

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт экологии и географии
Кафедра географии

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Г. Ю. Ямских
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 2019 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

05.03.02 География

05.03.02.02 «Физическая география и ландшафтоведение»

Аномалии водной массы в Средней Сибири по данным дистанционного зондирования Земли

Научный руководитель	_____ подпись, дата	<u>доц., канд. тех. наук</u> должность, учёная степень	<u>С. Т. Им</u> инициалы, фамилия
Выпускник	_____ подпись, дата		<u>И. В. Комаров</u> инициалы, фамилия
Нормоконтролер	_____ подпись, дата		<u>Д. М. Шлемберг</u> инициалы, фамилия

Красноярск 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1 Обзор литературных источников	5
2 История развития геоинформационных систем	6
2.1 Задачи, составные части и классификация ГИС	7
3 Объекты и методы исследования	13
3.1 Физико-географическая характеристика Средней Сибири	13
3.2 Методы исследования	19
3.2.1 Программный пакет ESRI ArcGIS	20
3.2.2 Программный пакет Erdas Imagine	22
3.2.3 Метод кластеризации ISODATA	26
4 Система GRACE как метод дистанционного зондирования Земли	27
4.1 Описание системы GRACE	27
4.2 Принцип работы и основные задачи GRACE	30
4.3 Применение спутниковых данных GRACE	32
4.3.1 Изменение массы ледников Гренландии	32
4.3.2 Гигантский кратер в Антарктиде	32
4.3.3 Гравитационная аномалия Канады	33
5 Материалы и методика	34
5.1 Климатические данные CRU TS	34
5.2 Подготовительный этап для получения данных	36
5.3 Анализ полученных результатов	41
Заключение	67
Список использованных источников	68

ВВЕДЕНИЕ

Целью работы является анализ динамики аномалии водной массы в Средней Сибири.

Для достижения данной цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Изучить основные принципы работы и назначение спутниковой системы GRACE.
2. Изучить источники данных GRACE и их форматы данных.
3. Ознакомиться с ГИС-инструментами, позволяющими работать с данными GRACE.
4. Провести анализ изменения аномалии водной массы на данной территории с течением времени.
5. Оценить и сделать выводы об аномалии водной массы в Средней Сибири, основываясь на полученных данных.

Актуальность данной выпускной квалификационной работы обусловлена тем, что спутниковая система GRACE позволяет получить новую информацию о пространственно-временных вариациях водной массы Земли в Средней Сибири в контексте современных изменений климата.

Объектом исследования является аномалия водной массы, данные о которой можно получить с помощью спутниковой системы GRACE.

Предметом исследования является динамика аномалии водной массы.

1 Обзор литературных источников

В наше время геоинформационные системы довольно широко изучены. Одна из наиболее интересных черт раннего развития ГИС, особенно в шестидесятые годы, заключается в том, что первые инициативные проекты и исследования были географически распределены по многим точкам, причем эти работы осуществлялись независимо, часто без упоминания и даже с игнорированием себе подобных.

Возникновение и бурное развитие ГИС было предопределено богатым опытом топографического и, особенно, тематического картографирования, успешными попытками автоматизировать процесс составления карт, а также революционными достижениями в области компьютерных технологий, информатики и компьютерной графики.

Особо следует отметить идеи и опыт комплексного тематического картографирования, убедительно продемонстрировавшего эффект системного использования разнохарактерных данных для извлечения новых знаний о географических объектах. Комплексность до сих пор остается важнейшим свойством ГИС, привлекающим множество различных пользователей [3, 13].

Основное развитие ГИС происходило с появлением первых электронных вычислительных машин в 50-60 гг. 20 века. Большое влияние в этот период оказывают теоретические работы в области географии и пространственных взаимосвязей, а также становление количественных методов в географии в США, Канаде, Англии, Швеции и других, развитых в техническом плане странах.

Первый безусловный крупный успех становления геоинформатики и ГИС – это разработка и создание Географической Информационной Системы Канады. Начав свою историю в 60-х годах, эта крупномасштабная ГИС поддерживается и развивается в наше время.

Основоположником ГИС Канады считается Роджер Томлинсон, под руководством которого были разработаны и реализованы многие концептуальные и технологические решения.

Назначение ГИС Канады состояло в анализе многочисленных данных, накопленных Канадской службой земельного учета, и в получении статистических данных о земле, которые бы использовались при разработке планов землеустройства огромных площадей преимущественно сельскохозяйственного назначения [18].

Прогресс картографии привёл к появлению новых методов. Сегодня сложно представить картографию без взаимодействия с аэрокосмическим зондированием. С развитием данного направления, увеличилось количество исследований, базирующихся на данных с космических аппаратов.

2 История развития геоинформационных систем.

Первый этап развития геоинформационных систем пришёлся на конец 50-х – начало 70-х годов прошлого столетия. Данный период характеризуется развитием картографии в связи с бурным развитием компьютерных технологий: создание и использование электронных вычислительных машин в 50-х гг., принтеров, крупных графических дисплеев, анализаторов поверхности и других периферийных устройств. В это время в сфере информационных технологий выполняются работы по изучению новых возможностей картографии с использованием электронной вычислительной техники.

Следующий этап развития геоинформационных систем характерен для периода с 70-х годов по начало 80-х годов. Также этот этап именуют как, период государственных инициатив. Данный период характеризуется развитием и созданием крупных геоинформационных проектов под предводительством руководства государства, что соответствует названию этого временного этапа [17, 18].

Увеличивается количество государственных институтов в области геоинформационных технологий, однако это способствует снижению роли и заслуг отдельных исследователей и небольших групп.

В США, в научных кругах того времени, активно обсуждались вопросы применения ГИС при обработке и представления данных Национальных переписей населения.

Была поставлена задача перед специалистами о разработки методики, позволяющей вести географическую «привязку» данных переписи. Главной концептуальной проблемой была задача перевода адресов проживания граждан указанных в их анкетах, в географические координаты, для последующего формирования электронной карты страны с учетом данных переписи населения.

В связи с этим перед Национальным бюро переписи США ставится вопрос о разработке совершенно нового подхода к переписи населения, с учетом географического проживания граждан страны.

Результатом работы является перепись населения США в 1970 г, которая была проведена с учетом применения геоинформационной системы.

Пользовательский (коммерческий) период: Начиная с 1981 года и по настоящее время.

Для этого периода характерно массовая коммерческая эксплуатация программных продуктов и приложений ГИС [32].

Использование ГИС и баз данных с учетом применения сетевых технологий, систем навигации позволило выпустить на пользовательский рынок большое количество программных продуктов ГИС поддерживающих индивидуальную работу с картографическими данными на ПЭВМ и при применении в государственных и коммерческих организациях. Бурное развитие средств вычисления и персональных ЭВМ сделало доступными программные и аппаратные средства, сетевые информационные ресурсы широкому кругу специалистов-прикладников.

В настоящее время период пользовательского (коммерческого) развития ГИС очень активно продолжается. Общемировой объем продаж в области ГИС оценивается более 9 млрд. долларов США в год. ГИС-технологии являются незаменимыми инструментами проводимых исследований в области в различных областях деятельности человека [24].

За уникальную способность ГИС работать с данными о географической поверхности даже стали использоваться при изучении космического пространства.

2.1 Задачи, составные части и классификация ГИС

ГИС хранит информацию о реальном мире в виде набора тематических слоев в сочетании с географическим местоположением. Этот простой, но очень

гибкий подход оказался полезным для решения различных реальных проблем. Например, отслеживание движения транспортных средств и материалов, детальное отображение реальной ситуации и запланированных действий, моделирование глобальной циркуляции атмосферы.

Любая географическая информация содержит информацию о пространственном положении, независимо от того, имеет ли она географическую привязку с географическими или другими координатами или ссылки на адрес, избирательный округ или район переписи, почтовый индекс, идентификатор земли или леса, название дороги. При использовании таких ссылок процедура, называемая геокодированием, используется для автоматического определения местоположения или местоположения объектов. С его помощью вы можете быстро идентифицировать и увидеть на карте интересующий вас объект или явление, например дом, в котором живет ваш друг, или организацию по вашему выбору, землетрясение или наводнение, какая дорога больше легко и быстро добраться до нужной точки или дома [25, 27].

ГИС является мощным современным инструментом для решения различных задач, в том числе:

- Интеграция данных из различных источников информации;
- создавать высококачественные картографические продукты;
- Моделирование ситуации;
- Связывание графических объектов с информацией в базах данных;
- представление данных в виде карт, графиков, диаграмм и графиков;
- анализ пространственных данных;
- поддержка управления и оперативного принятия решений;
- взаимодействие с другими информационными системами.

ГИС позволяет упростить и упорядочить сбор и хранение информации для полного анализа пространственных данных при решении общих и прикладных задач.

Одной из главных задач является создание карты ГИС. Процесс создания карты в ГИС является более простым и более гибким, чем традиционные методы ручного или автоматического картографирования. База данных карты на основе ГИС может быть непрерывным (без разделения на листы и различных регионов) и, в общем, не имеет никакого отношения к определенной шкале. На основе таких баз данных, вы можете создавать карты (либо в электронном виде или в бумажном виде) любой территории любого масштаба с необходимой нагрузкой, с ее выбора и отображения с символами требуется [3].

Работающая ГИС включает в себя пять ключевых составляющих: программное обеспечение, данные, аппаратные средства, исполнители и методы.

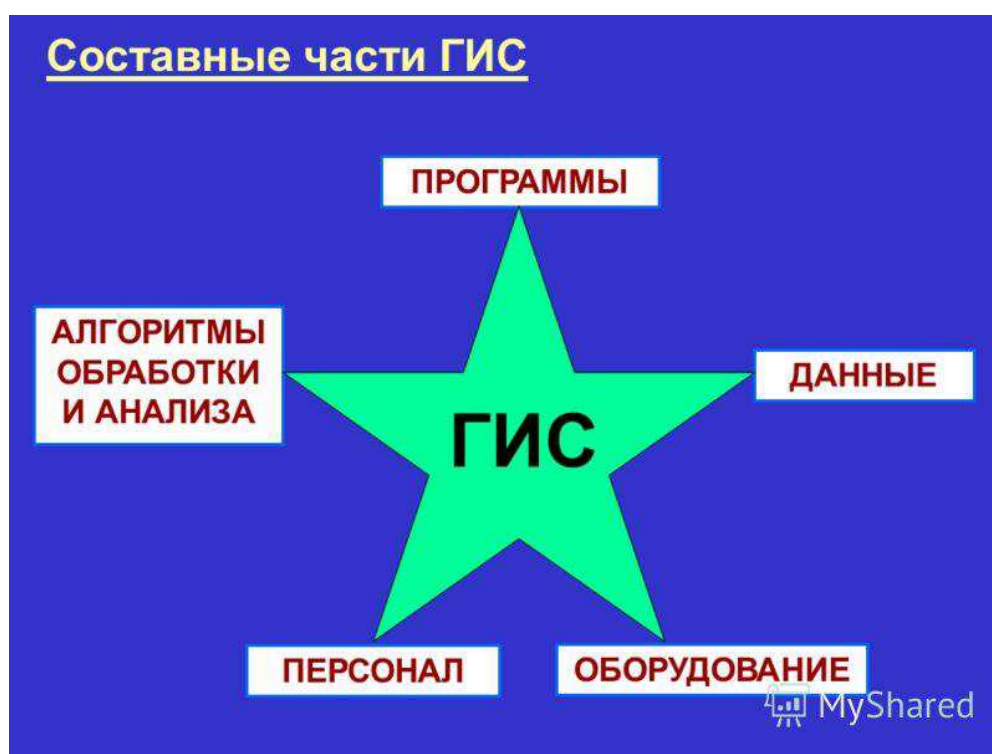


Рисунок 1 – Составные части ГИС

Программное обеспечение ГИС содержит функции и инструменты, необходимые для хранения, анализа и визуализации пространственной (пространственной) информации. Ключевыми компонентами программных продуктов являются: инструменты сбора и использования географической

информации, система управления базами данных (СУБД), инструменты поддержки пространственных запросов, анализ и визуализация (отображение). Графический интерфейс пользователя (GUI или GUI) для быстрого доступа к инструментам.

Данные. Это неотъемлемая часть ГИС. Данные о пространственном положении (географические данные) и соответствующие данные таблицы собираются и подготавливаются пользователем или приобретаются у поставщиков на коммерческой или иной основе. В процессе управления пространственными данными SIG объединяет пространственные данные с другими типами и источниками данных. Он также может использовать системы управления базами данных, используемые многими организациями для управления и организации данных, которые они имеют.

Компьютерное оборудование. Этот компонент представлен компьютером с ГИС. В настоящее время геоинформационные системы работают на различных вычислительных платформах, от централизованных серверов до сетевых или индивидуальных рабочих столов [13].

Персонал. ГИС-пользователи могут быть как техническими специалистами, которые разрабатывают и поддерживают систему, так и обычными сотрудниками (конечными пользователями), с которыми ГИС помогает решать общие проблемы и задачи. Широкое использование ГИС-технологий невозможно представить без людей, которые работают с программными продуктами и разрабатывают планы их использования для решения всевозможных проблем.

Алгоритмы обработки и анализа. Успех и эффективность (в том числе экономическая) применения ГИС во многом зависит от хорошо подготовленного плана и правил работы, основанных на специфике задач и работы каждой организации.

В широком смысле, географическая информационная система (ГИС) - это система для сбора, анализа, хранения и графического отображения

пространственных (географических) данных и соответствующей информации о необходимых объектах.

Существует 3 типа географических информационных систем:

- динамический;
- статический;
- в режиме реального времени.

Динамические географические информационные системы обновляются довольно часто, один раз в день или час. Они показывают состояние дорог, пробок, погодных условий в любом районе.

Статические географические информационные системы могут обновляться один раз в месяц (или реже). Содержащаяся в них информация немного меняется со временем (например, карта города, дорожный атлас).

Геоинформационные системы реального времени обновляются постоянно при получении новой информации о местонахождении какого-либо объекта, состоянии объектов с датчиков различной природы (видеокамер, GPS-навигаторов, спутников) [32].

Например, ГИС в режиме реального времени обеспечивает движение по сложной дороге, состояние линии метро и соблюдение графика, контроль воздушных судов, включая взлеты и посадки.

ГИС в реальном времени также необходима для ликвидации лесных пожаров, последствий аварий и техногенных катастроф, всех видов стихийных бедствий.

Кроме того, географические информационные системы можно разделить на стационарные и мобильные системы.

Стационарные географические информационные системы расположены в компьютерных центрах, на персональных компьютерах, что позволяет им выделять значительные ресурсы и обрабатывать очень большой объем данных. С помощью такой системы вы можете следить за транспортом, следить за погодой, следить за одним или несколькими объектами. Такая услуга, как

расположение и размер пробок, а также предложение альтернативных маршрутов, уже действует в ряде крупных городов.

Мобильные географические информационные системы обычно устанавливаются на портативные устройства, такие как КПК, планшеты, ноутбуки, смартфоны и браузеры. Этот тип ГИС значительно ограничен в ресурсах и функциональности, но имеет то преимущество, что он способен быстро реагировать на собственные движения и изменения окружающей среды. Таким образом, при движении по скоростной автомагистрали будет предложена карта небольшого масштаба; при уменьшении скорости увеличивается масштаб, также возможно получить голосовое руководство от системы по выбранному маршруту [24, 25].

Например, географические информационные системы могут использоваться крупными организациями и частными лицами для решения различных задач, начиная с повседневных задач и заканчивая глобальными задачами.

3 Объекты и методы исследования

3.1 Физико-географическая характеристика Средней Сибири

Средняя Сибирь – физико-географическая страна, которая расположена в Северной Азии и ограничена долиной реки Енисей с запада, Верхоянским хребтом с востока, берегами Карского моря и моря Лаптевых с севера и горами Южной Сибири с юга. Площадь Средней Сибири составляет около 4 млн. км². Максимальная протяжённость с севера на юг – 2800 км, с запада на восток – 2500 км.



Рисунок 2 – Территория Средней Сибири

Территория Центральной Сибири по большей части сопоставима с территорией, занимаемой Сибирской платформой, а также Таймырским полуостровом. Важную часть центрально-сибирского региона занимает центральное сибирское плоскогорье. Северная Сибирская равнина и горы Бырранга на полуострове Таймыр также находятся в этой области. Для Центральной Сибири климат резко континентальный, почти универсальный, за редким исключением – распространение вечной мерзлоты и преобладание таежной лиственницы. Границы Центральной Сибири на разных картах физиографического районирования могут незначительно отличаться друг от друга [38].

В пределах Среднесибирского плоскогорья высота этого физико-географического района колеблется от 150 до 1700 м при средней высоте около 600 м. Поверхность территории разделена густой сетью речных долин, отличающихся по форме и асимметрии. Важной особенностью долин Средней Сибири (за исключением Таймыра и прилегающей Северо-Сибирской низменности) является большое количество речных террас, высотой до 250 м [34].

Климат Средней Сибири является резко континентальным из-за его расположения в центральной части Северной Азии. Атлантический океан довольно далеко, что объясняет, почему длинные горные цепи препятствуют доступу воздушных масс из Тихого океана, а холодные массы Северного Ледовитого океана не способны значительно сократить континентальный климатический режим. Континентальность достигает наибольшей степени в Центрально-якутской равнине, смягчаясь к северу и западу от центральной Сибири. Резкая континентальность создает собственный гидрологический режим рек, процессы формирования рельефа, формирования почвы, старения, а также вызывает определенное развитие растительности. Чрезмерное охлаждение земной поверхности зимой вызывает значительные различия между зимними и летними температурами, а также выпадением осадков в разное время года. Разница между среднемесячной зимой и летом составляет от

50 до 65 °С, а абсолютная годовая амплитуда температур может превышать 100 °С.

Снег и осадки выпадают в основном с запада и северо-запада. В связи с этим наибольшее их количество находится на территории Енисейской Сибири (более 600 мм в год). Плато Средней Сибири способствует ухудшению циклонов в западной и центральной части Средней Сибири. Это является естественным препятствием для проникновения воздушных масс. Поэтому в его регионе – на плато Путорана, Сыверма, Тунгуска – годовое количество осадков достигает 1000 мм и более. На востоке осадки постепенно уменьшаются до 300 мм в год на Центрально-якутской равнине. Это свидетельствует о разнообразии и степени распространения континентального климата и зоны вечной мерзлоты [39].

Зима длится от 8 до 9 месяцев, с ясной, ледяной, сухой погодой, часто без ветра. Антициклоны с низкой подвижностью вызывают очень высокое поверхностное и поверхностное воздушное охлаждение, особенно в глубоких речных долинах и бассейнах. В результате зимние температуры в центральной Сибири значительно ниже средних широт и даже ниже, чем в арктических воздушных зонах, но с более низким содержанием влаги.

Весна в Средней Сибири довольно поздняя и короткая. Это происходит почти одновременно на всей территории во второй половине апреля, за исключением северной части, куда он прибывает только в конце мая – начале июня. Таяние снега и повышение температуры происходят быстро, но вы часто можете наблюдать возвращение холодной погоды в результате прорывов арктических воздушных масс, которые не сталкиваются с какими-либо конкретными препятствиями на своем пути.

Лето – самое обильное время года в Центральной Сибири из-за проливных осадков в виде дождя. Начало лета считается сухим, но из-за быстрого потепления земной поверхности атмосферное давление снижается, что приводит к увеличению переноса влажных воздушных масс из Северного Ледовитого океана и увеличению циклонической активности. В результате месяцы июль и август характеризуются довольно дождливыми месяцами, а количество осадков в 2-3 раза выше, чем в течение всего холодного сезона [34].

Самая низкая температура воздуха летом характерна для крайнего севера, мыса Челюскин (около 2 °С). Направляясь на юг, температура постепенно повышается и достигает 18 °С в центральной низменности Якута. Поскольку увеличение высоты способствует снижению температуры, его последующий рост не наблюдается в направлении плато к югу от него. Следует отметить, что в Среднесибирской низменности средняя летняя температура выше, чем в тех же широтах, что и в Западной Сибири и в российской части Восточно-Европейской равнины.

Осень начинается в конце августа и характеризуется короткой продолжительностью из-за быстрого падения температуры. Уже в октябре средняя температура по всей территории Центральной Сибири близка к отрицательной или ниже 0 °С, а атмосферное давление становится постоянно высоким.

Средняя Сибирь в гидрографическом понимании – азиатская часть бассейна Северного Ледовитого океана. Водный фонд – это в первую очередь около 1,5 млн. рек, общая протяженность которых около 5 млн. км. Среди них

три крупнейшие реки России – Енисей, Лена и Обь, а также входящие в число 20 самых водоносных рек страны Алдан, Ангара, Колыма, Нижняя Тунгуска, Хатанга, Иртыш, Пясино, Витим, Олекма и Таз. К крупнейшим озерам страны относятся Байкал (объем 23 000 км³), Таймыр (13 км³) и Чаны (4,3 км³). К менее крупным – Пясино, Телецкое, Лама, Агата, Гусиное, Убинское и др. В водный фонд входят также около 3 тыс. ледников арктических островов и гор, болотные массивы площадью около 100 млн. га и подземные воды [6, 7].

Значительную долю водного фонда составляют сибирские водохранилища, многие из которых относятся к крупнейшим водным объектам в стране. Прежде всего, это водохранилища Ангара-Енисейского каскада ГЭС – Братское, Иркутское, Усть-Илимское и Богучанское на Ангаре, Саяно-Шушенское, Красноярское и Майнское на Енисее.

В связи с появлением многолетних грунтов восточного Енисейского кряжа почвообразование имеет существенные отличия от западных территорий. Почвенный профиль разрыхляется чаще, чем на западных территориях. Почвенный профиль наиболее подвержен сезонным внедрением льда, обуславливая его подвижность.

Подзолистый процесс подавлен и идет в основном на глубокопротаивающих песчаноглинистых грунтах, особенно на речных террасах. На междуречьях же почвы формируются на древесносадных каменистых или массивно кристаллических горных породах.

В пределах Средней Сибири преобладают светлехвойные леса из лиственницы сибирской (на западе) и даурской (на востоке). Темнохвойная тайга отеснена в крайние западные районы. Теплое и не очень влажное лето служит причиной более значительного продвижения лесов к северу [34, 38, 39].

Фауна Средней Сибири отличается от животного мира Западной Сибири, она более древняя. Резкая континентальность климата способствует большому передвижению таежных видов к северу в летний период. В результате суровых климатических условиях волосяной покров пушных зверей приобретает особую пышность, нежность и шелковистость. Тайга имеет очень разнообразный и

богатый животный мир благодаря таким необыкновенным климатическим условиям.

На формирование и размещение по территории плоскогорья почв, растительности и животного мира влияет довольно специфический суровый резко континентальный климат и связанное с ним почти повсеместное распространение мерзлоты. Низкие среднегодовые температуры благоприятствуют сохранению мерзлоты. Такой климат характеризуется низкими температурами, малой облачностью, которая способствует ночному излучению [26, 28].

Разнообразие почвенного покрова Среднесибирского плоскогорья находится в зависимости от неоднородности рельефа, горных пород, температурного режима условий увлажнения, и характера растительности. От особенностей окружающей географической среды зависят видовой состав животного мира, их количество, образ жизни, внешняя окраска.

3.2 Методы исследования

Основными методами исследования в данной работе являются геоинформационный и аэрокосмический. Геоинформационный метод начал своё развитие в конце 70-х – в начале 80-х годов в эпоху глобального развития и распространения электронных вычислительных машин. Исторически геоинформационные системы в современном их развитии представляли собой информационно-поисковые системы для картографических банков данных. Сам процесс включает в себя автоматическое создание карт, с дальнейшим внедрением блоков картографического и математического моделирования и автоматического воспроизведения карт [12].

Классификация ГИС:

1. по территориальному охвату (общенациональные, региональные);
2. по цели (многоцелевые, специализированные, информационные справочники, для планирования);

3. по тематической ориентации (общие географические, отраслевые).

Аэрокосмические методы – это методы изучения структуры и развития географической среды по материалам космической съемки, которые были получены с помощью регистрации отраженного солнечного и искусственного света и собственного излучения Земли с космических летательных аппаратов. В основе таких географических исследований лежит теория оптических свойств природной среды, обусловленных взаимодействием солнечного излучения с географической оболочкой. Дешифрирование снимков основано на использовании корреляционных связей между параметрами географических объектов и их оптическими характеристиками.

Космоснимки представляют собой модель местности, которая отражает и характеризует настоящую географическую ситуацию на момент проведения исследования [24, 27].

Наиболее ценными свойствами космических снимков являются:

1. комплексное изображение ландшафтной структуры, включая основные природные и антропогенные компоненты;
2. широкий спектральный диапазон съемки, о чем сказано выше;
3. высокая обзорность снимков;
4. большое разнообразие масштабов съемки;
5. различная периодичность съемки – от десятков минут до десятков лет;
6. многократное покрытие съемкой земного шара.

3.2.1 Программный пакет ESRI ArcGIS

ArcGIS представляет собой масштабируемую систему программ для управления, создания, интеграции, анализа и распространения географических данных на всех возможных уровнях. Данный пакет программ доступен как для отдельных граждан, так и для огромной корпорации. Версия 10.3 представляет собой полнофункциональную интегрированную систему, разработанную с

учетом пожеланий широкого круга пользователей. Построенная с использованием стандартов, таких как компонентная модель объектов (COM), расширяемая спецификация языка для создания web-страниц (XML), структурированный язык запросов (SQL), ArcGIS может быть интегрирована со структурой информационной системы любой организации.

Широкий спектр функций редактирования, анализа и моделирования вместе с самыми современными моделями данных и управлением, позволяет продуктам программного пакета ArcGIS оставаться на лидирующей позиции среди программного обеспечения ГИС. Учитывая тот факт, что геоинформационные системы распространяется на всё большее количество новых областей применения и новые сообщества или организации пользователей, программный пакет ArcGIS решает задачи предложения и получения данных и соответствующих ГИС-услуг для пользователей со всего мира [1, 3].

Если речь идет о создании геоданных или управлении ими, то продукты ArcGIS обеспечивают максимально широкий набор необходимых инструментов для выполнения определённых задач. Оставаясь достаточно практичными системами, которые включают в себя наиболее распространенные функции и опции в пределах возможностей как для очень опытных пользователей, так и для только начинающих людей программами ArcGIS. Пользователи могут адаптировать всевозможные настройки и функции программного обеспечения данных продуктов под свои навыки работы в этих программах. ArcGIS позволяет работать своим пользователям с самым широким ассортиментом опций для выполнения задач разной степени сложности. Это способствует сильной распространённости этих продуктов для абсолютно разных категорий граждан в определённых сферах деятельности [12].

Термин ArcGIS относится к программам ArcView, ArcEditor, ArcInfo и расширениям ArcGIS. Несмотря на то, что программы лицензируются по отдельности, ArcGIS является набором программ с одинаковым базовыми приложениями и пользовательским интерфейсом. Ключевыми приложениями

ArcGIS являются ArcMap, ArcCatalog и ArcToolbox. ArcMap используется для создания картографического продукта и работы с пространственными данными. ArcCatalog предназначен, в первую очередь, для управления и поиска пространственных данных. ArcToolbox имеет первостепенную задачу в обеспечении средств геообработки и конвертации различных данных. Каждая программа, входящая в общий пакет ArcGIS, включает в себя эти 3 приложения. Функциональность программ постепенно наращивается по мере перехода от одной программы к другой, от ArcView к ArcEditor и далее к ArcInfo. В результате два продукта ArcView и ArcInfo объединены на единой интегрированной платформе. Они построены по одному образцу в соответствии с общей архитектурой и с одинаковым пользовательским интерфейсом. Данная единая платформа для всевозможной работы с геоданными значительно повышает удобство использования и взаимодействие между программами.

3.2.2 Программный пакет Erdas Imagine

ERDAS IMAGINE – растровый графический редактор и программный продукт, первоначально разработанный компанией ERDAS Inc., и предназначенный для обработки данных дистанционного зондирования (в основном, данных дистанционного зондирования земли). Сейчас данный продукт выпускается корпорацией Intergraph. Программа Erdas Imagine предназначена, в основной своей роли, для выполнения работ с растровыми данными. Она позволяет выполнять обработку геоданных, выводит на экран монитора и подготавливает для дальнейшей обработки в программных приложениях ГИС и САПР различные картографические изображения. ERDAS IMAGINE также работает в режиме инструментального средства (Toolbox), который позволяет производить всевозможные многочисленные преобразования растровых картографических изображений. Также в задачи данной программы входит снабжение геоинформацией производимые растровые изображения.

Используя значения растровых данных и их географическую позицию, можно обнаружить разные особенности местности, которые в обычных условиях никогда не просматриваются. Стоит отметить, что ещё одной функцией является определение географических координат этих объектов, которые при отсутствии нормальных условий представляли ли бы собой исключительно объекты графики. Например, при анализе состава минералов или растительности этой поверхности уровень яркости или уровень отраженного света от поверхности Земли на данном растровом изображении является очень ценной информацией. Другим примером анализа изображений служит извлечение линейных объектов, разработка пространственной модели, перевод данных из одного формата в другой (import/export), обработки данных (spatial modeler), составление мозаики из множества разных изображений, получение стереоизображений и автоматическое извлечение геоданных [2].

Из-за быстрого роста информационных запросов в современном обществе растёт и потребность в разных средствах для получения и обработки всевозможных данных. Это поспособствовало развитию множества разнообразных направлений в индустрии программного обеспечения, в первую очередь, систем обработки аэрокосмической информации. Компания ERDAS Inc. с 1978 года является передовым поставщиком мощного программного обеспечения для растровых геоинформационных систем и обработки изображений для тысяч пользователей по всему миру. Пакет ERDAS Imagine – многоопциональная система, которая была создана для решения ряда прикладных задач вне зависимости от времени.

Главные возможности и преимущества системы:

Система ERDAS Imagine Production позволяет своим пользователям просматривать огромные участки земной поверхности, покрытые большим количеством снимков. Также пользователи получают возможность анализировать векторную и растровую информацию (изображения) и создавать максимально информативные и профессионально оформленные карты одновременно.

Доступный для обычных пользователей графический интерфейс и мощные средства обработки геоинформации обеспечивают полнофункциональную среду для решения широкого диапазона различных задач. Графически связанные окна просмотра позволяют параллельно выполнять несколько задач. Например, отображение, проведение анализа и всевозможные преобразования аэроснимков, космоснимков, векторных карт, тематических слоёв растровой геоинформационной системы, текстовых аннотаций и разнообразных элементов оформления. Специализированный формат позволяет проводить довольно быстрый вывод сравнительно больших графических файлов с высоким разрешением [2, 24].

С помощью данного программного пакета можно быстро получить доступ к различной информации. Это дает практически неограниченные возможности для проведения анализа и управления базами географических данных. С помощью имеющихся средств можно получить информацию по территориальному объекту или же значение каждого пиксела изображения и связанную с ним дополнительную информацию. Также возможно использование различных средств, в частности, визуализации и масштабирования.

Программы классификации, которые имеются в пакете ERDAS Imagine, позволяют составлять по данным ДДЗ карты типов землепользования, ландшафтные и другие различные тематические карты. Помимо этого данный пакет программ позволяет лицам, которые занимаются регулированием использования природных ресурсов, операциями с недвижимостью, обновлением информацией в своих базах данных в достаточно быстром режиме. Можно получить достаточно полную информацию для своих баз данных из данных ДДЗ и фиксировать возможные изменения, происходящие на данном участке земной поверхности, при этом производить разнообразные комбинации результатов классификации по снимкам, произведенных в разное время.

ERDAS Imagine позволяет создавать модель, используя специальный графический редактор алгоритмов. Можно использовать как полутоновые, так и тематические карты совместно, комбинируя их в качестве слоев. При этом поддерживается обращение к связанным с каждым значением пикселя таблицам атрибутов, которые хранятся в реляционной базе данных [2].

Картографические композиции могут включать один или несколько слоев изображения, тематических карт, векторных карт, аннотаций. Можно работать с графическими файлами неограниченного размера и подготавливать карты в точном масштабе любого размера.

Широкие возможности редактора оформления Map Composer позволяют автоматически генерировать легенду с текстом, рамку и деления на рамке, символы и многое другое. Одновременно доступно более 16 миллионов цветов, множество типов линий, более 70 шрифтов.

Способность радиолокационной съемки проникать на определенную глубину под земную поверхность дает новые возможности получения информации для таких применений как геология, археология. Специальный модуль Radar в ERDAS Imagine дает возможность учесть специфику данных радиолокационных съемок, обеспечивая специальные методы фильтрации для удаления «шума», специальные методы коррекции и улучшения изображения. Такие съемки могут объединяться с информацией, полученной из других источников - спутниковыми многозональными, аэроснимками и т.д., увеличивая надежность выявления интересующих объектов [1].

Возможность точной привязки аэрокосмических снимков к местности, к реальным координатам, преобразование их в различные картографические проекции, использование при этом различных параметров земного эллипсоида - незаменима при подготовке высокоточных карт. Одновременно в интерактивном режиме проводится привязка снимка к местности по опорным точкам и редактирование картографических проекций. Для повышения точности используются данные, получаемые с приемников GPS (глобальной

спутниковой системы позиционирования). Трансформация и повороты снимка выполняются по одному нажатию клавиши.

3.2.3 Метод кластеризации ISODATA

Метод классификации ISODATA применяют для первоначальной (предварительной) классификации снимков с большим или неопределенным количеством классов. В таком случае на следующем этапе можно использовать классификацию с обучением.

Алгоритм базируется на кластерном анализе. Для формирования кластеров используется формула минимального спектрального расстояния. То есть к одному классу относятся пиксели, значения яркости которых наиболее близки. В пространстве спектральных признаков пиксели с близкими значениями яркости расположены ближе друг к другу [9].

Кластеризация начинается с задания значений средних (центров классов) для искоемых классов, или берутся значения средних из существующих сигнатур. После отнесения всех возможных пикселей к одному из классов, средние (центры классов) пересчитываются. Теперь за центры классов принимают значения средних полученных в ходе классификации классов, и процесс повторяется полностью сначала (следующая итерация). С каждой последующей итерацией число классов может меняться [13, 18].

Процесс продолжается до тех пор, пока не будет достигнуто максимальное количество итераций (заданное вначале) или достигнут максимальный процент пикселей, не изменивших свой класс (предел сходимости ПС – convergence threshold). Например, если ПС=0,95, это значит, что процесс кластеризации закончится, как только количество пикселей, не поменявших свой класс между итерациями, достигнет 95 %. Другими словами, если только 5 % или меньше пикселей поменяют свой класс, процесс классификации закончится (центры классов будут установлены равным тем, которые участвовали в кластеризации на последней итерации).

[Глава 4 – изъята]

[Глава 5 – изъята]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гравиметрическая съемка GRACE применена для анализа аномалий водного эквивалента массы (АВЭМ) в криолитозоне Средней Сибири. В результате получили данные о 159 месяцах (2002–2016 гг.) исследования спутника GRACE. При помощи программ ArcGIS и ERDAS IMAGINE преобразовали числовые значения и коэффициент масштабирования в растровое изображение. На основе полученных данных произвели анализ изменений аномалий водной массы и их связи с климатическими переменными.

Основываясь на полученных данных, можно сделать вывод, что на территории Средней Сибири преобладающее значение в воздействии на динамику аномалии водной массы играют осадки. В большинстве случаев действует закономерность, чем выше уровень выпавших атмосферных осадков, тем выше значения АВЭМ. Однако в данной работе также приведены примеры влияния температуры воздуха и показателя потенциального суммарного испарения, при воздействии которых следует другая закономерность, чем выше показатели температуры воздуха и эвапотранспирации, тем ниже становятся значения аномалии водной массы.

В целом, по территории наблюдается положительная динамика осадков, особенно это характерно для южных районов Средней Сибири. Следовательно, положительная динамика просматривается и для значений АВЭМ. Также стоит отметить незначительное повышение температур в осенние и зимние месяцы, что должным образом оказывает влияние уровень водной аномалии массы.

В заключении можно сказать, что прогноз по данным GRACE и климатическим данным CRU TS вполне реален, учитывая цикличность повышения и понижения количества осадков на территории Средней Сибири.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ArcGIS [Электронный ресурс] : Калифорния, 1994. – Режим доступа: <http://www.credospb.com/arccgis.htm>
2. ERDAS IMAGINE [Электронный ресурс] : США, 2014. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ERDAS Imagine](https://ru.wikipedia.org/wiki/ERDAS_Imagine)
3. Абломейко, С. В. Географические информационные системы. Создание цифровых карт : справочное пособие / С. В. Абломейко, Г. П. Апарин, А. Н. Крючков. – Минск : ИТК НАН РБ, 2000. – 440 с.
4. Агафонова, Е. Г. Статистика температуры и солёности поверхности Мирового океана : Доклад АН СССР / Е. Г. Агафонова, Л. И. Галеркин, А. С. Монин. – Москва : 1975. – С. 205-208.
5. Анисимов, О. А. Углеродный баланс в криолитозоне России и глобальный климат: современное состояние и прогноз, основанный на моделировании : учебное пособие / О. А. Анисимов, С. А. Ренева. – Москва : Paulsen, 2011. – 320 с.
6. Безруков, Л. А. Внутренние водные пути как фактор транспортно-экономического влияния океана. Фундаментальные проблемы изучения и использования воды и водных ресурсов : учебное пособие / Л. А. Безруков – Иркутск : Издательство Института географии СО РАН, 2005. – С. 166-169.
7. Безруков, Л. А. Роль водохозяйственного цикла в территориальной организации производительных сил Ангара-Енисейского региона : учебное пособие / Л. А. Безруков. – Новосибирск : Наука, 1990. – С. 117-125.
8. Берлянт, А. М. Картография : учебник для вузов / А. М. Берлянт. – Москва : Аспект Пресс, 2001. – 336 с.
9. Браун, Л. А. История географических карт : учебное пособие / Л. А. Браун. – Москва : Центрполиграф, 2006. – 479 с.
10. Быков, Б. А. Экологический словарь / Б. А. Быков. – Алма-Ата : Наука, 1983. – 216 с.

11. Вознесенский, В. А. Энергетические ресурсы СССР. Гидроэнергетические ресурсы : учебное пособие / В. А. Вознесенский. – Москва : Наука, 1967. – 600 с.
12. Гарбук, С. В. Космические методы дистанционного зондирования Земли / С. В. Гарбук, В. Е. Гершензон. – Москва : Издательство А и Б, 1997. – 296 с.
13. Геоинформатика / Е. Г. Капралов [и др.]. – Москва : Академия, 2005. – 496 с.
14. Гравитационные паводки [Электронный ресурс] : Леонид Зотов. – Москва, 2013. Режим доступа: https://www.gazeta.ru/science/2013/03/29_a_5120201.shtml
15. Дедю И. И. Экологический энциклопедический словарь / И. И. Дедю. – Кишинев, 1989.
16. Ежемесячные данные о динамике аномалии водной массы [Электронный ресурс] : Потсдам, 2014. – Режим доступа: <https://grace.jpl.nasa.gov/data/get-data/monthly-mass-grids-land/>
17. Журкин И. Г. Геоинформационные системы / И. Г. Журкин, С. В. Шайтура. – Москва : Кудиц-пресс, 2009. – 272 с.
18. Замай, С. С. Программное обеспечение и технологии геоинформационных систем : учебное пособие / С. С. Замай, О. Э. Якубайлик. – Красноярск : 1998. – 110 с.
19. Зотов, Л. В. Многоканальный сингулярный спектральный анализ данных по гравитационному полю Земли со спутников GRACE / Л. В. Зотов, С. А. Носова, М. В. Баринов. – Москва : ГАИШ МГУ, 2009. – 5 с.
20. Изменение климата 2013 г. Физическая научная основа / Межправительственная группа экспертов по изменению климата. – Женева, 2013. – 222 с.
21. Им, С. Т. Динамика водной массы мерзлотной зоны Средней Сибири по данным гравиметрической съёмки спутниками GRACE / С. Т. Им,

В. И. Харук. – Красноярск : Институт леса им. В.Н. Сукачева Сибирского отделения РАН, 2015 г. – С. 53-69.

22. Институт леса [Электронный ресурс] : Красноярск, 2014. – Режим доступа: <http://forest.akadem.ru/Hist rus.html>

23. Климатические данные CRU TS [Электронный ресурс] : Международный журнал климатологии, 2013. – Режим доступа: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/joc.3711>

24. Ковин, Р. В. Геоинформационные системы / Р. В. Ковин, Н. Г. Марков. – Томск : Томский политехнический университет, 2008. – 175 с.

25. Коновалова, Н. В. Введение в ГИС : учебное пособие / Н. В. Коновалова, Е. Г. Капралов. – Петрозаводск : 1995. – 155 с.

26. Коротный, Л. М. Водные ресурсы Ангара-Енисейского региона (геосистемный анализ) : учебник / Л. М. Коротный, Л. А. Безруков. – Новосибирск : Наука, 1990. – С. 81-163.

27. Кошкарев, А. В. Понятия и термины геоинформатики и её окружения / А. В. Кошкарев. – Москва : ИГЕМ РАН, 2000. – 76 с.

28. Лужков, Ю. М. Вода и мир : учебное пособие / Ю. М. Лужков. – Москва : Московские учебники и Картолитография, 2008. – 170 с.

29. Миссия GRACE [Электронный ресурс] : Остин, 2015. – Режим доступа: <https://www.nasa.gov/mission pages/Grace/index.html>

30. Мускетт, Р. Р. Изменения запасов подземных вод в Аляске на основе данных GRACE / Р. Р. Мускетт, В. Е. Романовский. – Фэйрбанкс, 2010 – С. 378-397.

31. О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2010 году [Электронный ресурс] : Государственный доклад. – Москва, 2011. – Режим доступа: <http://www.protown.ru/>

32. Основы геоинформатики и создание ГИС. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / И. К. Лурье [и др.]. – Москва : ООО «ИНЭКС-92», 2002. – 140 с.

33. Протасьев, М. С. Водные ресурсы и водный баланс территории Советского Союза : учебное пособие / М. С. Протасьев. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1967. – 199 с.
34. Раковская, Е. М. Физическая география России : учебник / Е. М. Раковская, М. И. Давыдов. – Москва : Владос, 2001. – 304 с.
35. Спутниковая система GRACE [Электронный ресурс] : Остин, 2018. – Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Gravity Recovery and Climate Experiment](https://en.wikipedia.org/wiki/Gravity_Recovery_and_Climate_Experiment)
36. Спутниковые методы изучения Земли на примере системы GRACE [Электронный ресурс] : Москва, 2010. – Режим доступа: http://d33.infospace.ru/d33_conf/stroshkov
37. Стрелецкий, Д. А. Изменение несущей способности мерзлых грунтов в связи с потеплением климата на севере Западной Сибири / Д. А. Стрелецкий, Н. И. Шикломанов, В. И. Гребенец // Криосфера Земли. – 2012. – Т. 4, № 1, – С. 22-32.
38. ФГП Средней Сибири [Электронный ресурс] : Москва, 2001. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
39. Черняев, А. М. Вода России. Речные бассейны : учебник / А. М. Черняев. – Екатеринбург : Аква-Пресс, 2000. – 536 с.
40. Электронный учебник по статистике [Электронный ресурс] : Москва, 2012. – Режим доступа: <http://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm>

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт экологии и географии
Кафедра географии

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Г. Ю. Ямских
подпись инициалы, фамилия

«28» 06 2019 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

05.03.02 География

05.03.02.02 «Физическая география и ландшафтоведение»

Аномалии водной массы в Средней Сибири по данным дистанционного зондирования Земли

Научный
руководитель

 28.06.2019
подпись, дата

доц., канд. тех. наук
должность, учёная степень

С. Т. Им
инициалы, фамилия

Выпускник

 28.06.2019
подпись, дата

И. В. Комаров
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

 28.06.2019
подпись, дата

Д. М. Шлемберг
инициалы, фамилия

Красноярск 2019