



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра Информационных технологий и систем безопасности

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(Бакалавр)

**На тему Применение геоинформационных систем при организации работы
портовой инфраструктуры**

Исполнитель Костылева Виктория Игоревна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель

Коринец Екатерина Михайловна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

(подпись)

доктор технических наук
(ученая степень, ученое звание)

Бурлов Вячеслав Георгиевич
(фамилия, имя, отчество)

«__» _____ 2023 г.

Санкт-Петербург
2023

Оглавление

| | |
|--|-----------|
| Введение | 4 |
| I. ОБЗОР ПОРТОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ | 8 |
| 1.1 Общая характеристика портовой инфраструктуры Российской Федерации..... | 8 |
| 1.2 Инфраструктурное устройство Архангельского порта..... | 11 |
| 1.2.1 Речной транспорт | 16 |
| 1.2.2 Особенности гидрографии..... | 17 |
| II. АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ... 21 | 21 |
| 2.1 Понятие геоинформационной системы | 21 |
| 2.2 Источники данных для ГИС | 21 |
| 2.3 Как геоинформационные системы помогают управлять инфраструктурными объектами порта | 25 |
| III. РАЗРАБОТКА ГИС-ПРОГРАММЫ | 28 |
| 3.1 Осуществление промеров глубин морского порта..... | 28 |
| 3.2 Визуализация данных батиметрической съемки рельефа дна | 35 |
| 3.2.1 Визуализация данных батиметрической съемки рельефа дна в виде карты глубин | 40 |
| 3.2.2 Визуализация данных батиметрической съемки рельефа дна с географической картой | 41 |
| 3.2.3 Программа визуализации..... | 43 |
| 3.3 Техничко-экономическое обоснование проекта | 48 |
| 3.3.1 Расчет затрат на техническое обеспечение ГИС | 49 |
| 3.3.2 Расчет затрат на программное обеспечение ГИС | 49 |
| 3.3.3 Расчет внедрения инструментов MATLAB для анализа цифровой модели рельефа..... | 50 |

| | |
|--------------------------------|----|
| Заключение | 53 |
| Список источников | 55 |
| Приложение А | 60 |

Введение

Изучение морской среды, создание точных карт и навигационных приборов всегда являлось важной частью обеспечения безопасности и эффективности судоходства. Его развитие, как в методах плавания, так и в технологиях, на протяжении веков, отделяющих первые морские экспедиции от современных судов, привело к увеличению потребности в точном знании морской среды и более эффективной обработке данных о ней.

Масса информации, получаемой ежедневно, требует очень большого объема памяти. В качестве хранилища используется несколько типов носителей, наиболее известными из которых являются бумажные носители с графическим кодированием и память современных компьютеров.

Проблема накопления информации со временем частично решается благодаря постоянно возрастающей производительности носителей. Следом возникает проблема оптимального управления этой информацией: скорость исследования, обработки и анализа, обновления, создания новой информации, восстановления в различных формах - графической, числовой, буквенно-цифровой на различных устройствах.

Именно по этой причине человек создал различные компьютерные архитектуры хранения информации, а также все более сложные инструменты управления. Самые последние методы управления информацией реализуют экспертные системы с использованием различных инструментов. Эти структуры, применяемые к окружающей среде, называются географическими информационными системами, часто сокращенно ГИС.

Геоинформационные системы представляют собой оптимальную платформу для комплексных решений в сфере морского и речного транспорта. Технология ГИС предоставляет обширный функционал для совместной работы с разнообразными данными в единой информационной среде на основе географического местоположения объектов, явлений и событий.

Актуальность темы выпускной квалификационной работы обусловлена тем, что ГИС могут быть инструментом для управления портовой инфраструктуры любого типа с точки зрения ее пространственного местоположения. ГИС позволяют эффективно управлять портовыми объектами и ресурсами, такими как причалы, склады, грузоперевалочное оборудование, транспортные пути и т.д. Важной задачей является оптимизация портовых операций и улучшение их пропускной способности, что повышает конкурентоспособность порта на рынке.

Применение ГИС еще более актуально в контексте развития морской экономики и транспортной логистики, где порты играют ключевую роль в глобальной торговле и перевозках товаров.

Научная новизна исследования заключается в разработке геоинформационной программы для моделирования пространственных данных Архангельского порта, которая будет основана на программные обеспечения MATLAB. Это позволяет использовать ограниченный функционал для анализа географических данных, визуализации их в виде карт.

Цель данной выпускной квалификационной работы состоит в создании ГИС-программы, которая может улучшить организацию работы портовой инфраструктуры.

Для достижения поставленной цели требуется решить следующие задачи:

- проанализировать устройство инфраструктуры Архангельского порта для введения контекста территории;
- рассмотреть ГИС, применяемые в работе порта;
- использовать методы пространственного анализа для реализации программы;

- проанализировать, каким образом происходит получение пространственных данных;

- разработать рекомендации для совершенствования разработанной программы и ее возможного использования.

В процессе работы использовались методы анализа научной литературы, сбора и анализа данных о портовой инфраструктуре Архангельского порта, пространственного анализа, программирования, моделирования и статистического анализа данных.

Объект исследования – морской порт Архангельск.

Предмет исследования – разработка геоинформационной программы.

Разработанная программа может быть приложена для изучения различных территорий морских и речных бассейнов. В работе будут рассмотрены основные инструменты и методы ГИС, которые могут быть использованы для анализа множества данных, связанных с портовой инфраструктурой. Будет исследовано, как эти методы могут быть применены для планирования расположения порта, мониторинга и управления логистикой, отслеживания движения судов, управления экологическими рисками и анализа данных. Работа предназначена для компаний, занимающихся организацией портовой инфраструктуры, а также для специалистов, использующих ГИС в своей работе.

На защиту выносятся следующие положения:

В теоретической части работы изучены понятия, связанные с портом, его инфраструктурой, основное предназначение и технические возможности. Также представлены характеристики морского порта «Архангельск»

Во второй части работы рассмотрено понятие ГИС, источники данных для ГИС, а также как их можно применить в работе порта.

В третьей части, предложена программа на основе программного обеспечения MATLAB для портовой деятельности организации. Рассмотрены возможности и функционал программы. А также продемонстрирована ее работа.

I. ОБЗОР ПОРТОВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

1.1 Общая характеристика портовой инфраструктуры Российской Федерации

Портовая инфраструктура Российской Федерации характеризуется огромным потенциалом и высокой степенью развития. В России работают 67 портов в 5 морских бассейнах, расположенных на длинном побережье, согласно реестру морских портов. А также на территории РФ функционируют 117 речных портов. [1]

Крупные российские порты оснащены современным оборудованием и технологиями, обладают большими складскими площадями и способны принимать различные типы судов, в том числе крупнотоннажные суда. Большая часть объемов перевозок в России осуществляется морским транспортом, что обусловлено ее географическим положением.

Поскольку порт является важным рассматриваемый объектом, следует описать его значение и связанные с ним определения.

Порт — место для постройки, стоянки, снаряжения, загрузки и разгрузки или починки морских, или речных судов, укрытое от ветра, волнения, а также ледохода. Порты могут быть естественными, в заливах, устьях рек и других местах, защищенных от морского волнения, или искусственными, когда часть водной площади у берега ограждается от действия волнения или ветра искусственными сооружениями. [2]

Простая бухта, защищенная от ветров и волн, сама по себе не может квалифицироваться в качестве транспортного-логистического узла. Чтобы считаться портом, место должно быть обеспечено инфраструктурой.

Объекты инфраструктуры морского порта - здания, сооружения, суда, устройства и оборудование, расположенные на территории морского порта и используемые для осуществления деятельности в целях торгового мореплавания, в том числе для оказания услуг. [3]

Перечень объектов инфраструктуры портов утверждается уполномоченным федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере транспорта.

Морской терминал - совокупность объектов инфраструктуры морского порта, технологически связанных между собой и предназначенных и/или используемых для осуществления операций с грузами, в том числе для их перевалки, обслуживания судов, иных транспортных средств и/или обслуживания пассажиров.

Площадь порта состоит из водной и сухопутной частей – акватории и территории, соответственно. Акватория порта - это территория водной поверхности, где располагаются причалы, доки, морские и речные терминалы и другие соответствующие объекты. Эта зона может быть ограничена некоторыми навигационными знаками или оградами. Территория порта - это площадь на берегу, на которой расположены здания, склады, сооружения грузовых терминалов, автодороги, железнодорожные пути, аэропорты и другие сооружения.

Порты бывают морские и речные:

- Морские порты – обслуживают перевозки морскими судами, их функция заключается в обслуживании международного, транзитного и внутреннего морского транспорта, а также грузовых перевозок. При этом морские порты могут располагаться не только на морском побережье, но и в устьях рек на большом и малом расстояниях вверх по течению.

- Речные порты – обслуживают перевозки исключительно речным флотом по внутренним водным путям и связаны с морскими портами системой каналов и другими инженерными сооружениями.

Как сказано в статье 9 кодекса торгового мореплавания, под морским портом понимаются его территория и совокупность размещенных в границах

этой территории объектов инфраструктуры морского порта, используемых для осуществления деятельности в целях торгового мореплавания, в том числе для оказания услуг.

В статье 3 кодекса внутреннего водного транспорта сказано, что речной порт - комплекс сооружений, расположенных на земельном участке и акватории внутренних водных путей, обустроенных и оборудованных в целях обслуживания пассажиров и судов, погрузки, выгрузки, приема, хранения и выдачи грузов, взаимодействия с другими видами транспорта.

Морские и речные порты РФ являются государственной собственностью. При этом, функции по управлению собственностью выполняет ФГУП Росморпорт, структура филиалов которого показана на рисунке 1.

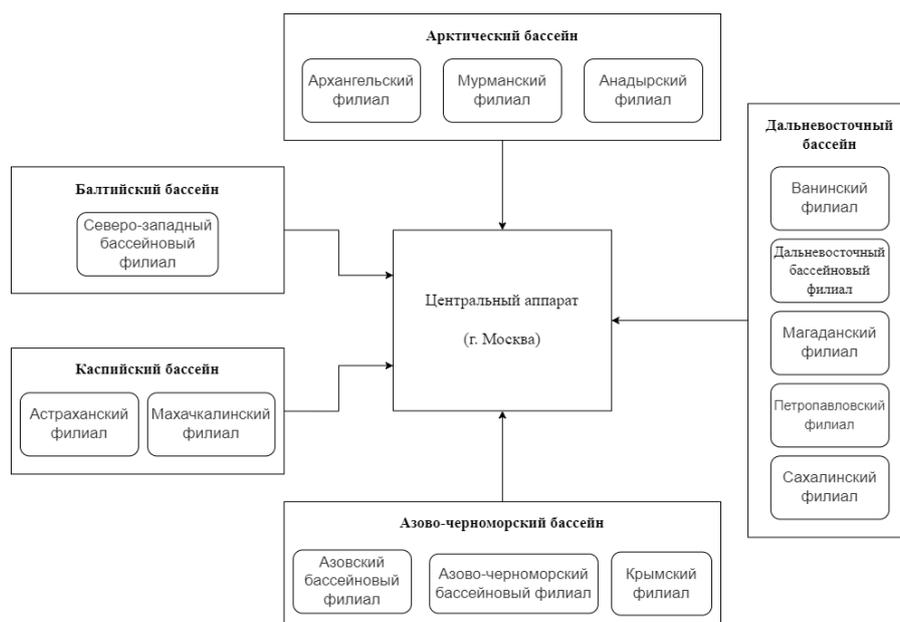


Рисунок 1. Структура филиалов ФГУП «Росморпорт»

Архангельский филиал (АФ) ФГУП «Росморпорт» выполняет функции по обеспечению судоходства в Белом море, Северному морскому пути и на заграничных линиях, также из Архангельска берут начало регулярные пассажирские линии до Мурманска, Диксона, Онеги, Мезени, Кандалакши и пунктов Новой Земли. [4]

1.2 Инфраструктурное устройство Архангельского порта

Морской порт «Архангельск» - это многопрофильное предприятие среднего размера по перевалке грузов. На данный момент порт Архангельск является внутренним портом, потому что размещается на значительном расстоянии от моря глубоководном участке Северной Двины. Он является крупнейшим на Белом море и имеет большое значение для экономики северного региона.

Архангельск расположен на северном побережье, в устье реки Северная Двина, в 50 км от Двинской губы Белого моря с координатами 64° 33' с.ш. 40° 31' в.д. На рисунке 2 представлена схема, на которой очерчено расположение территории и акватории порта.



Рисунок 2. Схема морского порта Архангельск

Территория Архангельского морского порта составляет: 65,86 га, а суммарная протяженность причалов: 1 626,80 м

Порт Архангельск — важнейший транспортный узел для снабжения арктических территорий: один из двух терминалов «Экономия» расположен

достаточно близко к морю — в 15 километрах, что позволяет продлить зимнюю навигацию.

Навигация в Архангельском морском порту круглогодичная. Капитаном морского порта Архангельск в зависимости от фактически складывающейся ледовой обстановки объявляется период ледокольных проводок и запрет на плавание судов не имеющих ледовых усилений. Разрешается самостоятельное плавание судов, имеющих класс не ниже Ice I, как правило с конца ноября до наступления тёплого сезона.

Технические возможности по перевалке негабаритных и тяжеловесных грузов позволяют осуществлять перевалку на терминале «Экономия» всех типов негабаритных грузов, доставляемых автомобильным, железнодорожным транспортом весом до 95 тонн, с учетом веса грузозахватных приспособлений и оснастки. Терминал «Экономия» принимает суда длиной 190 м., осадкой 9,2, м., дедвейтом до 30 тонн.



Рисунок 3. Терминал «Экономия»

Морской торговый порт состоит из двух удаленных друг от друга погрузочно-разгрузочных районов - Экономия и Бакарица. Район Бакарица расположен на левом берегу протоки Бакарица на расстоянии 36 миль от приемного буя. Он принимает к обработке суда с осадкой 7,5 м (на полную

воду) и длиной в летний период - до 135 м, в зимний период (при наличии устойчивого ледового канала) - до 165 м.

Рисунок 4. Расположение погрузочно-разгрузочных районов

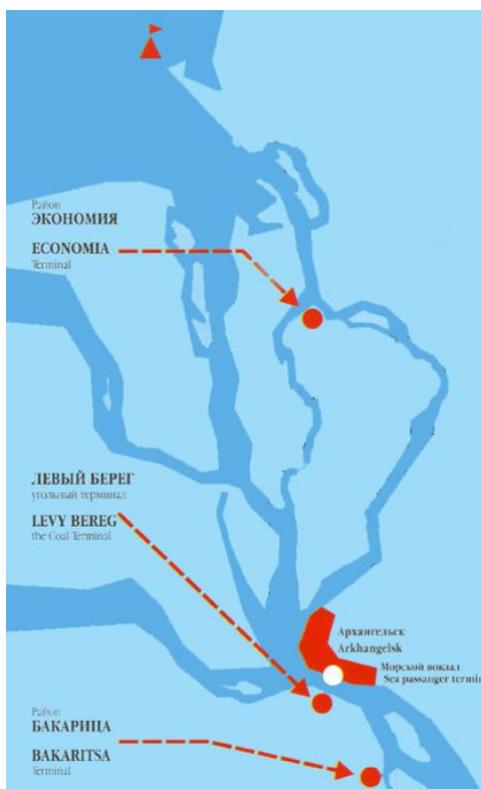


Таблица 1. Сравнение погрузочно-разгрузочных районов [7]

| | Терминал «Экономия» | Участок «Бакарица» |
|--|--|---|
| Расстояние до моря/ центра города | 15/25 км | 50/12 км |
| причалы | 7 | 3 |
| протяжённость | 1162 м | 464 м |
| Принимаемые суда: осадка | 9,2 м | 7,5 м |
| длина | 190 м | 135/ 165* м (*при установленном ледовом канале) |
| ширина | 30 м | 30 м |
| дедвейтом | 30 000 тн. | 7 500 тн. |
| Краны (причал/тыловые складские площади) | 13/3 портальных кранов г/п 10-40 тн. мобильный портовый кран «Liebherr LHM 420» г/п 124 тн. 1 тыловой контейнерный перегружатель г/п 30,5 тн. | 6/4 портальных кранов г/п 5-32 тн. |
| автомобильные краны | 3 ед. г/п 40 – 95 тн. | |
| малая механизация | 108 единиц грузоподъемностью от 1,5 до 45 тн. (в том числе 7 ричстакеров) | |

Типы судов, регулярно заходящих в Архангельск, включают генеральные грузы (38%), танкеры для нефтепродуктов (16%), нефтеналивные/химовозы (12%), грузовые/контейнеровозы (9%), ледоколы (5%) и другие различные водные транспортные средства. Производится

перевозка целлюлозы, картона, металлов, пиломатериалов; контейнеров, тяжеловесного оборудования и навалочных грузов. [6]

Таблица 2. Основные технические характеристики морского порта [7]

| | | |
|---|------------|--------------------------|
| Площадь территории морского порта | | 215,26 га |
| Площадь акватории морского порта | | 1 120 кв.км. |
| Количество причалов | | 74 ед. |
| Длина причального фронта морского порта | | 8 794,58 п. м |
| Пропускная способность грузовых терминалов | всего | 11 532,9 тыс. тонн в год |
| | наливные | 5 200 тыс. тонн в год |
| | сухие | 5 432,9 тыс. тонн в год |
| | контейнеры | 75 тыс. единиц ДФЭ в год |
| Максимальные габариты судов, заходящих в морской порт | по осадке | 9,2 м |
| | по длине | 190 м |
| | по ширине | 30 м |
| Площадь крытых складов | | 134,55 тыс. кв. м |
| Площадь открытых складов | | 502,74 тыс. кв. м |
| Емкости резервуаров для хранения нефти, нефтепродуктов, химических грузов, пищевых наливных грузов, зерновых грузов (тыс. тонн) | | отсутствуют |
| Навигация | | круглогодичная |

Порт обслуживается двумя железнодорожными станциями Северной железной дороги. Железнодорожные пути необщего пользования примыкают к станциям Соломбалка (терминал «Экономия») и Бакарица (участок «Бакарица»)

Ниже представлен список портов Арктического бассейна, расположенных в Белом море, с их основными характеристиками на 2022 год [8]. В таблице 2 приведено их сравнение, для лучшего понимания конкурентоспособности. Например, если порт предлагает более выгодные условия для загрузки и разгрузки, это может послужить примером и может заимствоваться для эксплуатации рассматриваемого порта.

Таблица 3. Список портов в Белом море

| Порт | Расположение | Площадь(акв +терр.),км ² | Пропускная способность грузовых терминалов всего (тыс. тонн в год) | Габариты судов дл/шир/осад), м | Кол-во причалов (протяжённость) | Кол-во стивидоров |
|----------------------------|---|-------------------------------------|--|--------------------------------|---------------------------------|-------------------|
| Архангельск ^[9] | гор. Архангельск Архангельская область | 1120 + 2,1526 | 11 772,9 | 190 / 30 / 9,2 | 75ед.(8884,14 м) | 26 |

| | | | | | | |
|----------------------------|--|-----------------|--------|-----------------|------------------|---|
| Витино ^[10] | Кандалакшский район Мурманская область | 11,59 + 0,1866 | 11 000 | 230/32,2 / 11,1 | 4 ед. (512 м) | 1 |
| Кандалакша ^[11] | гор. Кандалакша Мурманская область | 5,09 + 0,2544 | 1 500 | 200 / 33 / 9,8 | 5 ед. (584,45 м) | 1 |
| Мезень ^[12] | гор. Мезень Архангельская область | 191 + 1,91 | 132 | 120 / 20 / 4,2 | 3 ед. (215 м) | 3 |
| Онега ^[13] | гор. Онега Архангельская область | 845,59 + 0,0268 | 261,5 | 242/32,4 / 13,6 | 7 ед. (880 м) | 4 |

Пропускная способность грузовых терминалов является одной из важных характеристик для сравнения морских портов. Она определяет максимальное количество грузов, которое может обработать порт за определенный период времени. Это важно для оценки возможностей порта. Кроме того, пропускная способность может влиять на скорость обработки грузов и доставки их по назначению, что имеет важное значение для грузовладельцев и перевозчиков.

Пропускная способность и грузооборот морских портов тесно связаны друг с другом. Грузооборот морского порта - это совокупный объем грузов, которые обрабатываются в порту за определенный период времени. Чем выше грузооборот порта, тем больше грузов может обработать порт, имея высокую пропускную способность. Таким образом, пропускная способность грузовых терминалов напрямую влияет на грузооборот морского порта. [14, с.13].

В свою очередь, большой грузооборот может стимулировать инвестиции в порт для увеличения пропускной способности и улучшения его технологических возможностей.

Таблица 3. Грузооборот портов 2012—2021 (тыс. т)

| 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 5154 ^[15] | 4415,4 ^[15] | ~4200 ^[16] | ~3800 ^[17] | ~2600 ^[18] | ~23983 ^[19] | 2770 ^[19] | 2687 ^[20] | 3300 ^[21] | 3200 ^[22] |

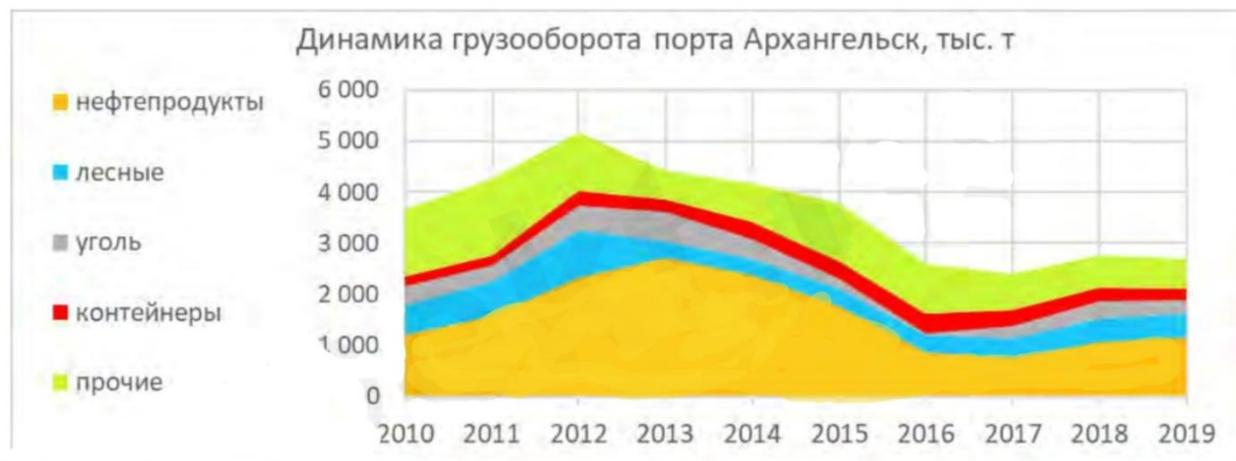


Рисунок 5. Динамика грузооборота по видам перевозок [23, с.10].

Грузооборот порта Архангельск снижается. Изменения – в основном за счет перевалки нефтепродуктов на терминале «Роснефти». [23, с.10].

1.2.1 Речной транспорт

Речной транспорт является составной частью транспортного комплекса Архангельской области и обеспечивает региональные перевозки грузов и пассажиров по внутренним водным путям. На речных акваториях, прилегающих к Архангельску, расположены причалы морского торгового, речного, лесного и рыбного портов, нефтяных терминалов, морского и речного пассажирского вокзала, предприятий лесобработывающей, целлюлозно-бумажной, судоремонтной, рыбной и другой промышленности. Всего насчитывается 76 работающих причалов, осуществляющих переработку груза в каботажном и экспортном направлениях.

Протяженность внутренних водных путей на территории Архангельской области составляет 3406 км, в том числе с гарантированными глубинами - 1949 км, что означает, что эти водные пути имеют достаточную глубину для безопасного движения судов определенного размера и веса, из них со светоотражающей навигационной обстановкой, включающие в себя различные световые маяки, фары, буи и другие устройства, которые помогают

судьям и капитанам ориентироваться в условиях низкой видимости или тумана. — 1469 км.

В состав флота ОАО «Северное речное пароходство» входят речные самоходные, несамоходные, вспомогательные, стоечные суда и плавучая перегрузочная техника, а также самоходные сухогрузные, буксирные и суда типа «река-море». [24]

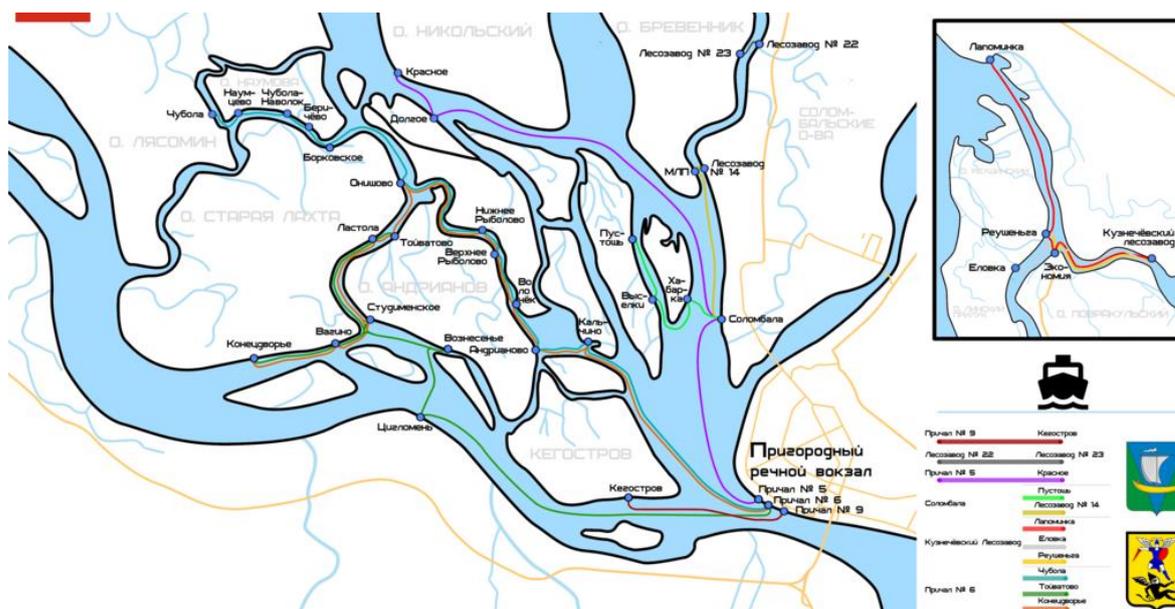


Рисунок 6. Схема паромных маршрутов

С учетом русловых дефиниций картографирование водных путей становится очень важным предметом для безопасности судоходства и планировании паромных маршрутов и т.п. ГИС позволяют создавать цифровые карты внутренних водных путей с высокой точностью и детализацией. Это может включать данные о глубинах, течениях, геометрии водных путей, гидрографии и другие характеристики.

1.2.2 Особенности гидрографии

Северная Двина - это судоходная река, находится на севере Европейской части страны, протекающая в Вологодской и, большей частью, в Архангельской области. Ее длина составляет около 744 км. Река впадает в Белое море на территории Архангельской области.

Многорукавная дельта имеет классическую форму равнобедренного треугольника с основанием, равным 45 км. Площадь дельты 900 км², на долю суши приходится около 55% общей площади. Площадь устьевого взморья в пределах относительно мелководной прибрежной зоны (до изобаты 10 м) – 350 км². Ширина этой зоны составляет около 10 км. За пределами устьевого взморья находится глубоководная часть Двинского залива. [25, с.102]

Основу гидрографической сети дельты составляют три рукава: Никольский, Мурманский и Корабельный, отходящие от вершины дельты и непосредственно впадающие в море. При впадении в море рукава имеют типичное эстуаровидное расширение русла, именуемое «устьем».

Никольский рукав при впадении формирует основное Пудожемское устье и небольшое, самое западное Никольское устье. Мурманский рукав выходит в море двумя устьями – главным Мурманским и малым Поганым. Корабельный рукав после слияния с главными протоками дельты – Кузнечихой и Маймаксой – формирует самое широкое в дельте Корабельное устье. [25, с.103]

Длина Никольского рукава дельты около 40 км, средняя ширина – 1,5–2 км. Верхняя часть рукава протяженностью 12 км используется для морского судоходства на участке Архангельск–Лайский док. Мурманский рукав имеет длину около 30 км, ширину 1–2 км, вблизи моря до 5–7 км, на устьевом створе – 1,5 км; глубина рукава – 5–18 м. Рукав используется для судоходства на всем протяжении. Корабельный рукав начинается у г.Архангельска и имеет протяженность около 35 км. В 2 км от его истока ответвляется один из двух основных протоков дельты – Кузнечиха. Второй основной проток дельты – Маймакса отделяется от Корабельного рукава в 8 км от истока и впадает снова в него на 23 км, приняв справа проток Кузнечиху. Русло протока на всем протяжении глубоководное (8–10 м). По этому протоку проходит главный судовой ход Архангельского морского порта. [25, с.104]

Проток Кузнечиха имеет длину 25 км, ширину русла 300–500 м. Верхний участок протока мелководен и используется только для речного судоходства.

В месте слияния протока Кузнечиха с Маймаксой находится район Архангельского морского порта – порт Экономия.

Схематичное изображение дельты представлено на рисунке 6.

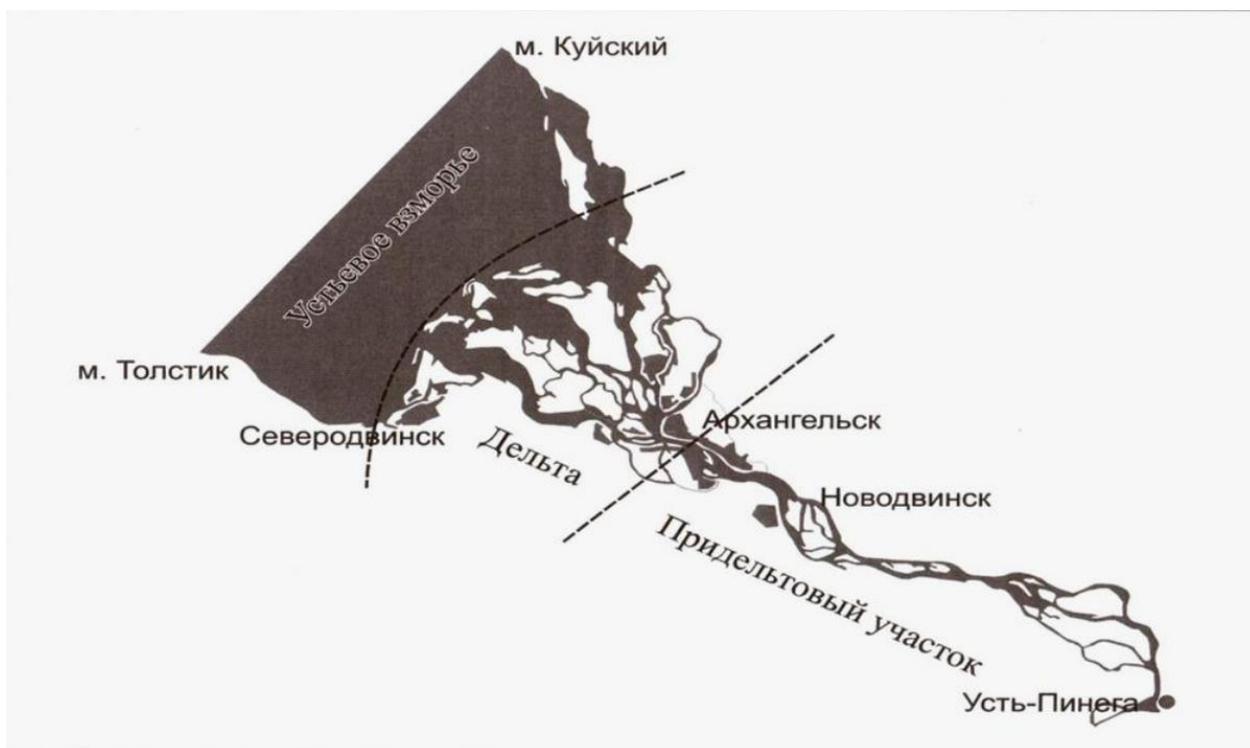


Рисунок 7. Устьевая область реки Северная Двина

Три крупных рукава сливаются ниже, формируя слабоизвилистое, разветвленное главное русло. Ширина главного русла устьевое участка реки 500-800 м, вблизи вершины дельты 600-1200 м. Наибольшая ширина русла в конце придельтового участка реки достигает 1,8-2,5 км

В приустьевой зоне дельты р. Сев. Двины в пойме реки, находятся крупные острова. Острова дельты испытывают устойчивое воздействие морских солёных вод во время штормов, нагонов воды, а также морских приливов.

Происходит коагуляция взвесей и тонкодисперсных частиц, а на речном дне быстро образуются вязкий коллоидный наилок. Его масса настолько значительная, что за несколько лет в приморской зоне дельты формируются новые острова, а судоходство здесь затрудняется, поскольку конфигурация береговой линии подобных островов постоянно изменяется.

Почва дельты северной Двины характеризуется как болотистая почва, состоящая из торфа, глины и песка. Она образуется на местности, где реки наносят множество отложений и заиленных частей, которые со временем преобразуются в торф. Эта почва богата органическими веществами, но имеет низкую питательность.

При картировании почвенного покрова дельта реки Сев. Двины разделена нами на три зоны: первая – приморская, вторая – приморско-аллювиальная и третья – аллювиальная, почти не испытывающая воздействия солёных морских вод. Например, в пределах приморских крупных островов Лайда и Голец отмечены характерные дюнные формы рельефа - высотой 8-10 м над у.м., с подзолами иллювиальножелезистыми. [26, с.58]

II. АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

2.1 Понятие геоинформационной системы

Географическая информационная система – это совокупность технических, программных и информационных средств, обеспечивающих ввод, хранение, обработку, математико - картографическое моделирование и образное интегрированное представление географических и соотнесенных с ними атрибутивных данных для решения проблем территориального планирования и управления. [27]

ГИС может выступать как, программное приложение, которое предоставляет возможность представлять и анализировать пространственные и географические данные, такие как цифровые карты или геолокализованные данные. ГИС соединяет данные с картой, интегрируя данные о местоположении со всеми типами описательной информации.

Это создает основу для картографирования и анализа, которая используется в научных целях и применяется для практических целей во многих отраслях, в том числе в портовом хозяйстве. ГИС можно использовать как для работы с малым количеством данных, так и для управления сложными проектами, в которых участвуют несколько десятков источников информации.

2.2 Источники данных для ГИС

Существует множество источников данных для геоинформационных систем. Это могут быть спутники и аэрофотосъемки, различные методы дистанционного зондирования Земли или топографические работы, проводимые государственными органами или частными компаниями.

Два основных метода получения данных, по которым строятся батиметрические цифровые модели рельефа: эхолотирование и спутниковая альтиметрия. При этом, доступны два вида акустических данных: данные однолучевой съемки по профилям и двумерные данные многолучевых съемок.

Гидрографические работы - это комплекс исследовательских работ, проводимый для получения параметров водных объектах, сбора данных об их рельефе и водной поверхности.

Гидрографические работы включают в себя: съёмку рельефа дна, гидрографическое траление, грунтовую съёмку, топографическую съёмку береговой полосы, сбор сведений для лоций, а также сопровождающие их работы по сгущению геодезической основы и уровенные наблюдения. [28]

Основными методами картографирования являются: методы полевых исследований, экспериментальных исследований, статистический и теоретические.



Рисунок 8. Методы и виды гидрографических работ

Для обследования, мониторинга морского дна используются гидроакустические средств (ГАС). Это, например, однолучевые эхолоты (ОЛЭ), многолучевые эхолоты (МЛЭ), гидролокаторы бокового обзора (ГБО), сканирующий гидролокатор, многоканальные эхолоты (эхотралы), акустический профилограф. Такие эхолоты передают звуковые импульсы в воду и обрабатывают эхо-сигналы, отраженные от земной поверхности (рисунок 9).

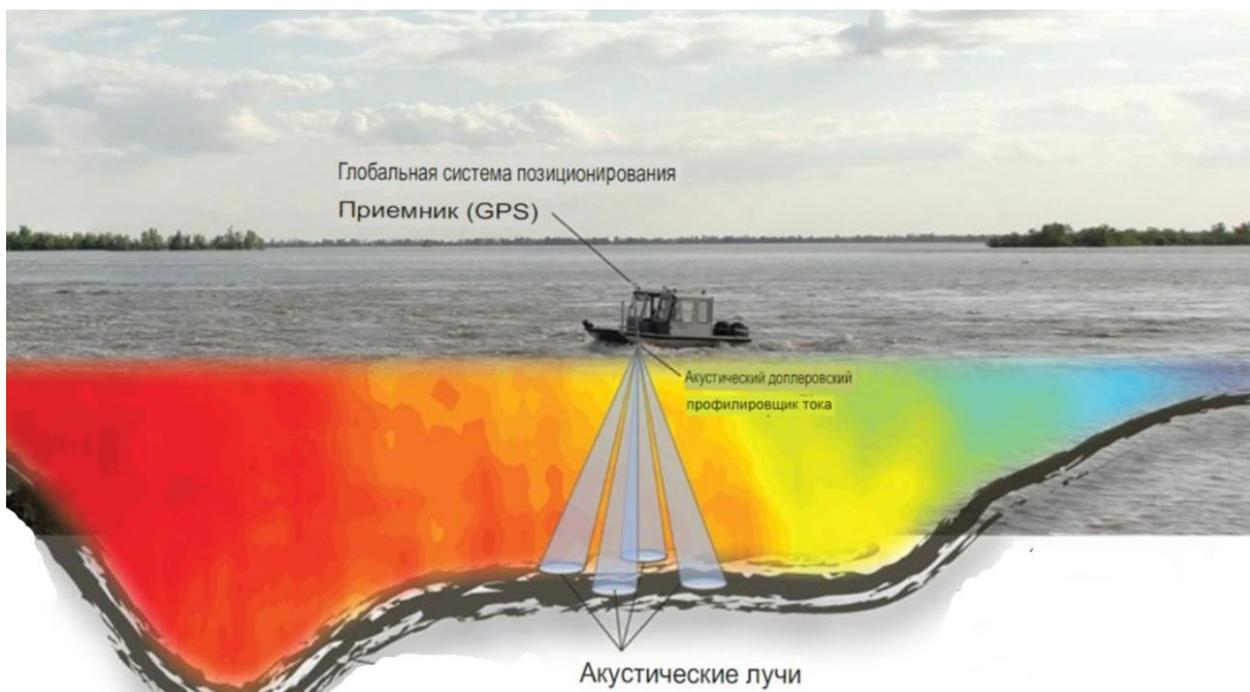


Рисунок 9. Схема судна, производящего измерения

В частности, для выполнения соответствующих работ Архангельский филиал располагает необходимым оборудованием и техническими средствами:

- гидрографическим судном «Тайфон», оборудованным: автоматизированным гидрографическим комплексом на базе многолучевого эхолота Kongsberg EM3002;

б) GPS приемником Septentrio AsteRx-U MARINE;

в) однолучевым эхолотом Odom Echotrac CV300: маломерным катером «Алькор», оборудованным:

а) автоматизированным гидрографическим комплексом на базе многолучевого эхолота Kongsberg EM3002;

б) GPS приемником Septentrio AsteRx-U MARINE;

в) однолучевым эхолотом Odom Echotrac CV300. [29]

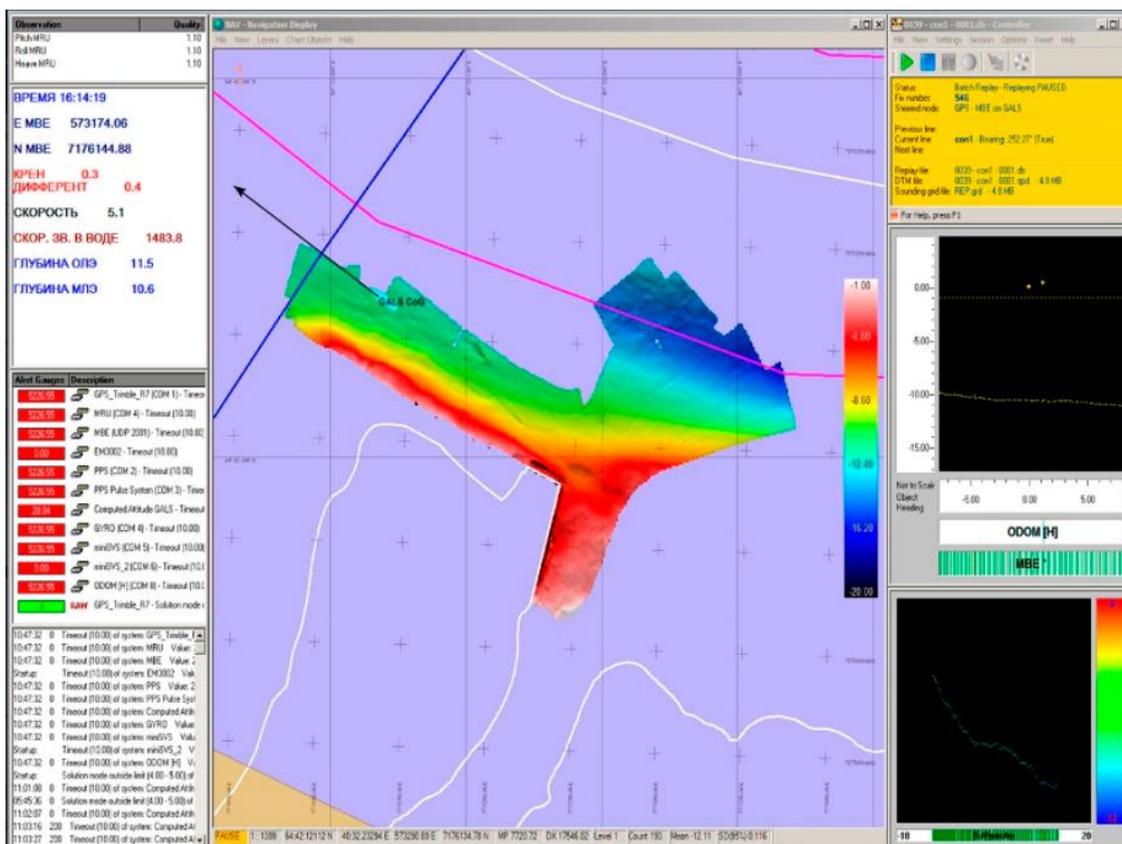


Рисунок 10. Пример дисплея гидрографа [29]

Данными приборами Архангельский филиал на договорной основе в акваториях морских портов Архангельск, выполняет следующие виды работ:

- топосъемку береговой линии;
- детальную съемку рельефа дна способом площадного обследования;
- детальную съемку рельефа дна способом промера;
- обеспечение плановой и высотной привязки различных стационарных береговых объектов, используемых для навигационно-гидрографического обеспечения мореплавания.

Материалы съемок пригодны для корректуры морских навигационных карт, руководств и пособий для плавания, планирования дноуглубительных работ. Обработка материалов производится программным обеспечением QINSY и HYDRACK. [29]

2.3 Как геоинформационные системы помогают управлять инфраструктурными объектами порта

Технологии геоинформационных систем широко применяются для всестороннего изучения мирового океана и его дна. При этом, ГИС используются в прикладных видах деятельности, таких как сфера водного транспорта и морской навигации. Одним из наиболее востребованных направлений использования ГИС является организация работы морского порта и его окрестностей.

Геоинформационные системы могут быть полезными инструментами в следующем:

- Маршрутизация судов, обработка грузов и другие действия в морском порту могут быть оптимизированы с помощью ГИС. Затраты, задержки и общая эффективность могут быть улучшены в результате этого процесса;

- Принятие решений: ГИС можно использовать для анализа данных о движении судов, перемещении грузов и других операциях, связанных с морским портом, что приводит к улучшению процесса принятия решений. Это может дать полезную информацию о моделях и тенденциях;

- Обеспечение и повышение безопасности: ГИС можно использовать для отслеживания и мониторинга движения судов для избегания столкновений, определения опасных зон и создания планов по снижению рисков. Это может способствовать повышению безопасности и защищенности в районе морского порта;

- Наблюдение за окружающей средой: окружающая среда морского порта зависит от отслеживания и мониторинга изменений в землепользовании, качестве воды и воздуха. Эти данные можно использовать для точного определения проблемных областей и создания планов по устранению любых неблагоприятных воздействий на окружающую среду;

- Улучшение сотрудничества и коммуникации: с помощью ГИС можно обмениваться данными между многими заинтересованными сторонами в

районе гавани, включая судоходные корпорации, портовые власти и местные органы власти. Этот процесс облегчит сотрудничество и общение этих заинтересованных сторон, что может привести к более эффективному принятию решений и решению проблем;

- Расширенная визуализация стала возможной благодаря ГИС, которая дает пользователям визуальное представление данных на основе карты. Это позволяет пользователям легко выявлять закономерности, тенденции и связи, которые было бы сложно найти с помощью более традиционных методов;

- Геопространственные информационные панели в различных измерениях: статус участка/клиенты/время помогают в стратегическом и оперативном планировании управления арендой/арендой портовой собственности, геозонированием, геоотслеживанием и информацией/анализом/аналитикой на основе местоположения;

- Отслеживание важных данных: ГИС в морских портах помогает отслеживать местоположение контейнера в порту, данные о перевалке на карте и обновлять время в пути, планировать маршрут для транспортных средств внутри порта и отслеживать их на карте;

- Упростить планирование логистики: предоставление более точной информации клиентам; отображение информации о доставке на карте мира;

- Интермодальные перевозки в портах, например, для контейнеров, требующих различных видов транспорта (суда/корабли, грузовики и железная дорога), могут быть показаны на карте вместе с информацией о вспомогательной инфраструктуре, железных дорогах и дорожной сети, включая информацию о пробках, и т. д. Можно планировать меры по повышению эффективности и прогнозирующие интеллектуальные меры, выполняя их пространственно-временной анализ;

- Отслеживание и отображение глубины воды очень полезно для управления портом, поскольку оно гарантирует, что необходимые дноуглубительные работы выполняются на регулярной основе или по мере необходимости для поддержания уровней глубины для безопасного движения

судов и швартовки в портах. Принятию прогнозирующих решений способствуют регулярные оценки глубины и оценки отдельных судов, а также решения по дноуглублению, основанные на пространственно-временном анализе (предыдущие данные) и данных о потоках воды;

ГИС стала почти необходимостью для каждой компании в наше время как эффективная система поддержки принятия решений и является частью процесса цифровой трансформации ввиду огромных преимуществ, которые она предлагает пользователям и лицам, принимающим решения в каждой фирме. [30]

III. РАЗРАБОТКА ГИС-ПРОГРАММЫ

3.1 Осуществление промеров глубин морского порта

Для предупреждения возникающих опасностей, а также контроля и приемки ремонтно - дноуглубительных работ Архангельский морской порт проводит контрольный замер глубин, так как важнейшим показателем безопасности плавания и стоянки судов в порту является глубина на фарватерах, якорных стоянках и у причалов.

На законодательном уровне порядок промеров глубин на акватории порта и у причальных сооружений носит рекомендательный, то есть не обязательный характер. Это следует из первого пункта РД31.74.04-2002 «Технология промерных работ при производстве дноуглубительных работ и при контроле глубин для безопасности плавания судов в морских портах».

При этом, существует внутренний документ, регламентирующий порядок выполнения работ: «стандарт организации выполнение дноуглубительных работ в морских портах и на подходах к ним - СтО 14649425-0005-2019»

Система координат WGS-84 прямоугольная проекция UTM North зона №37(UTM 37N). Глубины в метрах приведены к «0» порта Архангельск («0» 1881 г.).

Работы ведутся по Московскому времени (GMT+03). В процессе производства работ локальное время рабочих станций корректируются по данным спутниковой навигационной системы GPS.

Съемка рельефа дна многолучевым эхолотом производится с борта гидрографического судна. Максимальная скорость судна не превышает 5-7 узлов. Работы выполняются в штиль.

В процессе съемки расположение галсов площадного обследования выбиралось таким образом, чтобы центральный луч каждого последующего галса проходил по краю полосы отснятой предыдущим галсом с учетом отбраковки крайних лучей. Таким образом, получено 100% покрытие

заданных районов. Запись данных ведется непрерывно с максимальной частотой (около 20 Гц в зависимости от глубины). Направление галсов выбиралось параллельно кордонам обследуемых причалов.

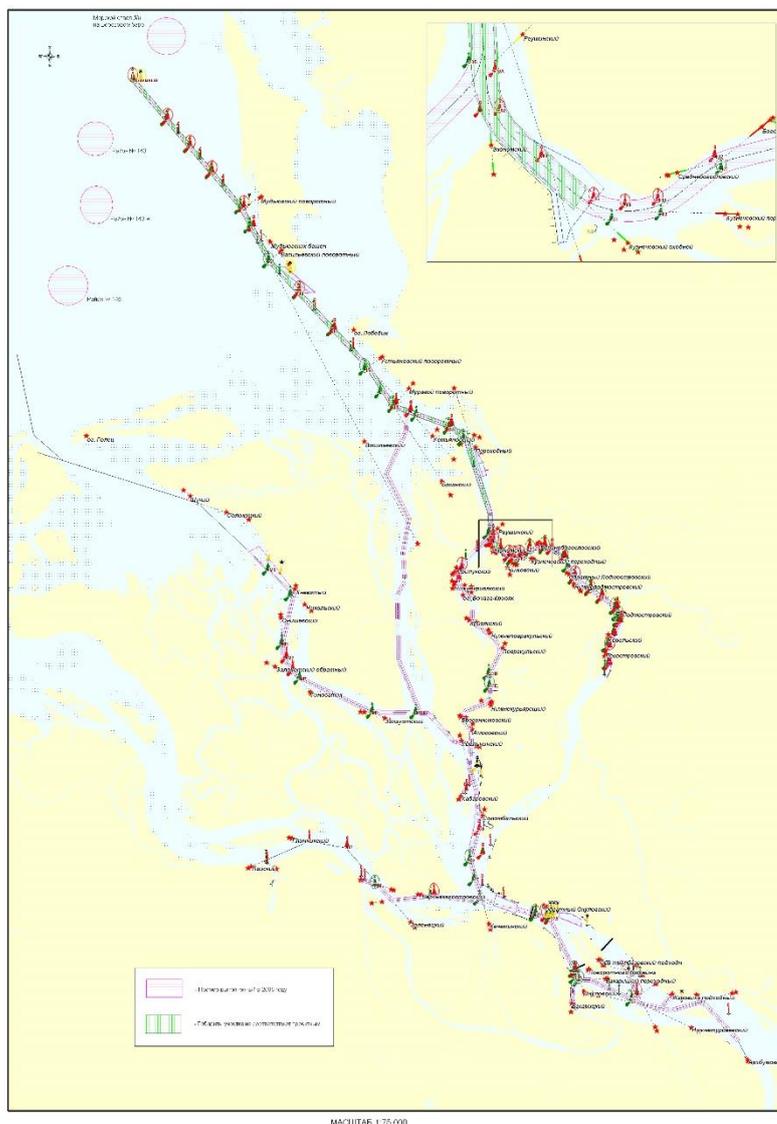


Рисунок 11. Схемы промеров в морском порту Архангельск

При выполнении съемки в режиме реального времени, систематические ошибки ROLL (наклон гидроакустической антенны в поперечной плоскости судна), были учтены на основе результатов проверочного тестирования эхолота, а также PITCH (наклон гидроакустической антенны в продольной плоскости судна) и HEADING (разворот гидроакустической антенны вокруг вертикальной оси). С помощью датчика динамических перемещений учитывались мгновенные углы крена, дифферента и рыскания судна с точностью 0.01° и вертикальные перемещения судна с точностью 0.01 м. Курс

судна прокладывался с помощью многоканального DGPS – курс указателя. Данные записывались на жесткий диск компьютера с последующим дублированием информации на съемный жесткий диск.

Определение места судна и приведение глубин к нулю выполнялось с помощью DGPS приемника в режиме RTK по сигналам другого приемника, установленного в режиме базовой станции на пункте.

Измерение скорости распространения звука в воде с помощью измерителя проводится перед съемкой рельефа дна во время подготовительных работ. Измерения выполняются в точках с наибольшей известной глубиной. Полученные профили скорости распространения звука в воде используется в реальном времени для коррекции измеряемой глубины.

Сбор данных, навигация гидрографического судна и ввод поправок в реальном времени произведены с помощью программного обеспечения (ПО) «QINSy». В ПО «QINSy» вводятся следующие поправки:

- поправка за отклонение действительной вертикальной скорости звука в воде от расчетной;
- поправка за углубление вибратора;
- поправки ROLL (наклон гидроакустической антенны в поперечной плоскости судна);
- PITCH (наклон гидроакустической антенны в продольной плоскости судна);
- YAW (разворот гидроакустической антенны вокруг вертикальной оси);
- поправка HEAVE (вертикальное перемещение судна).

Графическая информация при производстве площадного обследования разделялась на два монитора:

- экран рулевого (отображение места судна относительно района работ, информация о перекрытие смежных полос обследования, данные о текущей глубине и т.д.);

- экран оператора – гидрографа (трехмерное изображение рельефа дна, информация со всех датчиков, данные о введенной скорости звука, развертка по лучам и т.д.).

Сбор данных о глубине, позиции, навигация, и получение поправок уточненной позиции в реальном времени осуществляется с помощью программного обеспечения (ПО) «QINSY».

Обработка материалов съемки рельефа дна произведена поэтапно. Камеральная обработка производилась в офисе предприятия с использованием лицензированного прикладного ПО.

Процесс редактирования данных разделялся на следующие этапы:

- предварительная оценка качества съемки, оценка полноты произведенных исследований;

- просмотр данных, поиск отличительных глубин и навигационных опасностей;

- редактирование данных систем определения места (устранение выбросов, исправление временной задержки при ее наличии);

- ввод суммарных поправок в измеренные глубины;

- редактирование профилей глубин и массивов данных эхолота, устранение одиночных выбросов, фильтрация глубин по априорным значениям максимума и минимума;

- проверка обработки материалов проведена во вторую руку, выборочно, не менее 20% от общего массива данных. Сомнительные места проверялись повторной их обработкой от «сырых» данных.

- Проверка проводилась по следующим позициям:

- правильность введения поправок в измеренные глубины;

- наличие пропущенных выбросов и шумов;

- другие позиции, обусловленные местными условиями в районах работ.

При редактировании данных многолучевого эхолота использовано следующее программное обеспечение:

- «QINSy» (Нидерланды) – предварительная фильтрация глубин по крайним лучам, учёт угловых поправок, ввод поправок за заглубление гидроакустической антенны эхолота, за уровень моря, за скорость распространения звука в воде, контроль калибровочных элементов и т.д.;

- «Qloud» (Нидерланды) – чистовая обработка данных, определение линейных характеристик обнаруженных объектов;

- «HyPack» (США) – камеральная обработка данных.

В процессе редактирования получаются файлы глубин с дискретностью 0.5 м по минимальным значениям.

После получения массива отредактированных данных произведена заключительная оценка качества съемки по следующим критериям:

- соответствие объема выполненных работ заданию на съемку и требованиям руководящих документов;

- соответствие геоморфологических представлений о рельефе дна действительному распределению глубин;

- полнота обследования отличительных глубин, а также района в целом;

- сличение глубин в зоне перекрытия галсов основного покрытия и контрольных галсов;

- сличение глубин контрольных галсов с глубинами основной съемки;

- для сличения выбирались участки дна без резкого изменения характера рельефа;

- сличение глубин с данными прошлых лет.

Выборка значений глубины из общего массива данных съемки производится для последующего нанесения результатов работ на отчетные планшеты. При сортировке задается радиус, исходя из масштаба отчетного планшета 1:2000– через 10 м (5-6 мм между значениями глубин). Выборка произведена с приоритетом минимальных глубин. Округление глубин произведено в соответствии со ст. 6.19.12 ПГС №4, ч. 2: глубины до 10 м до 0.1 м путем отбрасывания сотых метра, глубины от 10 м до 30 м включительно – до четного дециметра в сторону уменьшения глубин.

Вычерчивание изобат производится с использованием файла отсортированных глубин. Построение изобат произведено с помощью ПО «HyPack» модулем «TIN Model». Изобаты построены с постоянным сечением 1 м. Построение изобат произведено в соответствии с алгоритмом, заложенным в программу обработки данных съемки. Корректировка изобат произведена в чертежном приложении «AutoCAD». Построенные изобаты удовлетворяют требованиям п.п. 6.19.17, 6.19.18 ПГС №4, ч. 2.

Отчетные планшеты составлены в чертежном приложении «AutoCAD». Для перевода данных в графический формат выполнен экспорт данных из программы обработки данных «HyPack» в обменный формат *.DXF.

Экспортированы следующие данные:

- значения глубин;
- изобаты;
- дополнительные материалы.
- На отчетных планшетах нанесена следующая информация:
- рамка и картографическая сетка;
- глубины;
- изобаты;
- плавучие СНО;
- линии створов и бровок каналов.

Планшеты имеют зарамочное и внутрирамочное оформление. Глубины нанесены на планшеты через 5-6 мм. Основание цифр параллельно южной рамке планшетов.

Место глубины приходится на центр прямоугольника, описанного около цифр целых метров. Вся дополнительная информация расположена таким образом, чтобы не закрывать глубины и не перегружать чертеж.

Контроль правильности построения отчетных планшетов произведен по следующим параметрам:

- проверка обоснованности выбора и правильности использования исходных данных для вычисления поправок к навигационным параметрам и глубинам;
- проверка разбивки и оцифровки рамок планшетов;
- проверка правильности вычерчивания изобат, особенно на краях массива данных;
- проверка правильности надписей зарамочного оформления, географических названий и содержания примечаний;
- проверка правильности условных обозначений и читаемости всей нагрузки планшета.

В дальнейшем планшет направляется в лоцманскую службу и Капитану морского порта Архангельск для предоставления достоверных данных о состоянии судоходных объектов на акватории порта Архангельск.

Обобщая вышесказанное, промеры глубин осуществляются посредством батиметрической съемки, результатом которой, является массив чисел: координаты точек измерения и соответствующие им значения глубины, например, в формате .XYZ. Далее происходит обработка данного массива точек для последующего формирования карты рельефа дна. Данный алгоритм батиметрии показан на рисунке 12.



Рисунок 12. Алгоритм использования данных [31, 32, 33]

Современные порты признают ценность своей информации. Чтобы процветать, современным портам необходимо обмениваться информацией и создавать условия для сотрудничества внутри организации и среди

заинтересованных сторон. Таким образом, эффективная платформа для обмена информацией является краеугольным камнем модернизированной портовой среды.

3.2 Визуализация данных батиметрической съемки рельефа дна

GEBCO предоставляет достоверные общедоступные батиметрические данные Мирового океана. Он работает благодаря Международной гидрографической организации (МГО) и Межправительственной океанографической комиссии (МОК-ЮНЕСКО).

Знание глубины и формы дна имеет основополагающее значение для понимания подводных геологических опасностей, строительства и обслуживания инфраструктуры, прокладки кабелей и трубопроводов и многого другого.

Текущий набор батиметрических данных GEBCO с координатной сеткой, GEBCO_2022 Grid, представляет собой глобальную модель рельефа океана и суши, предоставляющую данные о высоте в метрах на сетке с интервалом 15 угловых секунд. Он сопровождается сеткой идентификатора типа (TID), которая предоставляет информацию о типах исходных данных, на которых основана сетка GEBCO_2022.

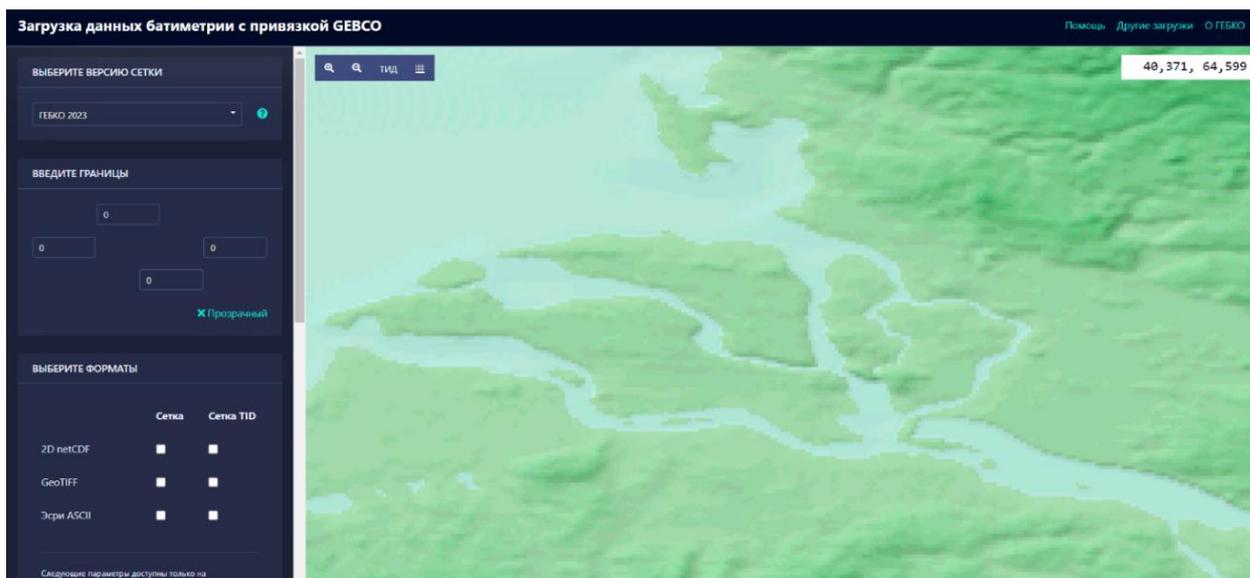


Рисунок 13. Страница сайта с выбранным участком [34]

Преимущества использования MatLab в построении карт глубин заключаются в следующем:

1. Обработка данных: MatLab предоставляет множество инструментов для обработки данных, которые помогут обработать большие объемы данных о глубинах и привести их в форму, пригодную для построения карт.

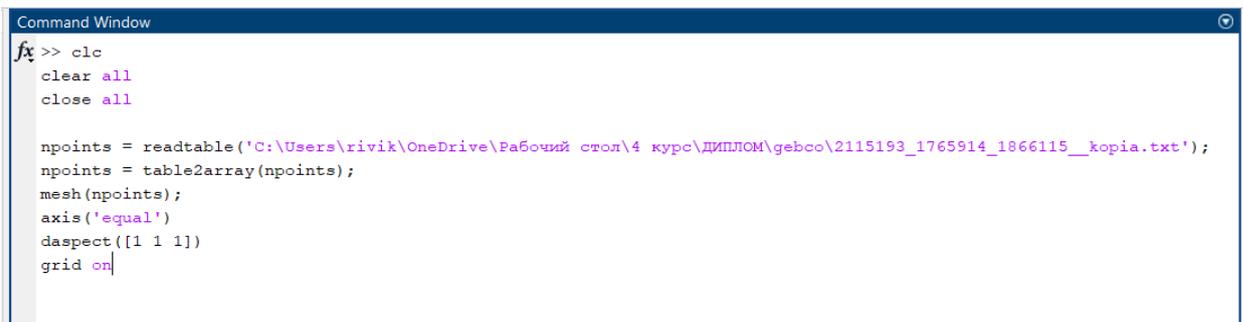
2. Эффективная визуализация данных: MatLab имеет мощные инструменты для графического представления данных, включая построение 3D-карт и графиков. Благодаря этому можно создавать подробные и наглядные карты с высокой степенью детализации.

3. Разнообразные способы отображения: MatLab предлагает гибкий подход к отображению данных. Вы можете настроить цветовую карту, подписи осей, легенды и многие другие параметры, чтобы сделать карту удобной для чтения и понимания.

4. Интеграция с дополнительными инструментами: MatLab совместим с множеством сторонних инструментов, которые могут быть использованы для получения дополнительных данных о глубинах, таких как батиметрические карты и данные акустических съемок. Это помогает обеспечить большую степень точности и детализации в построении карт глубин.

5. Высокая скорость работы: MatLab обеспечивает высокую скорость работы с данными, особенно когда используются специализированные инструкции для обработки больших массивов числовых данных. Это позволяет быстро генерировать и визуализировать карты глубин, что делает процесс более эффективным.

В целом, использование MatLab для построения карт глубин может помочь получить точные и детальные карты, сделав процесс обработки данных более эффективным и удобным.



```
Command Window
fx >> clc
clear all
close all

npoints = readtable('C:\Users\rivik\OneDrive\Рабочий стол\4 курс\ДИПЛОМ\gebco\2115193_1765914_1866115__kopia.txt');
npoints = table2array(npoints);
mesh(npoints);
axis('equal')
daspect([1 1 1])
grid on
```

Рисунок 14. Листинг кода Matlab

Данный код в среде MATLAB считывает текстовый файл, содержащий набор точек, и создает сетчатый график данных следующим образом:

- очищает окно команд, закрывает все графические окна и удаляет все переменные из рабочего пространства с помощью функций «clc», «clear all» и «close all»;
- записывает данные из файла, указанного в строке адреса в переменную «npoints» с помощью функции «readtable»;
- преобразует таблицу «npoints» в массив с помощью «table2array»;
- выводит «mesh» - трехмерную поверхность, состоящую из множества соединенных между собой полигонов с координатами из «npoints»;
- устанавливает равные масштабы по осям с помощью функции «axis('equal')»;
- устанавливает равный масштаб по всем осям с помощью функции «daspect([1, 1, 1])»;
- включает сетку для лучшей визуализации с помощью «grid on». [35]

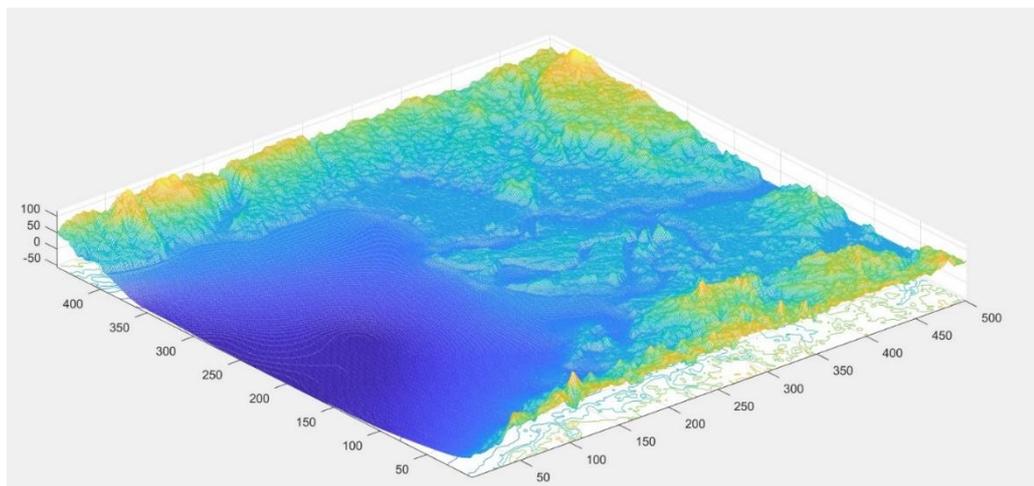


Рисунок 15. Визуализация по точкам в среде Matlab – вид сверху

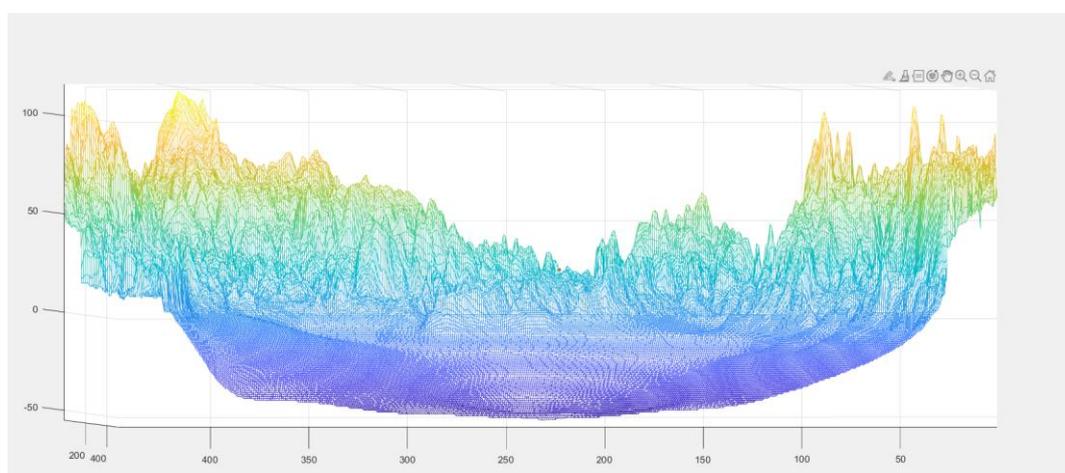


Рисунок 16. Визуализация по точкам в среде Matlab – разрез

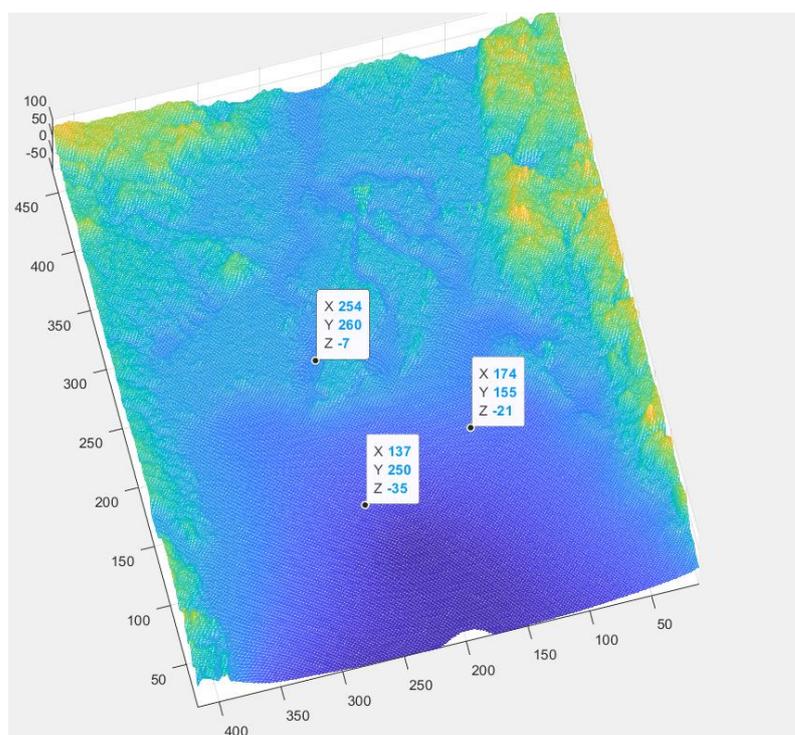


Рисунок 17. Точки

На рисунке 17 точки обозначают: верхнее число x число — восточная координата, нижу северная координата и глубина со знаком минус.

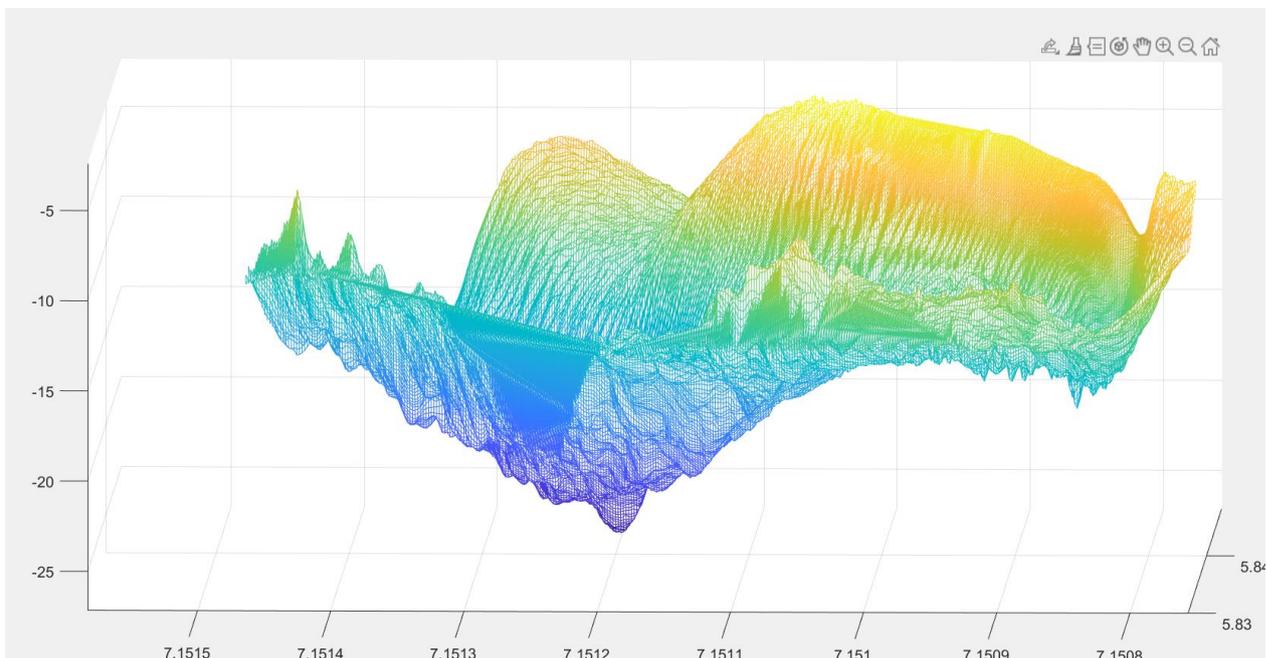


Рисунок 18. Модель участка рельефа дна

Также стоит отметить возможность построения двумерных планов высот с заданным шагом в среде MATLAB, что продемонстрировано на рисунках 18. Шаг составил 1 метр.

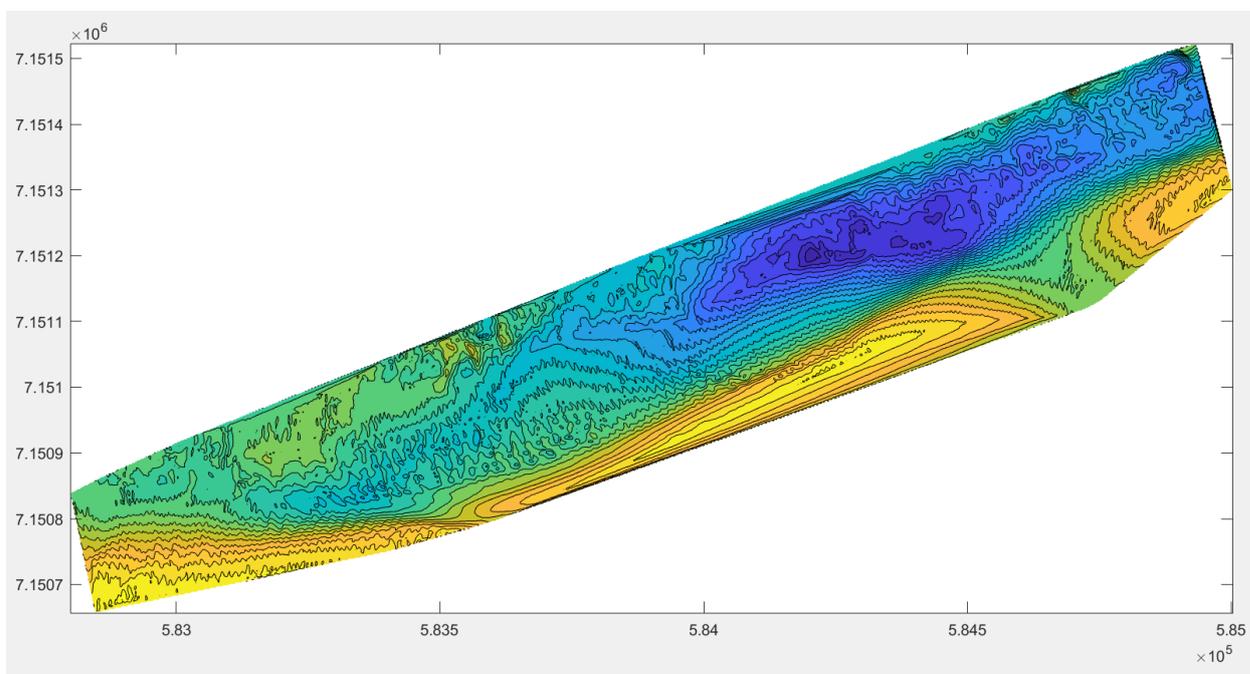


Рисунок 19. Двумерная карта высот

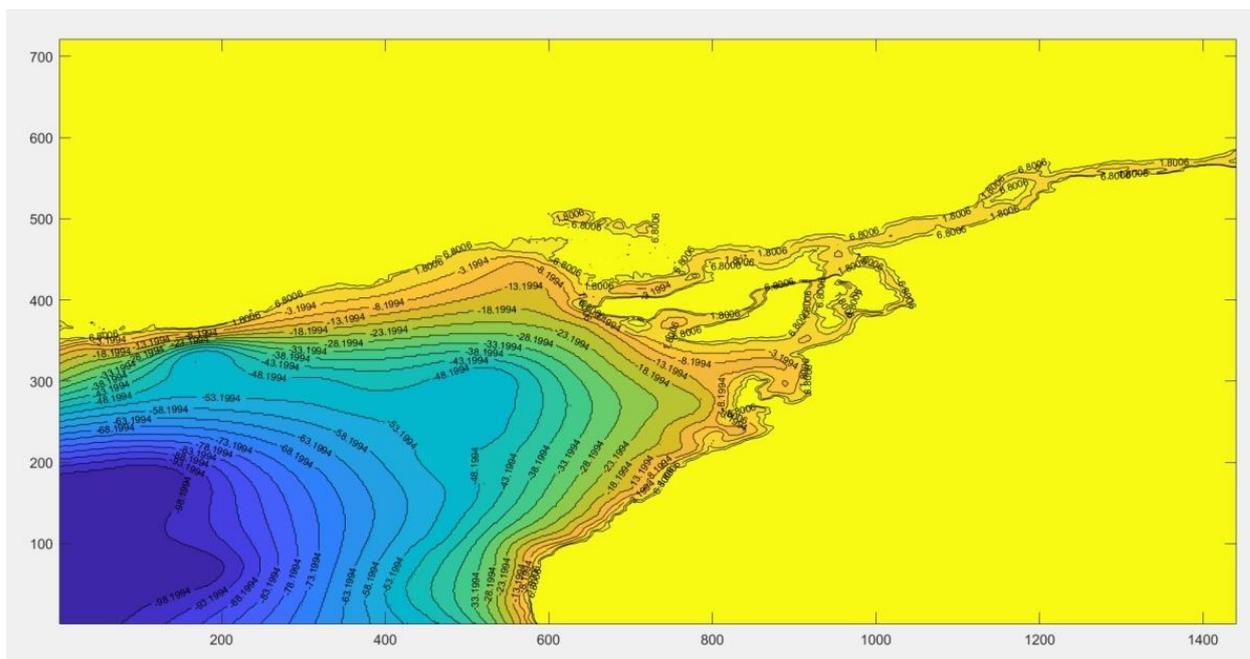
3.2.1 Визуализация данных батиметрической съемки рельефа дна в виде карты глубин

```
Editor - C:\Users\rivik\OneDrive\Документы\Untitled22.m*
Untitled22.m* x +
1 [A,R] = readgeoraster('C:\Users\rivik\OneDrive\Рабочий стол\gebco_2023_n65_5032_s63_9981_w38_4961_e41_5009.tif');
2 v = min(A, [], 'all'):5:10;
3 [C,h] = contourf(A,v);
4 clabel(C,h,v, 'FontSize',7);
5
```

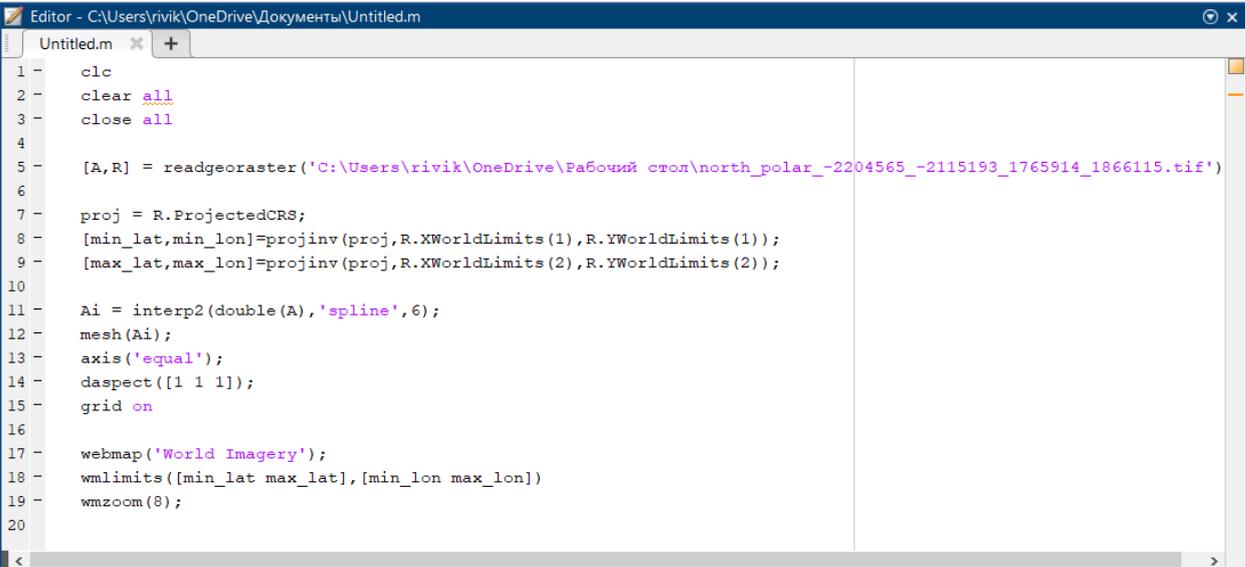
Рисунок 20. Листинг кода Matlab - карты глубин

Этот код считывает растровый файл (изображение) из указанного пути и сохраняет его в переменную A. Затем он находит минимальное значение элементов в A и генерирует вектор v, начиная от этого минимального значения и увеличивая значение на 5 до 10.

Затем код создает уровни контуров с помощью функции contourf, используя значения из A и вектор v. Результатом является графическое представление уровней высот на изображении. Функция clabel используется для добавления подписей на график в соответствии со значениями вектора v. Метки имеют размер шрифта 7.



3.2.2 Визуализация данных батиметрической съемки рельефа дна с географической картой



```
Editor - C:\Users\rivik\OneDrive\Документы\Untitled.m
Untitled.m x +
1 -   clc
2 -   clear all
3 -   close all
4
5 -   [A,R] = readgeoraster('C:\Users\rivik\OneDrive\Рабочий стол\north_polar_-2204565_-2115193_1765914_1866115.tif')
6
7 -   proj = R.ProjectedCRS;
8 -   [min_lat,min_lon]=projinv(proj,R.XWorldLimits(1),R.YWorldLimits(1));
9 -   [max_lat,max_lon]=projinv(proj,R.XWorldLimits(2),R.YWorldLimits(2));
10
11 -   Ai = interp2(double(A),'spline',6);
12 -   mesh(Ai);
13 -   axis('equal');
14 -   daspect([1 1 1]);
15 -   grid on
16
17 -   webmap('World Imagery');
18 -   wmlimits([min_lat max_lat],[min_lon max_lon])
19 -   wmzoom(8);
20
```

Рисунок 22. Листинг кода Matlab – географическая карта

Данный код в среде MATLAB считывает GeoTIFF файл, содержащий набор точек и параметры используемой системы координат, создает сетчатый график, а также отображает участок спутниковых карт участка, соответствующего участку в файле на основании указанных в нем координат.

Считывание файла происходит с помощью команды *readgeoraster* возвращающей двумерных массив точек рельефа, а также объект *R* описывающий координаты точек привязки массива в заданной проекционной системе координат, а также различные параметры используемой системы координат, такие как: используемая система координат, используемый тип проекции, параметры используемого референц-эллипсоида и т.д.

С использованием параметров системы координат, функция «*projinv*» осуществляет преобразование координат углов из проекционной системы в географическую систему координат, что позволяет определить границы заданного участка местности.

Поиск спутниковой карты данного участка производится с помощью функции «*webmap*», загружающей веб-карты в различных вариантах, включая спутниковый. Ограничение карты до размеров участка и установка масштаба карты производится командами «*wmlimits*» и «*wmzoom*».

Если подробнее, каждая строка делает выпалняет следующее:

1. «`clc`», «`clear all`» и «`close all`» - чистят консоль MATLAB, очищают все переменные и закрывают все окна графического вывода.

2. «`readgeoraster()`» - используется для чтения растрового изображения из файла в формате TIFF, сохраненного на жестком диске. Результаты сохраняются в переменных `A` (изображение) и `R` (метаданные, такие как система координат).

3. «`proj = R.ProjecteCRS`» - получает проекционную систему координат (CRS) из метаданных `R`.

4. «`projinv()`» - используется для преобразования координат из проекционной системы координат в географические координаты широты и долготы (в градусах). `min_lat`, `max_lat`, `min_lon` и `max_lon` - минимальные и максимальные значения широты и долготы, соответственно.

5. «`interp2()`» - производит двумерную интерполяцию изображения для получения более гладкого визуального отображения, чем оригинальный растр. Результат сохраняется в `Ai`.

6. «`mesh(Ai)`» - рисует трехмерную поверхность изображения в форме сетки.

7. «`axis('equal')`» - устанавливает одинаковый масштаб для осей `x`, `y` и `z`.

8. «`daspect([1 1 1])`» - устанавливает соотношения масштабов для осей `x`, `y` и `z`, чтобы предотвратить искажения визуализации.

9. `grid on` - включает отображение сетки на поверхности.

10. «`webmap('World Imagery')`» - открывает карту мира, отображающую спутниковые снимки с высоким разрешением.

11. «`wmlimits()`» - устанавливает пределы картографического отображения на карте, соответствующие пределам изображения, считанного из TIFF-файла.

12. «`wmzoom(8)`» - устанавливает масштабирование карты в 8 раз.

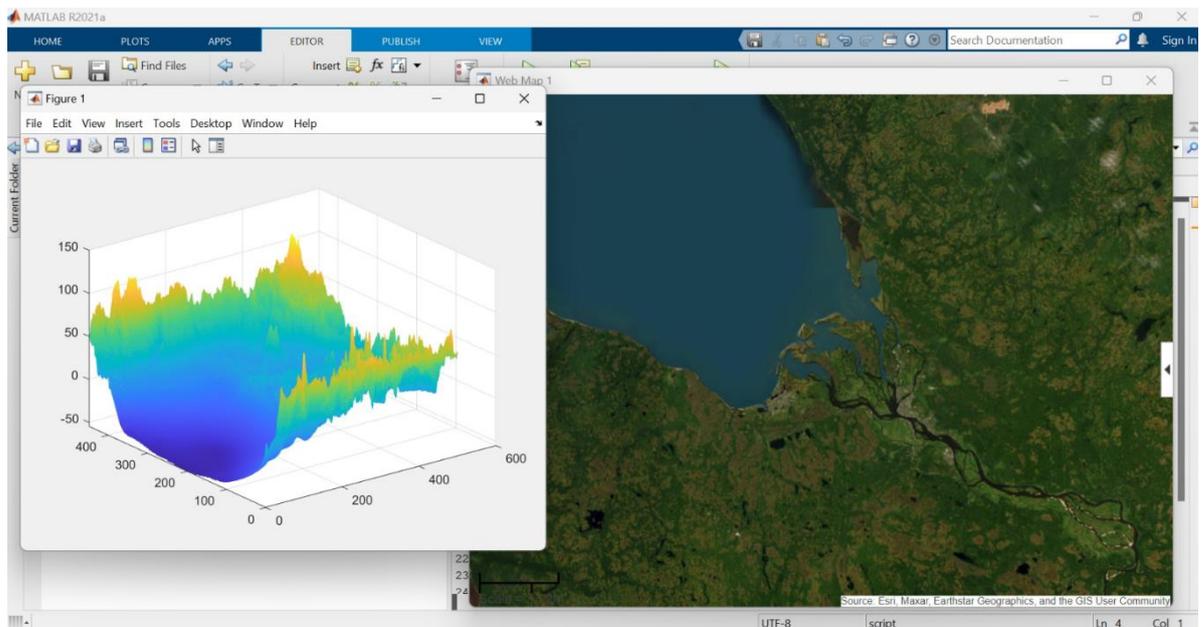


Рисунок 23. Реализация кода

Привязка модели рельефа к географической карте позволяет использовать эти данные для различных приложений, требующих пространственного контекста и установки связи между объектами.

3.2.3 Программа визуализации

Программа предназначена для визуализации данных, полученных в ходе батиметрической съемки рельефа дна. Она имеет три вида визуализации: 3D модель, карта глубин и спутниковая карта. Листинг кода представлен в приложении А.

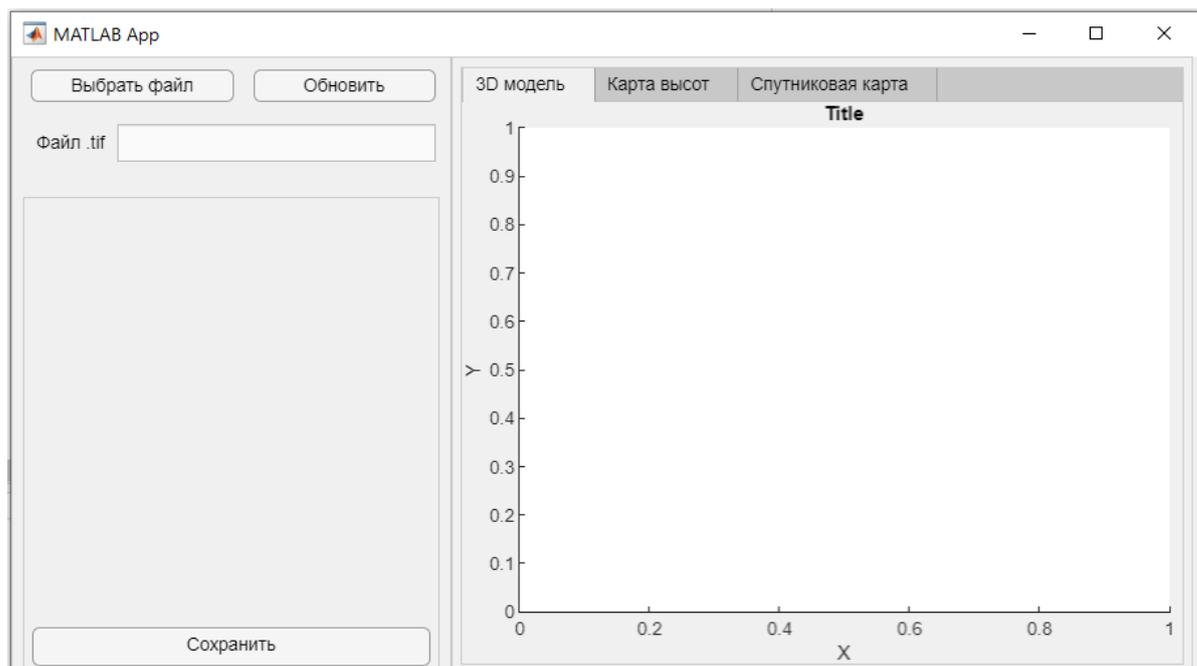


Рисунок 24. Интерфейс программы

Программа позволяет выбирать интересующую область для визуализации, а также сохранять результаты в выбранном формате. Она обладает простым и удобным пользовательским интерфейсом, позволяющим легко ориентироваться в программе и работать с ней. Слева находится меню настроек, а с права область вывода изображения или графика.

Для начала работы нужно выбрать нужный файл в формате «.tif» и обновить.

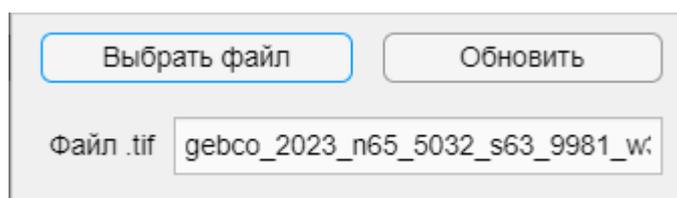


Рисунок 25. Загрузка файла

Визуализация 3D модели осуществляется на основе обработанных данных о глубинах, полученных в ходе съемки рельефа дна. Данные преобразуются в 3D формат и отображаются в виде графической модели с возможностью изменения масштаба, поворота и перспективы.

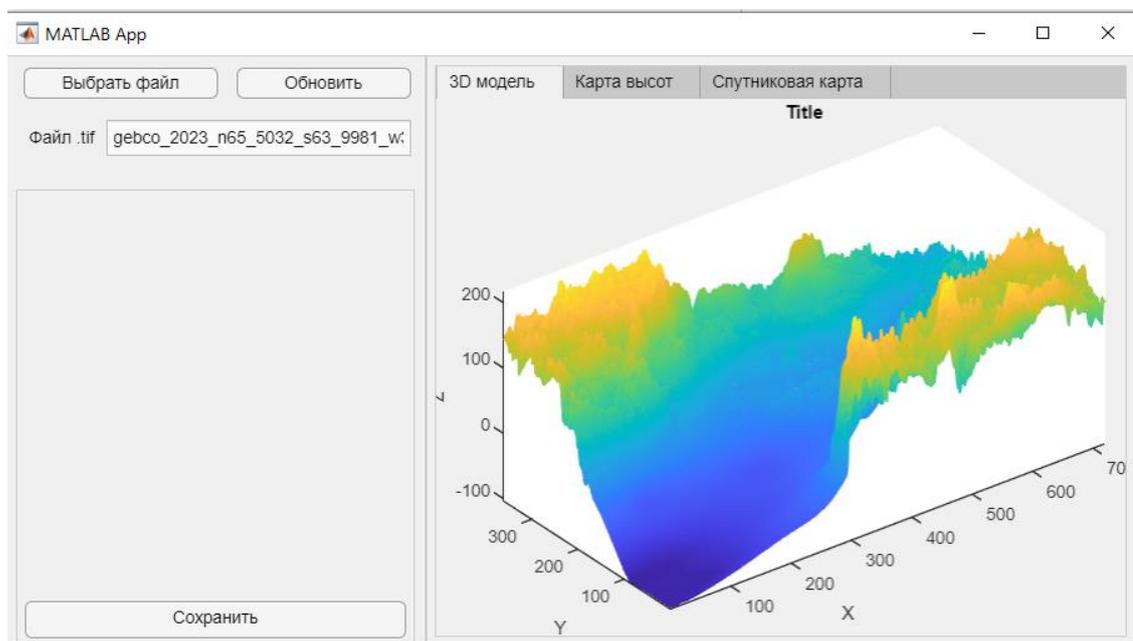


Рисунок 26. 3D модель

Карта глубин является 2D изображением, на котором отображены данные о глубинах в выбранной области. Карта имеет возможность отображения глубин в форме цветовой градации, а также в виде контуров, что позволяет более наглядно представлять топографию морского дна.

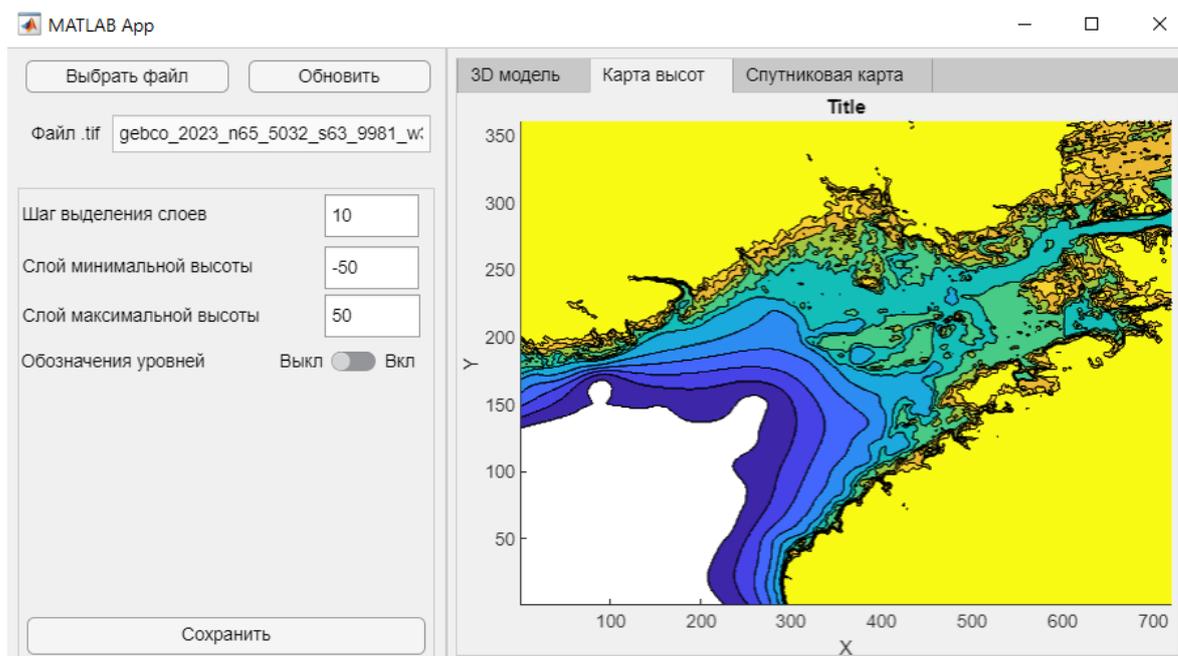


Рисунок 27. Карта высот

В боковом меню изменяются различные параметры, такие как: Шаг выделения слоев, слой максимальной и минимальной высоты. Также можно включить или отключиться обозначение уровней. После замены параметров нужно нажать на кнопку «обновить».

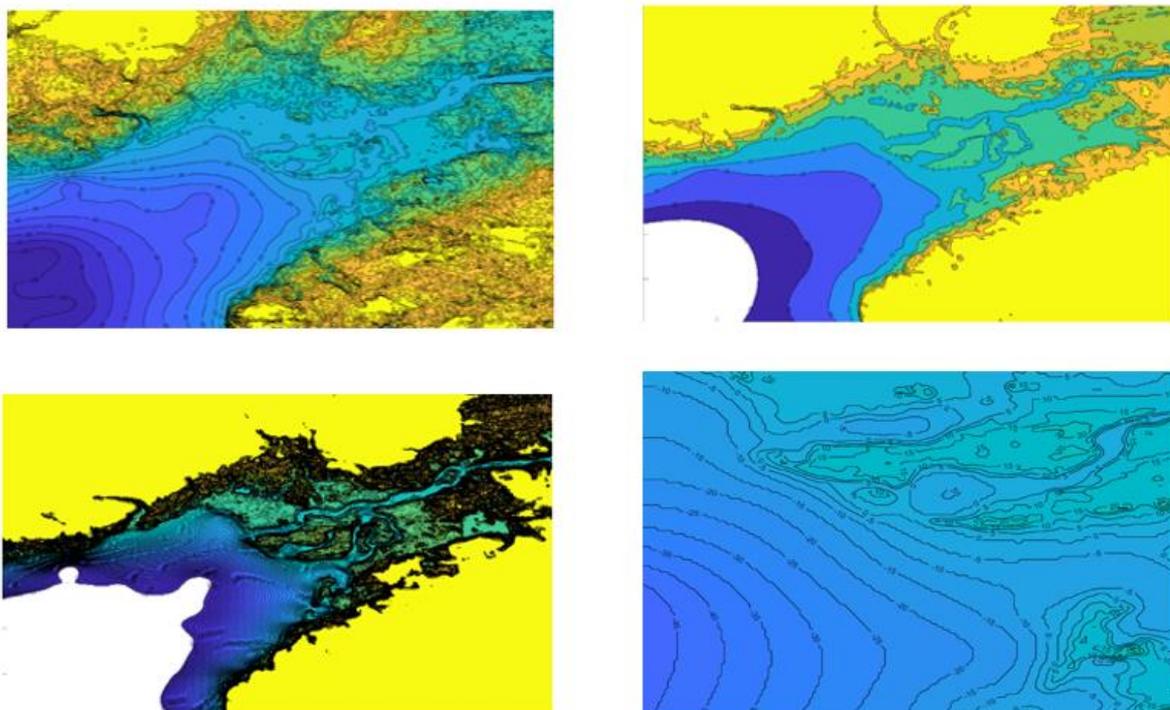


Рисунок 28. Изменение параметров

Параметры изображений следующие: 1. [10, -150, 150]; 2. [20, -75, 75]; 3. [1, -50, 50]; 4. Метки уровней.

Спутниковая карта представляет собой изображение выбранной области рельефа дна с использованием снимков спутников. Она позволяет получить представление о рельефе дна в контексте окружающей местности.

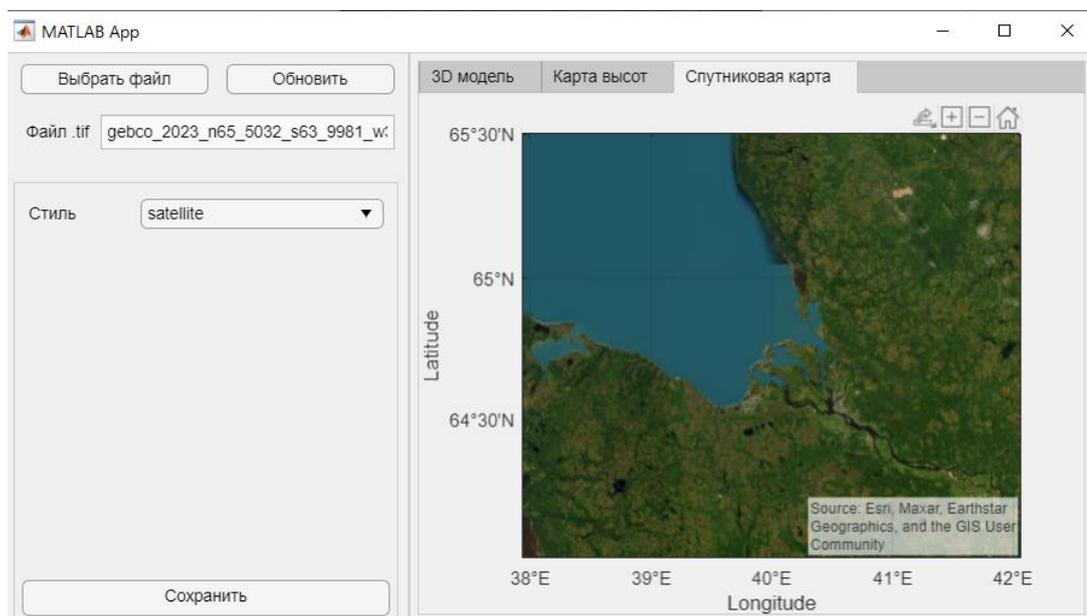


Рисунок 29. Спутниковая карта

В боковом меню изменяются различные стили:

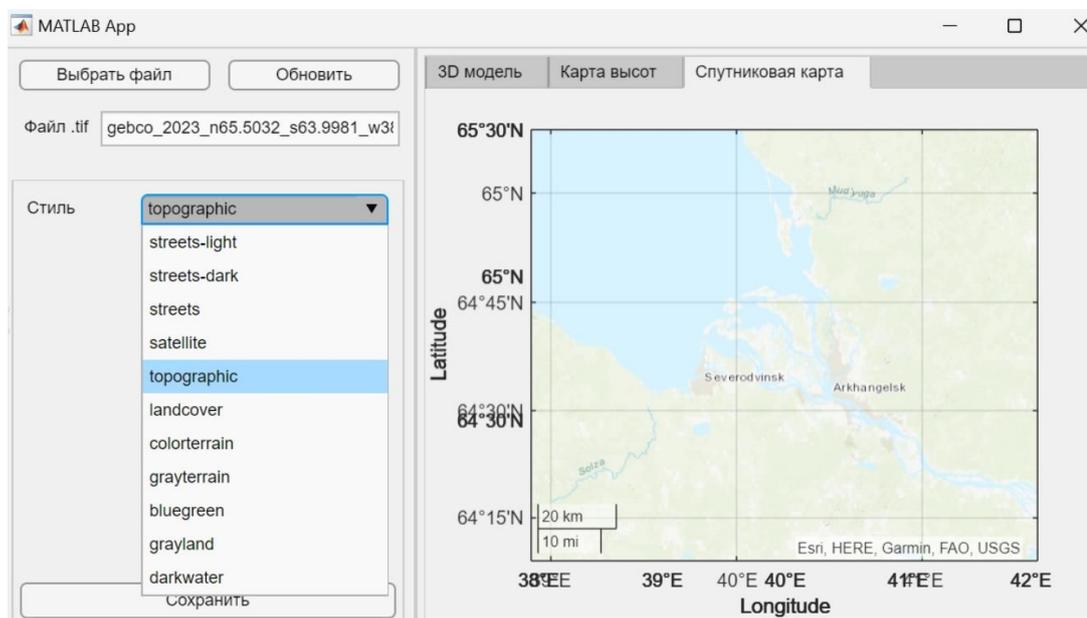


Рисунок 30. Стили спутниковой карты

Список различных стилей отображения карт, доступных в приложении. Каждый из них подходит для определенного типа карты и может быть выбран в зависимости от потребностей и предпочтений пользователя:

- Streets-light: Яркие улицы - сочетание нейтральных цветов и мелких деталей;

- Streets-dark: Темные улицы - основные цвета темного водорослевого цвета с белыми мелкими деталями делают этот стиль отличным выбором для сайтов с фотографиями или арт-содержанием.

- Streets: Улицы – является стандартным, наиболее широко используемым выбором для обычных основных карт.

- Satellite: Спутниковая карта - отображает глобальную палитру цветов на спутниковых изображениях, захваченных со всех углов планеты.

- Topographic: Топографическая карта - отображает комплексную топографическую информацию, включая высоты и контуры, с использованием простых цветовых схем для облегчения просмотра.

- Landcover: Покрытие земли - изображает различные типы земельного покрытия в лучших условиях, используя яркую цветовую палитру и мелкие детали.

- Colorterrain: Цветной рельеф - отображает высоты и рельеф с использованием цветового спектра, чтобы создать палитру визуальных эффектов.

- Grayterrain: Серый рельеф - отображает высоты и рельеф с использованием серого контура, чтобы создать нейтральный фон.

- Bluegreen: Сине-зеленый - использует яркую палитру сине-зеленого цвета для привлечения внимания карте.

- Grayland: Серый фон - использует серый фон с контурами и деталями, чтобы обеспечить ясность и легкость в использовании.

- Darkwater: Темная вода - использует темные контуры и простые цвета, чтобы создать четкое и выразительное изображение воды на карте.

Программа визуализации данных батиметрической съемки имеет ряд применений, которые могут быть полезны в различных областях. Привожу несколько рекомендаций по применению программы:

1. С ее помощью можно определять оптимальные маршруты судов

внутри порта для снижения риска попадания на мель или другую не безопасную зону.

2. Программа может быть использована исследователями и учеными. Например, спутниковые карты могут быть использованы для мониторинга океанических и экологических изменений.

3. Для инженерных и строительных проектов она может пригодиться в качестве 3D-модели для создания виртуальной модели морской среды, которая может быть использована для проектирования инженерных и строительных проектов.

4. Морские туристические компании и курортные комплексы могут использовать батиметрические карты, чтобы предоставить гостям точную информацию о глубине вод и местоположении рифов и других интересных морских объектов. Например, для рыбалки или самостоятельных экскурсий.

5. Программа может быть использована в учебных целях для обучения студентов геологии, гидрографии и инженерных наук.

Программа визуализации данных батиметрической съемки может быть полезной для широкого круга пользователей, связанных с морской инфраструктурой, исследованиями и образованием.

3.3 Технико-экономическое обоснование проекта

Использование ГИС в портовой деятельности может привести к улучшению эффективности работы, снижению затрат и повышению безопасности. Разработка стратегий развития порта и оптимизация его работы также может быть улучшена с помощью ГИС. Анализ данных о грузопотоке, пропускной способности порта, его инфраструктуре и других факторах может помочь выявить слабые места и предложить решения для их устранения.

Таким образом, использование ГИС в портовой деятельности может привести к экономическим выгодам, повышению качества услуг и улучшению экологической ситуации.

3.3.1 Расчет затрат на техническое обеспечение ГИС

Техническое обеспечение – это комплекс аппаратных средств, применяемых при функционировании ГИС: рабочая станция или персональный компьютер (ПК), устройства ввода-вывода информации, устройства обработки и хранения данных, средства телекоммуникации. [36]

В данном расчете не включается компьютерное оборудование, по причине его редкого обновления.

В морском порту Архангельск для получения данных для ГИС используется

Таблица 4. Стоимость технического обеспечения на 2021 год. [37]

| № | Наименование | Условия контракта и доставки | Количество | Стоимость |
|--------|--|------------------------------|------------|-------------|
| 1 | Эхолот Odom Echotrac CV300 | Один раз в год | 2 | 133 333 Р |
| 2 | Эхолот Kongsberg EM3002 | | 1 | 66 666 Р |
| 3 | GPS приемник Septentrio AsteRx-U MARINE | Один раз в год | 3 | 795 399 Р |
| 4 | Поворотно-откидная колонка для катера «Алькор» | Один раз в год | 1 | 562 320 Р |
| 5 | Поворотно-откидная колонка для катера «Тайфон» | Один раз в год | 1 | 729 560 Р |
| Итого: | | | | 2 287 278 Р |

3.3.2 Расчет затрат на программное обеспечение ГИС

Целью данного раздела является расчет сметной стоимости комплекса ГИС.

Сбор данных, навигация гидрографического судна и ввод поправок в реальном времени произведены с помощью программного обеспечения (ПО) «QINSy».

Вычерчивание изобат производилось с использованием файла отсортированных глубин, которые нанесены на планшет. Построение изобат произведено с помощью ПО «HyPack» модулем «TIN Model». Изобаты построены с постоянным сечением 1 м. Построение изобат произведено в соответствии с алгоритмом, заложенным в программу обработки данных

съемки. Корректировка изобат произведена в чертежном приложении «AutoCAD».

На основе открытого запроса предложений на право заключения договора поставки программного обеспечения для нужд Архангельского филиала ФГУП «Росморпорт» составлена следующая таблица:

Таблица 5. Стоимость программного обеспечения на 2021 год.[37]

| № | Наименование | Закупка | Стоимость, руб. |
|-------|------------------------|---|-----------------|
| 1 | Пакет программ «QINSy» | Приобретение неисключительных пользовательских лицензионных прав на использование программы для ЭВМ | 1 682 010 Р |
| | «Qinsy 9 Offshore» | | |
| | «Qinsy 9 Office» | | |
| | «Qimera 2» | | |
| | «Qloud» | | |
| 2 | HyPack | Право заключения договора на поставку программного обеспечения HyPack | 293 858 Р |
| 3 | AutoCAD | Поставка программного обеспечения AutoCAD | 326 859 Р |
| Итого | | | 2 302 727 Р |

В стоимость включены: стоимость поставки ПО, все уплачиваемые исполнителем налоги, включая НДС, если он подлежит начислению, таможенные и иные обязательные платежи, транспортные и другие расходы поставщика, а также все скидки и возможные валютные риски, связанные с изменением курсов валют в течение всего периода действия договора на поставку.

3.3.3 Расчет внедрения инструментов MATLAB для анализа цифровой модели рельефа.

Matlab - это инструмент для анализа данных и моделирования, который может использоваться для обработки и анализа географических данных. Matlab может использоваться для создания карт, анализа и обработки данных.

Некоторые примеры использования Matlab:

1. Обработка растровых данных таких как карты высотности и изображения спутников. С помощью Matlab можно создавать многоканальные изображения, вычислять статистические характеристики растровых данных и выполнять другие операции;

2. Создание карт. С помощью функций «npoints», «mesh», «axis», «daspect» можно обработать базу данных точек и визуализировать их;

3. Анализ изображений. Matlab может использоваться для анализа изображений, полученных с помощью спутниковой съемки или других источников. Можно использовать функции Matlab для обнаружения объектов на изображении, определения их размеров и формы, а также для распознавания образов.

4. Анализ пространственных данных. Функции Matlab можно использовать для вычисления статистических характеристик данных, построения графиков и выполнения других операций.

В целом, Matlab предоставляет множество инструментов для работы с геоданными и может быть полезным инструментом для геоинформационных систем.

Согласно официальному сайту, чтобы использовать MATLAB для личного использования, коммерческого использования или использования в обучении и научных исследованиях, существует лицензия MATLAB. [8].

Можно выбрать детали лицензии в зависимости от целей покупки. Чтобы увидеть цену нужно выбрать в каких целях совершается приобретение. В случае порта – это «для использования в коммерческой, государственной или другой организации». А также срок действия лицензии: ежегодный или вечный. В первом, предоставляется право на использование программного обеспечения в течение 12 месяцев, а обслуживание программного обеспечения MathWorks включено в годовой лицензионный сбор. Во втором, предоставляется право на бессрочное использование программного

обеспечения, а первый год обслуживания программного обеспечения MathWorks включен в первоначальную цену покупки.

Бессрочная лицензия стоит 95 355 руб., а годовая 38 142 руб. на момент апреля 2023 года. Цена действительна при покупке и использовании в Российской Федерации. Цена не включает НАЛОГ/НДС.

Принимая во внимание наличие сложных вычислительных алгоритмов, применяемых при решении задач, связанных с использованием картографической информации при моделировании, существует возможность и необходимость применения системы MATLAB для их решения. Это решение перспективно, учитывая простоту программирования и хорошую скорость вычислений.

Заключение

ГИС представляют собой оптимальную платформу для разработки комплексных решений в сфере морского и речного транспорта, так как позволяют эффективно управлять портовыми объектами и ресурсами. Сложная обширная инфраструктура, обеспечивающая ежедневное функционирование любого порта, требует ежедневного квалифицированного обслуживания.

Применение ГИС актуально для совершенствования организации работы портов и их инфраструктуры, оптимизации портовых операций и увеличения их пропускной способности. В этой связи, разработка геоинформационной программы, основанной на программном обеспечении MATLAB, может оказаться ценным инструментом для управления портовой инфраструктурой.

Цель выпускной квалификационной работы заключалась в создании модели ГИС-программы для улучшения работы порта и его инфраструктуры.

Данная цель была достигнута после выполнения поставленных задач. В частности, проанализировано устройство инфраструктуры Архангельского порта с целью введения контекста территории, понятий и определений.

Рассмотрены ГИС, используемые в работе порта, а также применены методы пространственного анализа для реализации программы. Также было исследовано, каким образом происходит получение пространственных батиметрических данных.

Разработана модель ГИС-программы с использованием программного обеспечения MATLAB. В результате работы были разработаны рекомендации по совершенствованию программы и ее потенциального использования.

Программа визуализации данных батиметрической съемки может улучшить организацию работы портовой инфраструктуры благодаря трем различным видам визуализации: карта глубин, спутниковая карта и 3d модель. Ключевой параметр - простой, минималистичный интерфейс и объединение всех трех видов визуализации в одном месте, что позволит видеть один и тот

же участок в разных вариациях, не перенастраивая все параметры. В главном меню доступны различные окна, которые отображает каждый вид визуализации при нажатии, на окно облегчают работу, проверку и обучение специалистам данной области.

Каждый из видов визуализации имеет свой собственный простой интерфейс, который был легко понятен даже для начинающих пользователей. Реализована возможность для быстрого и простого сохранения и экспорта данных, чтобы пользователи могли получить всю необходимую информацию в удобных форматах.

Разработанная программа может быть применена для моделирования различных территорий морских и речных бассейнов. В частности, в работе демонстрируется визуализация устьевого района Северной Двины и участка рукавов. При наличии более детальных данных можно исследовать более конкретные участки.

Она представляет собой ценный инструмент для изучения портовой инфраструктуры и может быть использована для планирования расположения порта, мониторинга и управления логистикой, отслеживания движения судов, управления экологическими рисками и анализа данных. Работа представляет интерес для компаний, занимающихся организацией портовой инфраструктуры, а также для специалистов, использующие такие технологии в своей работе.

В ходе работы были использованы методы анализа научной литературы, сбора и анализа данных о портовой инфраструктуре, пространственного анализа, программирования, моделирования и статистического анализа данных.

В целом, используя ГИС для организации портовой инфраструктуры, можно достичь большей эффективности и оптимизации производственных процессов, а также повысить безопасность и улучшить экологию.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральное агентство морского и речного транспорта (Росморречфлот): [сайт]. URL: morflot.gov.ru. (Дата обращения: 17.01.23);
2. Брокгауз Ф.А. Ефрон И.А. Энциклопедический словарь: XXIVa (1898): Полярные сияния — Прая, с. 630—636 (скан). (Дата обращения: 17.01.23);
3. Федеральный закон от 08.11.2007 N 261-ФЗ (ред. от 30.12.2021) «О морских портах в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации»: Статья 4. Основные понятия. (Дата обращения: 17.01.23);
4. Основные виды деятельности Архангельского филиала (росморпорт): [сайт]. URL: https://www.rosmorport.ru/filials/arf_activities/. (Дата обращения: 06.02.23);
5. Схема морского порта Архангельск: [сайт]. URL: russianports.ru/arha/schema.htm (Дата обращения: 06.02.23);
6. Marinetraffic. Summary Arkhangelsk port: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ports/575?name=ARKHANGELSK&country=Russia#Summary>. (Дата обращения: 01.03.2023);
7. Росморпорт. Основные технические характеристики Архангельского морского порта: [сайт]. URL: https://www.rosmorport.ru/filials/arf_seaports/ (Дата обращения: 01.03.2023);
8. Реестр морских портов. Министерство транспорта РФ: [сайт]. URL: http://www.morflot.ru/deyatelnost/napravleniya_deyatelnosti/portyi_rf/reestr_mp.html (Дата обращения: 01.03.2023);
9. Порты Западной Арктики - Архангельск: [сайт]. URL: morflot.gov.ru. (Дата обращения: 03.03.2023);
10. Порты Западной Арктики - Витино: [сайт]. URL: morflot.gov.ru. (Дата обращения: 03.03.2023);
11. Порты Западной Арктики - Кандалакша: [сайт]. URL: morflot.gov.ru. (Дата обращения: 03.03.2023);

12. Порты Западной Арктики - Мезень: [сайт]. URL: morflot.gov.ru. (Дата обращения: 03.03.2023);
13. Порты Западной Арктики - Онега: [сайт]. URL: morflot.gov.ru. (Дата обращения: 03.03.2023);
14. Ю. А. Перевязкин. Сооружения портов и транспортных терминалов и их техническая эксплуатация. Часть 1. Устройство портов: Учебное пособие / Ю.А. Перевязкин. – С-Пб.: СПГУВК, 2006. –132с. (Дата обращения: 03.03.2023);
15. Развитие арктических портов России: [сайт]. URL: <https://web.archive.org/web/20170725095015/http://www.morvesti.ru/tems/detail.php?ID=62857>. (Дата обращения: 03.03.2023);
16. Грузооборот морских портов России за 2014 г: [сайт]. URL: <https://web.archive.org/web/20181005065149/http://www.morport.com/rus/news/document1559.shtml>. . (Дата обращения: 03.03.2023);
17. Грузооборот морских портов России за январь-декабрь 2015 г: [сайт].URL:<https://web.archive.org/web/20181005064338/http://www.morport.com/rus/news/document1751.shtml>. (Дата обращения: 03.03.2023);
18. Грузооборот морских портов России за январь-декабрь 2016 г: [сайт].URL:<https://web.archive.org/web/20170121070958/http://www.morport.com/rus/news/document1842.shtml>. (Дата обращения: 03.03.2023);
19. Развитие портов российской Арктики, 2017-18 г: [сайт]. URL: https://www.korabel.ru/news/comments/arkticheskiy_basseyn_rossii_uvelichil_gruzooborot_do_92_7 mln_tonn.html. (Дата обращения: 03.03.2023);
20. Развитие портов российской Арктики, 2019 г: [сайт]. URL: https://web.archive.org/web/20220123235038/https://morproekt.ru/attachments/article/1116/arctic_projects_2020_plus.pdf. (Дата обращения: 03.03.2023);
21. Грузооборот морских портов России в 2020 г.: [сайт]. URL: <https://web.archive.org/web/20220217130615/https://portnews.ru/news/307541/> (Дата обращения: 03.03.2023);

22. Грузооборот морских портов России за 12 месяцев 2021 г.: [сайт]. URL:<https://web.archive.org/web/20220216141531/https://www.morport.com/rus/news/gruzooborot-morskih-portov-rossii-za-12-mesyacev-2021-g>. (Дата обращения: 03.03.2023);
23. Головизнин А. А. Развитие портов российской Арктики: [Электронный ресурс]. URL: https://morproekt.ru/attachments/article/1116/arctic_projects_2020_plus.pdf. (Дата обращения: 03.03.2023);
24. Министерство транспорта Архангельской области. Деятельность водного транспорта: [сайт]. URL: <https://transport29.ru/vodnyj-transport/27-deyatelnost-vodnogo-transporta>. (Дата обращения: 05.03.2023);
25. Демиденко Н.А. Современные особенности гидрологического режима устьевых областей рек бассейна белого моря: [Электронный ресурс]. URL:https://istina.msu.ru/media/publications/article/7ae/42b/43786128/5_Demidenko.pdf. (Дата обращения: 05.03.2023);
26. Яшин И.М., Кашанский А.Д. Ландшафтно-геохимическая диагностика и генезис почв Европейского Севера России: Монография. 2-е дополненное издание / И.М. Яшин, А.Д. Кашанский. М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2015 - 202 с. (Дата обращения: 02.04.2023);
27. Отраслевой стандарт Минобразования России. Информационные технологии в высшей школе. Геоинформатика и географические информационные системы. Общие положения. ОСТ ВШ 02.001-97. Дата введения 01.03.98. (Дата обращения: 02.04.2023);
28. Справочник гидрографа по терминологии / М-во обороны СССР, Гл. упр. навигации и океанографии; [Сост. Е. Л. Филиппов и др.]. - Б. м. : Б. и., 1984. - 286 с.;
29. Геодезические и гидрографические услуги: [сайт]. URL: https://www.rosmorport.ru/filials/arf_serv_grf/ (Дата обращения: 02.04.2023);

30. Роль географической информационной системы (ГИС) в морских портах: [сайт]. URL: <https://www.envisionesl.com/blog/the-role-of-geographic-information-system-gis-in-sea-ports/> (Дата обращения: 05.04.2023);
31. Oceanographic Tools: Sonar Single Beam: [сайт]. URL: <https://divediscover.whoi.edu/archives/tools/sonar-singlebeam.html> (дата обращения: 05.01.2023)
32. XYZ data to TIN or DEM: [сайт]. URL: <https://gisjunkie.wordpress.com/2018/02/27/xyz-data-to-tinor-dem/> (дата обращения: 05.01.2023)
33. Solving Complex Problems With Bathymetric Survey Drones: [сайт]. URL: <https://surveyinggroup.com/solving-complex-problems-with-bathymetric-survey-drones/> (дата обращения: 05.01.2023)
34. Глобальные модели океана и суши GEBCO: [сайт]. URL: https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/#global (дата обращения: 05.01.2023)
35. Чернецова Е.А. Лабораторный практикум «Введение в MATLAB». - СПб.: изд. РГГМУ, 2006 - 88 с.
36. Информация о всех причалах порта Архангельск: [сайт]. URL: [«https://victoria-online.ru/org/ports/rus/arkhangelsk.htm»](https://victoria-online.ru/org/ports/rus/arkhangelsk.htm)
37. Росморпорт - закупки для нужд Архангельского филиала; [Электронный ресурс]/ URL: [«https://www.rosmorport.ru/filials/arf_purchase_main/»](https://www.rosmorport.ru/filials/arf_purchase_main/) (дата обращения: 08.04.2023)
38. Учебно-методический комплекс дисциплины социально-экономические геоинформационные системы; [Электронный ресурс]/ URL: [«https://kpfu.ru/portal/docs/F2057720304/Socialno_ekonomicheskie.geoinformacionnye.sistemy.pdf»](https://kpfu.ru/portal/docs/F2057720304/Socialno_ekonomicheskie.geoinformacionnye.sistemy.pdf); (дата обращения: 11.04.2023)
39. Ценообразование и лицензирование MATLAB; [Электронный ресурс]/

«https://ch.mathworks.com/pricing_licensing.html?prodcode=MG&intendeduse=com»; (дата обращения: 15.04.2023)

Приложение А

```
classdef app1 < matlab.apps.AppBase

% Properties that correspond to app components
properties (Access = public)

    UIFigure      matlab.ui.Figure
    GridLayout    matlab.ui.container.GridLayout
    LeftPanel     matlab.ui.container.Panel
    ButtonFilePicker_2  matlab.ui.control.Button
    TabGroup2     matlab.ui.container.TabGroup
    Tab_4         matlab.ui.container.Tab
    Save          matlab.ui.control.Button
    Tab_5         matlab.ui.container.Tab
    Save_2       matlab.ui.control.Button
    Switch       matlab.ui.control.Switch
    Label_4      matlab.ui.control.Label
    ContourMax   matlab.ui.control.NumericEditField
    Label_3      matlab.ui.control.Label
    ContourMin   matlab.ui.control.NumericEditField
    Label_2      matlab.ui.control.Label
    ContourStep  matlab.ui.control.NumericEditField
    Label        matlab.ui.control.Label
    Tab_3        matlab.ui.container.Tab
    Save_3       matlab.ui.control.Button
    ButtonFilePicker  matlab.ui.control.Button
    FilePath     matlab.ui.control.EditField
    tifEditFieldLabel  matlab.ui.control.Label
    RightPanel   matlab.ui.container.Panel
    TabGroup     matlab.ui.container.TabGroup
    DTab         matlab.ui.container.Tab
    Axis3D       matlab.ui.control.UIAxes
    Tab_2        matlab.ui.container.Tab
    AxisContour  matlab.ui.control.UIAxes
    Tab          matlab.ui.container.Tab
end
```

```

% Properties that correspond to apps with auto-reflow
properties (Access = private)
    onePanelWidth = 576;
end

properties (Access = private)
    A;
    R;
    ContourLabels = false;
    gx;
end

% Callbacks that handle component events
methods (Access = private)

    % Code that executes after component creation
    function startupFcn(app)

end

% Changes arrangement of the app based on UIFigure width
function updateAppLayout(app, event)
    currentFigureWidth = app.UIFigure.Position(3);
    if(currentFigureWidth <= app.onePanelWidth)
        % Change to a 2x1 grid
        app.GridLayout.RowHeight = {417, 417};
        app.GridLayout.ColumnWidth = {'1x'};
        app.RightPanel.Layout.Row = 2;
        app.RightPanel.Layout.Column = 1;
    else
        % Change to a 1x2 grid
        app.GridLayout.RowHeight = {'1x'};
        app.GridLayout.ColumnWidth = {295, '1x'};
        app.RightPanel.Layout.Row = 1;
        app.RightPanel.Layout.Column = 2;
    end
end
end

```

```

% Value changed function: FilePath
function FilePathValueChanged(app, event)

end

% Button pushed function: ButtonFilePicker
function ButtonFilePickerPushed(app, event)
    [file,path] = uigetfile('*.tif');
    app.FilePath.Value = file;
    [app.A,app.R] = readgeoraster(strcat(path,file));

end

% Button pushed function: ButtonFilePicker_2
function ButtonFilePicker_2Pushed(app, event)
    mesh(app.Axis3D,app.A);
    axis(app.Axis3D,'equal');
    daspect(app.Axis3D,[1 1 1]);

    v = app.ContourMin.Value:app.ContourStep.Value:app.ContourMax.Value;
    contourf(app.AxisContour,app.A,v,'ShowText',app.ContourLabels);

    app.gx = geoaxes(app.Tab);
    geoplot(app.gx, mean(app.R.LatitudeLimits), mean(app.R.LongitudeLimits));
    geobasemap(app.gx,'satellite');
    geolimits(app.gx, app.R.LatitudeLimits, app.R.LongitudeLimits);
end

% Button down function: RightPanel
function RightPanelButtonDown(app, event)

end

% Selection change function: TabGroup
function TabGroupSelectionChanged(app, event)
    selectedTab = app.TabGroup.SelectedTab;

```

```

if selectedTab == app.Tab
    app.TabGroup2.SelectedTab = app.Tab_3;
elseif selectedTab == app.Tab_2
    app.TabGroup2.SelectedTab = app.Tab_5;
elseif selectedTab == app.DTab
    app.TabGroup2.SelectedTab = app.Tab_4;
end
%app.TabGroup2.SelectedTab = app.Tab_3;

end

% Value changed function: Switch
function SwitchValueChanged(app, event)
    value = app.Switch.Value;
    if value == "Выкл"
        app.ContourLabels = false;
    else
        app.ContourLabels = true;
    end
end

end

% Button pushed function: Save
function SaveButtonPushed(app, event)
    [file,path] = uiputfile;
    exportgraphics(app.Axis3D,strcat(path,file))
end

% Button pushed function: Save_2
function Save_2ButtonPushed(app, event)
    [file,path] = uiputfile;
    exportgraphics(app.AxisContour,strcat(path,file))
end

% Button pushed function: Save_3
function Save_3ButtonPushed(app, event)
    [file,path] = uiputfile;
    exportgraphics(app.gx,strcat(path,file))

```

```

end
end

% Component initialization
methods (Access = private)

% Create UIFigure and components
function createComponents(app)

    % Create UIFigure and hide until all components are created
    app.UIFigure = uifigure('Visible', 'off');
    app.UIFigure.AutoResizeChildren = 'off';
    app.UIFigure.Position = [100 100 791 417];
    app.UIFigure.Name = 'MATLAB App';
    app.UIFigure.SizeChangedFcn = createCallbackFcn(app, @updateAppLayout, true);

    % Create GridLayout
    app.GridLayout = uigridlayout(app.UIFigure);
    app.GridLayout.ColumnWidth = {295, '1x'};
    app.GridLayout.RowHeight = {'1x'};
    app.GridLayout.ColumnSpacing = 0;
    app.GridLayout.RowSpacing = 0;
    app.GridLayout.Padding = [0 0 0 0];
    app.GridLayout.Scrollable = 'on';

    % Create LeftPanel
    app.LeftPanel = uipanel(app.GridLayout);
    app.LeftPanel.Layout.Row = 1;
    app.LeftPanel.Layout.Column = 1;

    % Create tifEditFieldLabel
    app.tifEditFieldLabel = uilabel(app.LeftPanel);
    app.tifEditFieldLabel.Position = [17 348 55 22];
    app.tifEditFieldLabel.Text = 'Файл .tif';

    % Create FilePath
    app.FilePath = uieditfield(app.LeftPanel, 'text');

```

```

app.FilePath.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app, @FilePathValueChanged, true);
app.FilePath.Editable = 'off';
app.FilePath.Position = [71 346 213 25];

% Create ButtonFilePicker
app.ButtonFilePicker = uibutton(app.LeftPanel, 'push');
app.ButtonFilePicker.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app, @ButtonFilePickerPushed, true);
app.ButtonFilePicker.Position = [13 386 136 22];
app.ButtonFilePicker.Text = 'Выбрать файл';

% Create TabGroup2
app.TabGroup2 = uitabgroup(app.LeftPanel);
app.TabGroup2.TabLocation = 'bottom';
app.TabGroup2.Position = [8 -25 279 347];

% Create Tab_4
app.Tab_4 = uitab(app.TabGroup2);

% Create Save
app.Save = uibutton(app.Tab_4, 'push');
app.Save.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app, @SaveButtonPushed, true);
app.Save.Position = [6 9 267 26];
app.Save.Text = 'Сохранить';

% Create Tab_5
app.Tab_5 = uitab(app.TabGroup2);

% Create Label
app.Label = uilabel(app.Tab_5);
app.Label.Position = [3 295 189 22];
app.Label.Text = 'Шаг выделения слоев';

% Create ContourStep
app.ContourStep = uieditfield(app.Tab_5, 'numeric');
app.ContourStep.HorizontalAlignment = 'left';
app.ContourStep.Position = [205 291 63 29];
app.ContourStep.Value = 10;

```

```

% Create Label_2
app.Label_2 = uilabel(app.Tab_5);
app.Label_2.Position = [3 260 189 22];
app.Label_2.Text = 'Слой минимальной высоты';

% Create ContourMin
app.ContourMin = uieditfield(app.Tab_5, 'numeric');
app.ContourMin.HorizontalAlignment = 'left';
app.ContourMin.Position = [205 256 63 29];
app.ContourMin.Value = -50;

% Create Label_3
app.Label_3 = uilabel(app.Tab_5);
app.Label_3.Position = [3 227 189 22];
app.Label_3.Text = 'Слой максимальной высоты';

% Create ContourMax
app.ContourMax = uieditfield(app.Tab_5, 'numeric');
app.ContourMax.HorizontalAlignment = 'left';
app.ContourMax.Position = [205 223 64 29];
app.ContourMax.Value = 50;

% Create Label_4
app.Label_4 = uilabel(app.Tab_5);
app.Label_4.HorizontalAlignment = 'center';
app.Label_4.Position = [0 196 128 22];
app.Label_4.Text = 'Обозначения уровней';

% Create Switch
app.Switch = uiswitch(app.Tab_5, 'slider');
app.Switch.Items = {'Выкл', 'Вкл'};
app.Switch.ValueChangedFcn = createCallbackFcn(app, @SwitchValueChanged, true);
app.Switch.Position = [210 200 31 13];
app.Switch.Value = 'Выкл';

% Create Save_2

```

```

app.Save_2 = uibutton(app.Tab_5, 'push');
app.Save_2.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app, @Save_2ButtonPushed, true);
app.Save_2.Position = [6 9 267 26];
app.Save_2.Text = 'Сохранить';

% Create Tab_3
app.Tab_3 = uitab(app.TabGroup2);

% Create Save_3
app.Save_3 = uibutton(app.Tab_3, 'push');
app.Save_3.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app, @Save_3ButtonPushed, true);
app.Save_3.Position = [6 9 267 26];
app.Save_3.Text = 'Сохранить';

% Create ButtonFilePicker_2
app.ButtonFilePicker_2 = uibutton(app.LeftPanel, 'push');
app.ButtonFilePicker_2.ButtonPushedFcn = createCallbackFcn(app, @ButtonFilePicker_2Pushed, true);
app.ButtonFilePicker_2.Position = [162 386 122 22];
app.ButtonFilePicker_2.Text = 'Обновить';

% Create RightPanel
app.RightPanel = uipanel(app.GridLayout);
app.RightPanel.ButtonDownFcn = createCallbackFcn(app, @RightPanelButtonDown, true);
app.RightPanel.Layout.Row = 1;
app.RightPanel.Layout.Column = 2;

% Create TabGroup
app.TabGroup = uitabgroup(app.RightPanel);
app.TabGroup.SelectionChangedFcn = createCallbackFcn(app, @TabGroupSelectionChanged, true);
app.TabGroup.Position = [6 7 484 404];

% Create DTab
app.DTab = uitab(app.TabGroup);
app.DTab.Title = '3D модель';

% Create Axis3D
app.Axis3D = uiaxes(app.DTab);

```

```

title(app.Axis3D, 'Title')
xlabel(app.Axis3D, 'X')
ylabel(app.Axis3D, 'Y')
zlabel(app.Axis3D, 'Z')
app.Axis3D.Position = [0 1 483 379];

% Create Tab_2
app.Tab_2 = uitab(app.TabGroup);
app.Tab_2.Title = 'Карта высот';

% Create AxisContour
app.AxisContour = uiaxes(app.Tab_2);
title(app.AxisContour, 'Title')
xlabel(app.AxisContour, 'X')
ylabel(app.AxisContour, 'Y')
zlabel(app.AxisContour, 'Z')
app.AxisContour.Position = [1 -1 482 381];

% Create Tab
app.Tab = uitab(app.TabGroup);
app.Tab.Title = 'Спутниковая карта';

% Show the figure after all components are created
app.UIFigure.Visible = 'on';
end
end

% App creation and deletion
methods (Access = public)

% Construct app
function app = app1

% Create UIFigure and components
createComponents(app)

% Register the app with App Designer

```

```
registerApp(app, app.UIFigure)

% Execute the startup function
runStartupFcn(app, @startupFcn)

if nargin == 0
    clear app
end
end

% Code that executes before app deletion
function delete(app)

    % Delete UIFigure when app is deleted
    delete(app.UIFigure)
end
end
end
```