

Министерство образования и науки Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)
Геолого-географический факультет (ГГФ)
Кафедра географии (КГ)

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ В ГЭК

Руководитель ООП

«География»

д-р. геогр. наук, профессор

 Н.С.Евсеева

« 15 » 06 2020 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

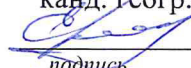
МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛАНДШАФТОВ
БАСЕЙНА РЕКИ СЕДЭЯХА ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА И
ГИДРОЛОГО-КЛИМАТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

по основной образовательной программе подготовки магистров
направление подготовки 05.04.02 – География

Локтионова Тамара

Научный руководитель ВКР

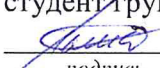
канд. геогр. наук, доцент

 А.А.Ерофеев

« 11 » 06 2020 г.

Автор работы

студент группы № 02810

 Т.Локтионова

Министерство образования и науки Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Геолого-географический факультет
Кафедра географии

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель ООП ВО
по направлению подготовки
05.04.02 География,
д-р геогр. наук, процессов
Н.С. Евсеева
« 06 » 12 2019.

ЗАДАНИЕ
по подготовке магистерской диссертации

магистранту Локтионовой Тамаре группы 02810
фамилия, имя, отчество

1. Тема магистерской диссертации Моделирование структуры и функционирования ландшафтов бассейна реки Седэяха по данным дистанционного мониторинга и гидролого-климатических расчетов

2. Срок сдачи студентом выполненной магистерской диссертации:

- а) на кафедре _____
б) в ГЭК _____

3. Исходные данные к диссертации Целью является выявление взаимосвязей между структурой и функционированием ландшафтов бассейна реки Седэяха, а также прогноз их возможной трансформации при изменении гидролого-климатических условий

цели и задачи исследования,

Для достижения цели решались следующие задачи:

Выполнить литературный обзор по теме моделирования ландшафтов бассейнов рек Севера Западной Сибири; Дать общую физико-географическую характеристику, а также выполнить описание основных компонентов природы изучаемой территории; Создать карты структуры ландшафтов бассейна реки Седэяха на основе дешифрирования разновременных космических снимков; Разработать методику моделирования функционирования лесотундровых ландшафтов по данным ArcticDEM, космических снимков Sentinel 2a и климатического реанализа; Рассчитать среднелетние показатели функционирования ландшафтов изучаемой территории (местный сток, ландшафтные условия формирования стока, испарение и испаряемость с поверхности) за годы с контрастными условиями температуры и увлажнения с использованием метода ГКР; Выявить взаимосвязи между структурой и функционированием ландшафтов бассейна реки Седэяха и дать прогноз трансформации ландшафтов бассейна реки Седэяха при изменении гидролого-климатических условий.

Объект исследования: ландшафты бассейна реки Седэяха (Ямало-Ненецкий автономный округ)

Методы исследования: Статистический, морфометрический анализ цифровых моделей высот, дешифрирование космических снимков, гидролого-климатических расчетов.

объекты и методы исследования, методы оценки достоверности результатов

4. Краткое содержание диссертации Первая глава посвящена теоретическому обзору литературы по теме моделирования структуры и функционирования водосборных ландшафтов Севера Западной Сибири.. Во второй главе приводится описание физико-географического положения, а также особенностей основных компонентов лесотундровых ландшафтов (геологического строения, рельефа, растительности и др.). В третьей главе поэтапно раскрывается методика создания моделей структуры и функционирования ландшафтов бассейна реки Седэяха на основе использования разнообразной дистанционной информации и метода ГКР. Четвертая глава посвящена обсуждению основных результатов гидролого-климатического моделирования и прогнозу их возможной трансформации при изменении гидролого-климатических условий.

5. Указать предприятие, организацию по заданию которого выполняется диссертация Томский государственный университет, кафедра географии

6. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных иллюстраций) Карта абсолютных высот бассейна реки Седэяха, Распределение испарения поверхности бассейна реки

Седзяха за 2010 (А) и 2015 (В), Ландшафтная карта бассейна реки Седзяха, Распределение местного стока бассейна реки Седзяха за 2010 (А) и 2015 (В)

7. Дата выдачи задания « 04 » 12 2019г.

Руководитель магистерской диссертации доцент проф. Макарова
Борисов А. А. должность, место работы, подпись, инициалы, фамилия

Задание принял к исполнению _____

РЕФЕРАТ

В магистерской диссертации представлена методика моделирования структуры и функционирования ландшафтов бассейна реки Седэяха, расположенной на севере Западной Сибири. Методика моделирования реализована на платформе ГИС-пакета с открытым исходным кодом SAGA с использованием крупномасштабных цифровых моделей высот, данных дистанционного зондирования и климатического реанализа.

Для выполнения исследования в магистерской диссертации использовались следующие ГИС-пакеты: SAGA 7.4, ArcGIS 10.4, базы пространственных и климатических данных WorldClim (данные о осадках, температуре воздуха, суммарной солнечной радиации, скорости ветра и упругости водяного пара) и Earth Explorer (космические снимки Landsat 7 и 8 и Sentinel 2a).

Диссертация общим объемом 66 страниц состоит из введения, общей части, специальной части, заключения и списка литературы (56 источник). Текст сопровождается 32 рисунками и 4 таблицами.

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ И СОКРАЩЕНИЙ

ГИС – географическая информационная система

ГКР – гидролого-климатические расчеты

ЦМР – цифровая модель рельефа

ЦМВ – цифровая модель высот

DEM – digital elevation model

БГД – база геоданных

ДДЗ – данные дистанционного зондирования

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВОДОСБОРНЫХ ЛАНДШАФТОВ.....	8
1.1 История и основные концепции моделирования ландшафтов.....	8
1.2 Использование геоинформационных систем и данных дистанционного зондирования в моделировании ландшафтов	12
1.2 Структура и функционирование ландшафтов севера Западной Сибири ..	15
2 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАССЕЙНА РЕКИ СЕДЭЯХА	20
2.1 Геологическое строение и рельеф	21
2.2 Климат	25
2.3 Почвы и многолетнемерзлые горные породы.....	26
2.3 Растительность	28
3 МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ МОДЕЛЕЙ СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛАНДШАФТОВ БАССЕЙНА РЕКИ	30
3.1 Подготовительный этап.....	30
3.2 Геоинформационный этап.....	36
3.3 Гидролого-климатические расчеты.....	41
3.4 Сравнительный анализ моделей структуры и функционирования ландшафтов	52
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	60
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	61

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Существующая система наблюдений за процессами динамики и функционирования (водный сток, метеорологические явления) ландшафтов на севере Западной Сибири является недостаточной. Помимо этого, имеющиеся пункты наблюдений зачастую находятся в непосредственной близости от городов (Тарко-Сале, Губкинский, Уренгой и др.), либо в долинах крупных (Пур, Надым, Таз) и малых рек, являющимися зонами и коридорами отепляющего воздействия. По этой причине для территории междуречий возрастает неопределённость, а, зачастую, и ошибки в учете факторов и процессов функционирования ландшафтов.

В условиях лесотундры Западной Сибири, процессы и условия функционирования ландшафтов не только весьма разнообразны, но и тесно взаимосвязаны. Следовательно, оценивать динамику каждого условия следует не по отдельности, а с помощью интегрального подхода. Метод гидролого-климатических расчетов является генетическим по отношению к процессам гидрологического функционирования ландшафта, а в сочетании с различной априорной информацией позволяет выявить количественные взаимосвязи в структуре и функционирование ландшафтов.

Цель работы - моделирование структуры и функционирования ландшафтов бассейна реки Седэяха для выявления количественных взаимосвязей, а также прогноз их возможной трансформации при изменении гидролого-климатических условий.

Для достижения цели решались следующие *задачи*:

- выполнить литературный обзор по теме моделирования ландшафтов бассейнов рек севера Западной Сибири;
- дать общую физико-географическую характеристику, а также выполнить описание основных компонентов природы изучаемой территории;

- создать карты структуры ландшафтов бассейна реки Седэяха на основе дешифрирования разновременных космических снимков;
- разработать методику моделирования функционирования лесотундровых ландшафтов по данным ArcticDEM, космических Landsat и климатического реанализа;
- рассчитать среднемноголетние показатели функционирования ландшафтов изучаемой территории (местный сток, ландшафтные условия формирования стока, испарение и испаряемость с поверхности) за годы с контрастными условиями температуры и увлажнения с использованием метода ГКР;
- выявить количественные взаимосвязи между структурой и функционированием ландшафтов бассейна реки Седэяха.

Комплекс работ по моделированию структуры и функционирования бассейновых геосистем был выполнен с использованием современного программного обеспечения SAGA и ArcGIS.

Объект исследования - ландшафты бассейна реки Седэяха (Ямало-Ненецкий автономный округ).

Методы исследования: статистический, морфометрический анализ цифровых моделей высот, дешифрирование космических снимков, гидролого-климатические расчеты.

Основные пункты новизны работ. В диссертации впервые с использованием метода ГКР, цифровых моделей высот Arctic DEM, космических снимков Landsat 7 и 8, а также Sentinel 2a выполнено моделирование структуры и функционирования бассейна реки Седэяха.

Практическая значимость работы. Работа носит методический характер и поэтапно раскрывает основные этапы обработки данных дистанционного зондирования для получения информации о ландшафтных условиях формирования стока, а также особенностей мезо и микроклимата. Модели расчетов местного стока и испарения могут быть использованы при

уточнении гидрологических прогнозов для ландшафтов бассейнов рек севера Западной Сибири.

Структура и объем работы. Диссертация общим объемом 66 страниц состоит из введения, общей части, специальной части, заключения, списка литературы (56 источников). Текст сопровождается 32 рисунками и 4 таблицам.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВОДОСБОРНЫХ ЛАНДШАФТОВ

1.1 История и основные концепции моделирования ландшафтов

К концу XX века ландшафтоведение пришло к осознанию неравнозначности вклада компонентов ландшафта, наличия разнотипных самостоятельных структур, что положило начало концепции полиструктурности. Сформировалось понимание, что группы взаимосвязанных свойств ландшафта могут контролироваться одновременно процессами разной природы и разного масштаба. Математическое понятие «корреляционная плеяда» для переменных со статистически достоверными связями стало играть конструктивную роль в ландшафтоведении для распознавания в ландшафтах парциальных «геосистем», «геокомплексов», «структур» [37].

В России принято выделять несколько концепций ландшафта:

Ландшафт как природный комплекс с определенными границами, с присущей ему горизонтальной (пространственной) и вертикальной (компонентной) структурой. Это с 1940-х гг. наиболее привычное и общепринятое для русскоязычной физической географии представление. Оно реализовано в трудах московской, петербургской, иркутской, львовской, тбилисской и других школ ландшафтоведения и зафиксировано в энциклопедиях, словарях, учебниках и ГОСТ [37].

Ландшафт как идея связи явлений на географической земной поверхности с единой структурой и динамикой, не являющийся объектом, замкнутым в некоторых границах [37].

Ландшафт как пространственная структура, порожденная процессами. В ландшафтной экологии в ее американском варианте это представление возникло как реакция на недостаточный учет пространственного фактора в классической экологии [37].

Сегодня ландшафт рассматривается как многогранное и многофункциональное явление, сложная система, требующая множества проекций для выявления существенных связей между геокомпонентами и пространственными элементами.

Исследования ландшафтной «композиции» легли в основу структурного подхода, в рамках которого концепции морфологических единиц и их иерархии были разработаны в 1930–1940-х годах Л. Г. Раменским и Н. А. Солнцевым. Явная эмпирическая концепция иерархической организации обеспечивала методологическую основу изучения и картирования ландшафтной структуры в различных масштабах. В 1926 г. А. А. Григорьев сформулировал функциональный подход к ландшафтным исследованиям [48].

В работе М.Ч. Залиханова [13] постулируется, что "в основе территориальной организации и функционирования гео(эко) систем любой размерности лежит взаимодействие двух материально-энергетических частей: микросубстратной, или транзитной (системообразующих потоков энергии, влаги, твердого вещества, воздуха), и макросубстратной, т.е. фиксированной (системообразующих природных тел -минерального субстрата, почвы, растительности и др.). Транзитная часть выполняет важнейшие функции «жизнедеятельности» природного комплекса. Через неё природные тела взаимодействуют друг с другом, возникает их системная общность"[13].

Системная концепция в ландшафтоведении впервые была внесена академиком В.Б. Сочавой. Геосистемная концепция в физической географии сформировалась одновременно с общей теорией систем. Она была направлена на интеграцию структурных и функциональных подходов к ландшафту исследования. Он опирался на системный подход и теорию кибернетики, развивающуюся в тот период.

По мнению В.Б. Сочавы [29], геосистемы являются открытыми иерархически организованными динамическими системами, где каждый уровень их иерархии представляет собой динамичную целостность с особой присущей им географической организацией [29].

В.Б. Сочава в сложной иерархии геосистем выделил три главных уровня: планетарный, региональный и локальный (типологический). Планетарный представлен на нашей планете в единственном числе: это географическая (ландшафтная) оболочка. Региональные геосистемы – крупнейшие структурные части географической оболочки: физико-географические (ландшафтные) зоны, страны, провинции, собственно ландшафты. Наконец, геосистемы локального уровня – относительно простые образования, так называемые урочища и фации – предельные единицы ландшафтно-географической дифференциации, которые характеризуются признаком неделимости по всем основным компонентам [14].

Совокупность процессов обмена и трансформации энергии вещества в географическом комплексе можно назвать его функционированием. С функционированием связано понятие «структура геосистемы». Это сложное понятие в самой общей форме можно определить как взаимное расположение частей системы и способы их соединения или как пространственно-временную организацию системы. Структура географического комплекса многопланов. «Вертикальные» и «горизонтальные» подразделения геосистемы образуют её пространственную структуру [34].

Одной из основных задач, разрешаемых на основе учения о геосистемах, В.Б. Сочава [29] относил моделирование геосистем с учетом их динамики и режимов, поиск приемов количественной оценки геосистем и ландшафтообразующих процессов, системный анализ пространственных связей в географической оболочке, познание пространственно-временных закономерностей и анализ состояний геосистем, создание графических моделей геосистем, изучение влияния социально-экономических факторов на природную среду, прогнозирование геосистем будущего, разработку основ конструктивного ландшафтоведения в целях создания «геосистем сотворчества».

К концу XX в. в науке утвердилось представление о необходимости развития геофизического и связанного с ним физико-математического

направления исследования структуры и функционирования ландшафтов и его компонентов [29].

Особенностями развития парадигмы является новое осмысление фундаментальных физических основ физической географии и ландшафтоведения. Стала очевидна необходимость рассмотрения ландшафтов с точки зрения динамических систем с привлечением соответствующего математического аппарата моделирования. Поскольку адекватное моделирование геосистемных процессов принципиально невозможно без одновременного рассмотрения их в пространстве и во времени, прежде всего имеется в виду использование уравнений математической физики [32].

Общезначимые постулаты и аксиомы для моделирования геосистем:

Пространство определяется, как совокупность точек, задаваемых числами — координатами точек; Геосистемы состоят из макроскопических тел, которые состоят из очень большого числа отдельных частиц, в любом существенном для геосистем объеме; Исходя из концепций материальной точки и абсолютно твердого тела классической механики, элементарной составной частью геосистемы, которая в рассматриваемом круге явлений не разрушается и не деформируется существенным образом, предлагается считать пиксель цифровой модели рельефа и др.

Согласно А.Г.Топчиеву [37] исследования, концентрирующиеся на функционировании ландшафта и образующие функционально-статическое направление концентрируются, в первую очередь на эффективности передачи сигнала от одного компонента ландшафта так другому. Для ландшафтоведения особый интерес представляют цепные реакции, или «одно причинные эффекты», охватывающие множество свойств ландшафта вследствие внешнего импульса или саморазвития какого-либо компонента. Факт физического взаимодействия не всегда возможно установить, поэтому введено разделение понятий «связь» и «отношение». Построение количественных моделей межкомпонентных связей служит основой для

дальнейшего «расследования» возможных физических взаимодействий посредством потоков вещества и энергии либо для заключения о случайных или опосредованных связях [30].

Изучения процессов структуры и функционирования ландшафтов бассейна реки Седяхи с использованием портативных автоматических измерительных устройств (логгеров) и метода ГКР было начато в 2014 году [48]. В работе [16] указывается, что на малых водотоках севера Западной Сибири были организованы пункты автоматизированного мониторинга стока воды. Один из таких пунктов организован в Ямало-Ненецком автономном округе на модельном участке Новый Уренгой - Пангоды. Для организации мониторинга выбран ручей – верхний левый приток реки Седяха с площадью водосбора 19 км² [48].

1.2 Использование геоинформационных систем и данных дистанционного зондирования в моделировании ландшафтов

На современном этапе, ландшафтная структура строится на основе комплекса разнообразной дистанционной информации и комплекса полевых исследований.

В начале XXI в. дистанционные методы получения цифровых моделей рельефа (ЦМР) значительно дополнили недостаток информации получаемый традиционным способом, в рамках которых основным источником данных были топографические карта или план, а также морские навигационные и батиметрические карты. На сегодня ситуация коренным образом изменилась [27].

Н.В. Новаковский указывает, что в настоящее время фотограмметрическая обработка считается одним из наиболее эффективных способов извлечения данных о рельефе по фотографическим и сканерным снимкам [22].

В настоящее время для получения данных моделирования трехмерных сцен преимущественно используются метод лазерного сканирования

объектов (Lidar) и зондирование Земли с космоса. Таким образом, данными ДЗЗ являются облака точек лидара, аэрофотоснимки Земли и космические снимки

Аэрокосмические снимки представляются в виде растровых изображений, поэтому проблематика обработки и интерпретация таких данных тесно связана с цифровой обработкой изображений. Любая система ДЗЗ предусматривает совместное функционирование двух сегментов: орбитального и наземного.

Для получения космического снимка территории региона, по которому в дальнейшем осуществляется визуальное дешифрирование, могут использоваться различные каналы съемки и их комбинации, в том числе комбинации видимых каналов, с участием зеленого, красного и ближнего инфракрасного каналов съемки и т. д.

Также наравне с моделированием рельефа на основе данных Lidar и аэрофотосъемки используются готовые цифровые модели рельефа (ЦМР), такие как ASTER, SRTM, картографические сервисы по типу Land viewer и др.

Наиболее популярными продуктами полученными на основе разнообразных данных дистанционного зондирования являются, цифровые модели рельефа, космические снимки, картографические сервисы и др.

ЦМР — это математическое представление участка земной поверхности, полученное путем обработки материалов топографической съемки, аэрофотосъемки и космических снимков. ЦМР состоит из двух категорий данных: геометрической и семантической. [19].

Активное внедрение материалов дистанционного зондирования в научные исследования на основе использования геоинформационных технологий значительно способствовало расширению спектра решаемых географо-картографических задач. ие многих прикладных задач географии, связанных с использованием ЦМР [7].

Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) – усовершенствованный спутниковый радиометр теплового

излучения и отражения позволяющий получать изображения Земли с высоким разрешением (от 15 до 90 квадратных метров на пиксель) в 14 различных длинах волн электромагнитного спектра, от видимого до инфракрасного излучения. Ученые используют Данные ASTER используются для создания подробных карт температуры поверхности земли, излучательной способности, отражательной способности и высоты [41].

Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) является глобальной ЦМР имеет пространственное разрешение около 30 метров, охватывающее большую часть мира, с абсолютной точностью вертикальной высоты менее 16 метров. Имеет почти глобальное покрытие (от 56 ° S до 60 ° N), и находится в свободном доступе. Технология съемки позволяет получить радиолокационное изображение поверхности изучаемого объекта независимо от метеорологических условий и освещенности местности.

Land Viewer – это сервис обработки и анализа изображений в режиме реального времени. Является одним из первых сервисов, созданных компанией Максима Полякова EOS Data Analytics. Сервис предоставляет множество возможностей для пользователей: от предварительного просмотра до визуализации любых типов данных на изображении. Пользователи могут просматривать объекты, используя различные цветовые решения, чтобы узнать информацию о пожарах, наводнениях, незаконных лесозаготовках или водных ресурсах. Также возможно сравнить геопространственные изображения для отслеживания динамики изменений в развитии каналов, лесов и других природных объектов [31].

Перечисленные выше модели часто используются совместно с эрозионными моделями для расчёта морфометрических характеристик в настоящее время используют цифровые модели рельефа (ЦМР), чаще всего построенные на регулярной растровой основе; В моделировании гидрологических процессов которое включает интеграцию ГИС с моделями формирования стока, а также моделирование процессов подтопления и затопления территории, динамики подземных вод, оценку интенсивности

эрозии почв и качества поверхностных вод. В настоящее время разработан широкий спектр распределенных гидрологических моделей, в разной степени интегрированных с ГИС.

По мнению [43] одной из наиболее популярных в мире гидролого-почвенных моделей речных бассейнов и их водосборов является SWAT. Её разработкой занимается Управление сельскохозяйственных исследований Департамента сельского хозяйства США (USDA). Однако использование данной модели ограничивается в условиях недостатка данных, характерного для отдалённых и слабо изученных территорий [43].

В Германии для расчёта водно-балансовых величин широко используется аналогичный метод *BAGLUVA* [43].

Геофизическое значение рельефа земной поверхности связано с перераспределением им вещества и энергии, а, следовательно, и полей гравитации, и инсоляции. При его геоинформационном моделировании в работе Ерофеева А.А. и С.Г. Копысова [43] в основном используется комбинированный способ создания цифровой модели рельефа (ЦМР), а в качестве базовой информации о рельефе используются данные SRTM с пространственным разрешением 30 м и Aster GDEM с пространственным разрешением 15 м [12].

1.2 Структура и функционирование ландшафтов севера Западной Сибири

Западная Сибирь (ЗС) – единая физико-географическая страна с ярко выраженной широтной зональностью и повышенной ролью климата в формировании её особенностей, что объясняется, прежде всего, равнинным рельефом, нарастанием влияния Арктики с движением к северу и континента – к югу. В прибрежной полосе полярной зоны муссонов, сформированы тундры, в зоне муссонных тенденций – северная тайга как ландшафты полярного цикла развития биострома. На юге – степи. Обрамляющие равнину орогены – Урал и западный край средне сибирского плоскогорья, – преломляя западнообразующее действие циркулирующих над ЗСР воздушных потоков,

формируют столь же ярко выраженную провинциальность зональных комплексов [23].

Северная котловина в рельефе ЗС – это плоская чашеобразная впадина с системой меридионально ориентированных широких низменностей и узких невысоких (80-90 м) возвышенностей, вытянутых вдоль также меридиональных долин одноименных рек [23].

Согласно рисунку зона Сибирских Увалов, значительно приподнята по сравнению с районами широтного отреза Оби и приполярными районами Западно-Сибирской равнины. В ее геологическом строении принимают участие третичные и водно-ледниковые отложения максимального оледенения. В строении рельефа северной части Западно - Сибирской равнины принимают участие морские равнины с наложенными формами водно-ледниковой и аллювиальной аккумуляции [23].

Активное опускание котловины в четвертичное время обусловило и яркую выраженность ярусности в рельефе. Она отражается в системе озерных, озерно-аллювиальных и аллювиальных террас речных долин, в серии морских террас и современной лаиде высотой 1 – 5 м. На общем равнинном фоне северной котловины четко выделяются долины крупных рек. Как показано на рисунке 1.1, Сибирские Увалы затрудняют выход к югу свободно затекающего по меридиональным долинам и низменностям арктического воздуха. Этому способствует и строение долины Оби в нижнем её течении. Таким образом, север Западной Сибири лежит преимущественно в геоморфологических областях морских аккумулятивных, водно-ледниковых и ледниковых равнин. Степень расчлененности поверхности имеет большое значение в формировании местного климата [23].

вечной мерзлоты Северного полушария, составленной в ходе совместной работы ученых различных стран, таких как Россия, Австрия и т.д. [45].



Рисунок 1.2 - Карта вечной мерзлоты Северного полушария на основе моделирования TOP за 2000–2016 гг. с пространственным разрешением 1 км [45]

Кроме широко известных булгунняхов, или крупнобугристых торфяников, широко распространены вогнутые формы рельефа, возникшие в результате вытаявания льда, заключенного в толще многолетней мерзлоты. Термокарст, выраженный в виде провалов, воронок, западин и разнообразных ложбин, особенно сильно развит на пологих склонах и горизонтальных поверхностях террас. Размеры термокарстовых форм очень различны - от преобладающих мелких западин и воронок до нескольких квадратных километров. Глубина их невелика, обычно в пределах десятка метров. В лесотундре широко развиты бугристые торфяники: на водоразделах, сложенных суглинистыми породами, они крупнобугристые, а на песчаных террасах имеют более плавные очертания [15].

От года к году глубина промерзания грунтов испытывает существенные колебания, что связано с динамикой накопления и мощностью

снежного покрова. Повышенные скорости ветра зимой, особенно в тундре (средние месячные их величины – более 7 м/с), перераспределяют высоты снежного покрова, способствуют формированию большого разнообразия по территории глубин промерзания грунтов. Годы, когда снежный покров сходит раньше прекращения морозов весной и появляется позже их начала осенью, благоприятны для промерзания грунтов. Процессы сезонного протаивания и промерзания грунтов и связанные с ними повышенный термокарст, образование многочисленных озер и переувлажненных понижений, бугры пучения, а также солифлюкция склонов южной экспозиции в тундре являются ведущими среди современных экзогенных геологических процессов на ОЕС. В своей динамике внутри года и от года к году она зависит в определенной степени от сезонной ритмики климата и ее особенностей конкретных лет [23].

Широко развиты бугристые торфяники: на водоразделах, сложенных суглинистыми породами, они крупнобугристые, а на песчаных террасах имеют более плавные очертания.

Рельеф болот представляет собой сочетание повышений, образованных торфяными буграми и валиками, мерзлыми буграми пучения, кочками, и понижений, называемых мочажинами, различающихся степенью обводненности и составом растительности. В понижениях встречаются небольшие по площади внутриболотные озерки. Озера тундровой зоны подразделяются по типу происхождения на термокарстовые, пойменные и ледниковые. В котловинах спущенных термокарстовых озер, называемых хасырями, встречаются заболоченные участки, формирующиеся бугры пучения и мелкие озерки [6].

Согласно оцифрованной типологической карте болот, значительная территория (около 58%) тундровой зоны рассматриваемого региона слабо заболочена – переувлажненные экосистемы занимают на ней менее 10% площади. Около 23% северной территории Западной Сибири заболочено от 10 до 50%.

2 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАССЕЙНА РЕКИ СЕДЭЯХА

Протяжённость реки Седяха составляет 145 км и является притоком реки Евояха (левый приток Пура). Как показано на рисунке 2.1 водосборный бассейн площадью 1300 км² расположен в Ямало-Ненецком автономном округе, охватывает бассейн реки Надым и западную часть Тазовского полуострова.



Рисунок 2.3 - Фрагмент гипсометрической карты с обозначенной областью бассейна реки Седэяха (Масштаб 1:3500000) [1]

Опираясь на рисунок 2.2 можно сказать, что плоская низменная территория бассейна характеризуется сложным рисунком гидрографической сети.

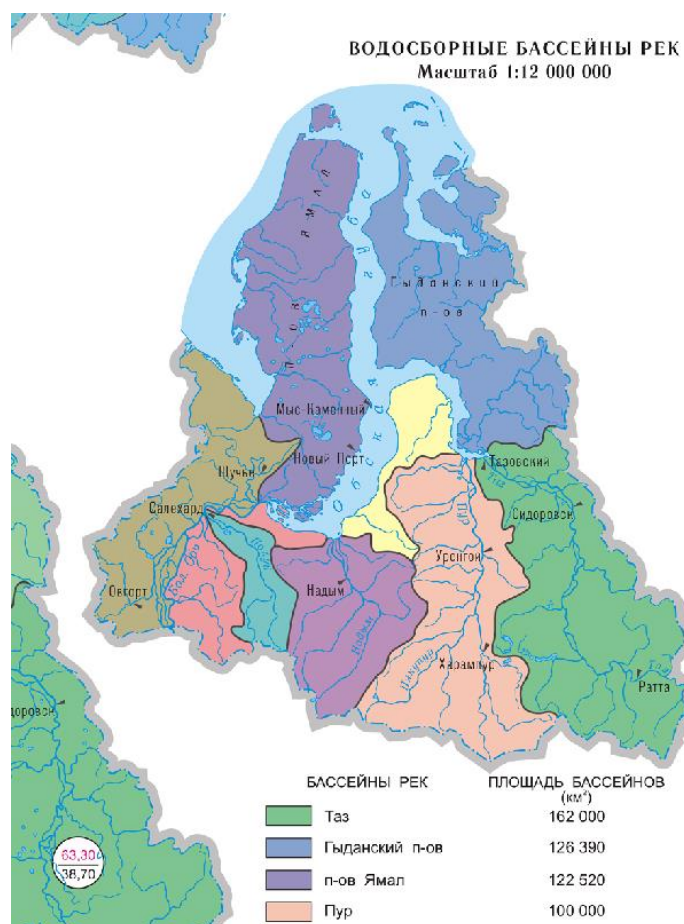


Рис. 2.2 - Карта крупнейших водосборных бассейнов рек севера Западной Сибири (Масштаб 1:12 000 000) [1]

Отличительной чертой территории является широкое развитие болот и озер. Степен заозерности и заболоченности достигает 70% [4]. Вследствие крайней выравненности рельефа водоразделы между отдельными реками и озерами выражены недостаточно четко. Много мелких озер.

2.1 Геологическое строение и рельеф

Современный рельеф обусловлен геологическим строением и влиянием экзогенных процессов. Основные орографические элементы соответствуют тектоническим структурам плиты, хотя накопление мезокайнозойских толщ с нивелировали неровности фундамента.

Поверхность представляет собой низкую аккумулятивную равнину с довольно однообразным рельефом (более однообразным, чем рельеф Восточно-Европейской равнины), главными элементами которого являются

широкие плоские междуречья и речные долины; характерны различные формы проявления многолетней мерзлоты (распространённой до 59 ° с. ш.), повышенная заболоченность и развитое (преимущественно на юге в рыхлых породах и почвах) древнее и современное соленакопление. На севере, в области распространения морских аккумулятивных и моренных равнин (Надымская и Пурская низменности), общая плоскоравнинность территории нарушается моренными пологоувалистыми и холмисто-увалистыми (Северососьвинская, Люлимвор, Верхне-, Среднетазовская и др.) возвышенностями высотой 200–300 м, южная граница которых проходит около 61–62 ° с. ш.; они подковообразно охвачены с юга плосковершинными возвышенностями, среди которых Полуйская возвышенность, Белогорский Материк, Тобольский Материк, Сибирские Увалы (245 м) и др. На севере повсеместно развиты мерзлотные экзогенные процессы (термоэрозия, пучение грунтов, солифлюкция), на песчаных поверхностях распространена дефляция, на болотах – торфонакопление. На полуостровах Ямал, Тазовский и Гыданский повсеместна многолетняя мерзлота; мощность мёрзлого слоя весьма значительна (до 300–600 м) (Большая Российская энциклопедия) [39].

Территория бассейна по большей части представлена лесотундровым типом местности. Сниженные поверхности подчеркивают широко распространенный хасырейный тип местности. В его структуре доминируют болотные и луговые урочища. Сохраняются акватории не заросших озёр. В более древних хасырях обычны кочковатые пятнистые тундры, крупные (до 6-7 м) торфяно-минеральные бугры пучения. На основных поверхностях междуречий господствуют плоские мохово-лишайниковые тундры. Придолинные дренированные местности представлены лесными урочищами преимущественно лиственничных лесов со вторым ярусом из березы тощей [6].

Важнейшей особенностью территории природы является наличие многолетнемерзлых горных пород (вечной мерзлоты или криолитозоны). Заболачивание (постоянное переувлажнение) является одним из активнейших рельефообразующих процессов на изучаемой территории, ввиду

преобладания плоских равнинных поверхностей, сурового климата, низкой испаряемости при значительном количестве осадков, широкого распространения супесчано-суглинистых пород и отрицательных неотектонических движений.

В подзоне южной тундры преобладают преимущественно реликтовые полигональные болота, значительная часть которых находится в стадии разрушения под влиянием термокарста и водной эрозии. В результате на торфяниках с полигонально-жильными льдами в зависимости от условий дренажа образуются различные формы рельефа: на слабодренированных участках – полигонально-валиковые болота, на сильнодренированных – плоскобугристые торфяники [6].

В процессе разрушения полигонально-валиковых болот, содержащих полигонально-жильные льды, возникают плоскобугристые и выпуклобугристые торфяники. Плоскобугристые торфяники подстилаются песками, мощность которых составляет не менее 10,0-12,0 м. Образование крупнобугристых торфяников связано с пучением минеральных, чаще всего глинистых, грунтов, подстилающих торфяники при их промерзании. В связи с этим они представляют собой комплекс выпукло-вершинных вечномерзлых торфяно-минеральных бугров высотой от 2,0 до 12,0 м и озерно-болотных понижений, которые отображены на рисунке 2.3, при этом опираясь на легенду к карте показанной на рисунке 2.4 Минеральное ядро в таких буграх выпуклое и сильнольдистое. Размеры и формы бугров достаточно разнообразны. Бугры образуют комплексы то с мокрыми мочажинами, то с более сухими понижениями, то с озерами. Промерзание сопровождается подтоком влаги к фронту промерзания снизу, в результате происходит формирование мощных слоев льда в минеральном ядре.

Обычно различают по составу два типа выпуклых крупных бугров: бугры, практически полностью состоящие из торфа и имеющие небольшую льдистость, и бугры с минеральным ядром, весьма сильно насыщенным льдом и составляющим его основную массу.

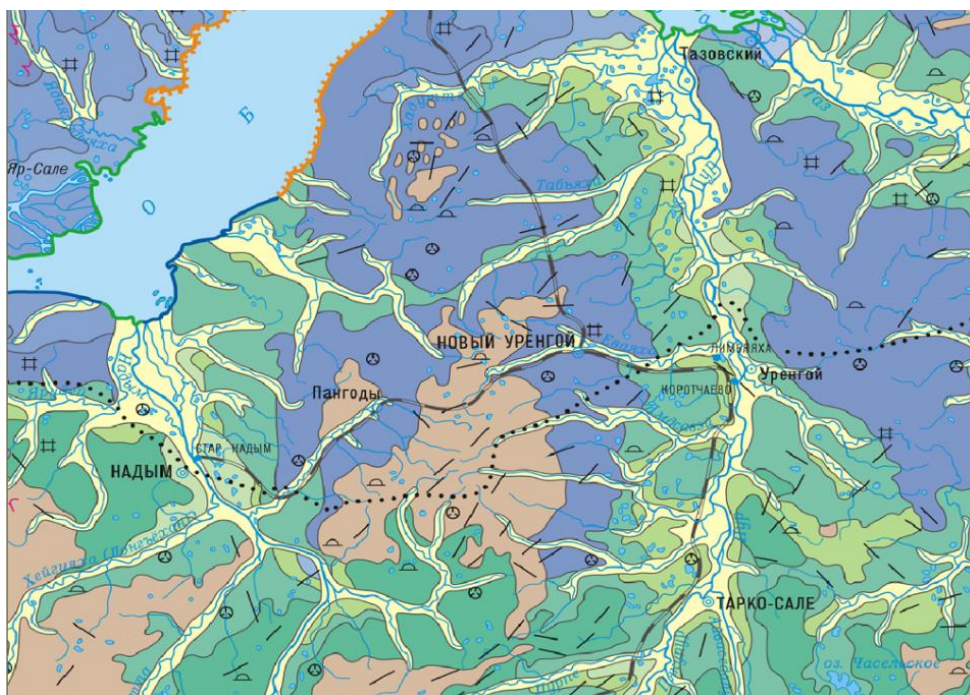


Рисунок 2.3 - Фрагмент геоморфологической карты Севера Западной Сибири
(Масштаб 1:3500000) [1]

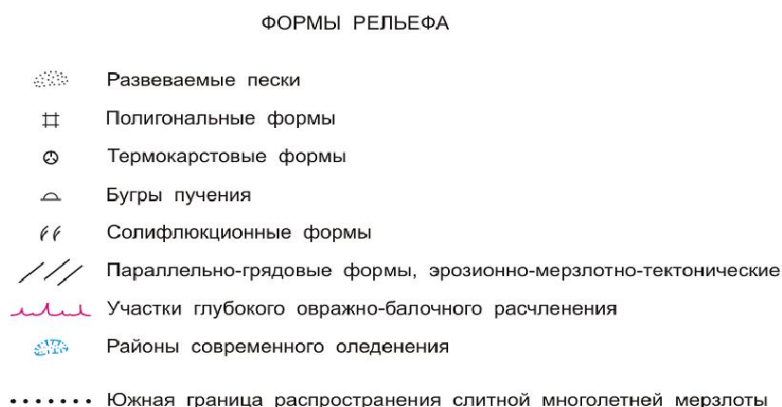


Рисунок 2.4 - Легенда фрагмента геоморфологической карты Севера Западной
Сибири (Масштаб 1:3500000) [1]

Опираясь на рисунок на котором бежевым цветом выделена террасированная равнина, сформированная в эпоху плиоцен-средне четвертичных трансгрессий и регрессий Арктического бассейна (абсолютные высоты 85-115 м), Фиолетовым цветом показана четвертая морская лагунно-лайдовая равнина (Абсолютные высоты 50-85 м) и желтый цвет обозначает пойму, относительная высота которой составляет 5 – 8 м. Опираясь на перечисленное можно сказать что поверхность всех террасовых уровней и пойм характеризуется почти идеальной равнинностью. Эрозионно-

аккумулятивный рельеф (прирусловые валы, гривы и т.п.) выражен довольно слабо даже на низких террасах и не вызывает заметного изменения общей равнинности поверхности. В то же время эрозионная, а отчасти и аккумулятивная деятельность рек проявляется на поверхности равнин, вышедших в после- и позднеледниковое время из-под уровня моря [1].

2.2 Климат

Климат территории субарктический континентальный с продолжительной суровой зимой и достаточно прохладным коротким летом.

Неравномерное поступление солнечной радиации в течение года, особенности атмосферной циркуляции, близость холодного Карского моря и открытость территории с севера и юга объясняют суровость термического режима и резкий переход от холода к теплу и наоборот.

Средняя годовая температура воздуха уменьшается от - 5°C на юго-западе до -11°C на северо-востоке. Опираясь на рисунок В годовом ходе температуры воздуха зимний минимум выражен нечетко. самая низкая температура наблюдается в январе (- 22, - 26°C) [42].

Отрицательные среднемесячные температуры сохраняются в апреле (средняя температура выше на 10-15°C по сравнению с январем и февралем) и мае. В мае средняя температура изменяется с севера на юг от - 8°C до - 2°C.

Опираясь на рисунок 2.5, можно сделать вывод, что самым теплым месяцем является июль. Средняя температура июля повышается от 4 до 13°C в районе полярного круга, к югу температура увеличивается до 14-16°C. Средняя температура августа на островах и севере полуостровов на 1,1-1,2 выше средней июльской, на остальной территории на 3-4°C ниже. В сентябре положительные среднемесячные температуры сохраняются. В третьей декаде сентября – начале октября отмечается осенний переход температуры воздуха через 0°C. Средняя месячная температура октября повсеместно имеет отрицательные значения (- 4, - 8°C), к концу октября средняя суточная температура переходит через -10, в ноябре – через -15°C. Средняя температура декабря почти повсеместно ниже - 20°C [42].

	Январь	Февраль	март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Средний температура (°C)	-25.3	-24.9	-18.2	-11.1	-2.7	7.5	13.9	11.4	5	-5.4	-17	-22.3
минимум температура (°C)	-29.5	-29.4	-23.7	-16.4	-6.9	3.9	9.9	7.9	2.1	-8.1	-20.8	-26.2
максимум температура (°C)	-21.1	-20.3	-12.7	-5.7	1.6	11.1	18	14.9	7.9	-2.7	-13.2	-18.3
Норма осадков (мм)	28	22	23	27	33	47	54	68	56	46	34	31

Рисунок 2.5 - Таблица среднемноголетних (1982-2012) осадков и температуры изучаемой территории [42]

Годовой приход суммарной солнечной радиации составляет 1150-1200 МДж/м² при общем увеличении с севера на юг. В годовом ходе поступления суммарной радиации наименьшие ее значения наблюдаются в зимние месяцы, наибольшие – в летние. Быстрый рост суммарной радиации начинается в марте – апреле с увеличением высоты солнца над горизонтом и продолжительности дня. Максимальные значения отмечаются в июне– 220-230 МДж/м² (мес). В июле приход суммарной радиации начинает уменьшаться.

2.3 Почвы и многолетнемерзлые горные породы

Территории полуострова Ямал, Гыданского и Тазовского полуостровов отнесены к фации очень холодных мерзлотных почв Северо-Сибирской провинции тундровых глеевых, тундровых иллювиально- гумусовых и тундрово-болотных почв. Характерная черта структуры почвенного покрова этой провинции — высокая заболоченность территории (до 80% и более). Для болотных массивов типичны полигонально-валиковые комплексы болотных мерзлотных и тундрово-болотных почв. Среди зональных почв господствуют тундровые иллювиально-гумусовые на легких породах и тундровые глеевые — на тяжелых породах. Значительные территории занимают аллювиальные и маршевые почвы, последние часто сильно засолены или солонцеваты [34].

Бассейн реки Седэяха расположен на тундровых элювиально-глеевых почвах и представлен болотными мерзлотными и таежными глее-мерзлотными почвами на территории равнины, а также аллювиальными дерновыми и луговыми кислыми и слабокислыми почвами в районе поймы.

Данные почвы встречаются в междуречьях Надым-Пур-Таз самостоятельными контурами, а в сочетаниях с почвами пятен — в полярно-тундровой зоне на полуострове Ямал и Тазовском полуострове. Они развиваются на суглинистых и глинистых почвообразующих породах.

Особенностью рельефа изучаемого района является островной характер развития многолетнемерзлых пород (ММП), что находит отражение в широко распространенной на данной территории положительно замкнутой форме криогенного рельефа — гидролаколит (пинго, также в отечественной литературе известен как булгуннях), бугров пучения, имеющих в основании ледяное ядро инъекционно-сегрегационного механизма образования. Тело пинго выше ядра сложено мерзлыми торфами, как правило, верхового и переходного типов, на которых формируются торфяные олиготрофно-мезотрофные почвы с мощностью деятельного слоя до 1,5 м.

Согласно Н.Г. Украинцевой и Д.С. Дроздову [34], сезонное протаивание южной лесотундры сменилось сезонным промерзанием, данные температуры ММП отображены на рисунке 2.6. Мощность сезонномерзлого слоя (СМС) превышает 2 м. Однако, несмотря на повышение температуры ММП, в южной лесотундре инструментально зафиксированы лишь единичные случаи перехода ММП в талое состояние по всей мощности слоя годовых теплооборотов [34]. Мощность мерзлотных грунтов достигает до 450 м. Среднегодовая температура мерзлотных горных пород от -5 до -9 С.

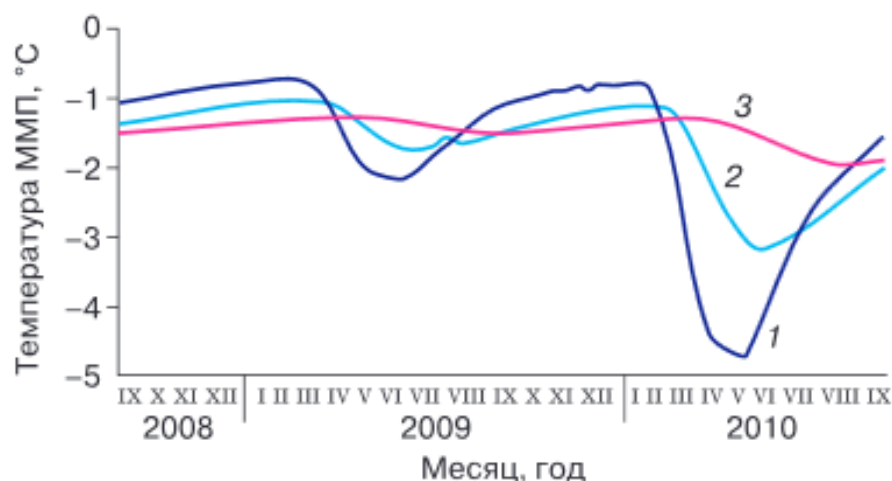


Рисунок 2.6 - Температура многолетнемерзлых пород на водораздельном торфянике (южная лесотундра). Глубины: 1 – 3 м; 2 – 5 м; 3 – 10 м [34]

2.3 Растительность

Растительный покров равнинной части территории Ямало-Ненецкого автономного округа характеризуется хорошо выраженной зональностью. Тундровые сообщества, развитые на полуострове Ямал, Гыданском и Тазовском полуостровах, подразделяются на арктические и субарктические тундры, что отражает их положение в двух климатических поясах. Тундровые полидоминантные сообщества образованы мхами, лишайниками, травами, кустарничками и кустарниками. Флористический состав тундровых сообществ характеризуется присутствием арктических, арктоальпийских и гипоарктических видов. В южной части тундры встречаются бореальные элементы.

Бассейн Седэяха находится в зоне субарктической тундры и представлен кустарничково-осоково-моховыми и кустарничково-мохово-лишайниковыми полигональными комплексными болотами. Которые характеризуются сочетанием осоково-гипновых, осоково-сфагновых группировок или кустарничково-зеленомошно-лишайниковых на полигонах и кустарничково-мохово-лишайниковых или осоково-сфагновых сочетаний на валиках [1].

В работе А.А. Бобрикова на изучаемой территории было выделено пять фаций, для которых были характерны следующие характеристики [4]:

Лиственничные лишайниковые редины с западинно-бугристым микрорельефом представлены участком леса, характеризующимся относительно невысокой плотностью деревьев, отстоящих друг от друга на заметном удалении и не образующих сомкнутого лесного полога. Почвенный покров представлен подзолами глеевыми и торфяноподбурами иллювиально-железистыми; Ерники представлены густыми зарослями кустарниковой березы (высотой до 1.0–1.5 м) с травяно-моховым покровом и кочковатыми травяно-кустарничково-моховыми ложбинами с преобладанием торфяно-криоземов перегнойных; Багульниково-лишайниковые плоскобугристые торфяники характеризуются комплексом торфяно-криоземов типичных и торфяных олиготрофных; Морошково-сфагновые плоскобугристые торфяники характеризуются комплексом торфяно-криоземов типичных и торфяно-криоземов перегнойных; Кустарничково-моховые безлесные мелкобугристые торфяники показанные на рисунке 2.7 характеризуются комплексом торфяно-глееземов типичных и глееземов крио-турбированных.

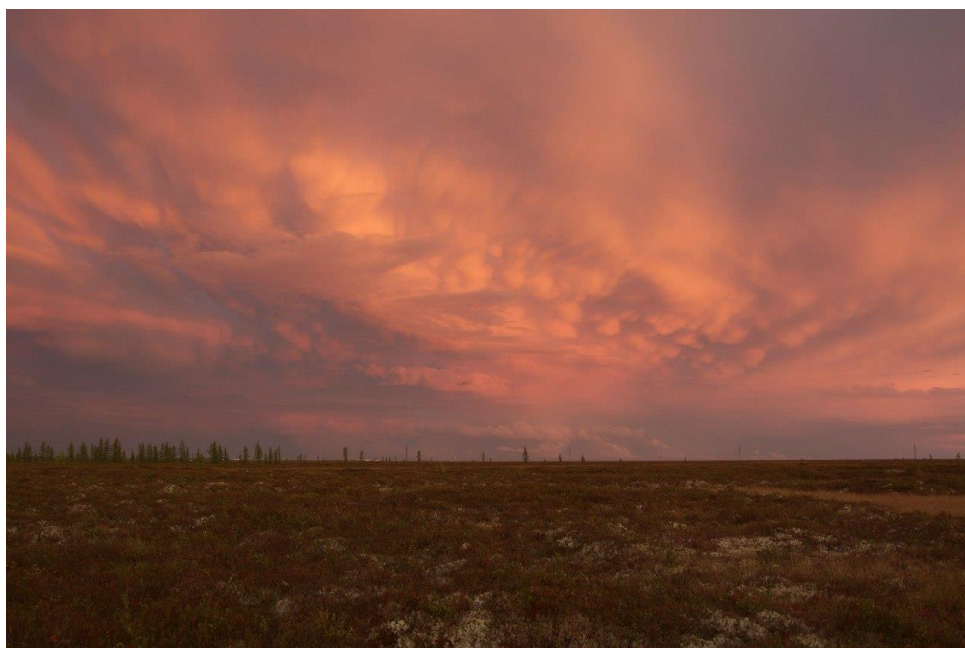


Рисунок 2.7 - Кустарничково-моховые безлесные мелкобугристые торфяники с многолетнемерзлыми породами на междуречье реки Седяхи

3 МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ МОДЕЛЕЙ СТРУКТУРЫ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛАНДШАФТОВ БАССЕЙНА РЕКИ

Создание методики моделирования структуры и функционирования представляет собой многостадийную процедуру. Данные, которые мы скачиваем, обычно имеют «сырой» вид и требуют большого количества дополнительных манипуляций и подготовки для их дальнейшего анализа.

3.1 Подготовительный этап

В качестве топографической основы для проведения ландшафтного анализа использовалась начиная цифровая модель высот ArcticDEM.

ArcticDEM - это государственно-частная инициатива Национального агентства геопространственной разведки (NGA) и Национального научного фонда (NSF) по автоматическому созданию высококачественной цифровой модели поверхности (DSM) Арктики с использованием оптических стереоизображений и высокой производительности. Вычисления и программное обеспечение фотограмметрии с открытым исходным кодом [40]. Продукт представляет собой набор зависящих от времени полос матрицы высот и бесшовной мозаики местности, которые можно распределять без ограничений. Данные ArcticDEM создаются на основе изображений с высоким пространственным разрешением (~ 0,5 метра) и получаемых с помощью группировки спутников оптических изображений DigitalGlobe и лицензируемых по контракту NGA NextView. Большая часть данных ArcticDEM была получена из панхроматических полос спутников WorldView-1, WorldView-2 и WorldView-3. Небольшой процент данных также был получен от космического спутника GeoEye-1[40].

Получение данных ArcticDEM связано с применением техник автокорреляции стерео для перекрывающихся пар изображений высокого разрешения полученных со спутника. Используя ПО SETSM разработанное M.J. Noh и IanHowat в Университете штата Огайо, стереопарные изображения обрабатываются на цифровой модели высот (ЦМВ) с использованием суперкомпьютера «BlueWater», расположенный в Национальном центре для

супер вычислительных приложений в Университете Иллинойса в Урбана-Шампейн.

Полярный геопространственный центр и сотрудничающие учреждения используют трехэтапную стратегию для производства более 20 триллионов ячеек высотой 2 на 2 метра на площади 20 миллионов квадратных километров. Для получения моделей как показано на рисунке 3.1 изображения обрабатываются в 2-метровые модели высот к с использованием программного пакета Ohio State University Surface Extraction [40].

Полоса ЦМВ-файла соответствует области перекрытия входных рядов стереопарных изображений, поскольку получена с полярно-орбитальных спутников DigitalGlobe. Размер матрицы высот может варьироваться в зависимости от записывающего сенсора и угла съёмки. Ширина ленты 16-18 км, длина 110-120 км. Файл мозаики ЦМВ придерживается регулярной мозаичной сетки размером 100x100 км, охватывающей область создания ArcticDEM. Каждая плитка мозаики дополнительно разбита на четыре элемента 50x50 км из-за размера файла.

Итоговые данные ArcticDEM, после обработки в Национальном центре данных по снегу и льду (NSIDC), перепроецированы в полярную стереографическую проекцию (UPS) в системе координат WGS 84.

Данные ArcticDEM охватывают всю площадь Земли расположенную севернее 60° широты. В дополнение к этому, охват распространяется на всю территорию Гренландии, Аляски, и полуострова Камчатка.

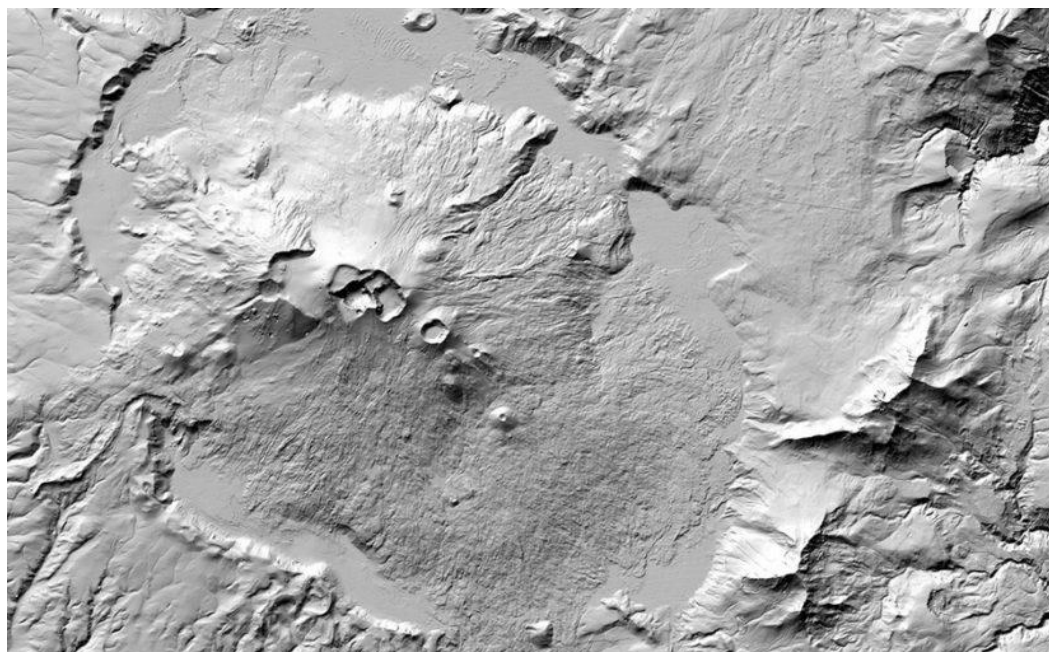


Рисунок 3.1 – Светотеневая отмывка рельефа, полученная на основе цифровой модели высот ArcticDEM с пространственным разрешением 2 метра (на изображении представлена территория с активным горообразованием) [40]

ESRI разработал онлайн-картографическое приложение под названием ArcticDEM Explorer [40], позволяющее пользователям исследовать данные ArcticDEM. Полосы и мозаики ArcticDEM в полном разрешении представлены на веб-карте показанной на рисунке 3.2 для быстрого предварительного просмотра и изучения данных высот. С помощью веб-карты пользователи могут визуализировать данные ArcticDEM, просматривать пространственный охват и экспортировать данные.

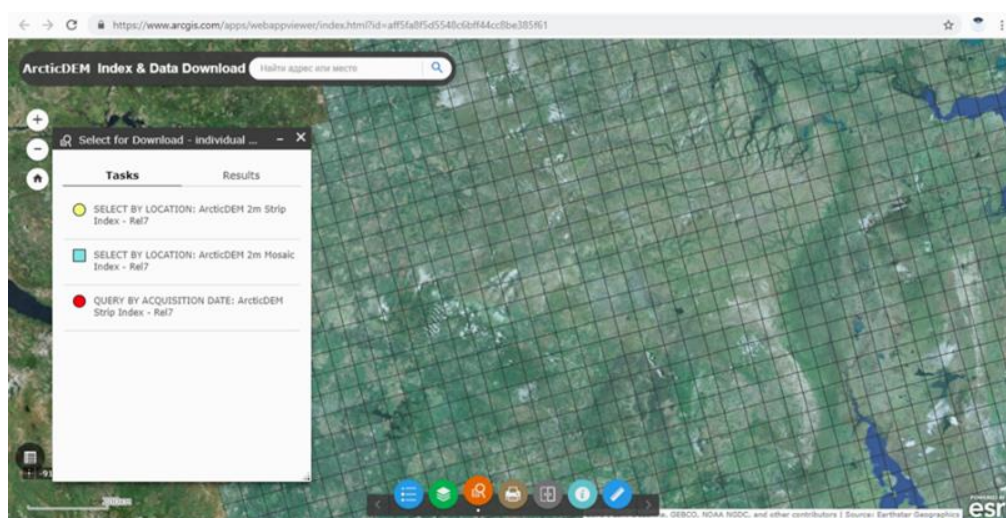


Рисунок 3.2 - Пример интерфейса веб-приложения ArcticDEM Web Map [40]

Объем каждой матрицы занимает весьма большой размер на жестком диске, порядка трех гигабайт, а в связи с большой площадью исследуемой территории и специфики отображения данных сервиса по типу «мозаики» было скачано три матрицы.

Для дальнейших гидролого-климатических расчётов использовались снимки Landsat 7 и Landsat 8, за 2015 и 2010 года. Программа Landsat – наиболее продолжительный проект по получению спутниковых фотоснимков планеты Земля [52]. Первый из спутников в рамках программы был запущен в 1972. Оборудование, установленное на спутниках Landsat сделало миллиарды снимков [52]. Снимки, являются ресурсом для проведения множества научных исследований в области сельского хозяйства, картографии, геологии, лесоводства, разведки, образования и национальной безопасности . Например, спутник Landsat 7 поставляет снимки в 8 спектральных диапазонах с пространственным разрешением от 15 до 60 метров на точку; периодичность сбора данных для всей планеты изначально составляла 16-18 суток [52]. Список спектральных диапазонов спутников Landsat 7 и Landsat 8 представлен на рисунке 3.3.

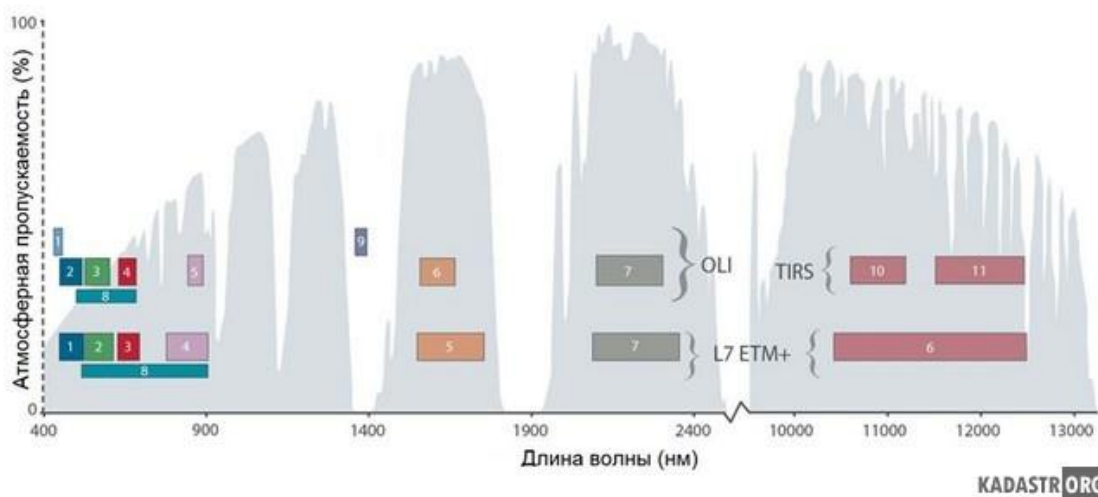


Рисунок 3.3 - Спектральные диапазоны спутников Landsat 7 и Landsat 8 [52]

В качестве картографической основы для создания ландшафтной карты были использованы мультиспектральные космические снимки Sentinel 2a (01.08.2001 и 15.07.2019).

Sentinel 2A - это европейский спутник оптической визуализации, запущенный в 2015 году. Является первым спутником Sentinel-2, запущенным в рамках программы Европейского космического агентства Copernicus. Спутник оснащен многоспектральным формирователем изображений с широким диапазоном с 13 спектральными полосами, таблица спектральных каналов спутника показана рисунке 3.4. [55].

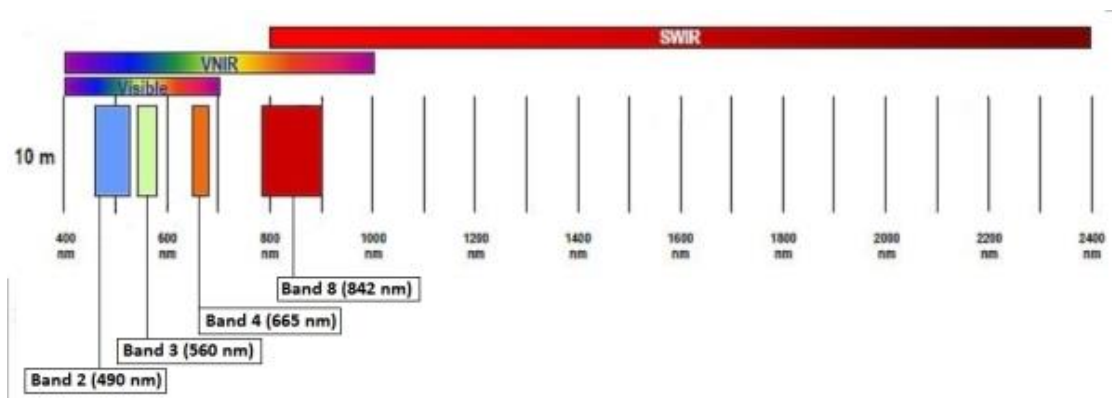


Рисунок 3.4 - Таблица спектральных каналов спутника Sentinel 2a [55]

Космические снимки Landsat и Sentinel 2a, показанные на рисунке 3.5 находятся в открытом доступе и их можно получить с сайта EarthExplorer [44] выбрав данные нужного спутника.

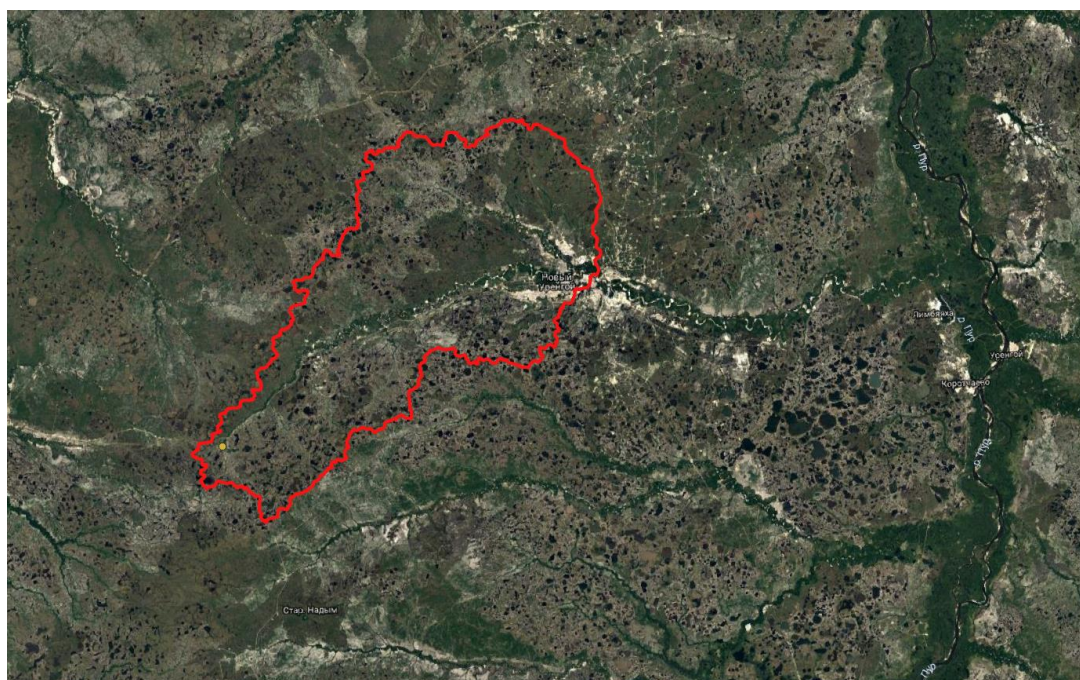


Рисунок 3.5 - Границы водосборного бассейна реки Седэха полученные на фоне Arctic DEM на фоне космического снимка Sentinell 2a (июль 2016 г.)

Исходные данные для дальнейших гидролого-климатических расчетов (осадки, температура, суммарная солнечная радиация) брались из реанализа WorldClim, представленных в виде растров среднемесячных значений осреднённых. WorldClim – набор глобальных климатических данных, включающих минимальную, максимальную и среднюю температуру, осадки, высоту н.у.м., набор из 19 производных биоклиматических характеристик (BioClim), а также данные о климатах прошлого и будущего [46]. Данные покрывают всю поверхность суши (за исключением Антарктиды) и доступны для получения в разных форматах и с различным пространственным разрешением вплоть до 30 arcsec, что примерно соответствует 1 км². Данные ежемесячные и регулярно сетевые [46].

Реанализ – это научный метод для ведения полной истории изменения климата и погоды с течением времени [20]. Продукт этого метода – данные реанализа. В нем скомбинированы наблюдения и численная модель, которая отображает один или несколько аспектов биосистемы, для получения смешанной оценки состояния биосистемы. Обычно данные реанализа охватывают несколько десятилетий и дают информацию обо всем мире, начиная от поверхности Земли до стратосферы, расположение станций для получения данных показано на рисунке 3.6. Данные реанализа широко используются в климатических исследованиях, включая мониторинг и сравнение текущих и прошедших климатических условий.

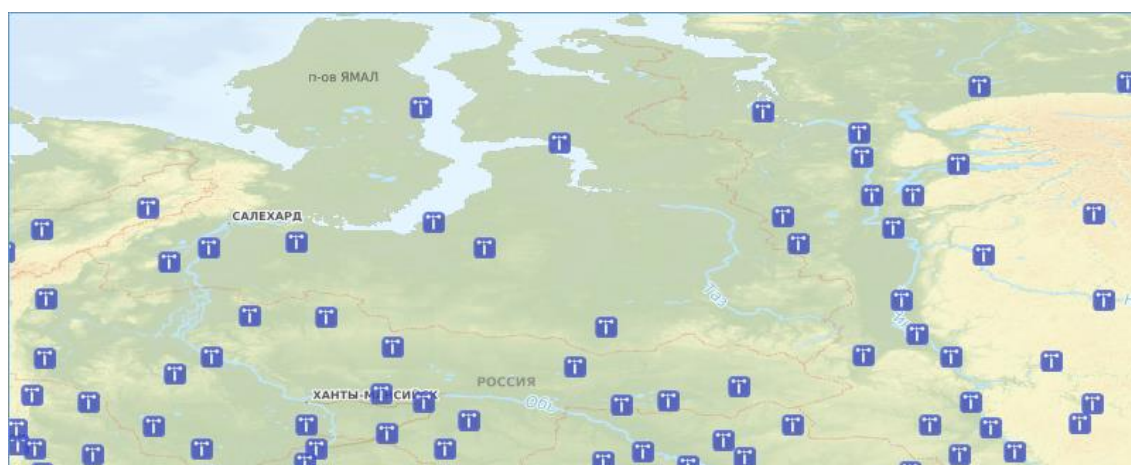


Рисунок 3.6 - Основные местоположения станций данных климатического реанализа изучаемой территории [11]

3.2 Геоинформационный этап

Геоинформационное моделирование проводилось в программном обеспечении SAGA. Система автоматизированного геонаучного анализа (SAGA GIS) - это компьютерная программа географической информационной системы (GIS), используемая для редактирования пространственных данных[24]. Это бесплатное программное обеспечение с открытым исходным кодом, изначально разработанное небольшой группой на кафедре физической географии Геттингенского университета, Германия.

Алгоритм выделения водосборов и бассейна Седэха на основе цифровой модели рельефа (ЦМР) ArcticDEM в программном обеспечении SAGA :

- загрузка и скачивание цифровой модели высот (ЦМВ) ArcticDEM ;
- выполнение сшивки и геометрической коррекции (пространственной привязки) ЦМВ;
- гидрологическая коррекция ЦМВ (заполнение пустот и псевдопонижений для моделирования стока)
- расчет направлений стока в потенциальной гидрографической сети и определение площади для каждого звена водостока;
- расчет границ всего водосборного бассейна р. Седэха.

При создании модели территории производилось сшивание фрагментов в единый цельный растр, при этом качество каждой матрицы было снижено от двух метров в пикселе до десяти метров в пикселе для облегчения и увеличения скорости расчетов. Снижение качества сделано для дальнейшего упрощения и ускорения коррекции ЦМР и расчета бассейна реки Седэха.

Порядок «сшивки» произведённого с помощью модуля *Mosaicking* отображен на рисунке 3.7.

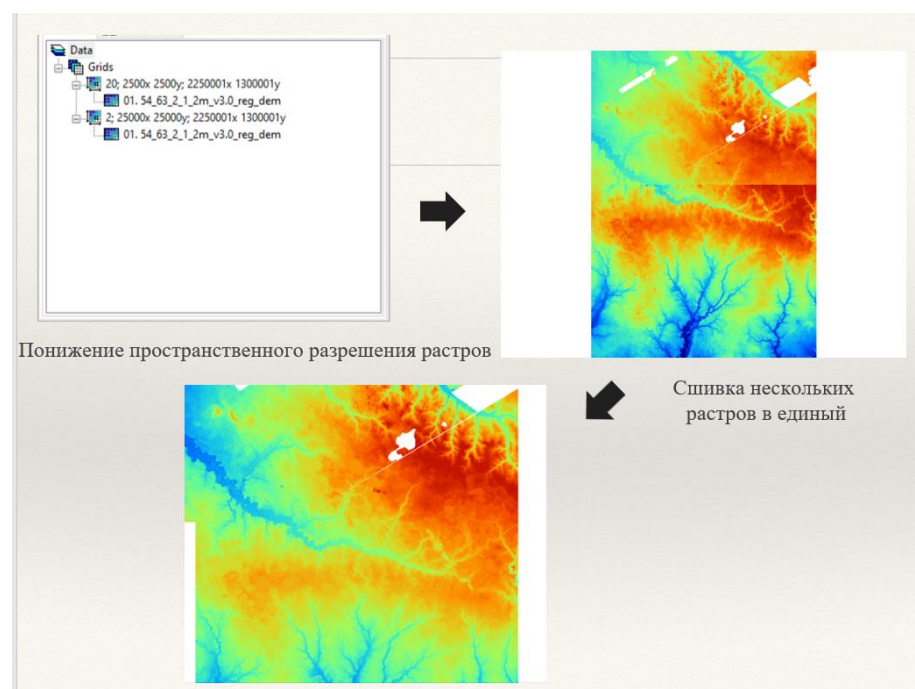


Рис. 3.7 - Порядок сшива отдельных матриц в SAGA

Для упрощения и ускорения работы с полученной матрицей была вырезана приблизительная территория бассейна реки с помощью *Clip Grids [interactive]*, который позволяет вырезать выделенную область.

В большинстве ЦМР содержится множество понижений рельефа, выраженных в виде площадей без стока и часто называемых впадинами. В качестве впадин могут выступать как элементы естественного рельефа, так и ложные артефакты. Ложные впадины – это недостатки цифровой модели, их наличие обусловлено ошибками входных данных, ошибками интерполяции в процессе генерации цифровой модели, округления интерполированных значений, усреднения значений высоты. Определение и удаление поверхностных впадин – это важный этап подготовки цифровой модели рельефа для дальнейшего гидрологического моделирования и анализа на ее основе. Для устранения и удаления впадин, артефактов применяется *гидрологическая коррекция*. Эффективные методы устранения впадин разработаны авторами L. Wag и Liu, данная функция задается через модуль *Fill sinks* [21].

В основе метода Wang/Liu лежит такое понятие, как «высота заполнения», и алгоритм поиска направления потоков с наименьшими

затратами. Данный метод способен за один проход одновременно определить, как направления потоков, так и пространственное разделение водоразделов.

Одной из основных проблем при работе со скачанными ЦМР является наличие пустот в модели, которые не несут в себе данных о территории. Данные пустоты образуются из-за недостатка или повреждения космических снимков, лежащих в основе ЦМР. Для заполнения таких пустот была использована функция *Close gaps* задающаяся в модуле *Grid-Gaps*, принцип работы которого отображен на рисунке 3.8. Функция позволяет заполнять пустоты путем создания новых пикселей территории, в основе лежит метод интерполяции.

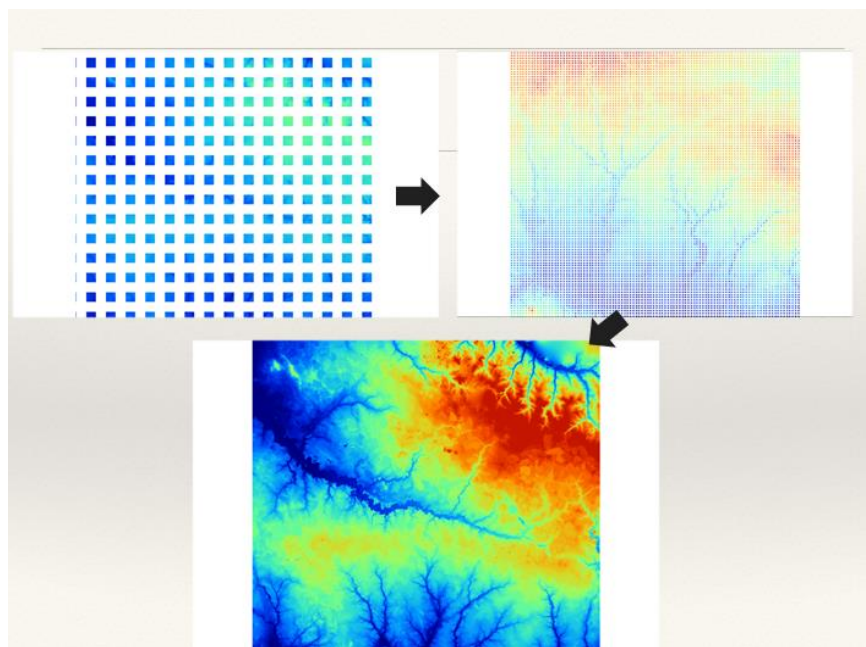


Рисунок 3.8 - Пример работы функции *Close Gaps* в SAGA

На основе откорректированной ЦМР рассчитываются основные морфометрические параметры необходимые для дальнейших расчетов и анализа изучаемой территории. Окно расчета модуля *Basic terrain analysis* показан на рисунке 3.9.

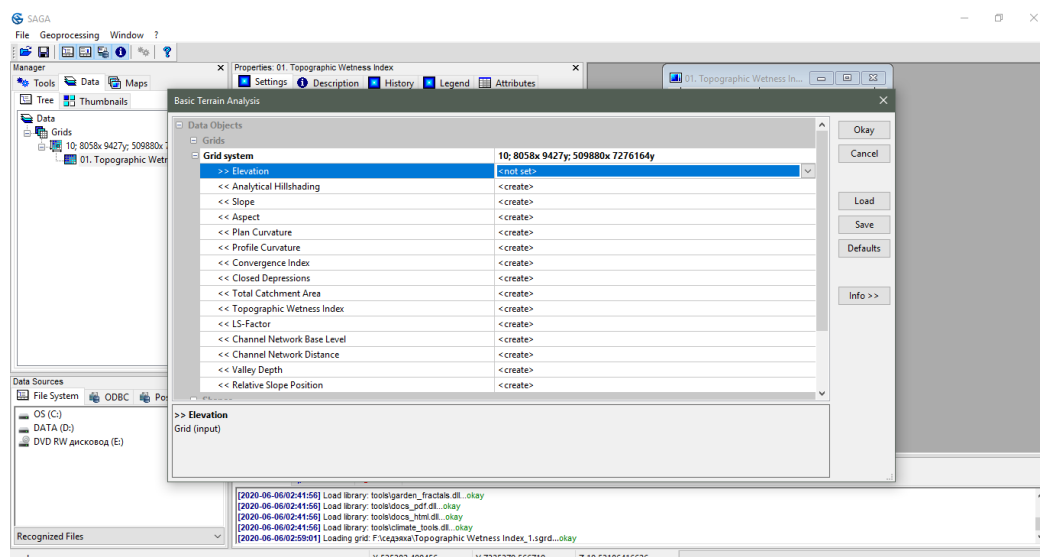


Рисунок 3.9 - Интерфейс окна модуля *Basic terrain analysis*

Одним из важнейших рассчитанных параметров является, параметр направления стока и идентификации водосборов показанный на рисунке 3.10, который является основой для определения площади каждого звена водостока и последующего создания площади водосборного бассейна. За расчет направления стока отвечает модуль «*Accumulation*». Суть модуля состоит в том, что производится обработка ячеек для расчета накопления потока и связанных с ним параметров. Набор алгоритмов обрабатывает матрицу высот вниз от самой высокой до самой низкой ячейки.

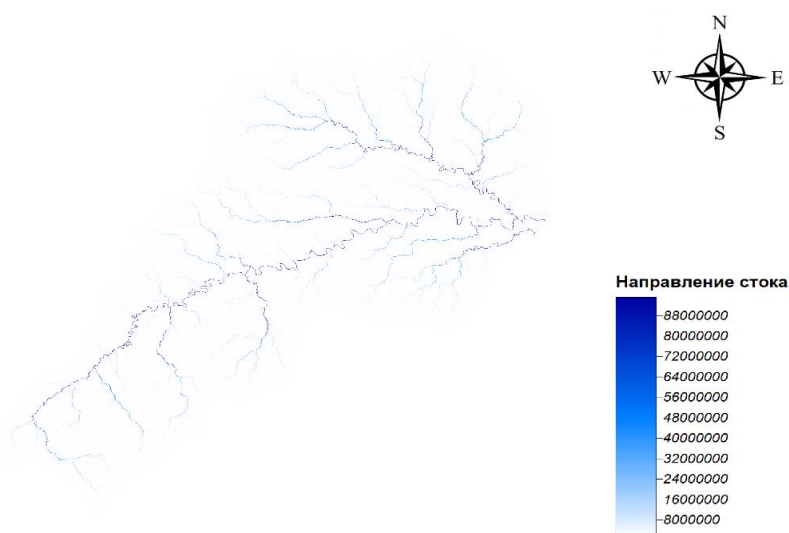


Рисунок 3.10 - Расчет направления стока в модуле *Basic terrain analysis*.

Полученная модель отображает положение существующей и потенциальной гидросети

Среди других параметров также был рассчитан Topographic Wetness Index (индекс потенциальной влажности). Он используется для изучения влияния пространственных масштабов на гидрологические процессы. Топографический индекс влажности (TWI) является безразмерным и представлен на рисунке 3.11.

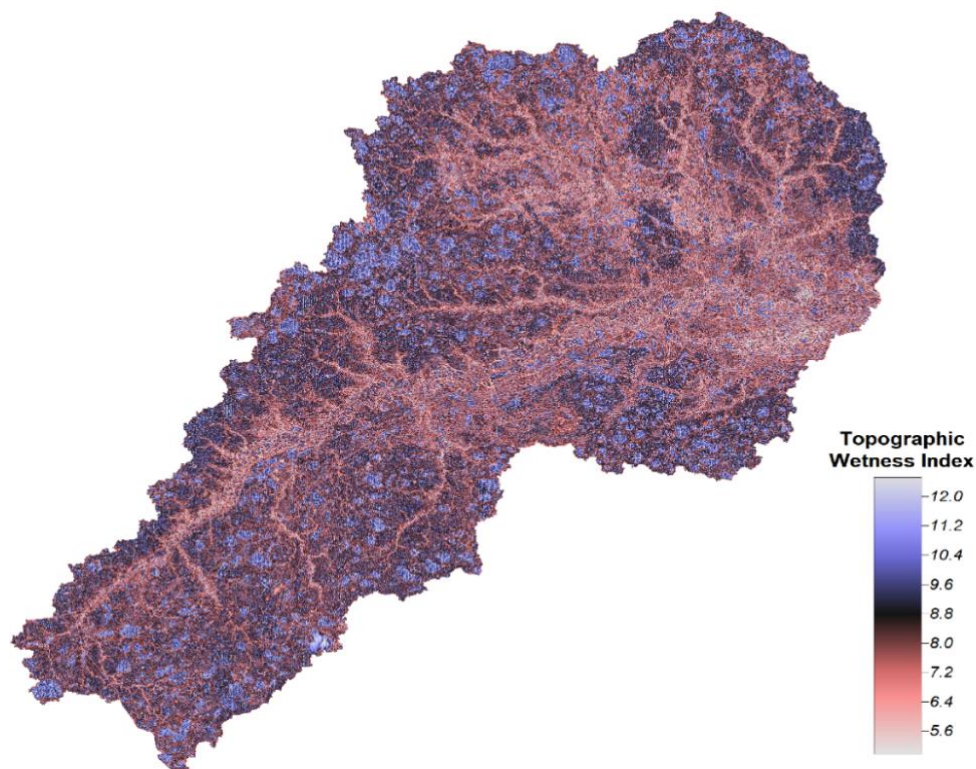


Рисунок 3.11 - Расчет топографического индекса в модуле *Basic terrain analysis*

Далее площадь водосборного бассейна создаётся на основе уже рассчитанного направления стока (*flow accumulation*). Для этого производится расширенный анализ водосборного бассейна в модуле *Watershed Basins*. Данный модуль позволяет определить водосборную область, с использованием вычисленного ранее растра направления потока, определяет границы водоразделов в рамках окна анализа. Анализируется растровый слой с направлением потока на предмет нахождения связанных ячеек, принадлежащих к одной и той же водосборной области. Водосборные бассейны создаются путем размещения точек устьев по краям окна

анализа и локальных понижений. Далее определяется область выше каждой точки устья, из которой осуществляется сток в эту точку [25]. В результате построения водосборов данным инструментом, были получены границы бассейнов не только крупных, но и малых рек.

После получения границ бассейнов, ручным методом отсеиваются ненужные и на основе полигона нужной территории из ЦМВ вырезается бассейн исследуемой реки, результат представленной работы показан на рисунках 3.12.

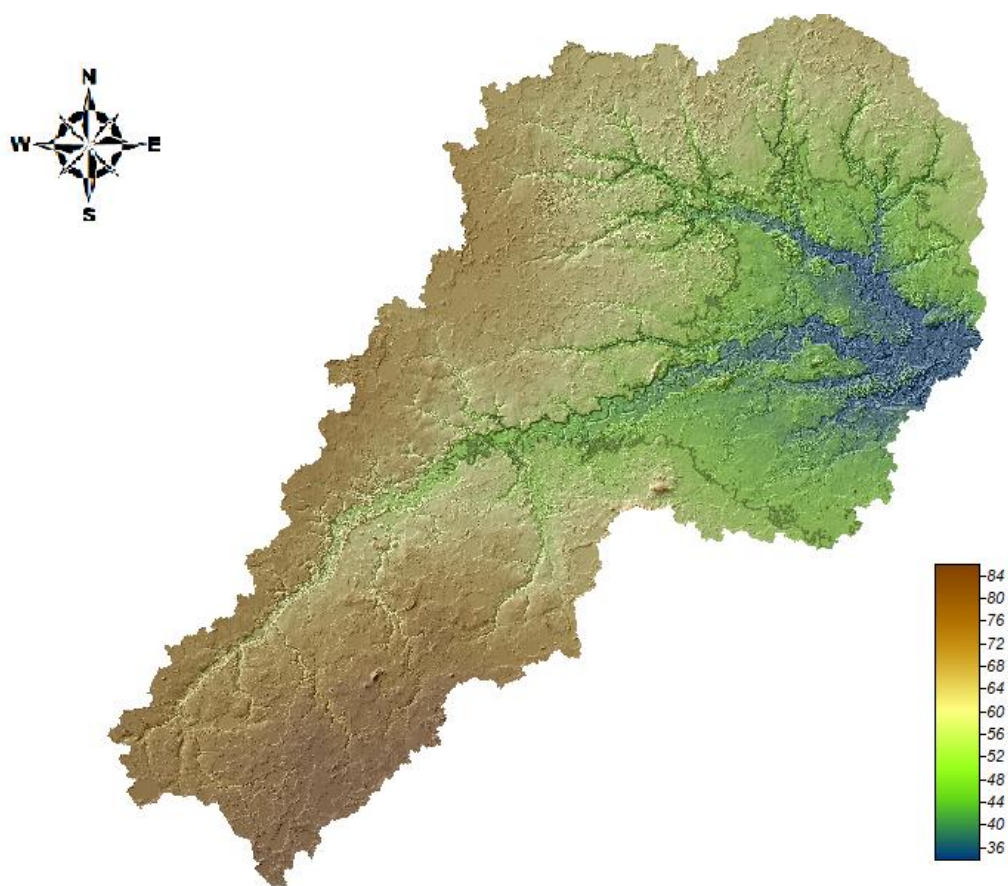


Рисунок 3.12 - Карта абсолютных высот бассейна реки Седзяха, построенная на основе Arctic DEM с пространственным разрешением 20 м/пикселе

3.3 Гидролого-климатические расчеты

В данной работе в основе использовался генетический метод формирования стока, или метод гидролого-климатических расчетов (ГКР)

разработанный В.С. Мезенцевым [11] и реализованный на основе ландшафтно-гидрологического подхода в ГИС SAGA.

В методе ГКР геоморфологические условия формирования стока учитываются с помощью параметра ландшафтных условий n , который отражает способность деятельного слоя сбрасывать избыточную влагу под действием сил гравитации, его физический смысл отображен в таблице 1.

Таблица 1 - Физический смысл пределов параметра ландшафтных условий стока (n) и индекса потенциальной влажности (Wetness Index W_T) [17]

$n \rightarrow 0$ ($W_T \rightarrow 0$)	$Z/Z_M \rightarrow 0$	Все стекает – испаряться нечему
$n \rightarrow \infty$ ($W_T \rightarrow \infty$)	$Z = H$	Стока нет – вся имеющаяся влага идет на испарение
	$Z/Z_M = 1$	Застой воды в понижениях из-за недостатка теплоэнергетических ресурсов испарения

Параметр n является информативной интегральной гидрографической характеристикой речных водосборов и бессточных территорий. Это обусловлено тем, что без учета данного параметра невозможно выполнить адекватную оценку многолетней динамики элементов водного баланса территории. Расчет параметра результат которого отображен на рисунке 3.14, производится на основании ранее рассчитанного «индекса потенциальной влажности» (Wetness Index –TWI) и показанного на рисунке 3.13.

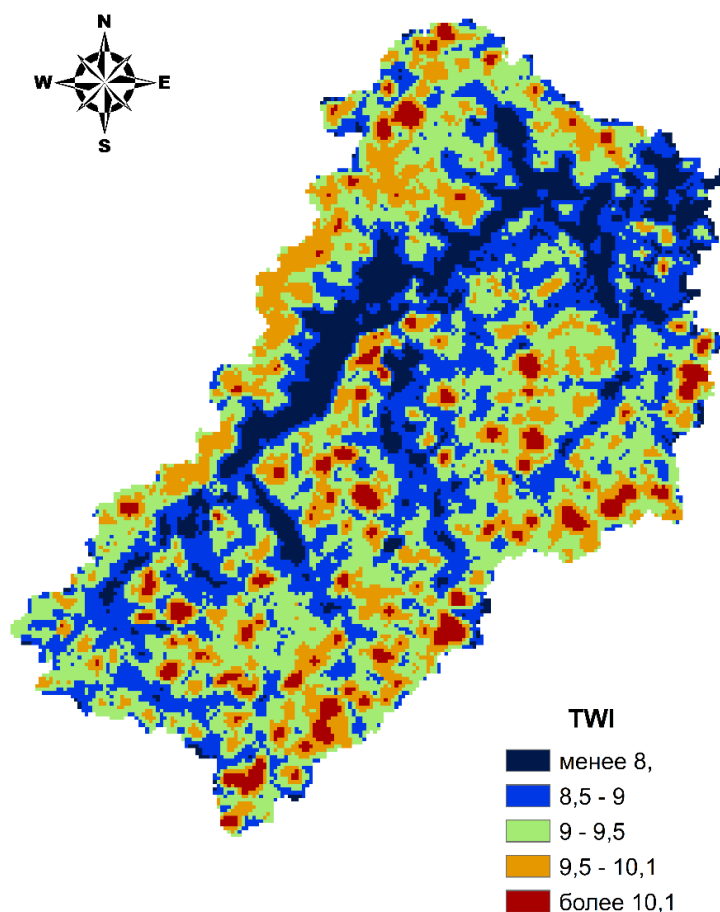


Рисунок 3.13 - Распределение индекса потенциальной влажности в бассейне реки
Сэдеяха (TWI)

В дальнейшем для перехода от TWI к параметру n использовалась формула (1) :

$$n = 1.1 + TWI / 6.1 \quad (1)$$

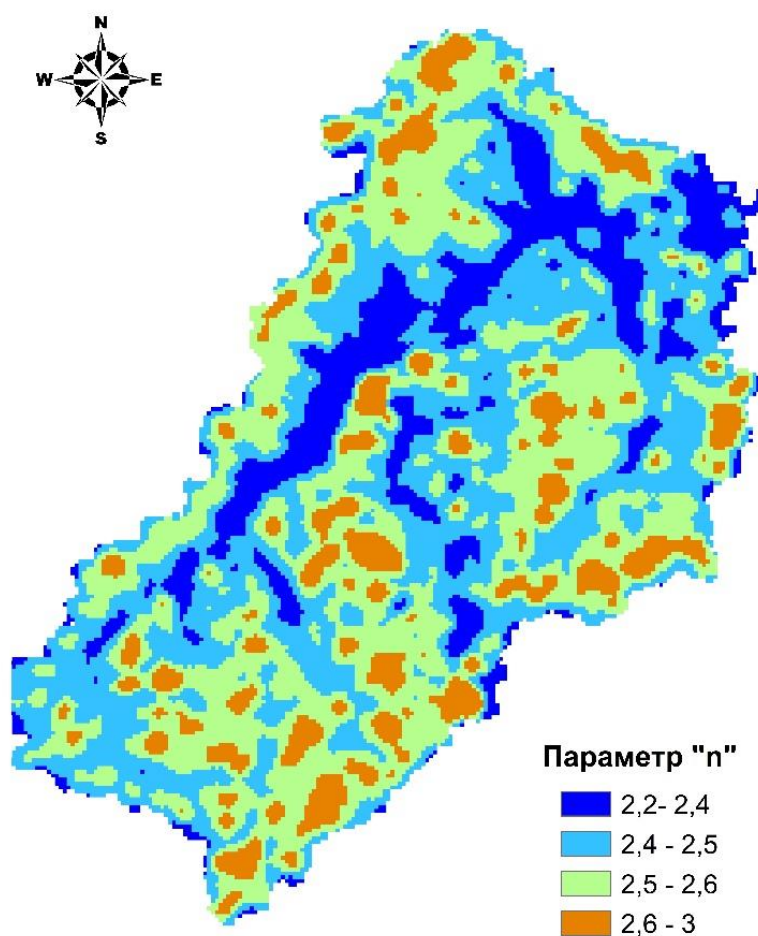


Рисунок 3.14 - Распределение параметра ландшафтных условий формирования стока n , рассчитанного по методу ГКР

При обосновании комплексных мелиоративных мероприятий первостепенное значение имеет совместный анализ важнейших природных ресурсов территории – водных ресурсов и теплоэнергетических ресурсов (ТЭР) суммарного испарения, создающих фитомассу. Солнечная энергия практически неисчерпаема, поэтому теплоэнергетические ресурсы испарения и водные ресурсы являются постоянно возобновляемыми. Именно соотношения ресурсов тепла и влаги определяют тип и плодородие почв, режим формирования фитомассы и продуктивность естественных фитоценозов. Одной из наиболее существенных характеристик соотношения тепла и влаги является сток. Поэтому исследования стока рек и его изменений важны не только, как исследования

собственно природных процессов, но и как средство сельскохозяйственного производства. Водным эквивалентом теплоэнергетических ресурсов является отношение LZ_m к скрытой теплоте испарения L .

Скрытая теплота испарения - количество тепла L , которое нужно сообщить жидкому или твердому телу, чтобы перевести его в пар при неизменной температуре. Обычно подразумевается удельная С. Т. И. на единицу массы вещества. Для воды при 0° $L = 597$ кал/г, при 100° - 539 кал/г; для льда при 0° - 677 кал/г (теплота испарения жидкой воды плюс теплота плавления). Те же количества тепла выделяются при конденсации и сублимации водяного пара и носят название теплоты конденсации и теплоты сублимации

Так как в предлагаемой работе делается упор на учет ландшафтных условий, то стандартные формулы для расчета Z_m по температуре воздуха не представляют ценности в рамках представленной работы. Чтобы учесть ландшафтное разнообразие, в основу расчета водного эквивалента теплоэнергетических ресурсов испарения Z_m были положены данные о спектральном альбедо по данным спутника Landsat8 характеристики снимков которого указаны в таблице 2, а не стандартная сумма положительных температур на высоте 2 метра по данным метеостанций.

Спектральное альбедо – это безразмерная величина, характеризующая отражательную способность тела или системы тел. Альбедо элемента отражающей поверхности – отношение (в процентах) интенсивности (плотности потока) радиации, отраженной данным элементом, к интенсивности (плотности потока) радиации, падающей на него. При этом имеется в виду диффузное отражение; в случае направленного отражения говорят не об альбедо, а о коэффициенте отражения. Различается альбедо интегральное – для радиации во всем диапазоне ее длин волн и спектральное – для отдельных участков спектра.

Таблица 2 - Сравнение основных характеристик сенсора Landsat, используемых для расчёта спектрального альбедо

Сенсор	Дата	Время (местное)	Яркость			Спектральное альбедо		
			мин	сред	макс	мин	сред	макс
Landsat 7	01.07.2010	11:14	0,09	0,08	0,07	0,06	0,08	0,21
Landsat 8	20.07.2015	11:28	0,32	0,28	0,26	0,25	0,27	0,59

Главным при анализе космоснимков являются индивидуальные спектральные характеристики, требующие дополнительной коррекции изображений.

Данные дистанционного зондирования полученные со спутников серии Landsat получаемые конечными пользователями проходят определенную обработку, включающую радиометрическую калибровку и масштабирование полученных значений на шкалу возможных значений яркости элемента изображения. В большинстве операций по обработке данных дистанционного зондирования (например, при классификации изображения) использовать истинные значения излучения не обязательно, вполне достаточно значений масштабированных значений DN. Однако, когда в операции используются одновременно данные из нескольких разных источников (полученные с помощью разных камер, TM-ETM+, MSS-TM и т.д.), например, для анализа изменений, следует понимать, что разные камеры калибруются по-разному и нужно свести эти данные к единому знаменателю. Это достигается за счёт перевода данных в реальные значения приходящего излучения с помощью специальных программных модулей.

В ГИС SAGA есть модуль для калибровки «*Top of Atmosphere Reflectance*» интерфейс окна которого показан на рисунке 3.15. TOA (*top-of-atmospherereflectance*) –альбедо на верхней границе атмосферы. Этот модуль включает в себя внедрение «i.la dsat.toar» из GRASSГИС.

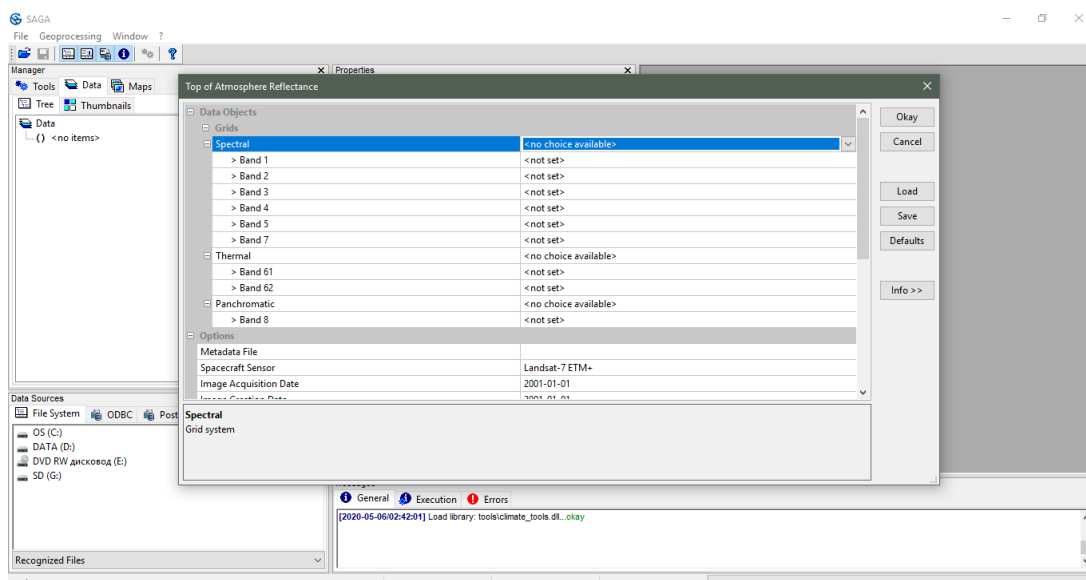


Рисунок 3.15 - Окно модуля «Top of Atmosphere Reflectance» SAGA

Так же интерфейс более прост и состоит лишь из одного диалогового окна. Достаточно лишь указать необходимые для калибровки каналы (Band) и указать файл калибровки MTL – «Metadata File». Немаловажная особенность – это наличие встроенной стандартной атмосферной коррекции в данном модуле («Atmospheric Correction»).

Уменьшение влияния на снимок атмосферы и перевод значений радиации, дошедшей до сенсоров спутника (TOA radiance), в значения реально отражённого от земли спектрального излучения солнечного света. Влияние атмосферы на геоснимок проявляется в целом ряде факторов: угол падения и отражения солнечных лучей, прозрачность атмосферы, газовый фактор и дымка.

Альbedo, извлекаемое на основе мультиспектральных оптических спутниковых данных, по существу относится к коротковолновому широкополосному альbedo с учетом диапазона длин волн от 0,38 до 2,5 мкм. Поскольку точные оценки энергетического баланса для подстилающей поверхности полагаются на знания так называемого широкополосного альbedo, альbedo содержит весь солнечный спектр. Преобразование из узкополосного в широкополосное необходимо для использования оценки альbedo из многоспектральных спутниковых данных для целей моделирования энергетического баланса.

Данные спектроскопии изображения обеспечивают непрерывную информацию спектрального альбедо рассматривая диапазон длин волн от 0,4 до 2,5 мкм. Перевод коротковолнового альбедо к широкополосному может рассматриваться в качестве эталона для оценки влияния спектрального и пространственного разрешения на оценку альбедо. Наиболее часто применяются узко – широкополосные формулы преобразования. В то время как K napetal [47]. основывает формулу только на двух полосах, Lian getal [50]. включает пять отдельных полос. Следовательно, для спутника Landsat8 приняты следующие формулы (2) и (3):

$$(Lia g) = 0.356b_2 + 0.130b_4 + 0.373b_5 + 0.085b_6 + 0.072b_7 - 0.018 \quad (2),$$

$$(K nap) = 0.726b_3 - 0.322b_3^2 - 0.015b_5 + 0.581b_5^2 \quad (3),$$

Во всех формулах $b(n)$ представляет собой спектральную полосу.

Так как формула (2) используется для расчета широкополосного альбедо ледников и учитывает лишь 6 спектральных канала целесообразно было воспользоваться формулой (2) для земной поверхности. Рассчитанные данные спектрального альбедо показаны на рисунке 3.16.

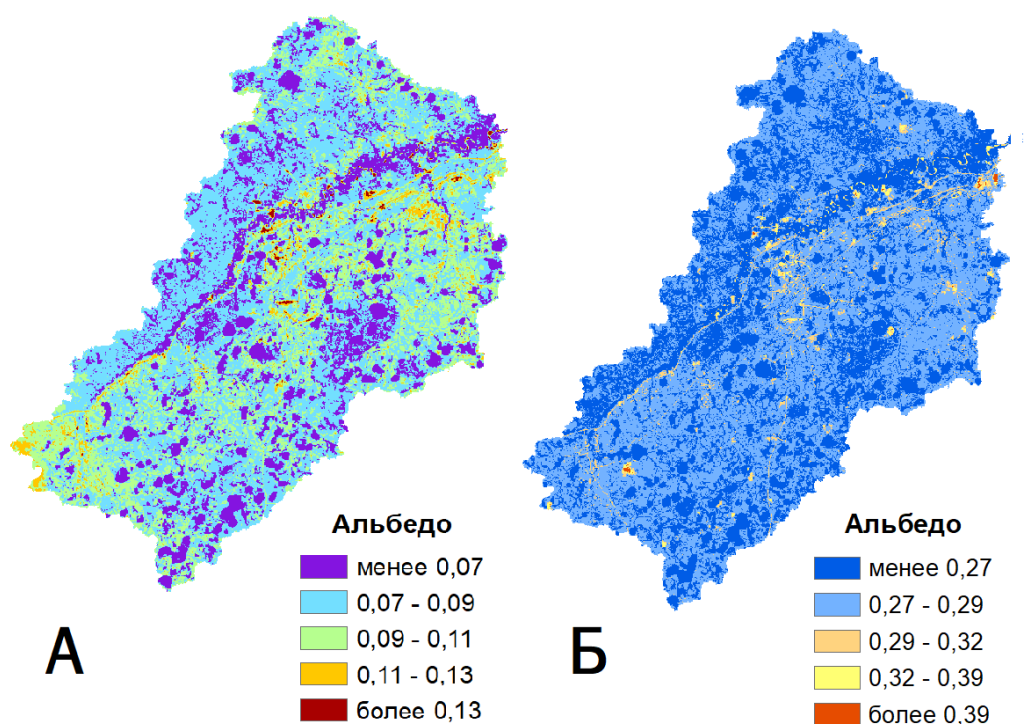


Рисунок 3.16 – Рассчитанное на основе данных Landsat 8 альбедо по снимкам за 2010 и 2015 года

После получения данных о спектральном альбедо (A) можно приступить к расчету теплоэнергетических ресурсов (Zm). Для начала определим поглощённую радиацию ту часть солнечной радиации, которая будет поглощена подстилающей поверхностью. Поглощённая радиация (Rk) за расчетный месяц определяется по формуле (4):

$$R_k = (1 - A) Q \quad (4),$$

где Q – суммарная солнечная радиация в Вт/м²; A – спектральное альбедо земной поверхности в долях от единицы.

Поглощенная радиация часть суммарной солнечной радиации, поглощенная земной поверхностью. Годовые суммы поглощённой радиации изменяются от 40 ккал вблизи полярного круга.

Часть суммарной солнечной радиации, поглощенная земной поверхностью. Годовые суммы поглощённой радиации изменяются от 40 ккал вблизи полярного круга до 100 ккал на Средиземноморье и в Средней Азии. Максимальные суммы - (до 120 ккал) относятся к югу Северной Америки.

Данные о суммарной солнечной радиации (Q) скачаны с WorldClim версии 2.0 (solar radiation, kJm-2day-1)[46] и затем переводятся в привычные для нас Вт/ м² через калькулятор растров в SAGA используя простое преобразование кДж/м² в Вт/м².

Для этого используется формула (5):

$$(Вт/ м^2) = (КДж/м^2) / 3600 \quad (5)$$

Для конвертации величин использовался калькулятор растров SAGA, используется следующее выражение (6):

$$(Вт/м^2) = (g_1 / 86400) \quad (6),$$

где g₁ – значение солнечной радиации за конкретный месяц (1-12) из архива реанализа.

Далее используется эмпирическая формула (7) для расчета теплоэнергетических ресурсов (Zm) по поглощённой:

$$Z_m = 2/3 * R_k \quad (7)$$

Итоговая формула (8) расчета (Z_m) в калькуляторе растров SAGA будет иметь следующий вид, а рассчитанные данные отображены в таблице 3:

$$Z_m = 2/3 * (1 - h_1) \quad (8),$$

где h_1 – суммарная солнечная радиация в Вт/м² за конкретный месяц; g_1 – спектральное альбедо за какой-либо месяц;

Таблица 3 - Расчет теплоэнергетических ресурсов (Z_m) и поглощенной радиации (R_k) за 2015г и 2010г

Название	Rk	Zm	Название	Rk	Zm
Январь	0.02	3	Январь	6	4
Февраль	0.1	13	Февраль	23	15
Март	32	43	Март	79	53
Апрель	62	84	Апрель	154	103
Май	81	109	Май	202	134
Июнь	167	115	Июнь	211	141
Июль	155	105	Июль	195	130
Август	97	67	Август	124	83
Сентябрь	26	35	Сентябрь	64	42
Октябрь	10	13	Октябрь	25	16
Ноябрь	4	4	Ноябрь	7	6
Декабрь	0.01	2	Декабрь	4	2
Сумма	634.13	593	Сумма	1094	729

Местный сток – это условный термин, иногда используемый для обозначения величины среднего многолетнего стока (Y), определяемого как разность средних многолетних величин осадков (X) и испарения (Z) расчеты которого показаны на рисунке 3.17. Величина местного стока (имеет наименьшие значения там, где из-за плохих условий сброса избыточной влаги (максимальные значения параметра n) испаряется наибольшее количество воды. Реальный русловой сток интегрирует местный сток в виде русловой сети.

Местный сток определяется по формуле вида уравнения гиперболической кривой n -ого порядка (9):

$$Y = H - Z = H - Z_M * \left[1 + \left(\frac{H}{Z_M} \right)^{-n} \right]^{-1/n} \quad (9),$$

где Z – испарение с поверхности (мм); Z_m – водный эквивалент теплоэнергетических ресурсов испарения, мм; n – параметр ландшафтных условий стока; H – суммарное увлажнение (мм). В свою очередь при расчете суммарного увлажнения учитывается параметр r , учитывающий способность почвогрунта подводить влагу к испаряющей поверхности. Расчеты производились в калькуляторе растров в ГИС SAGA.

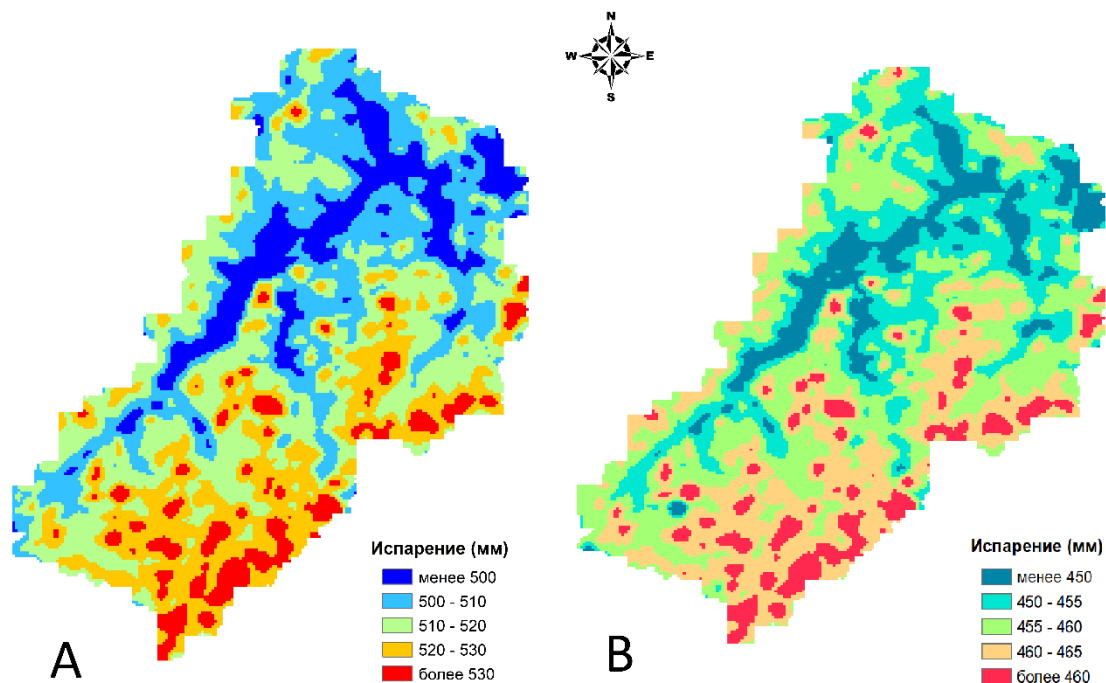


Рисунок 3.17 - Распределение испарения поверхности бассейна реки Седзяха за 2010 (А) и 2015 (В)

Минимальное значение для 2010 года составило 622, максимальное 751 и среднее 730.

На основе данных подсчитанных ранее и используя метод ГКР рассчитан местный сток (рисунок 3.18).

Величина местного (климатического) модельного стока имеет наименьшие значения там, где из-за плохих условий сброса избыточной влаги (максимальные значения параметра n) испаряется наибольшее количество воды. Реальный русловой сток интегрирует местный (климатический) сток в виде русловой сети.

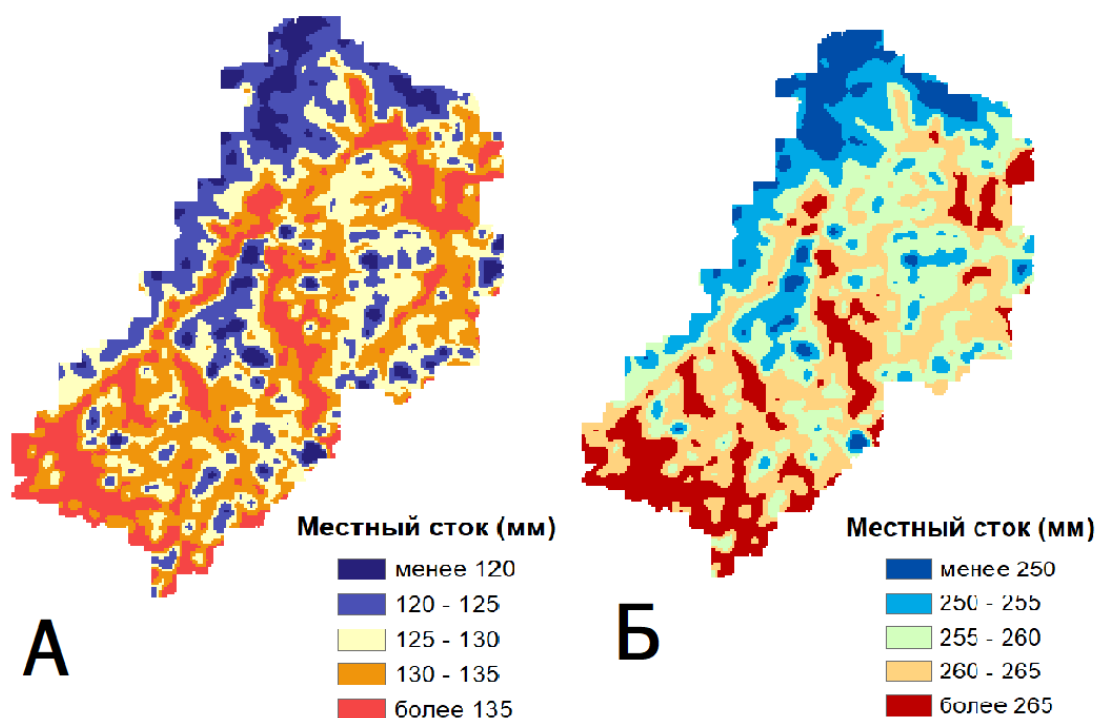


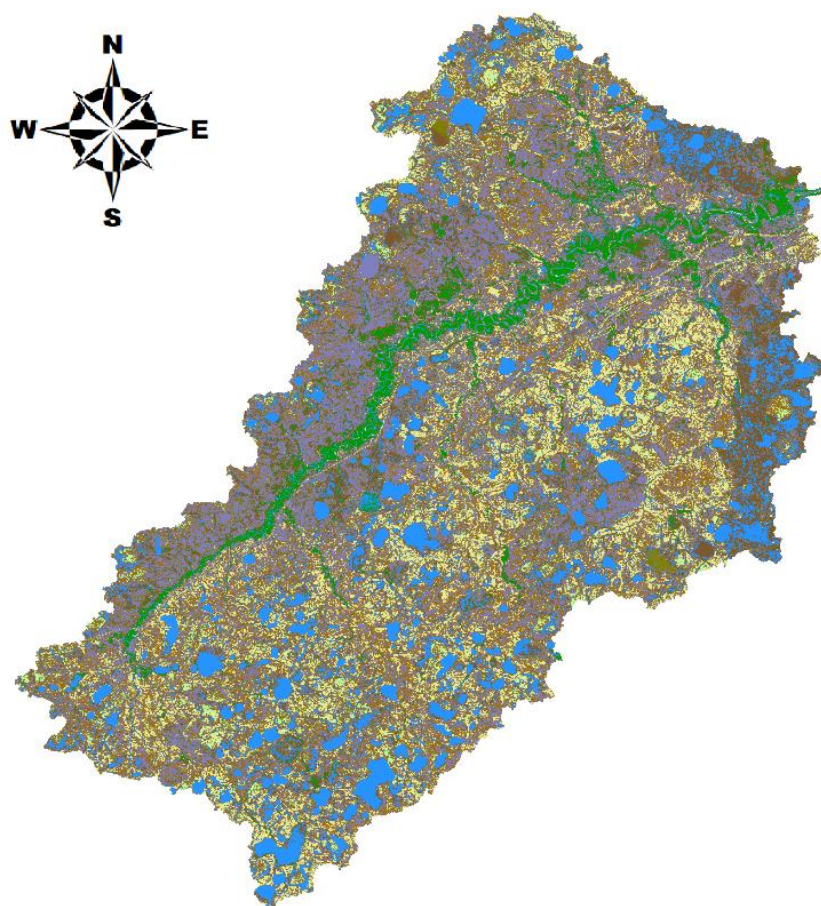
Рисунок 3.18 - Распределение местного стока бассейна реки Седэяха за 2010 (А) и 2015 (Б)

Минимальное значение для 2010 года составило 77, максимальное 217 и среднее 126. Минимальное значение для 2015 года составило 221, максимальное 361 и среднее 258.

3.4 Сравнительный анализ моделей структуры и функционирования ландшафтов

Завершающим этапом снимков стала классификация «*supervised*», представляющая собой кластерный анализ, основанный на разнице спектральной яркости пикселей в видимом диапазоне.

Для их создания в программном обеспечении SAGA на основе космоснимков серии Sentinel за 2019 и Landsat 2001 годов, полуавтоматически были выделены девять основных групп урочищ отображенных в виде карты и представленной на рисунке.



Масштаб 1:250 000

Условные обозначения

Тип местности речных долин

- Лественнично-еловые лишайниковые редины
- Кустарничковотравяно-моховые ерники

Тип местности междуречных равнин

- Ерnikово-багульниковолишайниковые торфяники
- Плосткобугристые морошково-сфагновые торфяники
- Хасыреи пушицево-осоковые
- Бугристые кустарничково-моховые безлесные участки
- Кустарничковотравяно-моховые ерники
- Понижения с травяно-кустарничково-моховыми торфяниками

Реки и озера

- Гидрография (озера и реки)

Объекты транспортной и инженерной инфраструктуры

- Объекты транспортной и инженерной инфраструктуры

Рисунок 3.19 - Ландшафтная карта бассейна реки Седзяха

Наиболее оптимальной для изучаемой территории является классификация на 9-10 классов, поскольку меньшее количество не отражает в должной мере ландшафтное разнообразие, а большее чрезмерно перегружает изображение.

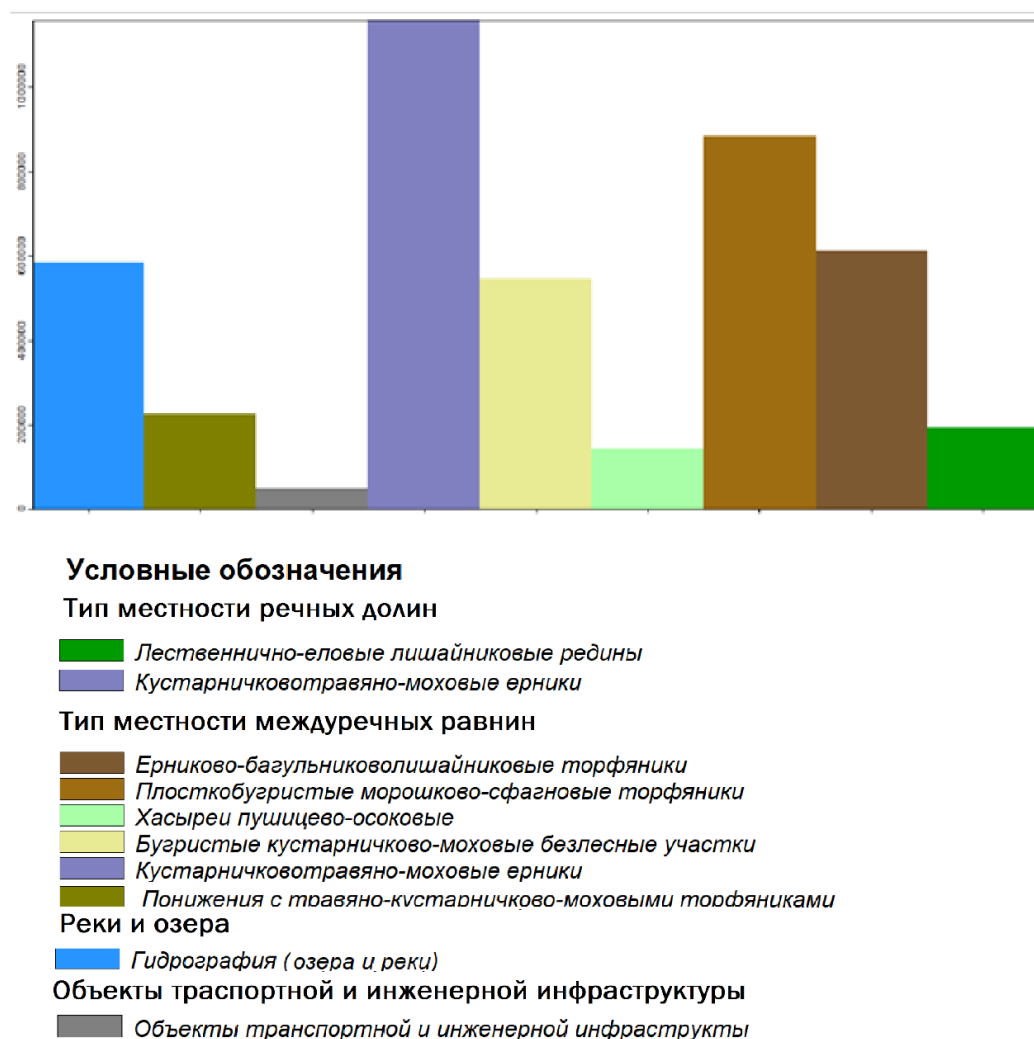


Рисунок 3.20 - Гистограмма процентного соотношения групп урочищ в бассейне Седэяхи

В пределах исследуемой территории наиболее распространены такие группы урочищ как кустарничковотравяно-моховые ерники и плоскобугристые морошково-сфагновые торфяники, которые занимают около 30% и 15% территории. Ерnikово-багульниковолишайниковые торфяники и хасыреи пушицево-осоковые занимают около 13% и 5% площади изучаемой территории. Термокарстовые озера и реки в исследуемом районе занимает около 13% территорий. Понижения с травяно-кустарничково-моховыми торфяниками покрывает 6% бассейна. Бугристые кустарничково-моховые безлесные участки занимают 11% площади от общей площади бассейна. Лиственнично-еловые лишайниковые редины составляют 4% от площади

ландшафтов бассейна. Наименьший процент от площади занимают объекты транспортной и инженерной инфраструктуры, около 3%.

Анализ классификаций включал в себя: присвоение каждому из классов своих индивидуальных цветов, сопоставление двух снимков между собой, а также выделение территориально совпадающих классов. Полученный картографический материал показывает различия в интенсивности объектов транспортной и инженерной инфраструктуры, потому как в 2019 году доля антропогенной нагрузки на территорию исследования значительно выше, в сравнении с 2001 г. По полученной информации можно судить, что спустя 18 лет изучаемая территория подверглась сильным антропогенным изменениям по причине развития и расширения газодобывающих месторождений. На рисунке 3.21 показан песчаный карьер в среднем течении реки сед, как пример антропогенного преобразованного ландшафта.

Также заметны изменения в гидрографии, по сравнению с 2001 г. на территории бассейна образовались новые озера.

Результаты классификации показывают состояние пространственной структуры ландшафта на момент проведения съемки. Сравнение разновременных снимков между собой и созданной на их основе ландшафтной картой позволяет оценить расположение основных элементов ландшафта изучаемой территории.



Рисунок 3.21 - Пример антропогенного преобразования ландшафтов в среднем течении реки Седэяха

Сопоставление результатов классификации разновременных космических снимков 2001 и 2019 годов, позволяет проследить и спрогнозировать некоторые ландшафтообразующие процессы. Во-первых, дальнейшее изменение конфигурации, образование или исчезновение небольших по площади озер под действием продолжающихся карстовых процессов. Во-вторых, отчетливо проявляются различия: между антропогенно-преобразованными и натуральными участками.

На основе анализа разработанной методики, а также полученных данных в результате ее апробации была построена блок-схема основных этапов моделирования функционирования водосборных ландшафтов, показанная на рисунке 3.22.

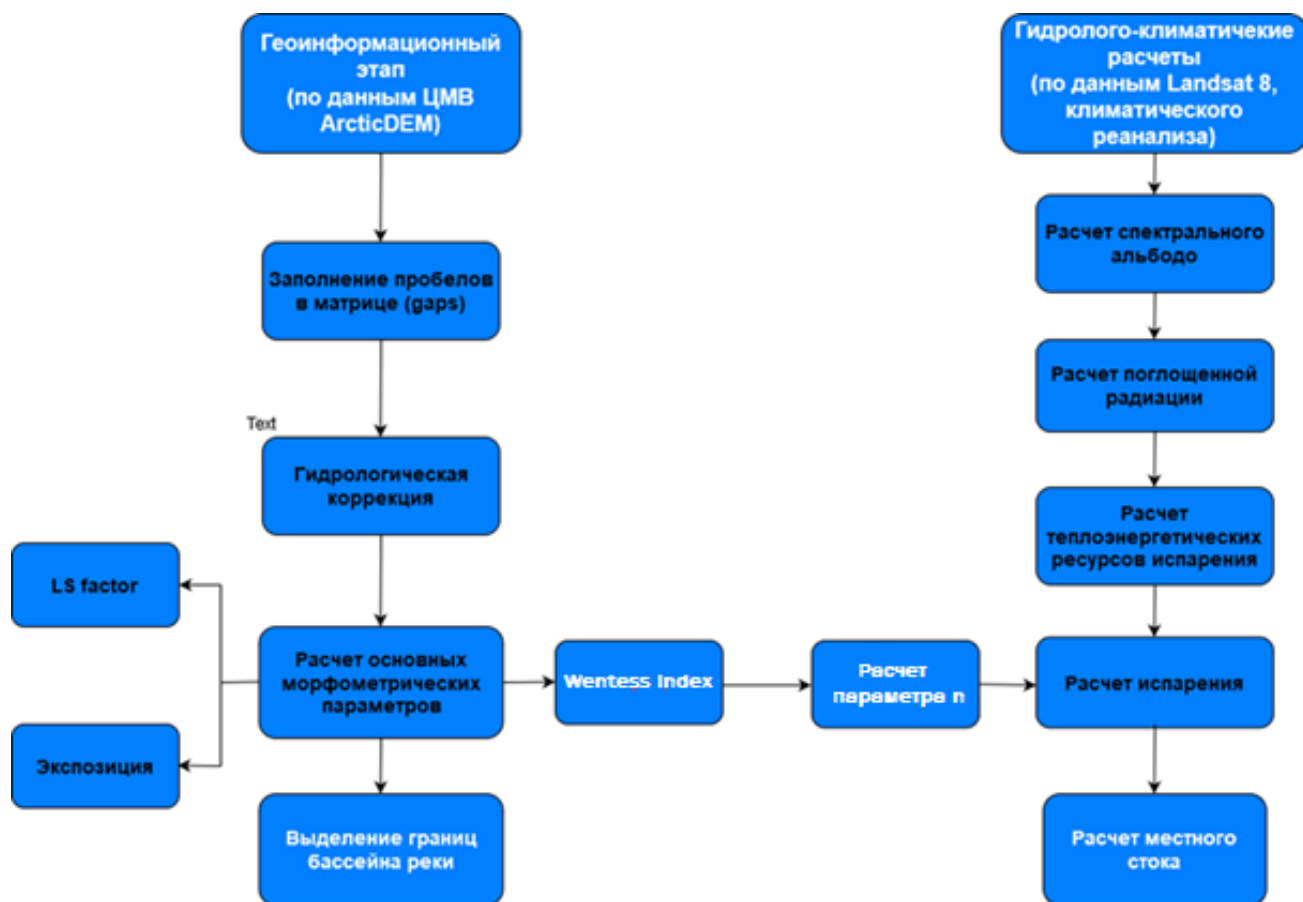


Рисунок 3.22 - Блок-схема основных этапов моделирования функционирования водосборных ландшафтов

На рисунке 3.23 показана блок-схема основных этапов моделирования структуры водосборных ландшафтов



Рисунок 3.23 Блок-схема основных этапов моделирования структуры водосборных ландшафтов

На основе выполненной работы были сделаны следующие выводы:

Для моделирование функционирования ландшафтов лесотундры Западной Сибири наиболее целесообразно использовать ежемесячные данные климатического реанализа.

Пространственное разрешение ArcticDEM позволяет моделировать мезоформы рельефа в условиях территории севера Западной Сибири и использовать их для моделирования гидрологического функционирования

Использование метода ГКР позволяет существенно дополнить информацию о процессах гидролого-климатического функционирования в пределах бассейна реки, результаты рассчитанных данных методом ГКР представлены в таблице 4.

При расчете спектрального альбедо по космическим снимкам Landsat требуется выполнить нормирование яркости пикселей изображения по среднемноголетни.

Параметр ландшафтных условий формирования стока по территории водосбора меняется от 2,2 до 3, это говорит о их однообразии. В условиях избыточного увлажнения нарушение ландшафтных условий стока не приводит к значимым изменениям водного баланса.

Роль теплоэнергетических ресурсов и испарения в функционировании лесотундровых ландшафтов испарения весьма значительна. Рост испаряемости на 19 % приводит к уменьшению стока в два раза.

Таблица 4 - Итоговые результаты расчетов методом ГКР

Год	Осадки	Испаряемость	Испарение	Сток
2015	634	593	457	258
2010	647	729	513	126
Изменение (%)	-2,0	-18,7	-10,9	104,8
Изменение (мм)	13	136	56	-132

Для изучения влияния на функционирование ландшафтов подстилающей поверхности и динамики ландшафтных условий формирования стока, выводы можно будет сделать при использовании более длинных рядов наблюдений и полевого гидроклиматического мониторинга по величинам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения магистерской диссертации была создана карта структуры ландшафтов бассейна реки Седэяха на основе разновременных космических снимков Sentinel 2a. На основе полученной карты проведен анализ функционирования ландшафтов изучаемой территории. На территории водосборного бассейна было выделено 2 типа местности и 9 групп урочищ. Наиболее распространены такие группы урочищ - кустарничковотравяно-моховые ерники и плоскобугристые морошково-сфагновые торфяники, которые занимают около 30% и 15% территории.

В ходе работы была апробирована и улучшена методика моделирования функционирования лесотундровых ландшафтов по данным ArcticDEM, космических Landsat и климатического реанализа. На основе анализа разработанной методики были построены схемы основных этапов моделирования структуры и функционирования ландшафтов водосборов.

Были рассчитаны среднегодовые показатели функционирования ландшафтов изучаемой территории (местный сток, ландшафтные условия формирования стока, испарение и испаряемость с поверхности) за годы с контрастными условиями температуры и увлажнения с использованием метода ГКР. Основываясь на полученные результаты было выявлено, что роль теплоэнергетических ресурсов и испарения в функционировании лесотундровых ландшафтов испарения весьма значительна. Рост испаряемости на 19 % приводит к уменьшению стока в два раза.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа / Омск: Омская картографическая фабрика. – 2004. – 304 с
2. Баранов Ю.Б., Берлянт А.М., Капралов Е.Г., Кошкарев А.В., Серапинас Б.Б., Филиппов Ю.А. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов // ГИС-Ассоциация. - Москва, - 1999 г. - 205 с.
3. Борщ С.В., Самсонов Т.Е., Симонов Ю.А., Львовская Е.А. Визуализация гидрологической обстановки в бассейнах крупных рек средствами ГИС-технологий // труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. - 2013. - с. 47–62.
4. Бобрик А.А., Гончарова О.Ю., Матышак Г.В., Дроздов Д.С., Пономарева О.Е. Вклад абиотических факторов в пространственное варьирование эмиссии CO₂ почв лесотундровой зоны Западной Сибири (Новый Уренгой) // Криосфера Земли. -2017,.- т. XXI. - № 2. - с. 52–59
5. Возобновляемые ресурсы тепловлагообеспеченности Западно-Сибирской равнины и динамика их характеристик / И.В. Карнацевич, О.В. Мезенцева, Ж.А. Тусупбеков, Г.Г. Бикбулатова. – Омск: Изд-во Омского государственного аграрного университета, 2007. – 268 с.
6. Голубятников . Л. Л., Заров Е. А., Казанцев В. С., Филиппов И. В., Гаврилов Г. О. Анализ ландшафтной структуры ландшафтов тундровой зоны Западной Сибири на основе спутниковых данных // Исследование Земли из космоса. -2015,.- № 3. - с. 4–14.
7. Глобальные цифровые модели рельефа // Геоматика. – 2015. – № 3. – С. 78–82.
8. Горькавый И.Н. Разработка и исследование методики обработки и классификации трехмерных данных лазерного сканирования // автореферат дисс. на соискание ученой степени кандидата технических наук. - Москва. - МИИГАиК. - 2011.

9. ГИС-Lab [Электронный ресурс]: URL: <http://ГИС-lab.info/qa/landsat-data-correction.html> (дата обращения: 28.05.2019).
10. Гушля А.В., Мезенцев В.С. Водно-балансовые исследования. Киев: Вища школа, 1982. 229с.
11. Действующие метеорологические станции сети Росгидромета. [Электронный ресурс]: URL: http://www.aari.aq/default_ru.html (дата обращения: 02.02.2020).
12. Ерофеев А.А., Копысов С.Г., Никифоров А. Ландшафтно - геофизический подход к зонированию структуры землепользования на малом водосборе / Изд-во Томского политехнического университета. - 2018.- Т. 329. № 6. - С. 39–47.
13. Залиханов М.Ч., Коломыц Э.Г., Шарая Л.С., Цепкова Н.Л., Сурова Н.А. // Высокогорная геоэкология в моделях. М.: Наука. – 2010. - 487 с.
14. Идрисова Р.А. Основные изучения геосистем и вопросы оптимизации природопользования // Экономический вестник Ростовского государственного университета . – 2008.
15. Кашменская О.В., Земцов А.А Рельеф Западно-Сибирской равнины // "Наука," Сибирское отд-ние. – 1988.
16. Копысов С.Г, Ярлыков Р.В. Опыт рганизации гидролого-климатических наблюдений на малых модельных водосборах Западной Сибири // Известия Томского политехнического университета. – 2015.
17. Копысов С.Г. Параметрический учёт ландшафтных условий стока в методе гидролого-климатических расчётов //ГИПР. 2014. № 3. С. 157-161.
18. Медведев Е. М., Данилин И. М., Мельников С. Р. Лазерная локация Земли и леса // Учеб. пособие. М. : Геолидар, Геокосмос - Красноярск : Интлеса им. В. Н. Сукачева СОРАН. - 2007. - 230 с.
19. Мальцев К.А., Голосов В.Н., Гафуров А.М. Цифровые модели рельефа и их использование в расчетах темпов смыва почв на походных землях // Ученые записки Казанского Университета. – 2018. - Т.160. - С.514–530.

20. Метео энциклопедия [Электронный ресурс]: URL: <http://meteorologist.ru/absolyutnaya-ustoychivost.html> (дата обращения: 18.09.2019).

21. Нореика С.Ю. Применение ДДЗ и ГИС-технологий в изучении ландшафтов соляных куполов (на примере Купола Джефферсон Айленд) // Вестник современных исследований. - 2018. - № 12-14 (27). - С. 110-114.

22. Новаковский Б.А. Фотограмметрия и дистанционные методы изучения земли. / М.: Издательство МГУ, 1997. –208 с.

23. Окишева Л.Н., Филандышева Л.Б. Временная динамика и функционирование ландшафтов Западной Сибири / П.А. Окишева. – Томск : Издательский ДомТГУ, 2015. – 328 с.

24. Открытая настольная ГИС SAGA - общая характеристика [Электронный ресурс]: URL: <https://gis-lab.info/qa/saga-intro.html> (дата обращения: 20.02.2020).

25. Плотникова А.С., Харитонов А.О. Выделение границ водосборных бассейнов рек на локально пространственном уровне // Вопросы лесной науки. Т. – 2018.

26. Пермяков Р.В. Применение геоинформационных технологий для решения географо-картографических задач (по материалам дистанционного зондирования) // Геоинформатика. –2014.

27. Ротанова И.Н., Кошкарев А.В., Медведев А.А. Использование материалов дистанционного зондирования земли для цифрового моделирования рельефа в составе региональных инфраструктур пространственных данных // Вычислительные технологии. - 2014. - т. 19. - No 3. - с. 38–47.

28. Советский энциклопедический словарь : [ок. 80000 слов] / Прохоров А.М. – М. : Советская энциклопедия, 1981. – 1600 с.

29. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. / Новосибирск: Нау-ка. - 1978. – 318.

30. Семенов Ю.М. Системный подход в комплексной физической географии // Вестник ТГУ.- 2014. - т.19.
31. Софзонд [Электронный ресурс]: Макс Поляков и его EOS: взгляд изнутри. URL: <https://sovzond.ru/press-center/news/gis/4108/> (дата обращения: 11.04.2020).
32. Сысуев В.В. Геофизическая парадигма ландшафтоведения: постулаты и концепции/ Сысуев В.В// Известия русского географического общества. – 2019.
33. Ткачева А.А Использование дистанционного зондирования при трехмерном моделировании ландшафтов естественных сцен Ткачева // Вестник СибГАУ. - 2014. - № 5(57). С. - 136–144.
34. Украинцева Н.Г., Дроздов Д.С., Попов К.А., Гравис А.Г., Матышак Г.В. Ландшафтная индикация локальной изменчивости свойств многолетнемерзлых пород (Уренгойское месторождение, Западная Сибирь). // Криосфера Земли. – 2011. - Т.XV. - №4. - с.37-40.
35. Хромов С.П., Мамонтова Л.И. // Метеорологический словарь. - Гидрометеиздат, 1974. – 568 с.
36. Хромов С.П., Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь./ Хромов С.П., Мамонтова Л.И.// Гидрометеиздат, 1974. –568 с.
37. Хорошев А.В. Полимасштабная организация географического ландшафта // Товарищество научных изданий КМК Москва. -2016.
38. Хворостухин П., Кликунов А.А. Применение ГИС, данных дистанционного зондирования земли и преобразования Tasseled cap для изучения современной растительности ландшафтов региона // Известия Саратовского университета. Нов. сер. Сер. Науки о Земле.- 2013.
39. Шамилишвили Г.А., Абакумов Е.В., Печкин А.С. Особенности почвенного покрова Надымского района, ЯНАО // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. - 2016. - № 4 (93). - С. 12-16.15.
40. ArcticDEM [Электронный ресурс]: Университет Миннесоты. URL: <https://www.pgc.umn.edu/data/arcticdem/> (дата обращения: 13.11.2019).

41. ASTER Global DEM Validation: Summary Report. – 2009. [Электронный ресурс]: URL: <https://lpdaac.usgs.gov/> (дата обращения: 15.02.2020).
42. Climate-data [Электронный ресурс]: URL: [Climate-data.org](https://climate-data.org) (дата обращения 05.04.2019).
43. Erofeev A.A. and. Kopysov S.G Modeling of Hydrological and Climatic Resources of the Landscape for Sustainable Land Use at Small Watersheds / Landscape Patterns in a Range of Spatio-Temporal Scales. – 2020.
44. Earth Explorer [Электронный ресурс]: United States Geological Survey (USGS). URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (дата обращения: 25.05.2019).
45. Earth-Science Reviews (2019). [Электронный ресурс]: URL: <https://www.journals.elsevier.com/earth-science-reviews> (дата обращения: 03.03.2020).
46. Fick S.E., Hijmans R.J. WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas // International Journal of Climatology. 2017 Vol. 37.- P.4302–4315.
47. Knap, W.H. Reijmer, C.H. Oerlemans, J. Narrowband to broadband conversion of Landsat TM glacier albedos // Int. J. Remote Sens. 1999. - 20. - P.2091–2110.
48. Kopysov, S.G., Erofeev, A.A The influences of climate on runoff: A case study of four catchments in Western Siberia // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019.
49. Khoroshev A.V , Dyakonov K.N. Landscape Patterns in a Range of Spatio-Temporal Scales // Springer Nature Switzerland AG. – 2020.
50. Liang S. Narrowband to broadband conversions of land surface albedo: I Algorithms // Remote Sens. Environ. 2000. - №76. - P.213–238.
51. Lafarge F., Mallet C. Building large urban environments from unstructured point data // ICCV. 2011. P. 1068–1075.
52. Landsat [Электронный ресурс]: United States Geological Survey (USGS). URL: <https://www.usgs.gov/land-resources/nli/landsat/landsat-8?qt->

science_support_page_related_con=0#qt-science_support_page_related_con (дата обращения 01.05.2020).

53. Mitasova H., Hofierka J., Zlocha M., Iverson L.R. Modeling topographic potential for erosion and depositing using GIS // Int. J. Geogr. Inf. Syst. – 1996. – V. 10, No 5. – P. 629–641. – doi: 10.1080/0269379960890210.

54. Pan Arctic Digital Elevation Map (Pan-ArcticDEM) // Memorandum to CAFF Board. – 2017.

55. Sentinel 2a [Электронный ресурс]: Sentinel Online URL: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2> (дата обращения: 09.04.2020).

56. Sharing Earth Observation Resources. [Электронный ресурс]: URL: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/l/landsat-8-ldcm>

Отчет о проверке на заимствования №1



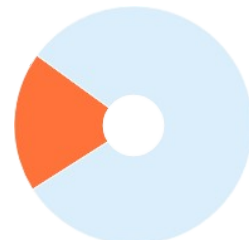
Автор: Локтионова Тамара tomiklok@gmail.com / ID: 522
Проверяющий: Ерофеев Александр _Анатольевич (erofeew@yandex.ru) / ID: 283)
Организация: Томский Государственный Университет
 Отчет предоставлен сервисом «Антиплагиат» - <http://tsu.antiplagiat.ru>

ИНФОРМАЦИЯ О ДОКУМЕНТЕ

№ документа: 5
 Начало загрузки: 15.06.2020 23:13:02
 Длительность загрузки: 00:00:24
 Корректировка от 16.06.2020 00:26:03
 Имя исходного файла: Неизвестно
 Название документа:
 Диссертация_Локтионова_02810
 Размер текста: 1 кБ
 Тип документа: Магистерская диссертация
 Символов в тексте: 82566
 Слов в тексте: 9537
 Число предложений: 722

ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОТЧЕТЕ

Последний готовый отчет (ред.)
 Начало проверки: 15.06.2020 23:13:27
 Длительность проверки: 00:00:24
 Комментарии: [Автосохраненная версия]
 Модули поиска: Коллекция РГБ, Коллекция eLIBRARY.RU, Модуль поиска перефразирований eLIBRARY.RU, Модуль поиска перефразирований Интернет, Модуль поиска "ТГУ", Кольцо вузов



ЗАИМСТВОВАНИЯ

18,83%

САМОЦИТИРОВАНИЯ

0%

ЦИТИРОВАНИЯ

0%

ОРИГИНАЛЬНОСТЬ

81,17%

Заимствования — доля всех найденных текстовых пересечений, за исключением тех, которые система отнесла к цитированиям, по отношению к общему объему документа.
 Самоцитирования — доля фрагментов текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника, автором или соавтором которого является автор проверяемого документа, по отношению к общему объему документа.
 Цитирования — доля текстовых пересечений, которые не являются авторскими, но система посчитала их использование корректным, по отношению к общему объему документа. Сюда относятся оформленные по ГОСТу цитаты; общеупотребительные выражения; фрагменты текста, найденные в источниках из коллекций нормативно-правовой документации.
 Текстовое пересечение — фрагмент текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника.
 Источник — документ, проиндексированный в системе и содержащийся в модуле поиска, по которому проводится проверка.
 Оригинальность — доля фрагментов текста проверяемого документа, не обнаруженных ни в одном источнике, по которым шла проверка, по отношению к общему объему документа.
 Заимствования, самоцитирования, цитирования и оригинальность являются отдельными показателями и в сумме дают 100%, что соответствует всему тексту проверяемого документа.
 Обращаем Ваше внимание, что система находит текстовые пересечения проверяемого документа с проиндексированными в системе текстовыми источниками. При этом система является вспомогательным инструментом, определение корректности и правомерности заимствований или цитирований, а также авторства текстовых фрагментов проверяемого документа остается в компетенции проверяющего.

№	Доля в отчете	Источник	Ссылка	Актуален на	Модуль поиска
[01]	3,06%	Л. Н. Окишева, Л. Н. Филандышева ; под ред. П. А. Окишева ; Федеральное гос. авт. о..	http://dlib.rsl.ru	05 Авг 2019	Коллекция РГБ
[02]	2,35%	Хорошев, Александр Владимирович Полимасштабная организация географическо..	http://dlib.rsl.ru	27 Дек 2019	Коллекция РГБ
[03]	0,28%	Применение ДДЗ и ГИС-технологий в изучении ландшафтов соляных куполов (на п..	http://elibrary.ru	24 Янв 2020	Модуль поиска перефразирований eLIBRARY.RU
[04]	0,58%	Ландшафтно-геофизический подход к зонированию структуры землепользования...	http://elibrary.ru	26 Окт 2018	Модуль поиска перефразирований eLIBRARY.RU
[05]	0,42%	Геофизическая парадигма ландшафтоведения: постулаты и концепции.	http://elibrary.ru	19 Сен 2019	Коллекция eLIBRARY.RU
[06]	1,01%	Геофизическая парадигма ландшафтоведения: постулаты и концепции.	http://elibrary.ru	19 Сен 2019	Модуль поиска перефразирований eLIBRARY.RU
[07]	0%	Основы изучения геосистем и вопросы оптимизации природопользования.	http://elibrary.ru	14 Дек 2016	Коллекция eLIBRARY.RU
[08]	0,78%	МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА АРХАНГЕЛЬС..	http://elibrary.ru	12 Янв 2017	Модуль поиска перефразирований eLIBRARY.RU
[09]	0%	Салпагаров, Джапар Сеитович На примере северного склона Западного Кавказа : д..	http://dlib.rsl.ru	раньше 2011	Коллекция РГБ
[10]	0,53%	Основы изучения геосистем и вопросы оптимизации природопользования.	http://elibrary.ru	14 Дек 2016	Модуль поиска перефразирований eLIBRARY.RU
[11]	0%	ОСНОВЫ ИЗУЧЕНИЯ ГЕОСИСТЕМ И ВОПРОСЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРИРОДОПОЛЬЗОВ.	http://cyberleninka.ru	07 Янв 2017	Модуль поиска перефразирований Интернет
[12]	0%	Ландшафтно-геофизический подход к зонированию структуры землепользования...	http://elibrary.ru	26 Окт 2018	Коллекция eLIBRARY.RU
[13]	1,1%	не указано	http://window.edu.ru	05 Янв 2017	Модуль поиска перефразирований Интернет
[14]	1,09%	ВКЛАД АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ВАРИИРОВАНИЕ ЭМИСС.	http://elibrary.ru	30 Авг 2017	Модуль поиска перефразирований eLIBRARY.RU

[15]	0,07%	ВКЛАД АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ВАРЬИРОВАНИЕ ЭМИСС...	http://elibrary.ru	30 Авг 2017	Коллекция eLIBRARY.RU
[16]	0%	МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА АРХАНГЕЛЬС...	http://elibrary.ru	12 Янв 2017	Коллекция eLIBRARY.RU
[17]	0,1%	Дипломная работа.1 .docx	не указано	11 Июн 2019	Кольцо вузов
[18]	0,95%	Бикбулатова, Гульнара Гафуровна Гидролого-мелиоративные закономерности тер...	http://dlib.rsl.ru	21 Янв 2010	Коллекция РГБ
[19]	0%	Гидролого-мелиоративные закономерности территориального распределения ре...	http://earthpapers.net	05 Янв 2017	Модуль поиска перепаразирования Интернет
[20]	0,66%	АНАЛИЗ СТРУКТУРЫ ЛАНДШАФТОВ ТУНДРОВОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ НА ОС...	http://elibrary.ru	11 Июл 2015	Коллекция eLIBRARY.RU
[21]	0%	не указано	http://space-time.ru	29 Янв 2017	Модуль поиска перепаразирования Интернет
[22]	0,18%	Пермяков, Роман Викторович Комплексное геоинформационно-фотограмметрич...	http://dlib.rsl.ru	27 Дек 2019	Коллекция РГБ
[23]	0%	Бобрик, Анна Александровна Закономерности эмиссии парниковых газов почвами.	http://dlib.rsl.ru	27 Дек 2019	Коллекция РГБ
[24]	0,51%	СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД В КОМПЛЕКСНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ГЕОГРАФИИ.	http://elibrary.ru	11 Мая 2018	Коллекция eLIBRARY.RU
[25]	0,01%	Ким, Роман Валерьевич диссертация ... кандидата технических наук : 05.13.01 Моск...	http://dlib.rsl.ru	раньше 2011	Коллекция РГБ
[26]	0%	не указано	http://izdatgeo.ru	29 Янв 2017	Модуль поиска перепаразирования Интернет
[27]	0%	ОЦЕНКА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ТЕРРИТОРИИ ПО КЛИМАТИЧЕСКОМУ СТОКУ.	http://elibrary.ru	26 Окт 2019	Модуль поиска перепаразирования eLIBRARY.RU
[28]	0,18%	ВКР1.rar/Жемайтук (Богданов).docx	не указано	28 Дек 2015	Кольцо вузов
[29]	0%	ВКР_2015_Фатхутдинова_ЛА	не указано	17 Июн 2015	Кольцо вузов
[30]	0%	Ломако Алексей Андреевич Dissertatsia LOMAKO.docx	не указано	20 Июн 2017	Кольцо вузов
[31]	0,63%	ВЫДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ВОДОСБОРНЫХ БАСЕЙНОВ РЕК НА ЛОКАЛЬНОМ ПРОСТРАН...	http://elibrary.ru	14 Янв 2020	Коллекция eLIBRARY.RU
[32]	0,33%	ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ УЧЕТ ЛАНДШАФТНЫХ УСЛОВИЙ СТОКА В МЕТОДЕ ГИДРОЛОГ...	http://elibrary.ru	02 Янв 2014	Модуль поиска перепаразирования eLIBRARY.RU
[33]	0%	ВасильевВС	не указано	24 Мая 2018	Кольцо вузов
[34]	0,72%	ОСОБЕННОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НАДЫМСКОГО РАЙОНА, ЯНАО.	http://elibrary.ru	04 Мая 2017	Модуль поиска перепаразирования eLIBRARY.RU
[35]	0,11%	Наумова 5.06.docx	не указано	05 Июн 2014	Кольцо вузов
[36]	0%	Наумова_О.В._кафедра_землепользования_и_кадастров_ПРОВЕРКА.docx	не указано	11 Июн 2014	Кольцо вузов
[37]	0,64%	В. В. Козин Ландшафтный анализ в нефтегазопромысловом регионе : монография ...	http://dlib.rsl.ru	21 Фев 2019	Коллекция РГБ
[38]	0%	Борисова Дарья Николаевна ВКР Борисова Д.Н..docx	не указано	12 Июн 2018	Кольцо вузов
[39]	0%	ОСОБЕННОСТИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА НАДЫМСКОГО РАЙОНА, ЯНАО.	http://elibrary.ru	04 Мая 2017	Коллекция eLIBRARY.RU
[40]	0%	Автореферат	https://istina.msu.ru	01 Янв 2017	Модуль поиска перепаразирования Интернет
[41]	0%	ВЫДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ВОДОСБОРНЫХ БАСЕЙНОВ РЕК НА ЛОКАЛЬНОМ ПРОСТРАН...	http://elibrary.ru	14 Янв 2020	Модуль поиска перепаразирования eLIBRARY.RU
[42]	0%	Том 3	http://dvfu.ru	30 Янв 2017	Модуль поиска перепаразирования Интернет
[43]	0%	VKR_Strekie_2	не указано	20 Июн 2018	Кольцо вузов
[44]	0,39%	диссертация Гульдана	не указано	20 Фев 2018	Кольцо вузов
[45]	0,16%	ОЦЕНКА ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ТЕРРИТОРИИ ПО КЛИМАТИЧЕСКОМУ СТОКУ.	http://elibrary.ru	26 Окт 2019	Коллекция eLIBRARY.RU
[46]	0,35%	Применение ГИС, данных дистанционного зондирования Земли и преобразования...	http://elibrary.ru	31 Дек 2016	Коллекция eLIBRARY.RU
[47]	0%	Болота Тюменской области, Болота тундры - Экологическое состояние болот Тюме...	http://studbooks.net	08 Янв 2017	Модуль поиска перепаразирования Интернет
[48]	0,23%	Геоинформационное моделирование экологического потенциала Байкальской Си...	http://elibrary.ru	раньше 2011	Коллекция eLIBRARY.RU
[49]	0%	ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ УЧЕТ ЛАНДШАФТНЫХ УСЛОВИЙ СТОКА В МЕТОДЕ ГИДРОЛОГ...	http://elibrary.ru	02 Янв 2014	Коллекция eLIBRARY.RU
[50]	0%	МОНИТОРИНГ ГИДРОМЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ ПО СПУТНИКОВЫМ СНИМКАМ И.	http://elibrary.ru	24 Янв 2020	Коллекция eLIBRARY.RU
[51]	0,1%	Использование данных дистанционного зондирования Земли при трехмерном мо...	http://elibrary.ru	14 Сен 2015	Коллекция eLIBRARY.RU

[52]	0%	УТОЧНЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ НОРМАЛИЗОВАННОГО ВЕГЕТАТИВНОГО ИНДЕКСА (NDVI)...	http://cyberleninka.ru	29 Янв 2017	Модуль поиска перефразирований Интернет
[53]	0,4%	ЦИФРОВЫЕ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В РАСЧЁТАХ ТЕМПОВ СМЫВ...	http://elibrary.ru	30 Янв 2020	Коллекция eLIBRARY.RU
[54]	0%	ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ДИНАМИКИ СТОИМОСТИ УСЛУГ ПАРИКМАХЕР...	http://elibrary.ru	14 Янв 2020	Коллекция eLIBRARY.RU
[55]	0%	УТОЧНЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ НОРМАЛИЗОВАННОГО ВЕГЕТАТИВНОГО ИНДЕКСА (NDVI)...	http://elibrary.ru	04 Июл 2015	Коллекция eLIBRARY.RU
[56]	0,24%	Силаев, Антон Владимирович Картографический анализ состояния геосистем с дли...	http://dlib.rsl.ru	27 Дек 2019	Коллекция РГБ
[57]	0%	диплом сохр.pdf	не указано	14 Июн 2019	Модуль поиска "ТГУ"
[58]	0%	Цыдыпова, Туяна Бадмаевна диссертация ... кандидата географических наук : 25.00....	http://dlib.rsl.ru	раньше 2011	Коллекция РГБ
[59]	0,19%	Корсиков, Руслан Сергеевич Определение характеристик лесов Брянской области н.	http://dlib.rsl.ru	19 Фев 2018	Коллекция РГБ
[60]	0%	Харазми, Расул Сохраб Оценка динамики аридных экосистем на основе материало...	http://dlib.rsl.ru	30 Мая 2019	Коллекция РГБ
[61]	0%	ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ЛАНД.	http://elibrary.ru	04 Авг 2016	Коллекция eLIBRARY.RU
[62]	0,26%	Данилова, Лина Андреевна Динамика пространственной структуры популяций вид...	http://dlib.rsl.ru	15 Окт 2019	Коллекция РГБ
[63]	0%	Комарова, Анна Федоровна Разнообразие темнохвойных лесов Северо-Западного...	http://dlib.rsl.ru	19 Фев 2018	Коллекция РГБ
[64]	0,22%	Хышкетуева, Лидия Валентиновна диссертация ... кандидата географических наук : ...	http://dlib.rsl.ru	раньше 2011	Коллекция РГБ
[65]	0%	Алюнина Курсовая 2019.docx	не указано	13 Мая 2019	Модуль поиска "ТГУ"
[66]	0%	курсовая 2019.pdf	не указано	14 Мая 2019	Модуль поиска "ТГУ"
[67]	0%	Чекина	не указано	06 Июн 2019	Модуль поиска "ТГУ"
[68]	0%	Шарый, Петр Александрович Геоморфометрический анализ пространственной изм.	http://dlib.rsl.ru	27 Дек 2019	Коллекция РГБ
[69]	0%	Диссертация Романа Дмитриевича	не указано	08 Июн 2019	Модуль поиска "ТГУ"
[70]	0%	Диплом2 _ копия	не указано	13 Июн 2019	Модуль поиска "ТГУ"
[71]	0%	Дипи Белогубова.pdf	не указано	14 Июн 2019	Модуль поиска "ТГУ"
[72]	0%	magistr.docx	не указано	02 Мая 2019	Модуль поиска "ТГУ"
[73]	0%	Trusova_1.docx	не указано	14 Мая 2019	Модуль поиска "ТГУ"
[74]	0%	Вагнер, Дмитрий Викторович Высоочастотные электромагнитные характеристик...	http://dlib.rsl.ru	27 Дек 2019	Коллекция РГБ
[75]	0%	Оценка агроклиматических условий с точки зрения перспективности интродукцио...	http://elibrary.ru	31 Авг 2017	Коллекция eLIBRARY.RU
[76]	0%	ГОТОВ.docx	не указано	10 Июн 2019	Модуль поиска "ТГУ"
[77]	0%	М-во Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситу...	http://dlib.rsl.ru	14 Июн 2019	Коллекция РГБ
[78]	0%	Зареи Саджад Картографирование ландшафтов по данным спутникового термиче...	http://dlib.rsl.ru	01 Янв 2018	Коллекция РГБ
[79]	0%	Чумак, Владимир Александрович диссертация ... доктора сельскохозяйственных на...	http://dlib.rsl.ru	раньше 2011	Коллекция РГБ