2. ТЕХНИКА И МЕТОДИКА КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ЛАНДШАФТОВ..... | 12 |
| 2.1. Дистанционное зондирование Земли..... | 12 |
| 2.2. Создание крупномасштабной ландшафтной карты территории острова Белый..... | 18 |
| ГЛАВА 3. ОЦЕНКА И АНАЛИЗ ЛАНДШАФТНОЙ СТРУКТУРЫ ИССЛЕДУЕМОГО УЧАСТКА ОСТРОВА БЕЛЫЙ..... | 26 |
| 3.1. Физико – географическая характеристика исследуемой территории..... | 26 |
| 3.2. Использование современных методов камеральной обработки данных..... | 29 |
| 3.3. Интегральная оценка литокриогенного и биоресурсного потенциала состояния ландшафтов исследуемой территории..... | 39 |
| 3.4. Устойчивость ландшафтов к техногенному воздействию..... | 42 |
| 3.5. Интегральная оценка экологического риска и расчет для ландшафтов исследуемой территории..... | 46 |
| 3.6. Анализ прогноза изменения уровня Мирового океана, как критерий оценки пригодности ландшафтов для целей хозяйственного освоения..... | 49 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ..... | 53 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ..... | 55 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ..... | 57 |

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа состоит из списка сокращений, введения, трех глав, трёх заключений по главам, итогового заключения, списка литературы и приложений. Объем работы составляет 57 страниц, на которых представлено 22 рисунка и 3 таблицы. Список литературы включает 33 источника, среди которых 30 книжных источников и 3 электронных.

Во введении обоснована актуальность исследования, представлен предмет и объект, сформулированы цели и задачи исследования. В первой главе описываются краткий теоретический очерк ландшафтного картографирования, как прикладного аспекта ландшафтной науки и направлений ландшафтно – экологического анализа, как основ оценки воздействия на окружающую среду и их сущности. Результаты практической части исследования изложены во второй и третьей главе. Во второй главе исследуются современные методы в комплексном крупномасштабном картографировании и методика составления ландшафтной карты исследуемой территории. Третья глава посвящена физико – географической характеристике острова Белый, использованию современных методов камеральной обработки данных, оценки устойчивости ландшафтов к техногенным воздействиям и использованию интегральных методик оценки пригодности территорий острова для целей хозяйственного освоения. В заключении приведены основные выводы.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- АКЗ – аэрокосмическое зондирование
АФС – аэрофотоснимок
БГД – база геоданных
ГИС – геоинформационная система
ГТС – геотехническая система
ДЗ- дистанционное зондирование
ДЗЗ – дистанционное зондирование Земли
ЗДОП – заторфованных долинообразных понижений
ИСЗ – искусственный спутник Земли
КС – космический снимок
Нм – нанометр ($1 \cdot 10^{-9}$) метра
ПК – программный комплекс
ПТК – природный территориальный комплекс
РАН – Российская академия наук
СО АН – сибирское отделение академии наук
СССР – Союз Советских Социалистических Республик
США – Соединенные Штаты Америки
ЦМР – цифровая модель рельефа
DEM – digital elevation model
GIS – geographic information system
ISODATA – iterative self – organizing data analysis technique
MS – Microsoft
MSS - Multispectral Scanner System
NASA – National aeronautics and Space administration
QGIS - quantum geographic information system
ROIs – regions of interest
SPOT - Satellite Pour l'Observation de la Terre (франц)
SRTM – shuttle radar topographic mission

ВВЕДЕНИЕ

На современном этапе развития России освоение арктических территорий рассматривается в качестве одного из приоритетных направлений. Разработанная и утвержденная стратегия развития Арктики предусматривает активное вовлечение арктического побережья, островов и шельфовой зоны в различные виды хозяйствования. При этом одним из ограничений является уязвимая природная среда территории, что требует особого внимания к применяемым технологиям и тщательного анализа свойств природных комплексов для целей рационального природопользования.

Для целей рационального природопользования одним из важнейших вопросов является получение информации о природных комплексах территории, оценка их устойчивости-уязвимости к различным видам воздействия и разработка управленческих решений на основе этой информации. Создание подобной информационной основы возможно с применением геоинформационных технологий и данных ДЗ на ландшафтной основе. При этом материалы крупномасштабного ландшафтного картографирования позволяют проводить комплексную оценку территории по различным критериям.

В исследованиях Арктики на современном этапе накоплен значительный объем материалов регионального уровня – существуют комплексные атласы и серии карт (Спиридонова В.А., 2011). Вместе с тем, крупномасштабные исследования конкретных территорий пока единичны и связаны с территориями стационарных исследований, или результатами полевых работ различных авторов (Идрисов И.Р., Маршинин А.В., Марьинских Д.М., 2017).

Проведённые в 2015-2016 годах ландшафтные исследования непосредственно на острове Белый возможно рассмотреть, как важный этап сбора и анализа информации по арктическим ландшафтам и их оценке. Ландшафтные исследования проведены для северо - западной части острова по классической схеме - предполевое дешифрирование, набор и учет данных по эталонным участкам острова, визуальное дешифрирование, создание ландшафтной карты, оценка экологического риска. Вместе с тем, представляет интерес применение современных методов исследований для создания крупномасштабной карты всей территории острова Белый.

Экстенсивное освоение криолитозоны на протяжении последних десятилетий сформировало ряд экологических проблем, которые усугубляются спецификой природы северных территорий - наличием льдистых мерзлых пород, дефицитом тепла и низкой биологической продуктивностью. В этих условиях особую актуальность обретает проблема оценки последствий антропогенного воздействия и изменения северных природных

территориальных комплексов путем поиска наиболее значимых оценочных критериев их устойчивости и экологической ценности.

Объектом исследования являются ландшафты острова Белый. Предметом исследования является сформированное научное познание в области планирования и управления арктическими территориями.

Цель работы – поиск путей применения современных комплексных методов для повышения объективности крупномасштабных ландшафтных исследований, планирования и управления территорией.

Задачи:

1. Изучить основные направления крупномасштабных исследований ландшафтов в современной науке для оценки антропогенного воздействия и планирования хозяйственной деятельности;
2. Провести анализ существующих современных цифровых методов камеральной обработки данных для обеспечения пространственного анализа и картографирования ландшафтов;
3. Оценить возможности планирования ландшафтов острова с использованием нескольких современных научных подходов.

Результаты исследований представлены в докладе на VII Всероссийской научно – практической конференции «Геоинформационное картографирование в Регионах России» и опубликованы в печатном сборнике тезисов конференции.

ГЛАВА 1. КРУПНОМАСШТАБНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЛАНДШАФТОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Ландшафтное картирование - одна из наиболее перспективных ветвей географии. Объектом представления на ландшафтной карте служат не отдельные географические компоненты, а их закономерные территориальные сочетания — географические или природные территориальные комплексы (ПТК). Ландшафтная (или комплексная физико-географическая) карта составляет естественное заключительное звено в серии карт, отображающих физико-географические явления. Она в значительной мере обобщает содержание отраслевых физико-географических карт и предоставляет синтетическую информацию о природных условиях территории, чем и определяется ее научное и практическое значение.

Создание ландшафтных карт представляет в настоящее время одну из самых важных задач физической географии (Исаченко А.Г., 1981).

Основным направлением ландшафтного картографирования является разработка методики составления, оформления и анализа картографических произведений, отображающих природно-антропогенные и природные геосистемы локальной, региональной и планетарной размерностей (Пичугина Н.В., Фёдоров А.В., 2010).

Сегодня, в современной науке существует несколько подходов к анализу окружающей среды. В число таких подходов входят, например, покомпонентный (все компоненты природной среды анализируются и описываются отдельно друг от друга) и целостный подход, где такие компоненты рассматриваются во взаимодействии друг с другом. Второго подхода в науке распространено больше. Примером такого подхода может служить геосистемный подход Виктора Борисовича Сочавы.

Видение Сочавы о ландшафтах было объемнее, чем в других школах, он считал, что геосистема – это совокупность взаимосвязанных компонентов географической оболочки, объединённых потоками вещества, энергии и информации (ru.wikipedia.org/wiki/Геосистема). Его термин можно трактовать следующим образом: ландшафт можно увидеть глазами, например, пойменный луг, а геосистему нужно понимать, т.к. это совокупность компонентов, которые объединяются потоками вещества и энергии. Сочава ввел понятия геохор и биохор, считал, что системе геохор (природно – территориальных комплексов) должна соответствовать необходимая ей система биохор (географических сред, в которых определённые господствующие жизненные формы приспособлены к определённому сочетанию метеорологических факторов) (dic.academic.ru/dic.nsf/dic_biology/653/БИОХОР).

Виктором Борисовичем Сочавой был разработан следующий подход в понимании ландшафта: ландшафт – геосистема на основе двухрядной классификации и таксономии. Выделялись типологические и индивидуальные классификации. Эти ряды объединялись корреляционными связями (Сочава Б. В., 1978).

1.1. Направления ландшафтно – экологического анализа, как основы оценки воздействия на окружающую среду и их сущность

При решении проблемы оптимизации природопользования могут быть использованы методы и информационные материалы следующих направлений:

1. Биосистемное (экологическое), которое детально исследует взаимоотношение между средой обитания и организмами. В нефтегазопромысловых регионах это направление успешно реализовалось путем изучения реакций гидробионтов на углеводородные, солевые и другие виды загрязнений. Другие виды исследовательско - производственных разработок основываются на представлениях об экологических индикаторах антропогенной нарушенности. Реализация экологического подхода позволяет разрабатывать перспективные направления рекультивации нарушенных территорий. Биосистемное направление получает особую актуальность при решении проблем природопользования в районах с особыми - экстремальными условиями. Большое значение здесь придается оценке и прогнозу состояния геосистемы: «приземные слои атмосферы - нарушенный теплоизолирующий слой атмосферы - многолетнемерзлые грунты».

2. Геотехносистемное направление должно быть дополнено решением задач по определению типологического разнообразия и границ геотехнических систем (ГТС), их функционирования, параметризации, прогноза развития. Экологизация геотехносистемного и геотехнологического направлений существенно расширяет возможности внедрения комплексных познаний в практику природопользования. Показательным в этом отношении является использование данных о нефтяном загрязнении для определения объемов компенсационных выплат (Глазовская, 1976). Геотехносистемное и геотехнологическое направление, сегодня, - основные в отечественной концепции оценки воздействия на окружающую среду.

3. Аэро - космическое направление рассматривается, как высокоэффективная фактолого - методическая основа для регистрации компонентной и ландшафтной структуры природных образований. На аэро – фото - и космических снимках (АФС и КС) объективно и детально отображаются объекты воздействия, их типы, размещение, конструкция, исходные ПТК, особенности функционирования геотехнических систем, структурно - динамические особенности антропогенных ландшафтов. При анализе

дистанционных материалов с целью формирования картографо - информационной базы для решения проблем регионального природопользования возможно использовать принцип фото - структурного единства. Структура реального геоэкологического пространства и фотоструктура АФС и КС одинаковы. Источником трансформации фоновой ландшафтной структуры является антропогенная деятельность. Практическое природопользование всегда сотрудничает с реальными объектами и географической ситуацией, что определяет необходимость интегральной оценки трансформации фотоструктуры на схеме: естественный ПТК - структура его изображения - антропогенный ландшафтный комплекс - реальная геоэкологическая ситуация - интегральный ее фотообраз. Вопросами дистанционного зондирования региональной географической ситуации занимаются сегодня многие, следовательно, существует множество научных публикаций по этой тематике.

4. Ландшафтное направление на достигнутом уровне развития науки следует оценивать в качестве одного из главных, базовых, при решении проблем локального и регионального природопользования. Это объясняется несколькими факторами.

Ландшафты (природно - территориальные комплексы всех размерностей) являются итогом взаимодействия всех компонентов природной среды. Инвентаризация ландшафтов открывает возможности проведения сопряженного тематического картографирования на основе процедуры возвратного ландшафтного анализа (Козин, 1993).

Ландшафты выступают как носители ресурсов - территориальных, древесных, инженерно - геологических, ягодно-грибных, почвенных. Их структура, латеральные связи в геосистемах пространственного взаимодействия, трофическо - энергетические особенности определяют набор ценностных качеств, выражающихся через средо - образующие, природоохранные и социально-экономические функции ПТК. Важнейшая функция ландшафтов - быть средой обитания людей.

Важно отметить, что именно ландшафты, а не составляющие их компоненты, являются сферой размещения объектов антропогенного воздействия. Применение техники, не отвечающей специфике северных территориях, приводит в большинстве случаев к их коренному преобразованию, с переходом порогов устойчивости компонентов структуры, к утрате эталонных структурных свойств и функций. Происходит замещение естественных ландшафтов антропогенными.

Формируясь многие тысячелетия, ландшафты выступают в качестве своего рода природоохранных территорий. Этот аспект охватывает не только охраняемые территории (заповедники, заказники, памятники природы), но и ландшафты, выполняющие водоохранные, водорегулирующие, водозапасающие, биостанционные. Мерзлотно -

стабилизирующие и ландшафто - стабилизирующие функции. При научно - информационном обеспечении локального и регионального природопользования ландшафты с такими функциями налегают обязательному учету. Им должны отвечать особым образом регламентированные мероприятия воздействия

Антропогенные ландшафты, сформированные на месте естественных в результате физических, химических и биологических воздействий, сохраняют связь с исходными ПТК. Несмотря на качественную перестройку биоценотического покрова, в ряде случаев сохраняется исходное местоположение как условие самовосстановления комплекса. Коренное изменение свойств местоположения его гидротокков, трофотокков, эдотокков - переводит нарушенный комплекс на другой путь формирования. Проектирование природопользования важно осуществлять так, чтобы сохранить исходное местоположение, а рекультивационные мероприятия проводить с учетом степени изменения местоположения.

При решении проблем природопользования, ландшафтное направление может быть использовано в суженных моделях по более частным направлениям ландшафтной географии: общим ландшафтоведением, ландшафтной регионалистикой, классификацией, типологией и картографированием ландшафтов, ландшафтной индикацией, геофизикой ландшафтов, геохимией ландшафтов, учением о ландшафтных системах, учением об антропогенных ландшафтах и геотехнических системах, прикладным ландшафтоведением и к настоящему времени для всех этих направлений определены объективные стороны метода, ассоциации используемых методов географических наук и специальные методы геоэкологического анализа. Частные методы геоэкологического анализа (их более шестидесяти) обладают различной разрешающей способностью. Применение всего набора в реальной практике вряд ли целесообразно. В то же время важно комплексирование и комбинирование методов. Например, при оценке воздействия на окружающую среду в проектом районе с достаточной достоверностью можно прогнозировать размещение антропогенных ландшафтов и геотехнических систем, но для определенных зон их воздействия необходимы сведения, полученные по объектам - аналогам, или эталонам, ландшафтно - геохимическими и ландшафтно-геофизическим методами.

С учетом интегральных свойств ПТК, значительной универсальности ландшафтной информации и многоцелевого ее назначения, обязательной задачей является классификация и картографирование ландшафтов, результаты чего составляют основу для развертывания ландшафтно-экологического анализа с меняющимися векторно-целевыми задачами (Козин В.В., Осипов В.А. 1996).

Ландшафтное картирование считается одним из наиболее перспективных ветвей географической науки (Исаченко А.Г., 1981). Существует несколько научных направлений по изучению природной среды – покомпонентный и комплексный. Первый рассматривает анализ каждого компонента среды, как отдельного, самостоятельного элемента развития природы. Вторым методом предлагается рассматривать, как совокупность методов, или направлений, к которым возможно отнести, например:

1. Биосистемное (экологическое), детально исследующее взаимоотношения между средой обитания и организмами;

2. Геотехносистемное направление дополняется решением задач по определению типологического разнообразия и границ геотехнических систем (ГТС), их функционирования, параметризации, прогноза развития;

3. Аэро - космическое направление рассматривается, как высокоэффективная фактолого - методическая основа для регистрации компонентной и ландшафтной структуры природных образований по АФС и КС;

4. Ландшафтное направление является одним из наиболее важных при комплексной оценке ландшафтов. На достигнутом уровне развития науки следует оценивать такой метод в качестве одного из главных, базовых, при решении проблем локального и регионального природопользования.

Ландшафты (природно - территориальные комплексы всех размерностей) являются итогом взаимодействия всех компонентов природной среды. Инвентаризация ландшафтов открывает возможности проведения сопряженного тематического картографирования на основе процедуры возвратного ландшафтного анализа (Козин, 1993).

ГЛАВА 2. ТЕХНИКА И МЕТОДИКА КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ЛАНДШАФТОВ

В различные периоды развития науки, она характеризовалась тенденциями интеграции или дифференциации. Интеграция заключалась в развитии наук на основе их объединения с использованием общих или неких доминирующих принципов. Основой интеграции многих современных естественных и гуманитарных наук являются компьютерные технологии и информатика (Савиных В.П., Цветков В.Я., 2001).

Раннее крупномасштабное картографирование проводилось на основе длительных экспедиционных исследований, с большими капиталовложениями, трудозатратными составлениями карт и планов. Карты создавались достаточно долго, с большой периодичностью по годам.

С появлением современных методов исследований, таких, как дистанционное зондирование Земли и ГИС, возможности обработки картографической информации значительно увеличились. Географические исследования и картографирование ландшафтов в настоящее время получили возможности более активного привлечения объективных цифровых методов исследования. Применение ГИС и ДЗ существенно сократили время подготовки и камеральной обработки данных, позволили создавать качественные картографические произведения без привлечения широкого круга узких специалистов.

2.1. Дистанционное зондирование Земли

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) – получение информации о поверхности Земли и объектах на ней, атмосфере, океане, верхнем слое земной коры бесконтактными методами, при которых регистрирующий прибор удален от объекта исследований на значительное расстояние. Общей физической основой дистанционного зондирования является функциональная зависимость между зарегистрированными параметрами собственного или отраженного излучения объекта и его биогеофизическими характеристиками, и пространственным положением. Суть метода заключается в интерпретации результатов измерения электромагнитного излучения, которое отражается либо излучается объектом и регистрируется в некоторой удаленной от него точке пространства. С помощью дистанционного зондирования изучают физические и химические свойства объектов. Примерами естественных форм ДЗ являются зрение, обоняние и слух человека. К методам дистанционного зондирования относят и фотографическую съемку, существенным ограничением которой является то, что эмульсионный слой фотопленки чувствителен только к излучению в видимой либо близкой к ней части электромагнитного спектра.

В современном облике дистанционного зондирования выделяются два взаимосвязанных направления – естественно - научное (дистанционные исследования) и инженерно-техническое (дистанционные методы), что нашло отражение в широко распространенных англоязычных терминах remote sensing и remote sensing techniques. Понимание сущности дистанционного зондирования неоднозначно. В качестве предмета дистанционного зондирования как научной дисциплины рассматриваются пространственно-временные свойства и отношения природных и социально-экономических объектов, проявляющиеся прямо или косвенно в собственном или отраженном излучении, дистанционно регистрируемом из космоса или с воздуха в виде двумерного изображения – снимка. Эта существенная часть дистанционного зондирования названа аэрокосмическим зондированием (АКЗ), что подчеркивает его преемственность с традиционными аэрометодами. Метод аэрокосмического зондирования основан на использовании снимков, которые, как свидетельствует практика, представляют наибольшие возможности для комплексного изучения земной поверхности. Методы ДЗ основаны на использовании сенсоров, которые размещаются на космических аппаратах и регистрируют электромагнитное излучение в форматах, существенно более приспособленных для цифровой обработки, и в существенно более широком диапазоне электромагнитного спектра. В большинстве методов ДЗ используют инфракрасный диапазон отраженного излучения, тепловой инфракрасный и радиодиапазон электромагнитного спектра. Во всех странах действенным стимулом развития аэрокосмического зондирования служат запросы военных ведомств. С внедрением космических методов и современных цифровых технологий аэрокосмическое зондирование приобретает все более важное экономическое значение и становится обязательным элементом высшего образования в природоведческих вузах, превращается в мощное средство изучения Земли от локальных исследований отдельных компонентов до глобального изучения планеты в целом. Поэтому при изложении различных аспектов аэрокосмического зондирования целесообразно рассматривать его как метод исследований, результативно применяемый во всех науках о Земле, и, прежде всего в географии (Воробьева А.А, 2012).

Современный этап развития космических методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) начался в 1972 году с запуска искусственного спутника Landsat с установленной на его борту аппаратурой MSS (Multispectral Scanner System), которая позволяла вести съемку в четырех спектральных диапазонах, ширина каждого из которых составляла около 100 нм. При этом каждый пиксел космического снимка соответствовал площадке размером 80 метров на поверхности Земли. Современные системы

дистанционного зондирования отличаются большим разнообразием, а их технические характеристики существенно превосходят характеристики аппаратуры MSS. Сегодня на орбите работают искусственные спутники Земли (ИСЗ), которые ведут съемку в десятках различных диапазонов электромагнитного спектра с разрешением от одного километра до одного метра или даже нескольких десятков сантиметров. Используются также гиперспектральные системы ДЗЗ, устанавливаемые на воздушных летательных аппаратах. Такие системы охватывают уже сотни спектральных зон шириной около 10 нм каждая (Шовенгердт Р.А., 2010).

Данные спутниковой съемки содержат полезную информацию, полученную в различных спектральных диапазонах, и, кроме того, сохраняются в цифровом виде. Поскольку космические снимки охватывают большие области, их можно использовать для тематических региональных исследований и идентификации крупных пространственных объектов, в частности, структур рельефа. Регулярная съемка территорий позволяет проводить мониторинг водных ресурсов, агротехнического состояния сельскохозяйственных культур, эродированности почв, развития инфраструктуры городов и других процессов, объектов и явлений, которые изменяются под воздействием природных и антропогенных факторов. С помощью космической съемки достаточно просто получить данные о труднодоступных областях. Еще одним преимуществом ДЗ является возможность получения снимков разного разрешения, что позволяет применять данные ДЗ для решения различных задач в разных предметных областях. Поскольку анализ материалов ДЗ выполняется камерально, требуется меньше полевых исследований, что окупает затраты на приобретение данных. Экономически эффективным является и применение космических снимков для оперативного обновления средне- и мелкомасштабных карт. Цветные изображения, формируемые на основе данных ДЗ в трех спектральных каналах, несут больше информации, чем отдельные наземные или аэрофотоснимки, а стереопары снимков дают возможность проводить трехмерный анализ пространственных объектов. И, наконец, цифровой формат материалов ДЗ и использование компьютеров для их обработки и анализа обеспечивают быстрое получение результатов. Помимо преимуществ у данных дистанционного зондирования есть, конечно же, и недостатки. Для их обработки и анализа требуются очень высокая квалификация и большой практический опыт. Использование таких данных становится экономически неэффективным при единичных исследованиях небольших территорий. Космические снимки нельзя использовать для создания планов в инженерных целях. Программное обеспечение, которое применяется для обработки цифровых снимков, также имеет высокую стоимость. Кроме того, если результаты

дешифрирования материалов ДЗ не подтверждены полевыми исследованиями, к ним надо относиться с большой осторожностью (mydocx.ru/6-131402.html).

К числу современных методов исследований относится проведение тематического дешифрирования материалов аэрофото- и космосъемки. Получаемые материалы весьма разнообразны по масштабу, геометрическим, спектральным и иным свойствам. К главным достоинствам аэроснимков, космических снимков, цифровых данных относят:

1. высокая детальность;
2. большая обзорность и одномоментность;
3. одновременный охват обширных пространств;
4. возможность получения повторных снимков, т.е. фиксация состояния объектов в разные моменты времени и возможность прослеживания их динамики;
5. возможность изучения труднодоступных территорий;
6. элементы земной поверхности предстают в интегрированном и в то же время генерализованном виде (Берлянт А.М., 2001).

С помощью данных ДЗ могут обновляться или создаваться заново: схемы использования земель, функциональное зонирование территории, карты современного состояния территории, ландшафтные, растительности, проблемных территорий и труднодоступных районов. С помощью аэро - и космоснимков создают общегеографические и тематические фотокарты.

Выделяют следующие виды материалов ДЗ:

1. фотографические снимки – покадровая регистрация земных объектов на светочувствительную плёнку. К ним относят – одиночные плановые снимки, стереопары, монтажи, фотосхемы и фотопланы, панорамные снимки и фотопанорамы, фронтальные (вертикальные) снимки и т.д.;
2. телевизионные снимки – регистрация изображения на светочувствительных экранах передающих телевизионных камер (узко- и широкополосные снимки, фототелевизионные снимки);
3. сканерные снимки – поэлементная, построчная регистрация излучения объектов земной поверхности (сканерные снимки, монтажи, сканерные «фотопортреты»);
4. радиолокационные снимки (спутники и самолёты), гидролокационные снимки (подводная съёмка дна озёр, морей и океанов);
5. синтезированные изображения – получают в результате многозональной съёмки, суть которой в том, что одна и та же территория (акватория) одновременно фотографируется или сканируется в нескольких сравнительно узких зонах спектра (Берлянт А.М., 2001).

Если территория, охватываемая снимком, достаточно большая или местность имеет ярко выраженный рельеф с большими перепадами высот, то применяется метод – ортотрансформирование – решение трёхмерной задачи, учитывающей особенности камеры, условия съёмки и характер местности. Получают ортоисправленные космоизображения местности по всем параметрам геометрически подобные картам.

В связи с огромным объемом поступающей информации требуется проведение специальных мероприятий по сбору, систематизации и архивации данных, для обеспечения потребителей первичными и обработанными данными. Важная роль каталогов космических снимков заключается в оперативном информировании широкого круга пользователей космической информации о наличии архивных материалов на требуемые им территории. В связи с огромным объемом накопленных данных это требует современных программных и аппаратных средств для манипулирования информацией и представлении ее в виде удобном для потребителя.

При обработке материалов ДЗ достигается:

1. статистическое обобщение, сжатие исходной количественной информации для выявления закономерностей размещения явлений на больших площадях;
2. разложение исходного фотоизображения на элементарные составляющие с переводом в количественную форму (квантификация) и заменой дискретного изображения непрерывным (континуализация);
3. изучение динамики и взаимосвязи явлений посредством составления по исходным картам новых производных карт динамики и взаимосвязи (Червяков В.А., 1998).

С использованием современных средств фотограмметрии, ГИС и программ обработки материалов ДЗ возможно создание следующих карт:

1. топографические;
2. тематические – использование космических материалов позволяет создавать мелкомасштабные тематические карты, минуя этап крупномасштабного картографирования;
3. фотокарты;
4. оперативные – самые известные - это метеорологические карты.

Интеграция геоинформатики с методами обработки ДДЗ является очередным крупным шагом развития географических наук.

Основным источником данных в ДДЗ была и остается фотограмметрическая информация, дополняемая другими видами съемок. Благодаря цифровым многозональным снимкам получали ценную информацию о природной среде для больших территорий. Исследования, проводившиеся многие годы в таких областях, как геология, изучение

растительного покрова, картирование труднодоступных территорий, доказали экономическую эффективность применения цифровых методов дистанционного зондирования. Достижения в разработке спутниковых сенсоров таких, как система SPOT с разрешением 10 м в панхроматическом режиме (и даже стереорежиме), расширили круг получаемой информации. Кроме фотоснимков важным источником информации для ДДЗ являются радиолокационные снимки. Их уникальные свойства: независимость от времени дня, освещенности и погодных условий, осуществимость изучения деталей состояния водной поверхности, а также интерферометрическая обработка радарных снимков для построения ЦМР - позволяют получать дополнительную информацию об объектах земной поверхности и расширяют круг задач, решаемых методами систем ДДЗ и ГИС. В отличие от этих систем первые ГИС, такие как MapInfo, ArcGIS, были разработаны как коммерческие системы и предназначались для массового (неквалифицированного) пользователя. Они возникли как системы деловой графики с возможностями тематического картографирования. Первые ГИС так же, как и в значительной степени современные, предназначались для поддержки принятия решений в бизнесе и реализовывались на относительно простых моделях компьютеров. При решении большинства задач бизнеса и даже проектирования ГИС применялись как интерпретирующие или поисковые системы. Никакой сложной обработки информации в них не было. Это делало доступным такие технологии пользователям с невысоким (в области компьютерной обработки) уровнем подготовки.

Основным источником данных в первых ГИС была картографическая информация. Причем использовавшаяся картографическая информация относилась преимущественно к крупным масштабам. Такой масштабный ряд не требовал проекционных преобразований. Файлы, обрабатывавшиеся в первых ГИС имели небольшой объем (чаще десятки, реже две-три сотни кбайт). Наоборот, в системах ДДЗ масштабы съемок относятся к мелким. Обработка данных для таких масштабов требует обязательного применения проекционных преобразований. Файлы данных, применявшиеся в системах ДДЗ, относились к большим (до 1 Гбайт). Методы обработки информации в системах обработки ДДЗ относились к наиболее сложным. В них применялись автоматизированные классификации, распознавание образов, статистический анализ и др. Это требовало высокой квалификации, и большинство подобных методов обработки было недоступно простому потребителю. Постепенное развитие ГИС приводило к возрастанию площади территорий, охватываемых ГИС-технологиями, что требовало пере- хода на более мелкие масштабы. Основным источником информации для ГИС постепенно становятся снимки, включая снимки мелких масштабов. Развитие ГИС сопровождалось совершенствованием технической базы ГИС и

развитием средств коммуникации. Развитие технической и технологической базы ГИС сопровождалось появлением доступных по стоимости компьютерных средств, эффективных методов цифровой обработки данных, совершенствованием сканеров и сканерных технологий, возможностью обработки файлов большого объема, появлением GPS, а также эффективных телекоммуникационных систем типа Internet. Это послужило связующим мостом для интеграции ГИС и систем ДДЗ. Окончание «холодной войны», снятие режимов секретности с ДДЗ, повышение точностных характеристик ДДЗ, внедрение рыночных отношений в экономику России привели к появлению рынка информационных продуктов ДДЗ как сегмента рынка геоинформационных продуктов. Это послужило существенным стимулом интеграции технологий ГИС и технологий обработки данных ДДЗ. Развитие компьютерных технологий, появление анимационных и 3Э-программ моделирования, повышение компьютерной грамотности и информационной культуры повысило уровень рядового потребителя информационной продукции. Это послужило дополнительной основой интеграции между ГИС и системами обработки ДДЗ. Говоря об интеграции ГИС-технологий и технологий обработки ДДЗ на современном этапе, следует отметить ряд специфических факторов. Материалы ДДЗ как данные для ГИС-технологий охватывают большие территории. Они эффективны при исследовании и проектировании именно на больших территориях (Савиных В.П., Цветков В.Я., 2001).

За последние годы существенно возросли объем и качество предоставляемых материалов дистанционного зондирования Земли из космоса и аэросъемки, которые превратились в новый, быстро развивающийся и совершенствующийся инструмент исследований в самых различных отраслях науки. Основой интеграции ГИС и систем ДДЗ являются не столько технические средства, сколько близость технологий.

2.2. Создание крупномасштабной ландшафтной карты территории острова Белый

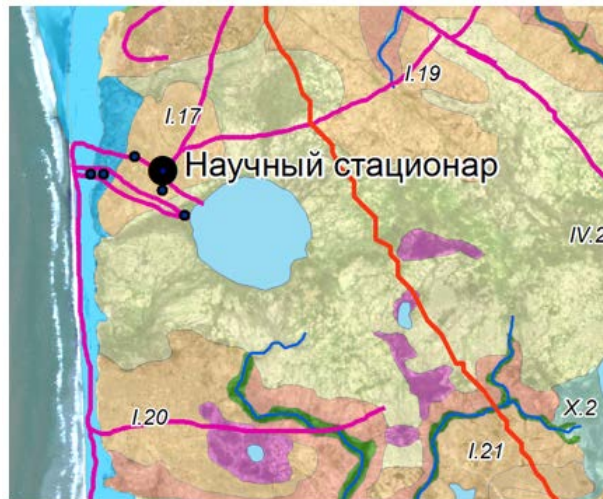
Для того, чтобы создать ландшафтную карту территории всего острова, понадобился космический снимок представленной территории. Был использован синтезированный космоснимок Quickbird пространственным разрешением 4 метра и визуализирован в ArcGIS Desktop 10.5 (Рисунок 1).



Рисунок 1. Снимок Quickbird, представленный на территорию острова Белый
(составлен автором в ПК ArcGIS)

Первое, что было выполнено автором, включая ряд соавторов, - проведение визуального дешифрирования территории северо - западной части острова с последующей верификацией (идентификацией ландшафтов и присвоению каждому ландшафту векторной информации).

Описание ландшафтов непосредственно на территории острова проводилось летом 2015 года по «ключам» - участкам комплексных описаний, расположенных примерно на одинаковом расстоянии друг от друга, выбираемых по наиболее разнообразным в ландшафтном понимании территориям. Сотрудник – ландшафтовед вставал на ключевой участок, фотографировал его и проводил описание (Рисунок 2).



Условные обозначения

- Маршруты наземных исследований
- Маршруты аэровизуального обследования
- Точки комплексных описаний

Рисунок 2. Карта – схема положения ключевых участков на северо – западной части территории острова Белый, вблизи научного стационара (составлен автором)

На следующий год, в 2016 – совершена повторная поездка на остров с целью проведения маршрутных наблюдений и фиксирования ландшафтов на фото – объектив. Фото - камера содержала в себе датчик, позволявший проводить фиксирование не только изображения, но и координат точки стояния – геотегов, что позволило с помощью стандартного инструмента ArcGIS версии 10.5 экспортировать геотеги в точечный shape – файл и создать в базе геоданных с ландшафтными контурами вложения с фотографиями (Рисунок 3).

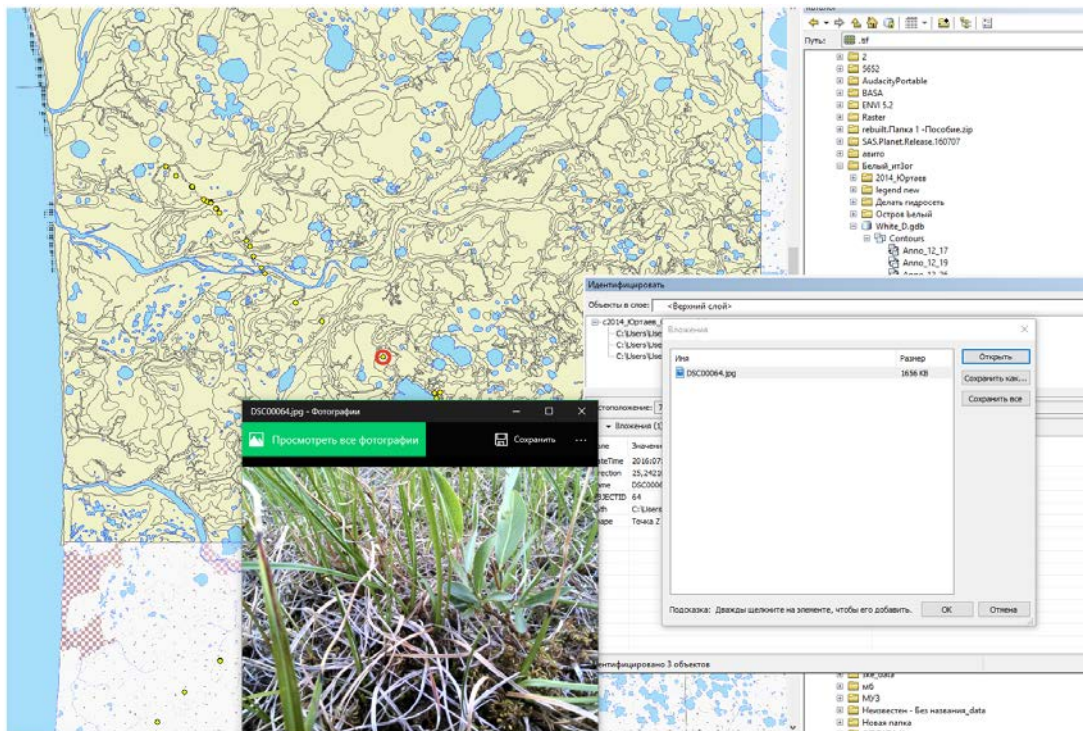


Рисунок 3. Пространственное положение координат маршрутных точек наблюдений и пример фотографии (составлен автором)

После приезда сотрудников была проведена обработка данных, верификация контуров, создание атрибутивных таблиц и корректировка контуров, обработанных ранее (Рисунок 4).



Рисунок 4. Внесение атрибутивных данных о ландшафтах острова в ArcGIS (составлен автором)

Так как сотрудниками, посетившими остров, были проведены детальные исследования на части острова, то было решено проводить детальную работу на исследованной северо – западной части территории всего острова. Записи сотрудников, побывавших на острове, совместно с полученными фотографиями, позволили идентифицировать ландшафты северо – западной части территории острова.

За основу классификационных построений при разработке легенды ландшафтно-типологической карты приняты научно-методические подходы Ф.Н. Милькова (Мильков, 1966, 1970, 1981, 1986) и В.В. Козина (Козин, 1993; Козин, Марьинских, 1996). В соответствии с целью и выбранным масштабом исследования (1:25000) при выполнении работ использован типологический ряд таксономических единиц.

Основными классификационными единицами при картографировании ландшафтных комплексов (ПТК) служат типы местности и виды урочищ, которые в практике инженерно - экологических работ являются традиционными единицами крупномасштабного ландшафтного картографирования.

Тип местности выделен как относительно однородная с точки зрения природных условий территория, обладающая присущим только ему характерным сочетанием урочищ (Мильков, 1966). Каждый тип местности на территории исследования складывается из значительного количества конкретных урочищ. Общие черты их обусловлены местоположением и композицией ландшафтообразующих процессов. Основанием для выделения типов местности служат генетическое и морфологическое сходства формирующих его доминантных и характерных урочищ, тип сочетания литолого-фациальных комплексов и степень дренированности. Существенное значение для обособления типов местности имеют продолжительность затопления (на поймах), тип и мощность торфов (в пределах болотных ландшафтов), условия дренирования и особенности многолетнемерзлых пород.

Второй важнейшей единицей крупномасштабного картографирования является вид урочища, представляющий собой закономерный комплекс фаций, достаточно хорошо обособленный в природе в связи с неровностями рельефа и неоднородным составом почв и грунтов (Мильков, 1966). Определяющими свойствами в дифференциации видов урочищ являются растительность и микрорельеф при относительно однородном литолого-фациальном комплексе. Ведущим факторальным признаком является структурно-динамическое единство подурочищ и фаций.

В пространственном классе внутри БГД для ландшафтных контуров были созданы атрибутивные поля Index, TM, VU, что означало индекс, тип местности и вид урочища соответственно. Разрешение снимка, совместно с полученной априорной информацией

позволило выделить виды урочищ, в качестве наиболее крупной единицы. Пример одного из описанных урочищ и его фотографией можно видеть на рисунке 5.



Рисунок 5. Плоская слабо наклонная с мелкокочковатым микрорельефом слабодренированная долина с травяно-моховой влажной тундрой (фотография Маршнина А.В.)

Для уменьшения трудовых затрат было решено идентифицировать ландшафты в MS Office Excel и затем с помощью группы инструментов «Соединения и связи» в ArcGIS перевести полученную информацию в ГИС. Непосредственно сами контура в ArcGIS назывались цифрами, а уже в MS Office Excel для каждой цифры определялись тип местности и вид урочища. Суть работы в ArcGIS заключался в том, что автор, пользуясь типологическим подходом в крупномасштабном картографировании ландшафтов, непосредственно на снимке находил территории, которые структурно подходили под описание одного и того же урочища и объединял их. Объединённые контура получали свой номер. Пример легенды, представленной в MS Office Excel, можно наблюдать на рисунке 6.

| Тип Местности | Вид Урочища | Номер на снимке | № |
|---------------------------|--|-----------------|-----|
| водораздельно - тундровый | <i>Вершинные дефлируемые поверхности первой морской террасы с мелкобугристым микрорельефом с ивнячково-травяно-лишайничково-моховой черной (ракомитриевой) лятнистой тундрой в сочетании с ивнячково-травяно-лишайничково-моховой тундрой (проективное покрытие до 10%)</i> | 30 | 1.1 |
| водораздельно - тундровый | <i>Слабонаклонная поверхность первой морской террасы с полигональной травяно - моховой влажной тундрой с участием лишайничково - травяно - моховых и кустарничково - травяно - моховых тундр по основной поверхности и ивнячково - травяно - моховыми болотами по ложбинам</i> | 43 | 1.2 |
| водораздельно - тундровый | <i>Придолинная слабо наклонная к долине с мелкобугристым микрорельефом часть водораздельной равнины с ивнячково-травяно-лишайничково-моховой черной (ракомитриевой) лятнистой тундрой в сочетании с ивнячково-травяно-лишайничково-моховой тундрой и низинными травяно - моховыми болотами</i> | 14 | 1.3 |
| водораздельно - тундровый | <i>Придолинная слабо наклонная к долине с мелкобугристым микрорельефом часть первой морской террасы с ивнячково-травяно-лишайничково-моховой черной (ракомитриевой) лятнистой тундрой в сочетании с ивнячково-травяно-лишайничково-моховой тундрой и локальными песчаными раздувами</i> | 29 | 1.4 |

Рисунок 6. Легенда, представленная в MS Office Excel (составлен автором)

Полученная карта позволяет проводить с ней ряд операций. Так, например, возможно провести статистические расчеты, построить диаграммы. На основании готовой ландшафтной карты возможно построение ряда карт, таких как карта растительности, почв и т.д.

Следующим этапом работы стало графическое оформление карты. Компонировка итоговой карты состоит из:

1. Легенда ландшафтной карты с делением по типам местности и видам урочищ;
2. Карта – схема территории острова с выделенным участком проведенного ландшафтного картографирования в масштабе 1:200000;
3. 4 фото - врезки с наиболее часто встречаемыми ландшафтами территории острова;
4. Круговая диаграмма, показывающая соотношение типов местности на представленном участке;
5. Стрелка, указывающая на север;
6. Рамка;
7. Именованный масштаб;
8. Название карты.

Созданная ландшафтная карта северо – западной части территории острова Белый представлена в приложении А.

Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) – получение информации о поверхности Земли и объектах на ней, атмосфере, океане, верхнем слое земной коры бесконтактными методами, при которых регистрирующий прибор удален от объекта исследований на значительное расстояние.

Материалы ДЗ очень часто используются в современных науках о Земле, в том числе и ландшафтоведении, и комплексных исследованиях Земной поверхности.

К главным достоинствам материалов ДЗ, в числе которых можно назвать аэроснимки, космические снимки и цифровые данные, относят:

1. высокая детальность;
2. большая обзорность и одномоментность;
3. одновременный охват обширных пространств;
4. возможность получения повторных снимков, т.е. фиксация состояния объектов в разные моменты времени и возможность прослеживания их динамики;
5. возможность изучения труднодоступных территорий;
6. элементы земной поверхности предстают в интегрированном и в то же время генерализованном виде (Берлянт А.М., 2001).

С при помощи ПК ArcGIS Desktop 10.5 удалось создать крупномасштабную ландшафтную карту на территорию северо – западной части острова Белый. Предпосылкой заполнения атрибутивных таблиц явились комплексные исследования острова в 2015-2016 годах. Проведены непосредственные научные поездки на остров, с целью комплексных описаний ландшафтов по «ключам». Такие участки описаны непосредственно на северо – западной части острова. Также проведены маршрутные наблюдения всего острова, с линейным исследованием территорий, закрепляя их фотографиями с геотегами. Полученная карта имеет масштаб 1:25000, компонована тремя фото – врезками, с наиболее часто встречающимися здесь видами флоры и фауны, карта – врезка с положением исследуемой территории на снимке всего острова, легенда, именованный масштаб и стрелка положения севера.

ГЛАВА 3. ОЦЕНКА И АНАЛИЗ ЛАНДШАФТНОЙ СТРУКТУРЫ ИССЛЕДУЕМОГО УЧАСТКА ОСТРОВА БЕЛЫЙ

3.1. Физико – географическая характеристика исследуемой территории

Белый – это невысокий плоский остров в Карском море является округлой формой (занимает 45-60 км в диаметре), отделен от полуострова Ямал проливом Малыгина, ширина которого в самом узком месте составляет 9 км. Территориально относится к Ямало – Ненецкому автономному округу. Остров изобилует многочисленными озерами и ручьями.



Рисунок 7. Недренированная поверхность ватта (фотография Маршинина А.В.)

Остров представляет собой почти плоский заозёрный, заболоченный, лагунно-лайдовый участок с небольшими абсолютными высотами (до 24 метров). Остров был образован отложениями, которые имеют ледово – ледниково - морское происхождение. Северная, северо – восточная и западная части побережья острова на протяжении 110 км имеют постоянную береговую линию. Остальная часть побережья протяжённостью свыше 60 км, которая омывается водами пролива Малыгина имеет приливно - отливную полосу шириной от 0,5 до 1,0 км. Почвы большей части острова являются аркто - тундровыми перегнойно - глеевыми с признаками остаточной солонцеватости (Ливеровская И.Т., 1971). Наибольшее влияние на климат острова оказывают своеобразие радиационного фона, которое обусловлено астрономическими факторами, непосредственной близостью моря и сильно развитой циклонической деятельностью (Алисов Б.П., 1971). Важной особенностью режима инсоляции являются большие сезонные различия в количестве поступающей радиации. В июне – августе, свободной от снежного покрова земной

поверхностью Арктики, поглощается примерно столько - же солнечного тепла, как в лесостепи Западной Сибири. Этому способствует длительная продолжительность дня, прозрачность атмосферы, небольшая толщина и малая водность облаков. На формирование температурного режима, наряду с радиационными факторами, большое влияние оказывает перенос морских воздушных масс с запада и севера и континентальных — с юга.



Рисунок 8. Плосковолнистая слабо- и дренированная поверхность лайды с печеночниковой (красной) тундрой в сочетании со злаковыми (фиппсия, бескильница, пукчинеллия) сообществами, влажными осоково-злаковыми тундрами и низинными осоково-сфагновыми болотами (фотография Маршинина А.В.)

Остров является ярким примером естественного водно - болотного угодья, которое характерно для западно - сибирских арктических островных тундр. Остров служит местом массового гнездования, линьки и остановок во время миграций белолобого гуся и чёрной казарки, линьки гуменника. В разные годы на острове обитало от 40 до 60 тысяч гусей. Здесь гнездятся гага - гребенушка, сибирская гага, а иногда встречается малый лебедь. На острове Белый постоянно обитает дикий северный олень. По данным авиаучёта, проведённого в августе 1995 г., численность оленей на острове оценивалась в 5-6 тысяч особей (Молочаев А.В., 1995). Угодье имеет также важное значение для морских млекопитающих. Кроме обычных видов — нерпы, морского зайца и белухи — здесь встречается редкий, занесённый в Красную книгу РСФСР, атлантический морж. Этот, ставший редким к 1950-м годам вид, по опросным данным, уже более 10 лет обитает на песчаных отмелях в северо-западной части острова Белый.

В омывающих водах постоянно обитают омуль и ряпушка. Для последнего вида пролив Малыгина является крайней северной границей распространения.



Рисунок 9. Придолинная слабо наклонная к долине с мелкобугристым микрорельефом часть водораздельной равнины с ивнячково – травяно – лишайниково – моховой черной (ракомитриевой) пятнистой тундрой в сочетании с ивнячково-травяно- лишайниково-моховой тундрой и низинными травяно – моховыми болотами (фотография Маршнина А.В.)

Вегетационный период на острове продолжается максимум 2 месяца – июль и август, так как в июне температура воздуха еще близка к 0 градусов Цельсия, а сентябрьское тепло не востребуется растениями – в конце августа фенологически наступает осень, сокращается светлое время суток, учащаются заморозки (Ребристая О.В, 2013). Большую часть территории занимают арктические тундры, представленные кустарничково-моховыми кочковатыми в сочетании с пушицево-моховыми заболоченными тундрами и осоково-гипновыми полигональными болотами (Ильина И.С., Лапшина Е.Н., Лавренко Н.Н. и др., 1985). Для арктических тундр о. Белого характерно преобладание моховых сообществ, с пятнистым распространением растительного покрова. Моховые тундры занимают более влажные суглинистые участки дренированных плакоров. Мелкокочковатая поверхность их зарастает гипновыми мхами, среди которых присутствуют лишайники (кладония, пельтигера). Травяной покров состоит главным образом из осок (осока прямостоящая и др.), пушиц узколистной и Шеихцера и злаков: дюпонтии Фишера, зубровки редкоцветной. Заросли арктофилы рыжеватой окаймляют понижения, приуроченные

обычно к берегам термокарстовых Пролив Малыгина, озёр (Жадринская Н.Г., 1977). отделяющий о. Белый от п-ова Ямал, служит местом скопления на линьку завершивших брачный период самцов морянки. Многотысячные стаи этого вида мы встречали во время авиаучёта в местах впадения в пролив ямальских рек Яхады-Яха и Сидя-Нангуева-Яха

3.2. Использование современных методов камеральной обработки данных

Следующим этапом работы автора следует использование современных технических методов для сравнения с проделанной комплексной работой в крупномасштабном картографировании территории острова.

Первое, что можно сделать, это использование современных цифровых моделей рельефа (ЦМР) для сравнения с высотными уровнями, выделенными на ландшафтной карте.

Для поиска ЦМР на территорию острова автор воспользовался сайтом геологической службы США – earthexplorer.usgs.gov (Рисунок 10).

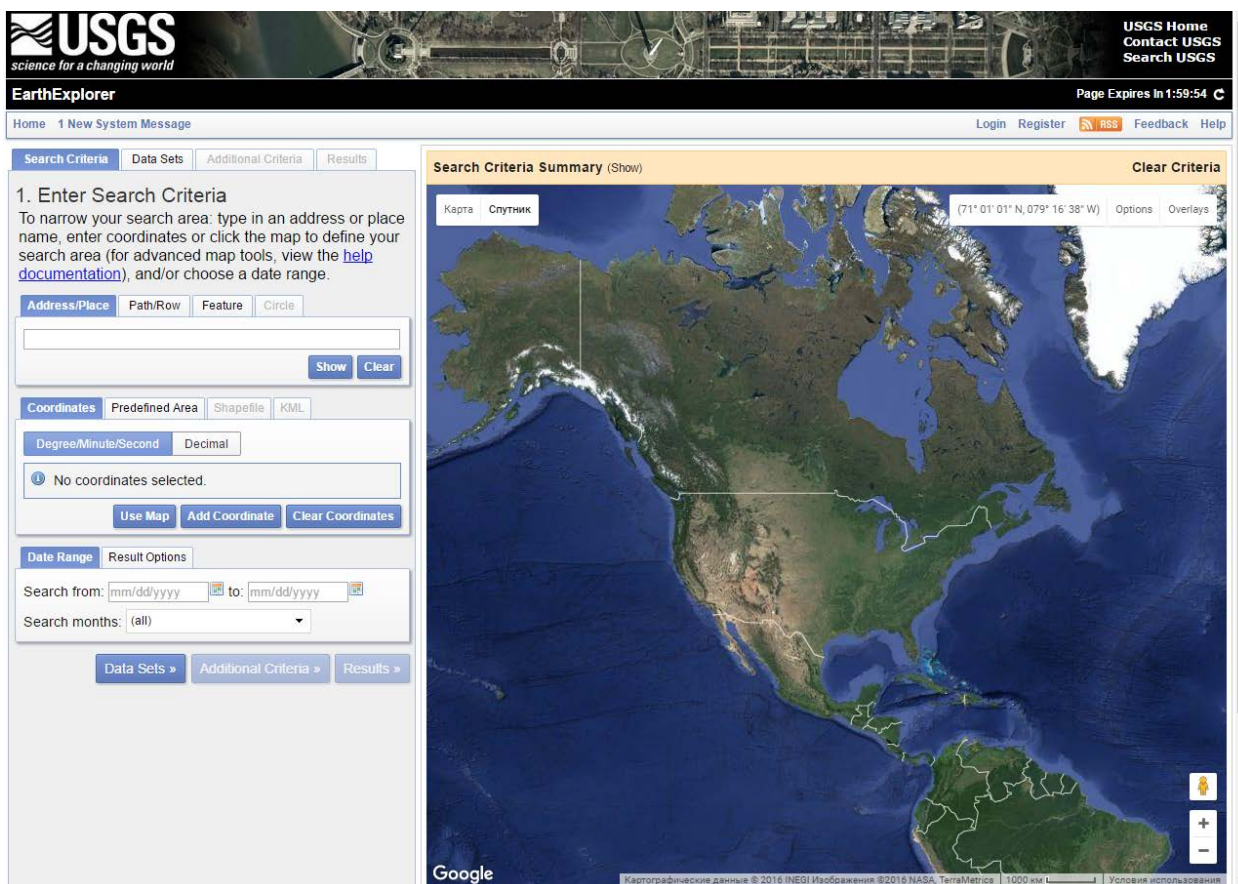


Рисунок 10. Главное окно сайта геологической службы США (составлен автором)

В ходе поиска ЦМР на территорию острова были выбраны SRTM и AsterDEM V3 и обработан в ГИС SAGA, последняя модель будет использована позднее (Рисунок 17).

ГИС SAGA – открытая настольная геоинформационная система с открытым исходным кодом. SAGA – одна из наиболее сильных на сегодняшний день ГИС аналитической направленности. Помимо этого, ее положительными сторонами являются: поддержка большого числа форматов файлов пространственных данных, обширная библиотека проекций, дружелюбность интерфейса, эффективность использования дискового пространства и высокая производительность, возможности расширения и доработки. В качестве недостатка можно назвать нехватку и разрозненность документации – для некоторых модулей иногда полностью отсутствует описание алгоритма и настраиваемых параметров, что может стать камнем преткновения в освоении.

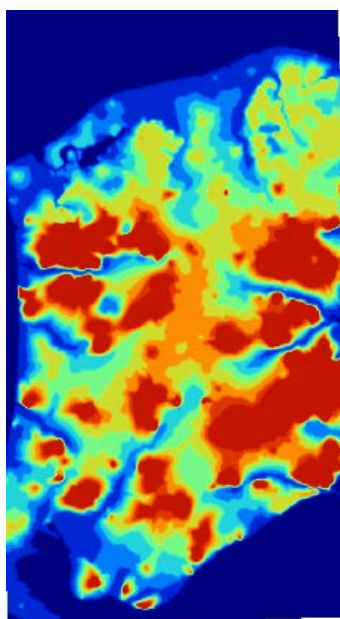


Рисунок 11. Визуализация ЦМР SRTM на территорию исследуемой территории в ГИС SAGA (составлен автором)

В ГИС SAGA представлен широкий спектр инструментов, позволяющих выполнять самые разнообразные задачи, в том числе и автоматическое построение горизонталей по ЦМР.

Для создания ландшафтной карты важное значение имеют характеристики рельефа – как основы дифференциации ландшафтов на уровне типов местности. Перегибы рельефа (тальвеги, бровки и т.д.) являются важными природными рубежами и естественными границами типов местности. В практике крупномасштабного картографирования накоплен значительный опыт применения геоморфометрических методов (Шарый П.А., 2006).

В нашем случае, в условиях плоского рельефа и недостатка данных, (ЦМР SRTM дают объективную и качественную информацию до 60° с.ш., полученная ЦМР AsterDEM также

севернее 60° с.ш. зачастую имеет артефакты и остаточные после обработки аномалии), построение ЦМР проводилось в целях оценки их корректности и сравнение с априорной информацией (гидросеть, уровневые показания) на растровом изображении острова QuickBird.

Для того, чтобы построить горизонтали в ГИС SAGA необходимо воспользоваться Geoprocessing – Shapes – Grid – Vectorization – Contour lines from Grid. Окно инструмента можно наблюдать на рисунке 12.

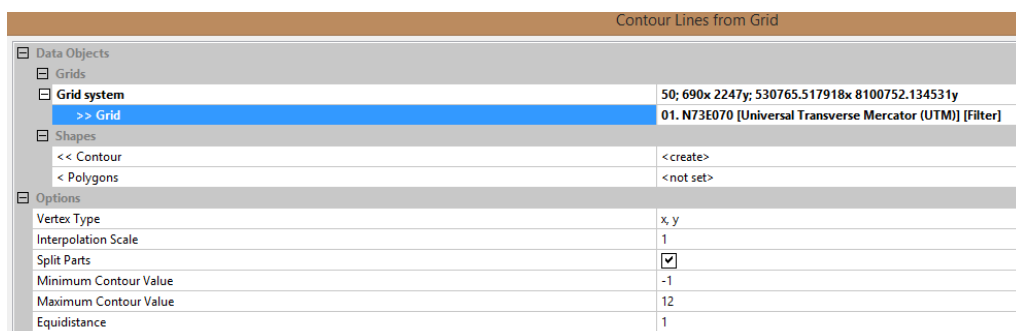


Рисунок 12. Окно инструмента Contour lines from Grid в ГИС SAGA (составлен автором)

Инструмент позволяет устанавливать шаг горизонталей, для нашей территории был выбран шаг в 1 метр, в связи с равнинному характеру рельефа исследуемой территории. После выполнения инструмента были созданы изолинии. Результат работы инструмента и сравнение его со снимком, использованным для комплексного ландшафтного картографирования (QuickBird) можно наблюдать на рисунке 13.

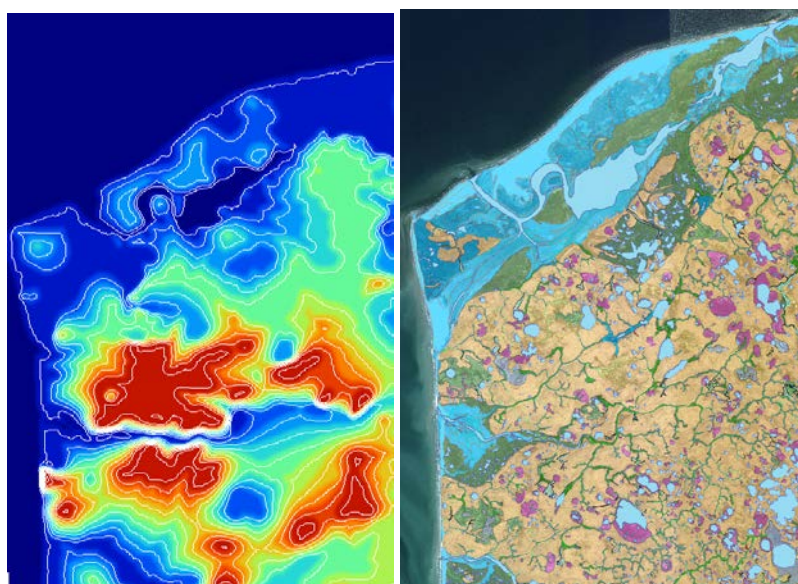


Рисунок 13. Сравнение высотных уровней ЦМР с готовыми контурами на QuickBird (ЦМР SRTM слева, QuickBird справа) (составлен автором)

На основании созданных изолиний - высот можно проводить сравнение и делать выводы. По большей части выделение на ЦМР горизонталей позволяет провести оценку ее корректности и сравнить с проведенными уровнями на ландшафтной карте.

Следующим этапом возможно провести на основании ЦМР AsterDEM V3 (Рисунок 20) создание линий тальвегов для сравнения с положением существующих линейных гидрографических объектов на снимке.

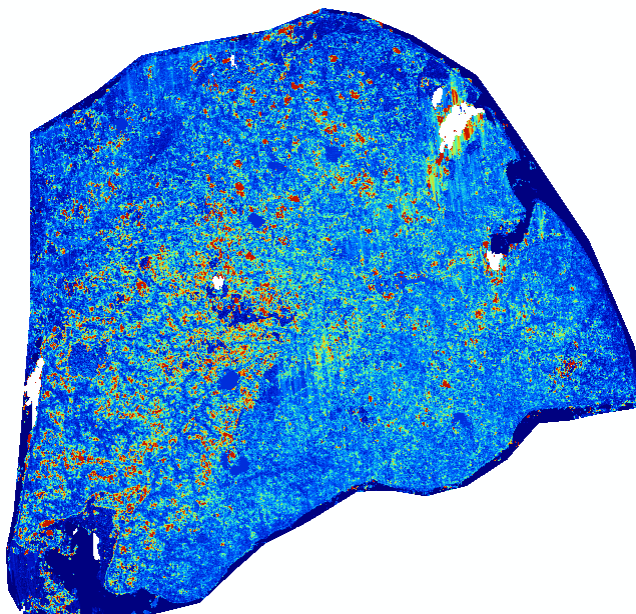


Рисунок 14. Визуализированный и обрезанный по контуру острова в ГИС SAGA ЦМР AsterDEM V3 (составлен автором)

Тальвеги – линии, занимающие на чертеже, карте или ЦМР самые глубокие участки речного русла. Планируется, что полученные результаты линий тальвегов могут быть сравнены с фактически существующими руслами на снимке и, если русла отсутствуют, то на этом исследуемом месте возможно установление типа местности, который соответствует высохшему заболоченному руслу – тип местности заторфованных долинообразных понижений (ЗДОП). В ГИС SAGA возможно автоматически построить линии тальвегов, предварительно нужно обязательно отфильтровать ЦМР для избежания некорректных показателей. После получения ЦМР непосредственно с сайта Геологической Службы США, о которой упоминалось ранее, необходимо провести фильтрацию ЦМР, используя инструмент Simple Filter. После проведения фильтрации возможно создание линий тальвегов на основании ЦМР. В разных версиях ГИС SAGA название инструмента, строящего линии тальвегов менялось. В версиях ранее, чем 2.2.7, название инструмента было Catchment area, в версиях позднее – Catchment areas. Расположение инструмента возможно найти с помощью встроенной утилиты Find and Run tool. Встроено несколько

видов инструментов Catchment area, которые отличаются друг от друга сложностью исполнения и возможностями расширенного использования инструмента. В нашем случае был выбран инструмент Catchment area (parallel). Результат работы инструмента можно наблюдать на рисунке 15.

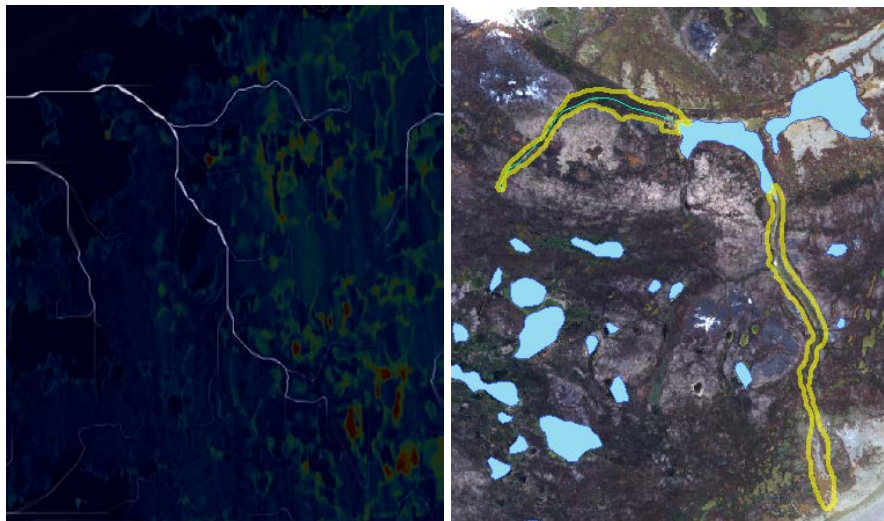


Рисунок 15. Построение линии тальвегов в ГИС SAGA по ЦМР AsterDEM V3 с использованием инструмента Catchment area (parallel) (слева) и синтезированный в естественных цветах снимок QuickBird (справа), желтым цветом обозначены контуры с типом местности заторфованных долинообразных понижений (ЗДОП) (составлен автором)

На рисунке белыми линиями показаны тальвеги, теперь возможно сравнить тальвеги с реально существующими линейными объектами на карте и понять, где возможно выделение ЗДОП. При сравнении работ инструмента и человека можно отчетливо видеть наличие типов местностей ЗДОП на ландшафтной карте на местах наличия тальвегов.

Последующим видом работ, которые позволят сравнить существующие технические средства с априорной информацией, полученной непосредственно с изучаемой территории, могут служить классификации растров в ГИС.

В ходе практической части был выбран последний метод для классификации «без обучения» ISODATA для снимка Landsat 8 в ПК ENVI. Результат работы неконтролируемой классификации можно наблюдать на рисунке 16.

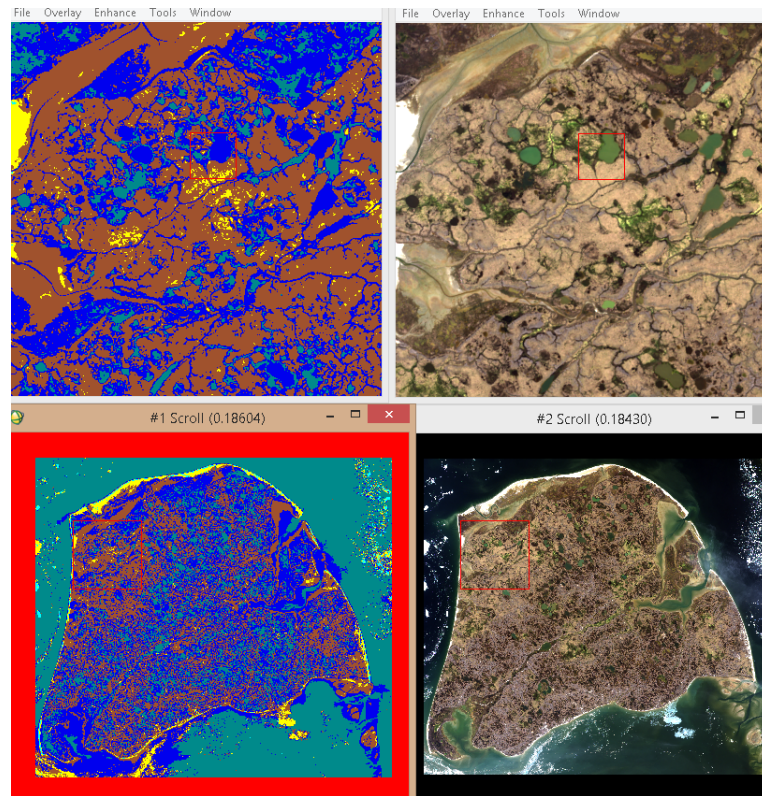


Рисунок 16. Классификация «без обучения» ISODATA на территорию острова Белый (слева) и исходное изображение (справа) (составлен автором)

После проведения классификации «без обучения» в ПК ENVI автор воспользовался классификацией «с обучением» в другой ГИС – Quantum GIS. QGIS - это географическая информационная система (ГИС) с открытым кодом. Она поддерживает множество векторных, растровых форматов, баз данных и обладает широкими возможностями. В QGIS был найден модуль, который, по мнению его автора, Люко Конгеды, является очень сложным модулем в плане обработки растра, но достаточно простым в освоении и работе с ним. Модуль носит название Semi-automatic classification plugin. Модуль можно найти в стандартной библиотеке модулей QGIS, для этого необходимо зайти Модули – Управление модулями (Рисунок 17).

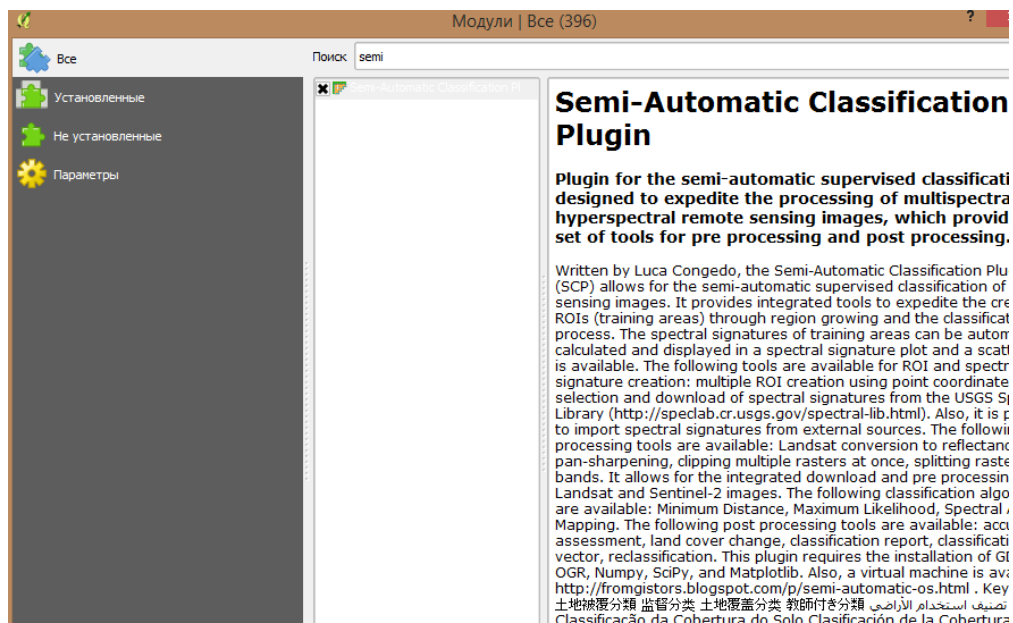


Рисунок 17. Окно «Управление модулями» в QGIS (составлен автором)

После установки модуля, необходимо выбрать растр или автоматически импортировать поканально, что позволяют возможности модуля. Суть классификации «с обучением» заключается в создании пользователем ключевых (иначе эталонных) участков на растровом изображении, которые в большинстве ГИС называются областями интереса (ROIs). Области интереса нужно создавать так, чтобы в ландшафтном понимании территории отличались друг от друга, это позволит программе понять, какой набор пикселей нужно использовать для создания того или иного класса.

При работе с модулем важным является правильная установка параметров. Таким основным параметром будет являться выбор радиуса поиска при создании областей интереса (ROIs). Области интереса в данном модуле могут строиться автоматически, при задании того самого радиуса поиска. Радиус поиска зависит от пространственного разрешения снимка и его спектральных характеристик. Для автоматического построения областей интереса в окне ROI creation автором эмпирическим путем был проведен отбор радиусов для каждого из проанализированных снимков. На рисунке 18 представлено сравнение величин радиусов поиска для снимка QuickBird, с пространственным разрешением 4 метра.

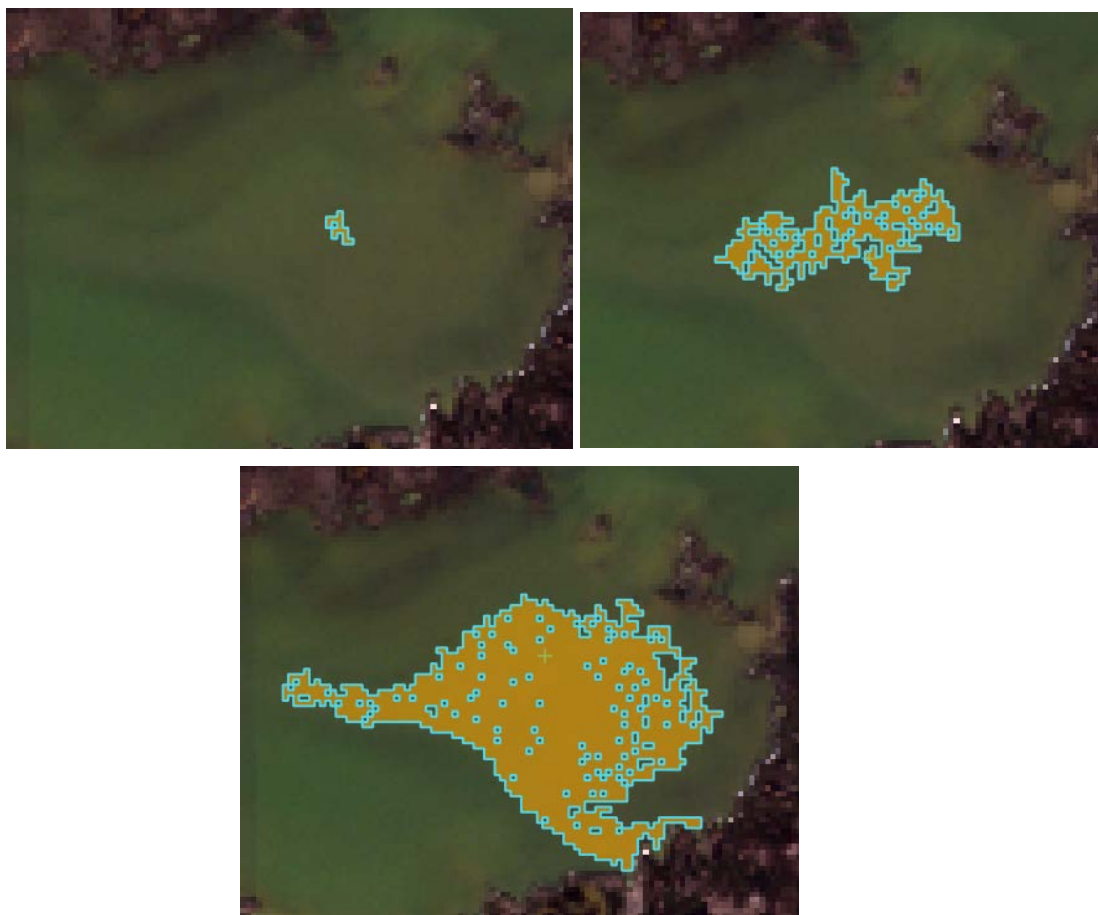


Рисунок 18. Выбор эмпирическим путем радиуса поиска для каждого ландшафта: слева изображение – радиус поиска 0,1; справа – радиус поиска – 1; снизу – радиус поиска – 5 (составлен автором)

Автором установлено, что для снимков большего пространственного разрешения в окне радиуса поиска необходимо использовать большие значения, чем в снимках меньшего пространственного разрешения и соответственно, меньшего количества спектральных характеристик. Для снимка Landsat 8 с пространственным разрешением 15 метров значения изменялись в пределах от 0,001 до 0,1, в то же время как у QuickBird – от 0,1 до 10. Для ландшафтов с наибольшим числом спектральных характеристик выбиралось большее число радиуса поиска и наоборот. Результаты классификации «с обучением» в QGIS можно видеть на рисунке 19.

Проблема, которая может возникнуть перед пользователем в ходе создания областей интереса заключается в том, что зачастую могут возникать на снимках ландшафты, которые при визуальном обозрении выглядят одинаково, или почти одинаково, но пока только человек может отличить эти ландшафты между собой. Например, на территории севера полуострова Ямал растет разнообразие лишайников, которые при визуальном осмотре на синтезированном снимке в естественных цветах имеют гомогенную структуру и белый или

белесоватый цвет. Примерно такие же оптические характеристики могут иметь песчаные обвалы вокруг нефтегазоносных участков.

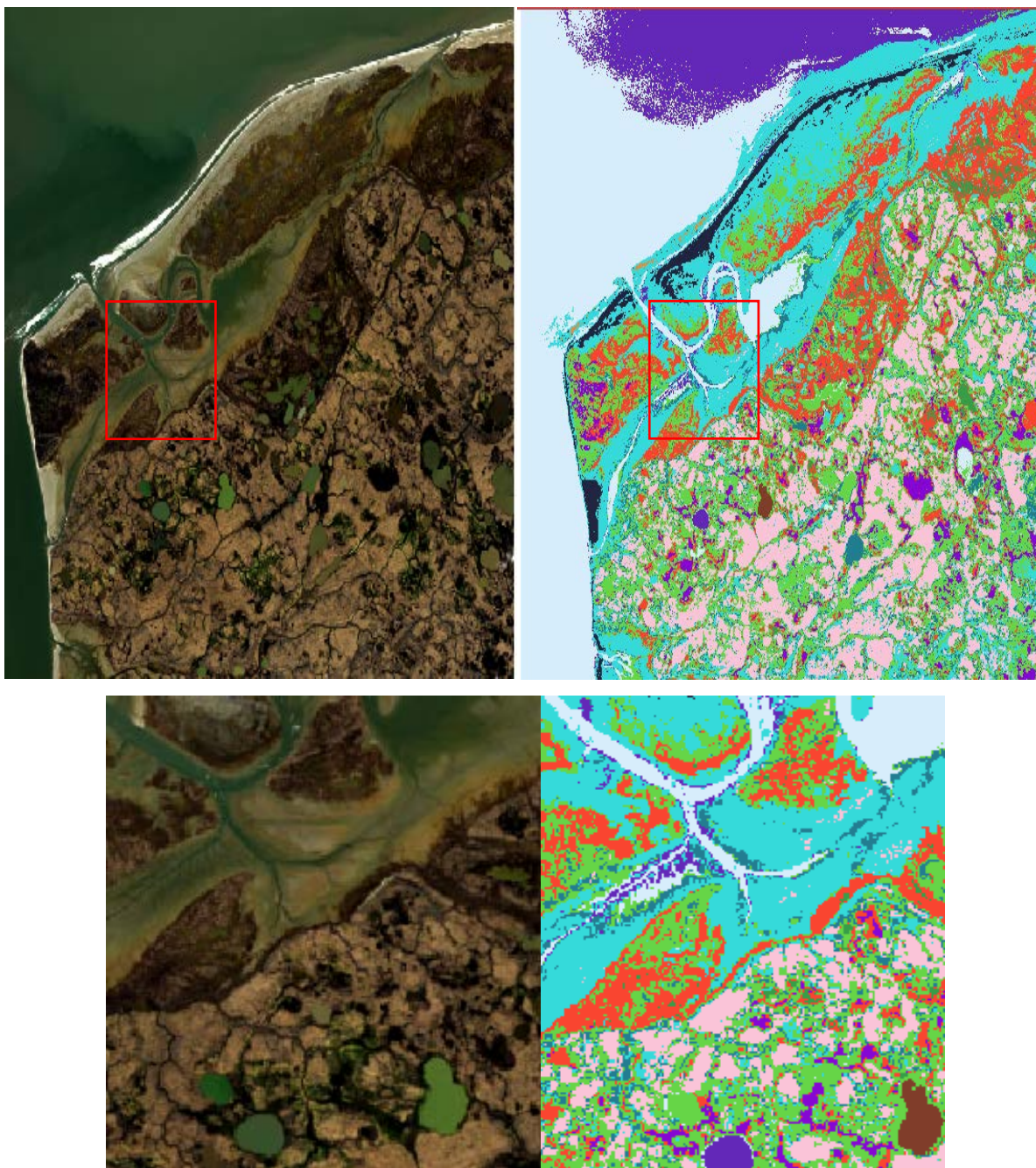


Рисунок 19. Результат классификации «с обучением» Landsat 8 в модуле Semi-automatic classification plugin в QGIS (справа) и исходное изображение (слева) (составлен автором)

Вышеописанная классификация была выполнена для снимка Landsat 8 пространственным разрешением 15 метров. Классификация так же проводилась для QuickBird пространственным разрешением 4 метра (Рисунок 20).

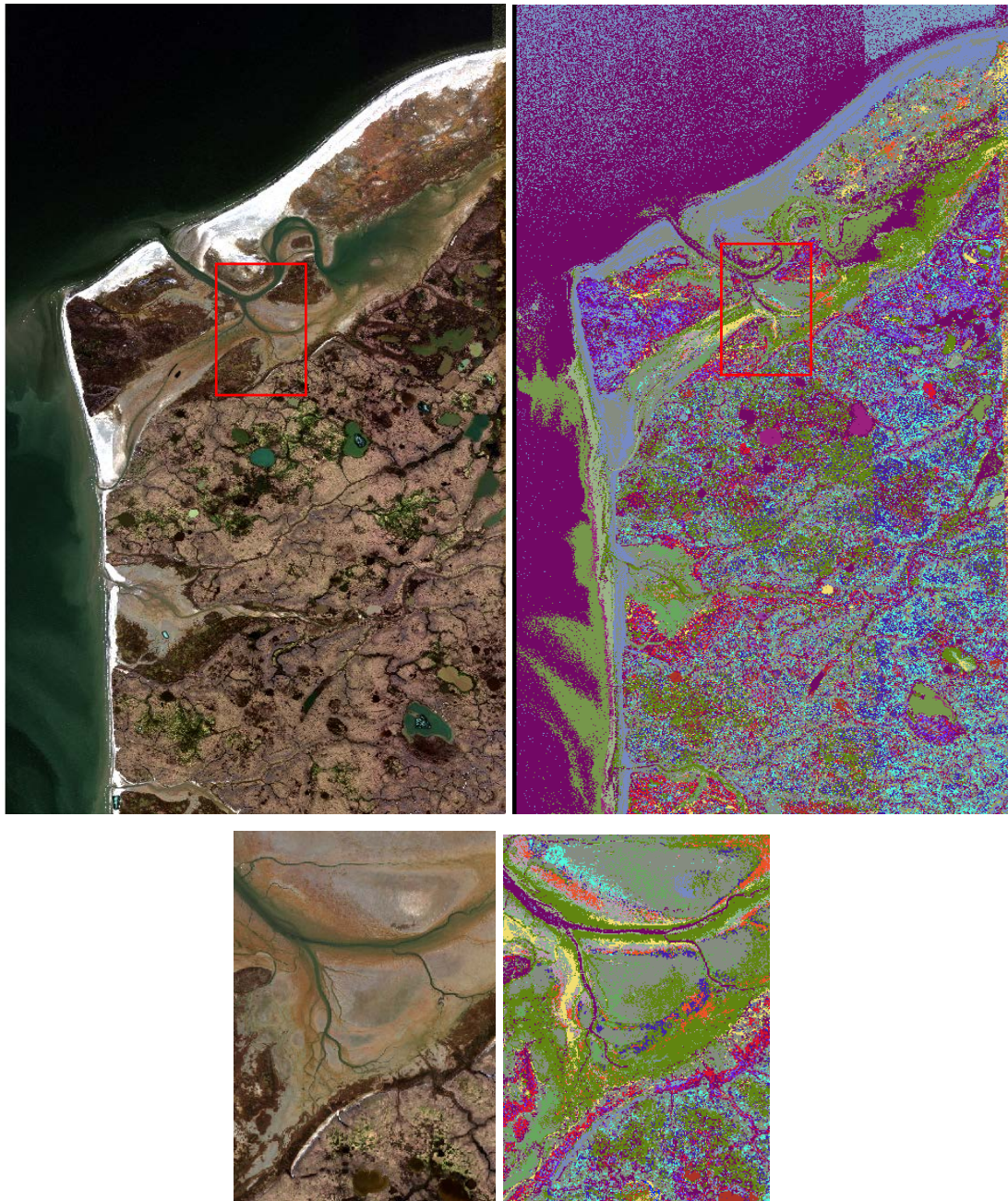


Рисунок 20. Результат классификации «с обучением» QuickBird в модуле Semi-automatic classification plugin в QGIS (справа) и исходное изображение (слева) (составлен автором)

После проведения классификаций «с обучением» на снимках с разным пространственным разрешением можно отчетливо проследить зависимость сложности выполнения работы классификатора и пространственного разрешения снимка. Чем выше пространственное разрешение, тем больше областей интереса нужно создавать и тем сложнее будет результат работы.

3.3. Интегральная оценка литокриогенного и биоресурсного потенциала состояния ландшафтов исследуемой территории

Методика такой оценки предложена Л.И. Зотовой для использования на арктических территориях. Мерзлотно - экологическое состояние ландшафтной среды криолитозоны определяется комплексной оценкой их устойчивости к антропогенным нарушениям, одной из мер которых является активизация криогенных процессов в сочетании с определением экоценности ландшафтов, их биоресурсной и природоохранной значимости. Такая оценка может быть основанием для проведения более широких и универсальных выводов об экологической опасности территории, поскольку она позволяет решать вопросы о надежности работы инженерных сооружений в области вечной мерзлоты при максимальном сохранении природной среды (Зотова Л. И., 2015).

Все оценочные мерзлотно - экологические разработки рассматриваются с позиции ландшафтно - экологического подхода, который описывает понятие об устойчивости ландшафтов к разного рода нарушениям. Под устойчивостью геосистем в криолитозоне понимают их способность противостоять техногенной активизации криогенных процессов, которые не только изменяют облик коренных ландшафтов, но и составляют угрозу функционированию инженерных сооружений (Тумель Н.В., Зотова Л.И., Гребенец В.И., 2008).

Процедура интегральной оценки литокриогенного и биоресурсного состояния ландшафтов следующая:

1. отбор факторов, определяющих активизацию криогенных процессов и ресурсный потенциал территории;
2. составление таблицы шкалы градаций балльных интервалов для их ранжирования по риску хозяйственного освоения;
3. присвоение каждому ландшафту балльной оценки в соответствии с созданной таблицей;
4. ранжирование всех ландшафтов по уязвимости к освоению с учетом градаций расчетных индексов;
5. оценочное картографирование.

Коэффициент рассчитывают по среднему геометрическому, Зотова Л.И., например, предлагает назвать его коэффициентом опасности:

$$K_0 = \left(P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot \dots \cdot P_n \right)^{1/n}, \quad (1)$$

где K_0 – средняя геометрическая оценка опасности освоения в баллах (центах); P_1 ; P_2 ; P_3 ;...; P_n – значения параметров, выраженные в баллах (центах) (Зотова Л. И., 2015).

Экспертная оценка составляется по показателям на рисунке (21).

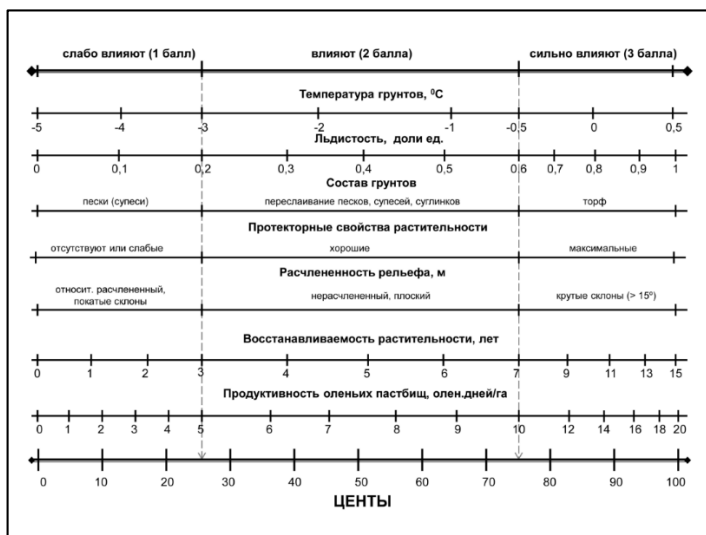


Рисунок 21. Составление экспертной оценки по показателям из приведенной таблицы (Зотова Л.И., 2015)

Чем меньше значения K_0 , тем ландшафт более устойчив.

Достоинство баллов – возможность численного сопоставления количественных и качественных характеристик. Недостаток – субъективность при выборе показателей и при построении шкал ранжирования. В таблице 1 приведен расчет коэффициента опасности в виде экспертных оценок для каждого из семи предложенных позиций, а также расчетные значения интегрального показателя опасности освоения, которые сгруппированы по трем степеням опасности освоения. Для среднегодовой температура многолетнемерзлых пород предлагается назначить букву T , для суммарного льдосодержания – I , для протекторных свойств растительности – P , для состава грунтов – S , для степени расчленения и крутизны склонов – F , для потенциала самовосстановления растительного покрова – V , для ресурсного потенциала территории – R .

Таблица 1. Интегральная оценка мерзлотно – экологического состояния ландшафтов северо – западной части острова «Белый»

| № ПТК | Факторы | | | | | | | K_0 баллы | Опасность освоения |
|--------------------|------------|-----|-----|-----|-------------|-----|-----|-----------------|-----------------------|
| | Мерзлотные | | | | биотические | | | | |
| | T | I | P | S | F | V | R | K_0 центры | |
| I.1-I.23,II.1-II.2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1,73 | Средняя |
| | 20 | 80 | 50 | 50 | 50 | 50 | 1 | 26,82 | |

Продолжение таблицы 1

| | | | | | | | | | | |
|---------------|----|----|----|----|----|----|---|-------|---------|--------|
| III.1 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1,73 | Средняя | |
| | 20 | 60 | 90 | 50 | 50 | 50 | 1 | 26,82 | | |
| IV.1-IV.2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1,73 | | |
| | 20 | 60 | 90 | 50 | 50 | 50 | 1 | 26,82 | | |
| V.1-V.2 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1,34 | | Низкая |
| | 20 | 60 | 50 | 10 | 10 | 50 | 1 | 16,25 | | |
| VI.1-VI.2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1,21 | | |
| | 20 | 60 | 10 | 10 | 10 | 50 | 1 | 12,19 | | |
| VI.3-VI.16 | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1,34 | | |
| | 20 | 60 | 50 | 50 | 10 | 50 | 1 | 16,25 | | |
| VII.1-VII.3 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1,21 | | |
| | 20 | 60 | 10 | 10 | 10 | 50 | 1 | 12,91 | | |
| VIII.1-VIII.6 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1,21 | | |
| | 20 | 60 | 10 | 10 | 10 | 50 | 1 | 12,91 | | |
| IX.1, IX.2 | 1 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1,57 | Средняя | |
| | 20 | 80 | 50 | 50 | 10 | 50 | 1 | 21,31 | | |
| X.1-X.2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1,73 | | |
| | 20 | 60 | 90 | 50 | 50 | 50 | 1 | 26,82 | | |

К группе опасных для освоения ПТК как по мерзлотным, так и по биотическим критериям не были отнесены ни одни ПТК, ввиду их отсутствия на исследуемой территории. Для опасных для освоения выделяют для K_0 баллы $\geq 2,0$ и K_0 центы $\geq 50,0$. В этих ландшафтах антропогенные нарушения механического характера должны быть полностью запрещены.

Если значения K_0 баллы 1,5–2,0 и K_0 центы 30,0–50,0 – антропогенные нарушения возможны лишь при условии соблюдения ряда природоохранных мероприятий. Это ПТК

низинных и переходных болот, водораздельно – тундровый и склоновый тип местности, овражно балочный тип местности, тип местности заторфованных долинообразных понижений.

К группе относительно безопасных для освоения отнесены ПТК с K_0 баллы $\leq 1,5$ и K_0 центы $\leq 30,0$. К таким ландшафтам отнесены мелкодолинные, пойменные, лайдовые, хасырейные типы местностей. В ландшафтах этой группы механические нарушения в ходе освоения допустимы, хотя и с некоторыми ограничениями.

Проведено оценочное картографирование. Оценочная картосхема представлена в приложении Б.

3.4. Устойчивость ландшафтов к техногенному воздействию

В географии сложилось понимание устойчивости физико-географических систем, как способности природных комплексов активно сохранять свою структуру и характер функционирования в пространстве и во времени при изменяющихся условиях среды.

Устойчивость, по мнению многих авторов, является внутренним свойством геосистем и тесно связана со сложностью их организации, прежде всего, морфологической. Данное обстоятельство позволяет рассматривать классификацию и картографирование ландшафтов, как путь к определению устойчивости геосистем.

Ландшафты Арктики являются крайне неустойчивыми к химическому загрязнению. Низкие температуры предопределяют очень медленные темпы разложения органических загрязнителей. Малая емкость биологического круговорота и неустойчивость многих видов растительности приводят к деградации биоты в случае поступления загрязнителей, самоочищение и самовосстановление при этом может происходить в течение очень длительного периода времени.

Одним из самых распространенных подходов в настоящее время является определение устойчивости по двум аспектам (Козин В.В., Осипов В.А., 1996):

1. упругая устойчивость, как свойство экосистем сохранять свои структуру и функции под воздействием антропогенных факторов;
2. пластичная устойчивость, как способность экосистем к самовосстановлению.

Упругая устойчивость. Устойчивость имеет относительный характер и может быть определена, главным образом, по отношению к косвенному воздействию. По отношению к прямому воздействию (вырубка леса, срезка почвенно-растительного слоя, выемка грунта, искусственная отсыпка грунта и т.д.) все экосистемы являются неустойчивыми.

Основные формы нарушения структуры и свойств экосистем при строительстве связаны с механическим и химическим воздействием. Поэтому упругую устойчивость

экосистем наиболее целесообразно характеризовать по двум направлениям – геохимической устойчивости и устойчивости к механическому воздействию (биологической устойчивости).

Под биологической устойчивостью экосистем подразумевается способность почвенно-растительного покрова сохранять и восстанавливать структурную целостность и функциональные процессы. Биологическая устойчивость определяется структурой биогеоценозов, степенью дренированности и увлажнения, механическим составом почвогрунтов, объемом и продолжительностью механического воздействия.

Под геохимической устойчивостью экосистем понимается их способность к самоочищению от продуктов техногенеза, которая во многом зависит от скорости химических превращений и интенсивности выноса элементов из экосистем. Параметры упругой устойчивости экосистем к антропогенному воздействию. Наиболее детально параметры устойчивости геосистем и почв к техногенезу разработаны М.А. Глазовской (1979, 1992, 1997, 2002). При определении параметров устойчивости в качестве основы использовались также данные работ ряда других ученых (Вильчек, 1995, 1997; Зотова, 1995).

Устойчивость экосистем, как биологическая, так и геохимическая, определена на основе экспертных оценок в баллах и носит относительный характер, т.е. система баллов по устойчивости выбирается непосредственно для каждой территории и каждого вида урочищ в отдельности.

В качестве параметров устойчивости учтены такие показатели, как почвообразующие породы, потенциал самовозобновления растительности, проективное покрытие растительностью, интенсивность разложения растительных остатков, отражательная способность (альбедо) поверхности, тип почв, механический состав и тип водного режима почв, содержание гумуса, кислотность почв, степень насыщенности основаниями, степень увлажнения (Таблица 2).

Таблица 2 – Параметры устойчивости ландшафтных комплексов (экосистем) к техногенному воздействию

| № п/п | Параметры Устойчивости | Характеристика Параметра | Оценка устойчивости (в баллах) | |
|-------|--|--|--------------------------------|-----------------------|
| | | | Геохимическая | Биологическая |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Потенциал самовозобновления растительности (лет) | минимальный (более 100) крайне низкий (31-100) низкий (21-30) средний (6-20) высокий (3-5) | 0 1 1 2 3 | 0 0 1 2 3 |

| | | | | |
|----|--|---|----------------------------|----------------------------|
| 2 | Проективное покрытие растительностью (%) | полное (100-50) достаточное (50-25) недостаточное (25-12,5) крайне недостаточное (12,5-6,25) непокрытое (< 6,25) | 3 2 1 0 0 | 3 2 1 0 0 |
| 3 | Интенсивность разложения растительных остатков (по величине подстилично-опадного коэффициента) | верховые сфагновые болота низинные осоково-травяные болота хвойные леса хвойно-мелколиственные леса мелколиственные травяные леса пойменные луга | 0 1 2 3 4 5 | 1 3 1 2 2 3 |
| 4 | Альbedo поверхности (в %) | высокое (15-25) среднее (10-15) низкое (5-10) | 3 2 1 | 3 2 1 |
| 5 | Почвообразующие породы | флювиогляциальные и древнеаллювиальные пески, маломощные пески и супеси, подстилаемые суглинками, аллювиальные отложения торфа легкие суглинки, подстилаемые тяжелосуглинистыми отложениями тяжелосуглинистые и глинистые отложения | 1 2 3 4 | 1 2 3 4 |
| 6 | Тип почв | лесные луговые болотные | 2 1 0 | 2 1 0 |
| 7 | Механический состав почв | Торфа песчаные супесчаные легкосуглинистые среднесуглинистые тяжелосуглинистые | 1 1 2 3 4 5 | 4 0 1 2 3 4 |
| 8 | Тип водного режима почв | промывной промывной в сочетании с водозастойным водозастойный | 3 2 1 | 3 2 1 |
| 9 | Содержание гумуса в почве (%) | малогумусные (менее 4) среднегумусные (4-6) высокогумусные (7-10) | 1 2 3 | 0 0 0 |
| 10 | Кислотность почв (pH _{KCl}) | сильнокислые и кислые (менее 4,5) среднекислые и слабокислые (4,6-5,5) близкие к нейтральным и нейтральные (более 5,6) | 1 2 3 | 0 0 0 |

| | | | | |
|----|--|-------------------------|---|---|
| 11 | Степень насыщения почв основаниями (%) | высокая (более 60) | 4 | 0 |
| | | средняя (40-60) | 3 | 0 |
| | | низкая (20-40) | 2 | 0 |
| | | очень низкая (менее 20) | 1 | 0 |
| 12 | Степень увлажнения | очень высокая | 0 | 0 |
| | | высокая | 1 | 1 |
| | | средняя | 2 | 2 |
| | | низкая | 3 | 3 |

В результате суммирования баллов покомпонентной оценки были получены определенные группы ландшафтов, имеющие различную степень устойчивости, исчисляемую от 0 до 3 баллов. За 3 балла принимается наибольший показатель устойчивости (по сумме высших оценок).

По степени геохимической устойчивости различаются:

0 баллов – неустойчивые (сумма баллов 0-10);

1 балл – малоустойчивые (сумма баллов 11-20);

2 балла – относительно устойчивые (сумма баллов 21-30);

3 балла – устойчивые (сумма баллов 31-41).

Степень биологической устойчивости природных комплексов определена следующим образом:

0 баллов – неустойчивые (сумма баллов 0-6);

1 балл – малоустойчивые (сумма баллов 7-12);

2 балла – относительно устойчивые (сумма баллов 13-18);

3 балла – устойчивые (сумма баллов 19-26).

Экспертная оценка устойчивости экосистем к техногенному воздействию приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Оценка устойчивости к техногенному воздействию природных комплексов северо – западной части территории острова Белый

| № ПТК | Суммарная оценка устойчивости | | Степень устойчивости (в баллах) | |
|--------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| | Геохимическая устойчивость | Биологическая устойчивость | Геохимическая устойчивость | Биологическая устойчивость |
| I.1-I.23,II.1-II.2 | 18 | 19 | 1 | 3 |
| III.1 | 12 | 12 | 1 | 1 |
| IV.1-IV.2 | 11 | 13 | 1 | 2 |
| V.1-V.2 | 11 | 12 | 1 | 1 |
| VI.1-VI.2 | 8 | 5 | 0 | 0 |
| VI.3-VI.16 | 10 | 7 | 0 | 1 |

| | | | | |
|---------------|----|----|---|---|
| VII.1-VII.3 | 11 | 12 | 1 | 1 |
| VIII.1-VIII.6 | 14 | 11 | 1 | 1 |
| IX.1 | 18 | 19 | 1 | 3 |
| X.1-X.2 | 11 | 13 | 1 | 2 |

Пластичная устойчивость. Процессы восстановления исходного состояния растительных группировок после прекращения механического воздействия до настоящего времени остаются малоизученными и недостаточно освещены в научной и специальной литературе.

Факторы пластичной устойчивости учтены при экспертной оценке биологической устойчивости. В целом подавляющая часть природных комплексов исследуемой территории относится к категории с не полностью восстанавливаемым растительным покровом. Поэтому при ведении строительных работ необходимым условием разработки природоохранных мероприятий является учет этих особенностей территории и обязательное планирование рекультивационных работ.

3.5. Интегральная оценка экологического риска и расчет для ландшафтов исследуемой территории

Выполненная выше комплексная оценка экосистем территории позволяет определить экологический риск освоения каждого, отдельно взятого участка, и всей территории в целом.

Под экологическим риском следует понимать показатель, отражающий совокупность всех вероятных негативных последствий антропогенной трансформации экосистем, включая антропогенные изменения их структуры и функционирования, снижение ресурсного потенциала и биологического разнообразия.

В качестве количественной меры степени экологического риска принят критерий экологического риска (КЭР), который, может изменяться от 0 до 1, и рассчитывается на основе сведений о структурно-динамических, ресурсных, функциональных свойствах экосистем, их устойчивости к техногенным воздействиям.

Расчет КЭР проводился по методике, разработанной в Институте географии РАН (г. Москва).

После того, как для каждой экосистемы определены указанные параметры, интегральный критерий экологического риска (КЭР) может быть рассчитан по формуле:

$$\text{КЭР} = 0,04N^2 + 0,1E - 0,05(S + R) + 0,16 \quad (2)$$

где

N, S, E и R – частные оценки ценности и устойчивости экосистем в баллах.

N – природоохранная ценность;

E – хозяйственная ценность;

S – геохимическая устойчивость;

R – биологическая устойчивость.

Коэффициенты при них отражают значимость каждого параметра в интегральной оценке, свободный коэффициент 0,16 обеспечивает изменение КЭР в пределах от 0,0 до 1,0.

В таблице 4 приведены полученные оценки отдельных параметров и значения КЭР для природных комплексов на рассматриваемой территории.

Таблица 4 – Значение коэффициента экологического риска ландшафтов острова Белый

| Индекс ПТК | Ценность | | Устойчивость | | КЭР |
|------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|------|
| | природоохранная(N) | хозяйственная(E) | геохимическая(S) | Биологическая(R) | |
| I.1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0,32 |
| I.2 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0,32 |
| I.3 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0,32 |
| I.4 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0,32 |
| I.5 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0,32 |
| I.6 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0,32 |
| I.7 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0,32 |
| I.8 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0,32 |
| I.9 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0,32 |
| I.10 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0,32 |
| I.11 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0,32 |
| I.12 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0,32 |
| I.13 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0,32 |
| I.14 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0,32 |
| I.15 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0,32 |
| I.16 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0,32 |
| I.17 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0,32 |
| I.18 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0,32 |
| I.19 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0,32 |
| I.20 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0,32 |

Продолжение таблицы 4

| | | | | | |
|--------|---|---|---|---|------|
| I.21 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0,32 |
| I.22 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0,32 |
| I.23 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0,32 |
| II.1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0,32 |
| II.2 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0,32 |
| III.1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0,32 |
| IV.1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0,05 |
| IV.2 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0,05 |
| V.1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0,22 |
| V.2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0,22 |
| V.3 | 2 | 0 | 1 | 1 | 0,22 |
| VI.1 | 3 | 0 | 1 | 1 | 0,42 |
| VI.2 | 3 | 0 | 1 | 1 | 0,42 |
| VI.3 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0,15 |
| VI.4 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0,15 |
| VI.5 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0,15 |
| VI.6 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0,15 |
| VI.7 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0,15 |
| VI.8 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0,15 |
| VI.9 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0,15 |
| VI.10 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0,15 |
| VI.11 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0,15 |
| VI.12 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0,15 |
| VI.13 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0,15 |
| VI.14 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0,15 |
| VI.15 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0,15 |
| VI.16 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0,15 |
| VII.1 | 4 | 0 | 1 | 1 | 0,7 |
| VII.2 | 4 | 0 | 1 | 1 | 0,7 |
| VII.3 | 4 | 0 | 1 | 1 | 0,7 |
| VIII.1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 0,8 |
| VIII.2 | 4 | 1 | 1 | 1 | 0,8 |
| VIII.3 | 4 | 1 | 1 | 1 | 0,8 |
| VIII.4 | 4 | 1 | 1 | 1 | 0,8 |
| VIII.5 | 4 | 1 | 1 | 1 | 0,8 |
| VIII.6 | 4 | 1 | 1 | 1 | 0,8 |
| IX.1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 0,52 |
| IX.2 | 3 | 2 | 1 | 3 | 0,52 |
| X.1 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0,05 |
| X.2 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0,05 |

Все многообразие полученных природных комплексов возможно объединить в 3 группы со сходным коэффициентом экологического риска и определенными рекомендациями по размещению проектируемых объектов в их пределах:

КЭР 0,0-0,3 – промышленное освоение допустимо без дополнительных ограничений с соблюдением существующих стандартов;

КЭР 0,31-0,7 – промышленное освоение допустимо при условии соблюдения дополнительных ограничений и принятии соответствующих мер;

КЭР 0,71-1,0 – промышленная деятельность недопустима, либо допустима для объектов экологически чистой технологии.

Анализ таблицы показывает, что на рассматриваемой территории коэффициент экологического риска колеблется в пределах от 0,05 до 0,80. В категорию природных комплексов с наибольшим экологическим риском попали долинные экосистемы, овражно – балочные системы, выполняющие ценные природоохранные функции. Примечательно то, что для большинства природных комплексов промышленное освоение допустимо только при условии соблюдения дополнительных ограничений и принятии соответствующих мер.

Размещение строительных объектов на территории северо- западной части острова Белый приурочено преимущественно к ландшафтным комплексам лайдового и низинно – болотного типов местности. Участки водораздельно – тундрового типа местности допустимы к строительству при условии соблюдения дополнительных ограничений и принятии соответствующих мер. Такая «условность» возникла из-за достаточно высоких оценок по природоохранной и хозяйственной ценностям.

Проведено оценочное картографирование, результат представлен в приложении В.

3.6. Анализ прогноза изменения уровня Мирового океана, как критерий оценки пригодности ландшафтов для целей хозяйственного освоения

Сегодня существует множество научных публикаций на тему постоянного повышения уровня Мирового океана. Ученые всерьез беспокоятся о прибрежных и низинных территориях нашей планеты. В пресс – релизе NASA (Национального космического ведомства США), опубликованном 23 августа 2015 года, проводится исследование по поднятию уровня Мирового океана. Исследование проводилось при использовании постоянного мониторинга спутников NASA, которые постоянно отслеживали уровни береговых линий и изменения. Исследование показало, что с 1992 года уровень воды в мировом океане повысился, в среднем, на 7,5 сантиметров, а в некоторых его частях выявлено поднятие на 22,5 сантиметра. Материалы были опубликованы по запросу СМИ.

Ученые NASA спрогнозировали, что с учетом сегодня существующих знаний о том, как Океан расширяется при нагреве и как таяние ледников влияет на увеличение количества воды в океане, они с уверенностью могут сказать, что уровень Мирового Океана

поднимется еще на три фута, что примерно соответствует 90 сантиметрам, возможно и больше. Прогноз предлагается на 100 лет. Учёные называют три основные причины поднятия уровня Мирового океана:

- 1) повышение температуры воды в океане;
- 2) таяние льдов;
- 3) сокращение площадей ледников (nasa.gov/press-release/nasa-science-zeros-in-on-ocean-rise-how-much-how-soon).

С учетом вышеизложенного прогноза ведомства, версии которого, несомненно, можно доверять, автором проведено прогностическое исследование по повышению уровня воды Карского моря у побережья острова Белый на 90 сантиметров, для выявления участков затопления.

Прогноз проводился в программе Global mapper версии 16.0. При помощи имеющейся цифровой модели рельефа (ЦМР) ArcticDEM, пространственного разрешения 5 метров, используя стандартный инструмент «Показать воду», удалось проследить поднятие воды по прогнозу NASA, на 90 сантиметров. На рисунке 22 представлен результат прогноза NASA для острова Белый.

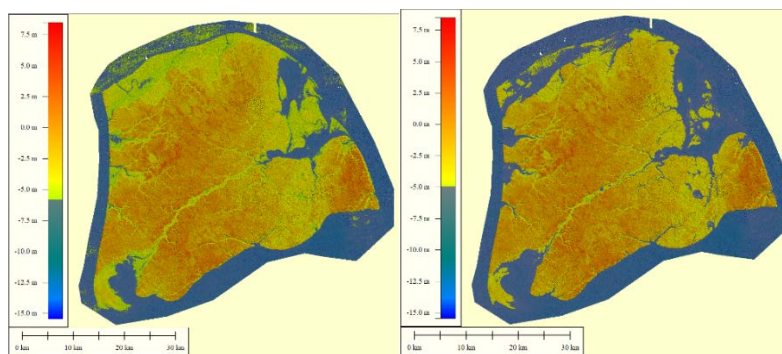


Рисунок 22. Уровень воды острова Белый в настоящее время (слева) и уровень воды побережья острова «Белый» после поднятия на 90 сантиметров (справа) (составлен автором)

Результат показывает, что наибольшему затоплению по прогнозу, подвергнется восточная часть острова, она практически полностью уйдет под воду. Если говорить об исследуемой территории, то наибольшему затоплению подвергаются лайдовые территории. Лайдовый тип местности по интегральным расчетам, описанным выше, в обоих случаях является наиболее подходящим для хозяйственной деятельности территориями. Возможное будущее затопление следует учитывать при строительстве: установка фундамента на высоких сваях, например. Так же возможным примером при хозяйственном освоении может быть установка «плавающих» мостов на территорию острова.

Проведя множество операций по обработке снимков, можно сказать, что автоматизированные методы исследований на современном этапе находятся на достаточно высоком уровне. Инструменты достаточно хорошо определяют территории по априорным участкам, но всё - таки они требуют вмешательства человека. Самой большой проблемой при автоматизированном ландшафтном картографировании, по мнению автора, является «сложность» в наличии у одной классификационной единицы широкого объёма спектральных характеристик, которые пока не научилась понимать программа.

Для планирования и оценки территории исследования проведены две интегральные оценки, предложенные разными авторами, для повышения объективности исследования.

Интегральная оценка коэффициента экологической опасности, предложенный Зотовой Л.И. (Зотова Л.И.,2015). Расчёт для этого коэффициента проводился по семи предложенным критериям, к которым относятся: температура грунтов, льдистость, состав грунтов, протекторные свойства растительности, расчлененность рельефа, восстанавливаемость растительности, продуктивность оленьих пастбищ. Расчёт производился по формуле, которая рассчитывает среднее геометрическое всех этих показателей. Полученные числа указывают на относительную устойчивость ландшафта к хозяйственному освоению. Для исследуемой территории не было выявлено опасных для освоения участков. К безопасным для освоения, согласно этой методике, являются низинные, переходные болота, лайдовые участки, мелкодолинный тип местности и поймы. Водоразделы и склоны составляют группу безопасных для освоения, с учетом применения дополнительных экологических мер.

Расчёт экологического риска проводился по методике Вильчека Г.Е (Вильчек Г.Е, 1995). В качестве количественной меры степени экологического риска принят критерий экологического риска (КЭР), который, может изменяться от 0 до 1, и рассчитывается на основе сведений о структурно-динамических, ресурсных, функциональных свойствах экосистем, их устойчивости к техногенным воздействиям. Геохимическая и биологическая устойчивость рассчитывается на основании предложенной Вильчеком таблицы с критериями, к которым относят: потенциал самовозобновления растительности, проективное покрытие растительностью, интенсивность разложения растительных остатков, альbedo поверхности, почвообразующие породы, тип почв, механический состав почв, тип водного режима почв, содержание гумуса в почве, кислотность почв, степень насыщения почв основаниями, степень увлажнения. После подсчета происходит назначение для каждого ландшафта экспертных оценок и расчет по формуле. Расчет производится в диапазоне от 0 до 1, где близкие к единице числа – наиболее опасные для хозяйственного освоения территории. К таким отнесены – пойменные, мелкодолинные и

овражно – балочные типы местностей. Наиболее безопасные территории – низинные и переходные болота, хасыреи и лайды.

Третьим критерием, использованным при оценке территории, был прогноз NASA по изменению уровня Мирового океана. Прогноз показал, что уровень повысится на 90 сантиметров через 100 лет. Автором было решено использовать прогноз авторитетной организации для исследуемой территории. Выяснилось, что через 100 лет, по прогнозу, будут затоплены лайдовые и долинные участки северо – западной части острова. В заключительных выводах учтены данные прогнозов.

К итоговым совокупным выводам по оценочным показателям возможно отнести:

1. Наиболее пригодной территорией для хозяйственной деятельности являются низинные, далее переходные болота (низкая ценность, быстрое восстановление, водозапасающая функция);
2. Допустимо хозяйственное освоение лайдовых территорий с вниманием на будущее (высокий фундамент, понтоны);
3. Хозяйственное освоение водоразделов допустимо при соблюдении дополнительных ограничений и принятии соответствующих мер;
4. Не рекомендуется хозяйственная деятельность на пойменных и мелкодолинных типах местностей

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные географические исследования во многом опираются на широкое применение данных ДЗ и ГИС. В географических науках наибольшее практическое применение связано с использованием комплексных ландшафтных методов исследований.

При решении проблемы оптимизации природопользования могут быть использованы методы и информационные материалы некоторых научных направлений, к которым относятся: биосистемное, аэрокосмическое, геотехносистемное и ландшафтное. Последнее следует учитывать сегодня, при существующем уровне развития науки, как одно из преобладающих, при решении проблем локального и регионального природопользования. Ландшафты – носители множества разнонаправленной информации, которую возможно использовать во многих отраслях, преимущественно, географической науки.

Современные методы исследований связаны с активным использованием данных дистанционного зондирования. В рамках ландшафтных исследований накоплен опыт использования данных ДЗ для проведения тематической классификации снимков. Также безусловный интерес представляют геоморфометрические измерения и анализ элементов рельефа.

Ввиду уязвимости ландшафтов криолитозоны России к антропогенному воздействию требуется адекватное обеспечение научной основы для освоения таких территорий. Сегодня существует множество методик, в том числе и интегральных расчётов (Вильчек Г.Е., Зотова Л.И.), позволяющих комплексно (на основе множества показателей) оценить доступность хозяйственного освоения территорий с точки зрения экологической опасности. Такие методики предполагают первоначальное картографирование, с верификацией ландшафтов и последующий расчёт интегрального показателя для каждой минимальной иерархической единицы.

Практическая часть исследования заключалась в создании ландшафтной карты северо-западной части острова Белый при помощи традиционного метода (предполевое визуальное дешифрирование – полевые исследования на ключах и маршрутах – обработка данных и картопостроение) и проведении оценочной работы, на основе расчётов критериев допустимости использования хозяйственной деятельности.

Предполевое дешифрирование и обработка результатов проведена в программном комплексе ArcGIS 10.5. В результате визуального дешифрирования оцифрованы элементы гидросети и контурная часть ландшафтной карты. По результатам полевых работ была проведена классификация ландшафтов. Основными единицами картографирования выступают типы местности и виды урочищ. В результате на северо-западную часть острова Белый получена информация о 10 типах местности, включающих 62 вида урочищ. База

данных включает набор классов, в котором представлены 5 классов – гидросеть линейная, гидросеть полигональная, ландшафты, ключи, аннотации к слою ландшафты. Основные используемые на данном этапе программные средства – ПК ArcGIS 10.5, ПК ENVI, QGIS, EasyTrace.

В ходе оценочной работы выявлены результаты по трём критериям. К таким критериям относятся интегральные расчёты коэффициентов, предложенные Г.Е.Вилчеком и И.Г.Зотовой, и долгосрочный прогноз NASA (Национальное управление по авиации и исследованию космического пространства) по изменению уровня Мирового океана. Интегральные показатели рассчитаны согласно именно этих авторам потому, что они оба занимались изучением ландшафтов Арктики. Другим объяснением этого является комплексность и территориальная схожесть исследуемых ландшафтов с ландшафтами авторов научных работ.

В результате удалось выявить наиболее безопасные для хозяйственной деятельности территории, а также территории с возможностью хозяйственного освоения, при соблюдении соответствующих мер и территорий, наиболее опасные для хозяйственного освоения. Оба критерия коррелировали по нескольким общим территориям: Наиболее пригодны для хозяйственного освоения типы местности: лайдовый, низинных болот, переходных болот. Допустимы для хозяйственного освоения территории с водораздельно – тундровым, склоновым типами местностей, хасыреи. По одной из оценок (Вильчек) наиболее непригодными для хозяйственного освоения считаются территории с мелкодолинным и овражно – балочным типом местностей, по второй оценке, эти территории пригодны для освоения полностью.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Книги

1. Алисов Б.П. Климат. Атлас Тюменской области. М-Т, 1971.
2. Воробьева А.А. Дистанционное зондирование земли уч. Пос. Санкт – Петербург, 2012, 168 с.
3. Вильчек Г.Е. Устойчивость тундровых экосистем и прогнозирование последствий их антропогенной трансформации // Известия РАН. Сер. Географическая. 1995. № 3. – С. 59-69.
4. Вильчек Г.Е. Экология, экономика, право. – М., 1997. – 200 с.
5. Глазовская М.А. Биогеохимическая организованность экологического пространства в природных и антропогенных ландшафтах как критерий их устойчивости // Известия РАН. Серия географическая. 1992. № 5. – С. 5-12.
6. Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. – Смоленск: Ойкумена, 2002. – 288 с.
7. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. – М.: Высшая школа, 1988. – 338 с.
8. Глазовская М.А. Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям. – М.: Изд-во МГУ, 1997. – 102 с.
9. Глазовская М.А. Способность окружающей среды к самоочищению // Природа, 1979. № 3. – С. 71-79.
10. Жадринская Н.Г. Растительный покров. Ямало-Гыданская область (физико-географическая характеристика). Л., 1977.
11. Зотова Л. И. Интегральная оценка литокриогенного и биоресурсного состояния ландшафтов Тазовского полуострова // Проблемы региональной экологии. — 2015. — № 4. — С. 121–130.
12. Идрисов И.Р., Маршинин А.В., Марьинских Д.М., Опыт крупномасштабного картографирования арктических ландшафтов Западной Сибири – Геодезия и картография, т.78 №7 – 2017, с 31-37.
13. Ильина И.С., Лапшина Е.Н., Лавренко Н.Н. и др. Растительный покров Западно-Сибирской равнины Новосибирск: Наука, 1985.
14. Козин В.В. Ландшафтный анализ в решении проблем освоения нефтегазоносных регионов / Автореф. дисс. ... докт. геогр. наук. – Иркутск, 1993. – 44 с.
15. Козин В.В., Марьинских Д.М. Опорная классификация ландшафтов севера Западно - Сибирской низменности (на примере Уренгойского НГКМ) // Проблемы географии и экологии Западной Сибири. – Тюмень: ТюмГУ, 1996. – С. 47-59.
16. Козин В.В., Осипов В.А. Природопользование на северо-западе Сибири: опыт решения проблем – Тюмень: ТюмГУ, 1996. – 168 с.
17. Ливеровская И.Т. Почвы тундры и лесотундры. Атлас Тюменской области. М-Т., 1971.

18. Мильков Ф.Н. Ландшафтная география и вопросы практики. – М.: Мысль, 1966. – 256 с.
19. Мильков Ф.Н. Ландшафтная сфера Земли. – М.: Мысль, 1970. – 207 с.
20. Мильков Ф.Н. Парагенетические ландшафтные комплексы // Науч. зап. Воронеж. Отд. Геогр. Об-ва СССР. – Воронеж, 1966.
21. Мильков Ф.Н. Физическая география: современное состояние, закономерности, проблемы. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1981. – 400 с.
22. Мильков Ф.Н. Физическая география: учение о ландшафте и географическая зональность. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1986. – 328 с.
23. Молочаев А.В. Отчёт о проведении авиаучётов водоплавающих птиц на территории Ямало-Ненецкого АО. Рукопись. 1995.
24. Ребристая О.В., Флора полуострова Ямал; Современное состояние и история формирования, Санкт – Петербург, изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013 – 257 с.
25. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования – М, 2001 -228 с.
26. Сочава Б. В. Введение в учение о геосистемах. — Н, 1978. — 319 с.
27. Пичугина Н.В., Фёдоров А.В. Крупномасштабное ландшафтное картографирование (на примере полупустынного Саратовского Приузенья), Изд. Саратовского ГУ, 2010. - 24 с.
28. Тумель Н.В., Зотова Л.И., Гребенец В.И. Концепция устойчивости криогенных ландшафтов / Географические научные школы Московского университета. Под ред. акад. Н.С. Касимова и др. - М.: Издательский дом «Городец», 2008. - С. 139-144.
29. Червяков В.А. Количественные методы в географии: Учеб. Пособие. – Барнаул: Изд-во Алтайского ун-та, 1998. - 259 с.
30. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование. Модели и методы обработки изображений, М., 2010. — 560 с.

Электронные ресурсы

31. Академик: Словари и энциклопедии [Электронный ресурс] // dic.academic.ru/; URL: dic.academic.ru/dic.nsf/dic_biology/653/БИОХОП (дата обращения 19.05.2018).
32. Официальный сайт Национального космического агентства США (NASA) [Электронный ресурс] // nasa.gov/; URL: nasa.gov/press-release/nasa-science-zeros-in-on-ocean-rise-how-much-how-soon (дата обращения 01.06.2018).
33. Свободная энциклопедия Википедия [Электронный ресурс] // ru.wikipedia.org/; URL: ru.wikipedia.org/wiki/Геосистема (дата обращения 19.05.2018).

ПРИЛОЖЕНИЯ