



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра водно-технических изысканий

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему Организация гидрометеорологического поста в
Арктической зоне: организация наблюдений за уровнем
режимом поста мыс Каменный

Исполнитель Татаренко Анна Алексеевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Исаев Дмитрий Игоревич
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой


(подпись)

кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Исаев Дмитрий Игоревич
(фамилия, имя, отчество)

«02» июня 2025г.

Санкт-Петербург
2025

Оглавление	
Введение.....	3
Глава 1. Теоретические основы организации гидрометеорологических наблюдений в Арктике.....	5
1.1 Методологические принципы наблюдений.....	8
1.2 Основные компоненты наблюдательной системы.....	9
1.3 Особенности арктических условий и их влияние на организацию наблюдений.....	10
Глава 2. Анализ условий района мыса Каменный для организации поста.....	12
2.1 Объект исследования.....	12
2.2 Климатические условия.....	16
2.3 Гидрологический режим.....	18
2.4 Влияние речного стока.....	19
Глава 3. Проект организации гидрометеорологического поста на мысе Каменный с фокусом на наблюдениях за уровнем моря.....	25
Глава 4. Проектирование гидрометеорологического поста.....	31
4.1 Организация гидрометеорологических наблюдений на мысе Каменный.....	31
4.2 Оборудование.....	33
4.3 Анализ работы прибора «WLG-30S» в арктических условиях.....	34
4.4 Анализ работы прибора АГМК-1м-02 и его эксплуатационные особенности.....	36
Заключение.....	38

Введение

Гидрометеорологическая сеть не так развита в арктической зоне, что влечет за собой нехватку данных для точного прогнозирования.

Обская губа — это масштабный и уникальный водоем, не имеющий аналогов, а также формирующий обширный переход между рекой Обью и Карским морем. Инфраструктуры нефтегазового комплекса и Северный морской путь делают Обскую губу своим ключевым элементом. Она служит естественной гаванью и транспортным коридором, связывающим внутренние водные пути Западной Сибири с глобальной трассой Северного морского пути.

Судоходство возрастает с каждым годом, тем самым увеличивает спрос на точность гидрометеорологической информации включающее в себя самое главное: прогнозов уровня воды с задаваемой заблаговременностью для безопасной транспортировки нефтепродуктов.

Цель работы: разработать проект организации гидрометеорологического поста на мысе Каменный с фокусом на организацию надежной и эффективной системы наблюдений за уровнем режимом.

Основные задачи работы:

1. Проанализировать теоретические основы и нормативные требования к организации гидрометеорологических наблюдений, особенно за уровнем моря.
2. Изучить физико-географические и климатические особенности района мыса Каменный, влияющие на организацию поста и уровень режим.

3. Обосновать необходимость и место расположения поста на мысе Каменный.
4. Рассчитать влияние речного стока на уровень поста находящемся на мысе Каменный.
5. Подобрать оптимальное оборудование и методы для наблюдений за уровнем моря в арктических условиях.
6. Разработать схему организации работ на посту.
7. Рассчитать основные затраты на создание и эксплуатацию поста.
8. Сделать заключительные выводы по установке гидрометеорологического поста.

Глава 1. Теоретические основы организации гидрометеорологических наблюдений в Арктике

Арктическая зона Российской Федерации (АЗРФ) – особенный регион из-за уникальности географического положения и ресурсного потенциала, охватывающая 30% территории страны. Арктика занимает центральное место в геополитической, экономической и экологической повестке России.

Арктический регион является индикатором глобальных климатических изменений. Динамичные преобразования в нем оказывают влияние на экосистемы и хозяйственную деятельность. В последние десятилетия наблюдаемые процессы включают рост частоты экстремальных метеорологических явлений, таких как штормовые ветры, усиление волновой активности, формирование сложных ледовых условий и интенсивный дрейф льдов. Эти явления создают риски для судоходства, включая сужение навигационных коридоров и повышение вероятности аварийных ситуаций.

Климатические изменения в Арктике требуют комплексного подхода, сочетающего мониторинг природных процессов, адаптацию инфраструктуры и международное сотрудничество. Учёт долгосрочных прогнозов и разработка примитивных мер развития позволят минимизировать негативные последствия как для экосистем, так и для экономической деятельности.

Социально-экономическое развитие регионов российской Арктики, создание нормальных социальных условий, обеспечение национальной безопасности и усиление многоцелевого присутствия России в Арктике во многом связаны с транспортно-коммуникационной политикой федеральных властей [3].

Стратегической задачей обеспечения интересов России в Арктике сегодня является окончательное уточнение и закрепление соответствующими международно-правовыми актами границ российского континентального

шельфа и линий разграничения исключительных экономических зон с остальными арктическими государствами [1]. Как показала практика, освоение Арктики послужило универсальным «ускорителем» в создании инновационных, эффективных технологий в сфере нефте- и газодобычи, стало трамплином для бурного роста производительности труда, обновления основных фондов [2].

Северный морской путь (СМП), являющийся ключевой транспортной артерией российской Арктики (Рисунок 1), сталкиваемся с комплексом логистических вызовов, ограничивающих реализацию стратегических программ региона. Маршрут СМП проходит через акватории Северного Ледовитого и Тихого океанов, связывает порты европейской части страны с дальневосточными и сибирскими терминалами, формируя единую транспортную сеть. СМП служит альтернативой традиционным маршрутам через Суэцкий и Панамский каналы, предлагая существенное сокращение расстояний.

Северный Морской путь



Рисунок 1. Логистическая карта Северного Морского пути

На Арктический шельф приходится 20% мировых запасов газа и нефти, так считают ряд специалистов и экспертов. Некоторые крупные нефтегазодобывающие компании мало осознают всей ответственности при добыче углеводородов в Арктике, создавая тем самым ряд проблем. Экосистемы Северного Ледовитого океана очень чувствительны к антропогенным воздействиям, именно поэтому такие крупномасштабные работы как добыча газа и нефти, являются источником экологических проблем. Северный Ледовитый океан – область низких температур, поэтому нефть на длительный промежуток времени может оставаться в своём исходном состоянии, так как её биологическое разложение происходит при температурах выше.

Безопасность судоходства в России, как и во всем мире, напрямую зависит от своевременного получения точной гидрометеорологической информации. Для формирования прогнозов и предупреждений Росгидромет использует данные наблюдений с нескольких сотен морских прибрежных

станций, расположенных вдоль побережий России. Эти станции непрерывно фиксируют ключевые параметры: скорость и направление ветра, температуру воздуха и воды, атмосферное давление, волнение моря, ледовую обстановку и другие показатели. Собранная информация анализируется с помощью современных технологий моделирования, что позволяет оперативно выявлять угрозы, такие как штормы, цунами, резкие похолодания или обледенение судов.

Дальнейшее развитие теории должно быть направлено на повышение пространственно-временного разрешения наблюдений, снижение неопределенности измерений в сложных условиях, разработку методов долгосрочного прогнозирования состояния компонентов системы и обеспечение максимальной отдачи от инвестиций в арктический мониторинг. Надёжные и систематические гидрометеорологические наблюдения являются фундаментом для оценки текущих климатических тенденций, разработки прогнозных моделей и обеспечения экологической и навигационной безопасности в высоких широтах.

1.1 Методологические принципы наблюдений

Организация гидрометеорологических наблюдений в Арктике базируется на ряде основных положений, указанных ниже:

1. Системный подход.

Арктика — это взаимосвязанная система «атмосфера-лед-океан-суша», требующая согласованного и синхронного мониторинга всех ее компонентов

2. Принцип репрезентативности.

Местоположение пунктов наблюдений должно обеспечивать получение данных, отражающих характерные условия обширных арктических территорий с учётом их пространственной неоднородности.

3. Продолжительность наблюдений.

Для адекватного описания процессов необходимы данные, охватывающие как макромасштабные циркуляционные особенности, так и локальные явления, при этом важна продолжительность данных. Чем более длинный ряд наблюдений, тем точнее описание процессов, а также точнее прогнозирование.

1.2 Основные компоненты наблюдательной системы

Современная система гидрометеорологических наблюдений в Арктике состоит из большого комплекса станций разного вида:

— Наземные станции (полярные метеостанции и дрейфующие станции), обеспечивающие регулярные измерения давления, температуры воздуха, направления и скорости ветра, влажности, а также характеристики снега и льда.

— Автоматические измерительные комплексы, устойчивые к экстремальным климатическим условиям, включая буи, погодные станции и датчики, установленные на морском льду.

— Космические наблюдения, предоставляющие критически важную информацию о распределении температуры поверхности, концентрации облачности и водяного пара в атмосфере.

Морские экспедиции и ледокольные маршруты, позволяющие выполнять комплексные измерения в труднодоступных зонах и калибровать дистанционные методы занимают немало важную роль в наблюдательной системе.

Сложность заключается в том, что сеть гидрометеорологических постов (Рисунок 2) не сильно развита в Арктической зоне, что приводит к отсутствию продолжительных рядов наблюдений и снижению точности прогнозирования опасных явлений.

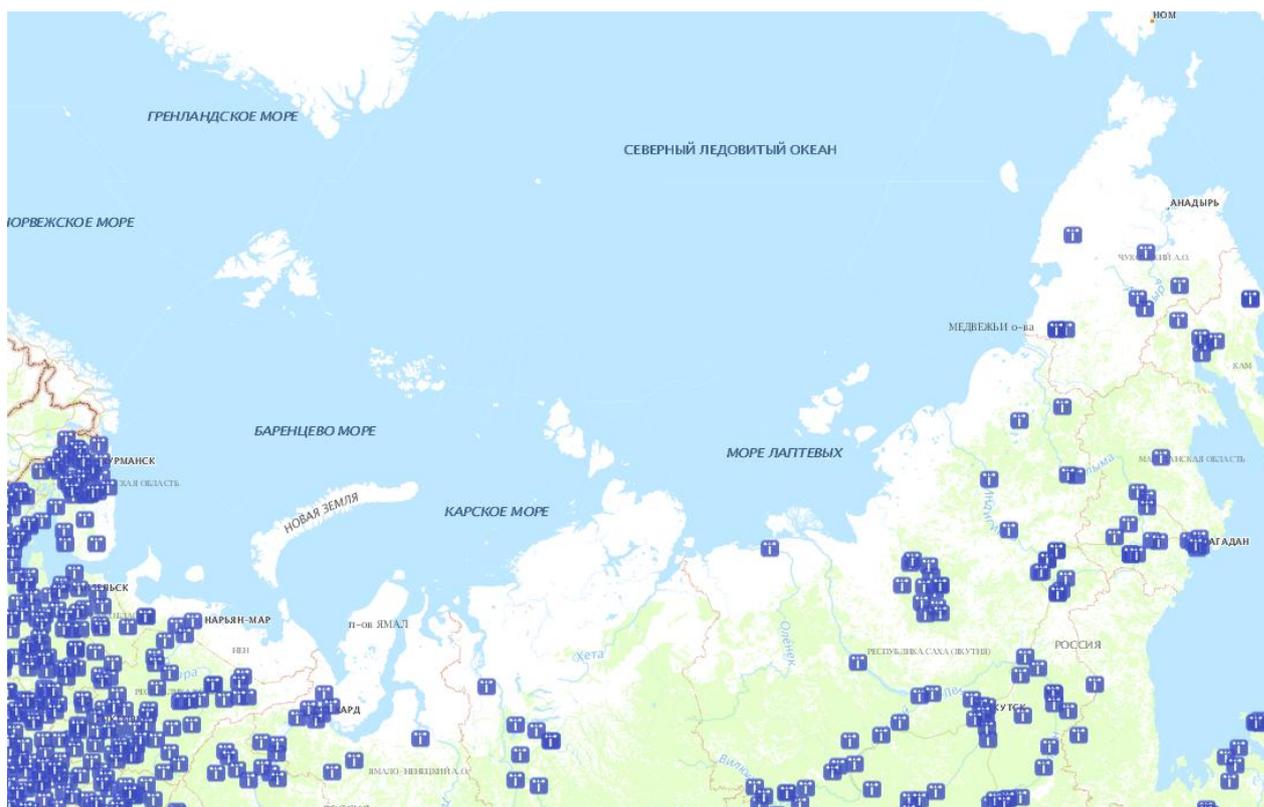


Рисунок 2. Сеть Гидрометеорологических постов в Арктической зоне

1.3 Особенности арктических условий и их влияние на организацию наблюдений

Экстремальные природные условия Арктики (сильные ветра, низкие температуры, длительная полярная ночь, постоянная изменчивость ледовой обстановки) предъявляют особые требования к технике наблюдений и методологии измерений, для сокращения всевозможных рисков:

- Разработка методов удалённой передачи и автоматической верификации данных;
- Повышенные требования к энергоэффективности и автономности оборудования;

- Использование высокопрочных материалов и антикоррозионных покрытий;

- Необходимость точного учёта изменений ледовой обстановки при размещении оборудования.

Глава 2. Анализ условий района мыса Каменный для организации поста

2.1 Объект исследования.

Обская губа представляет собой природный феномен, сочетающий черты речного эстуария и морского залива (Рисунок 3). Этот масштабный водоём, шириной от 30 до 90 км и протянувшись на 800 км по длине, выделяется не только своими размерами, но и сложной гидрологической структурой. Глубины варьируются от 8–10 м в мелководных зонах, до 28–30 м на отдельных участках, что создаёт уникальные условия для формирования экосистем и хозяйственной деятельности. Протяженность береговой линии по обеим сторонам достигает примерно 1000 километров. Водная площадь составляет 55,5 тыс. км², а общий объем воды — около 445 км³ [5].

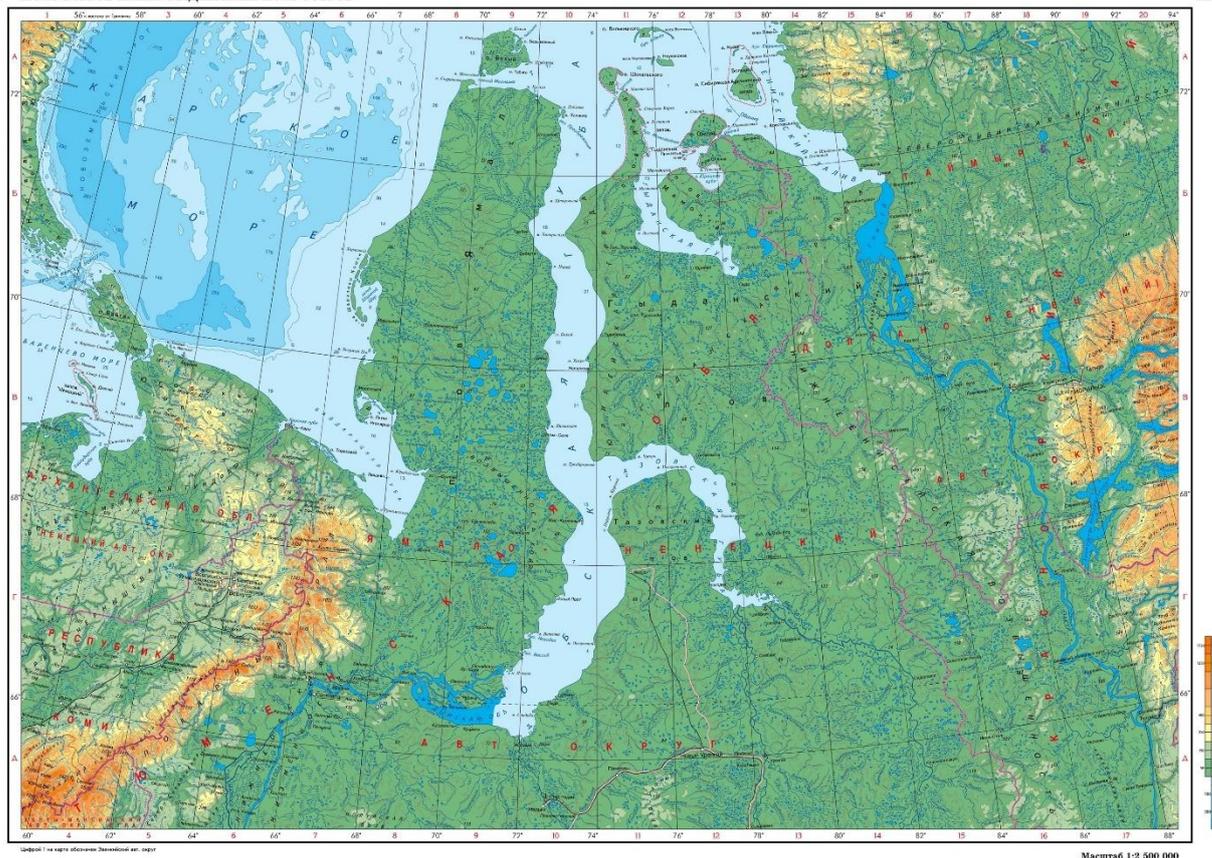


Рисунок 3. Физическая карта Обской губы

Обская губа вытянута с юга на север между 72-м и 74-м меридианами восточной долготы. Это географическое образование расположено между двумя крупными полуостровами — Гыданским на востоке и Ямалом на западе. В её восточной части находится ещё один залив — Тазовская губа, в который впадает река Таз.

Южная граница Обской губы проходит между мысами Ям-Сале и Жертв, а северная — между мысом Шайтанов и северо-западной частью острова Шокальского. Вся акватория находится на территории Ямало-Ненецкого автономного округа

Губа является самым мелководным районом Карского моря. Это обусловлено тем, что река Обь приносит огромное количество песка и ила, что делает дно губы ровным и сравнительно плоским. Глубины в акватории уменьшаются с севера на юг.

Основные реки, питающие Обскую губу, — это Обь, Надым, Ныда (впадают с юго-востока), а также Яда, Зеленая (с запада), Оя и Ивоча. Их сток формирует устойчивые течения, направленные преимущественно с юга на север, при этом скорость течений по акватории различается.

По гидрологическим и гидрохимическим признакам губа делится на три части — южную, среднюю и северную. Южная часть простирается от бара реки Обь (между мысами Сандиба и Ям-Сале) до линии мыс Круглый — мыс Каменный. Средняя часть охватывает район до устья реки Тамбей и мыса Таран.

Организация гидрометеорологических наблюдений будет осуществляться в районе мыса Каменного (Рисунок 4). Именно там находится терминал «Ворота Арктики» через который происходит круглогодичная отгрузка нефти и газа.

Танкера производят частую загрузку нефтепродуктов, следуя свои маршрутам проходят через участки с очень малыми глубинами Обской губы.

Проходя свой маршрут по Обской губе, танкер должен обладать информацией по уровню воды, чтобы избежать всевозможные риски катастрофических ситуаций.

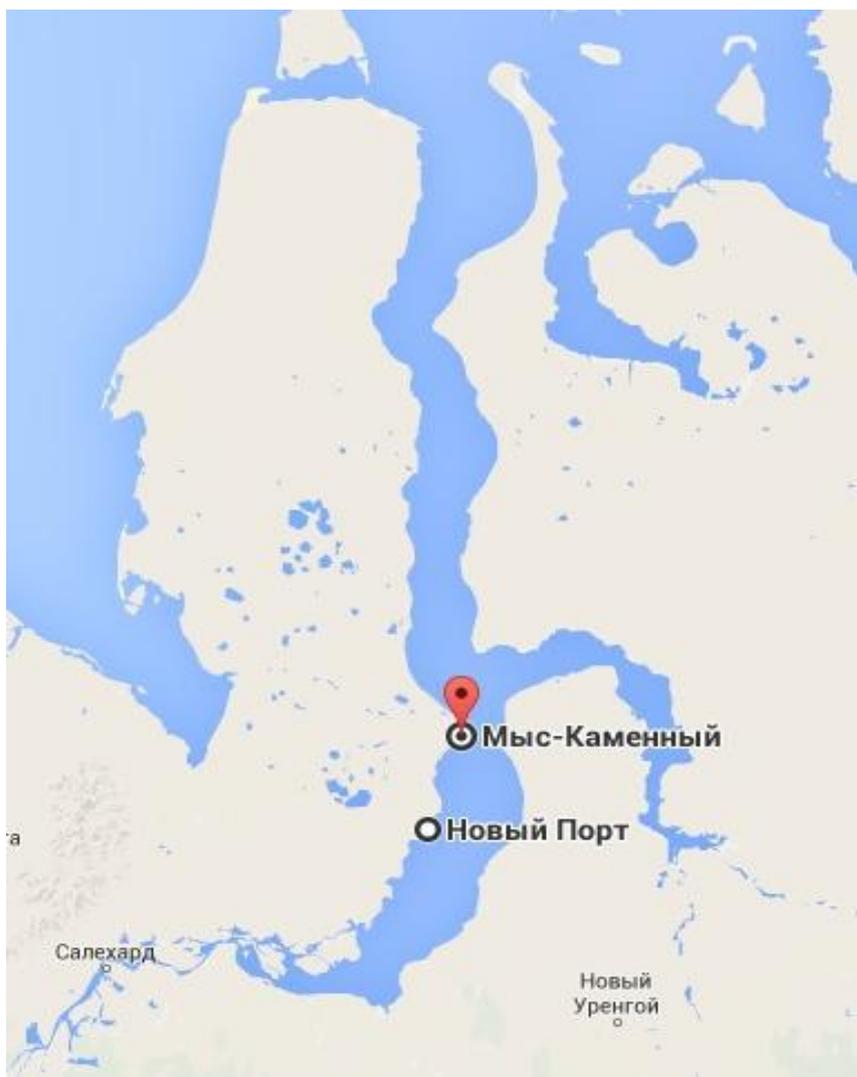


Рисунок 4. Расположение гидрометеорологического поста, мыс Каменный.

Систематическое изучение гидродинамических процессов в данной акватории было инициировано в середине XX века в ответ на потребности развития судоходства и инфраструктуры. Научные изыскания фокусировались на анализе колебаний уровня моря, динамике течений и ледовом режиме, что стало основой для портовых сооружений и инженерных объектов. Эти исследования заложили фундамент для понимания взаимодействия речных и морских вод в условиях арктического климата.

2.2 Климатические условия

Обская губа подвержена значительным сезонным изменениям с характеризующимися резкими перепадами температур, солнечной освещённости, а также влиянием разнообразных дополнительных факторов, среди которых выделяются деятельность человека и промышленные воздействия.

Одной из ключевых климатических характеристик региона является короткое лето — не более двух месяцев (с середины июня и до середины августа), в то время как зима занимает до шести месяцев в году. Весна и осень здесь кратковременны, с частыми отрицательными температурами, затрудняющими работу морского транспорта, гидротехнических объектов и аэродромов. В зимние месяцы наблюдается полное отсутствие солнечного света, что резко снижает видимость и усложняет навигацию. Дополнительными метеорологическими факторами риска являются туманы, снежные заносы и метели, вызванные сильными ветрами.

Согласно метеорологическим наблюдениям за 2017–2021 годы, климат региона демонстрирует устойчивую тенденцию к потеплению (4). Положительные температурные аномалии часто фиксировались что подтверждает общее повышение среднегодовой температуры. Однако при этом зима становится не только продолжительной, но и холодной, что негативно сказывается на зимнем судоходстве и увеличивает период ледостава.

Минимальные значения температуры воздуха достигают $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$, что обусловлено влиянием арктических воздушных масс, а также континентальностью климата Западной Сибири.

Характерны частые и интенсивные ветра. Максимальные скорости ветра могут достигать 40 м/с, что связано с циклонической деятельностью над Карским морем и усилением ветра над ледовыми пространствами и выровненным рельефом прилегающей тундры.

Роза ветров со среднесуточными значениями скорости и преобладающего направления ветра с 01.10.2023 г. по 05.05.2025 г.

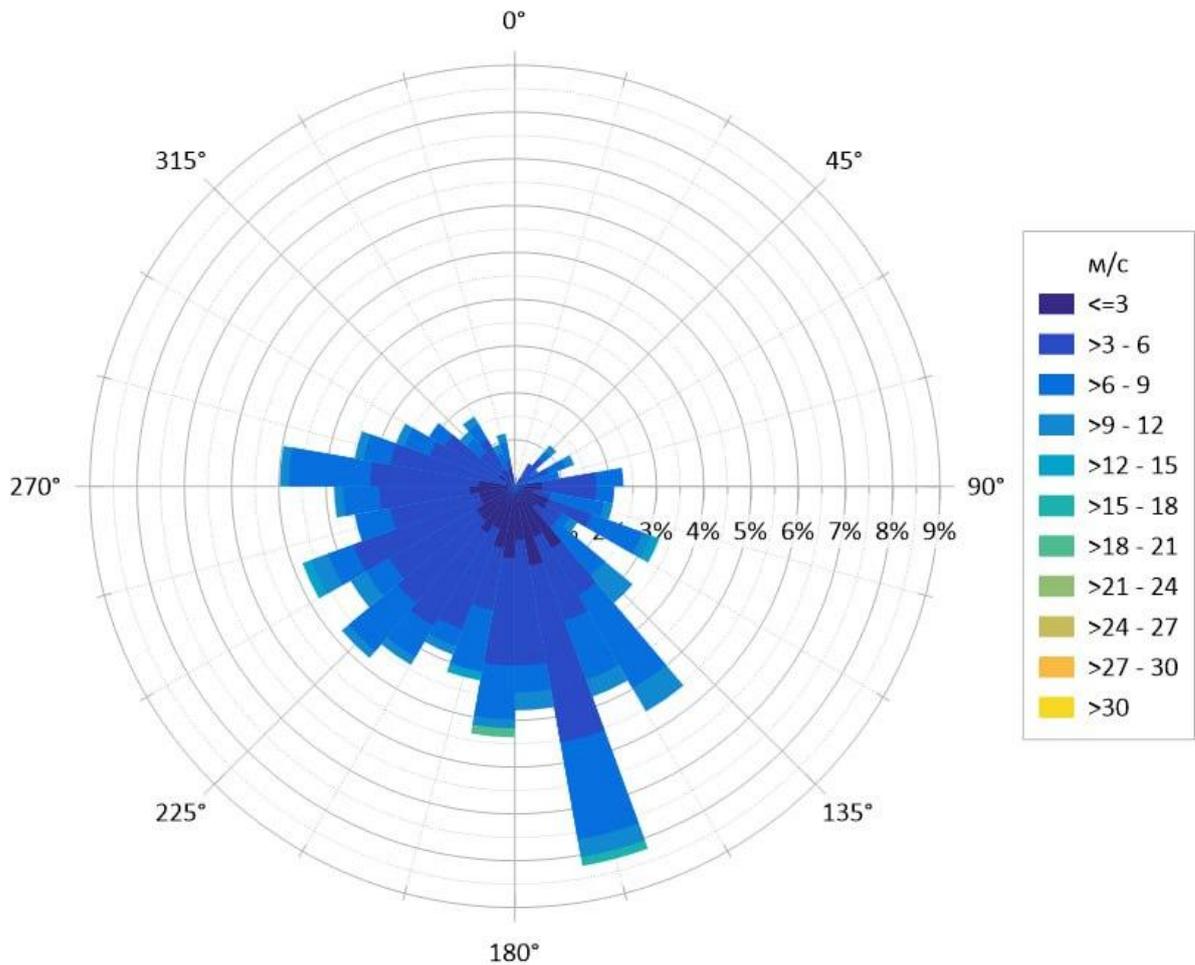


Рисунок 5. Роза ветров со среднесуточными скоростями мыс. Каменный

На Рисунок 5 построена роза ветров на основе полученных данных с беспроводной метеостанции Vantage Pro2 которая расположена на мысе Каменный.

Метеостанция передает осредненные данные по 4-м направлениям скорости ветра за час. Для построения розы ветров данные усреднены в среднесуточные и нанесены на график.

Рисунок 1

Экстремально низкие температуры воздуха являются главным фактором интенсивного льдообразования. В период максимального развития (конец

зимы - начало весны) толщина припайного и дрейфующего льда достигает 2,2 метров. Сильные ветра оказывают существенное влияние на динамику ледового покрова, вызывают торошение (образование нагромождений льда - торосов, высота которых может многократно превышать номинальную толщину льда), а также, усиливают теплообмен на границе лед-атмосфера, косвенно влияя на термический режим льда и воды под ним.

2.3 Гидрологический режим

Обская губа отличается разнообразием постоянных течений, среди которых можно выделить как ветровые, так и приливные.

В рассматриваемой акватории преобладают приливно-отливные колебания уровня воды, выявляются две основные причины их образования. Во-первых, совместные приливы с морем. Акватория губы соединяется с открытым морем, тем самым возникающие в море волновые действия приводят к возникновению совместных приливно-отливных колебаний. При переходе приливной волны из внешней части мелководья в залив её амплитуда увеличивается в два раза, однако при движении на юг амплитуда волны постепенно уменьшается из-за воздействия силы трения. Во-вторых, постоянное влияние Солнца и Луны. Они создают горизонтальные движения водных масс и приводящее к приливам и отливам.

Сгонно-нагонные явления вызываются действиями циклонов и антициклонов. Сгон проявляется из-за действия циклона, с преобладающими ветрами южного и юго-западного направления. Нагон – действие антициклона, ветры которого проявляются с северного и северо-восточного направления. На протяжении года в Обской губе наблюдаются полусуточные приливы, при этом скорость приливных волн и их величина уменьшаются по мере продвижения с севера на юг. Сизигийные, то есть наибольшие приливы обычно происходят через 3-4 суток после полнолуний и новолуний. Активная

циклоническая деятельность также может вызывать сгонно-нагонные колебания, которые заметны при определенных ветровых условиях.

В зимний период с ноября по май, когда акватория покрыта льдом, преобладают южные и юго-западные ветры, но их влияние на водные течения значительно снижено. В летний же период с июня по август, наибольшая активность наблюдается у северных и северо-западных ветров, в то время как осенние периоды чаще всего преобладают западные ветры. Наиболее опасные волновые условия в Обской губе, направленные вдоль её оси приходящие из-за действия северных и южных ветрах.

2.4 Влияние речного стока

Исследования динамики уровня воды Обской губы представлены ограниченным количеством работ. Обская губа — это эстуарий реки Оби, следует проанализировать влияние речного стока на уровень самой губы.

В качестве основы для проведения анализа были использованы пространственные данные, содержащие информацию о высотах и глубинах поверхности суши и дна водоемов (Рисунок 6). Основной исходный файл представляет собой срез глобальной модели рельефа, подготовленной в рамках международного проекта GEBCO (7).

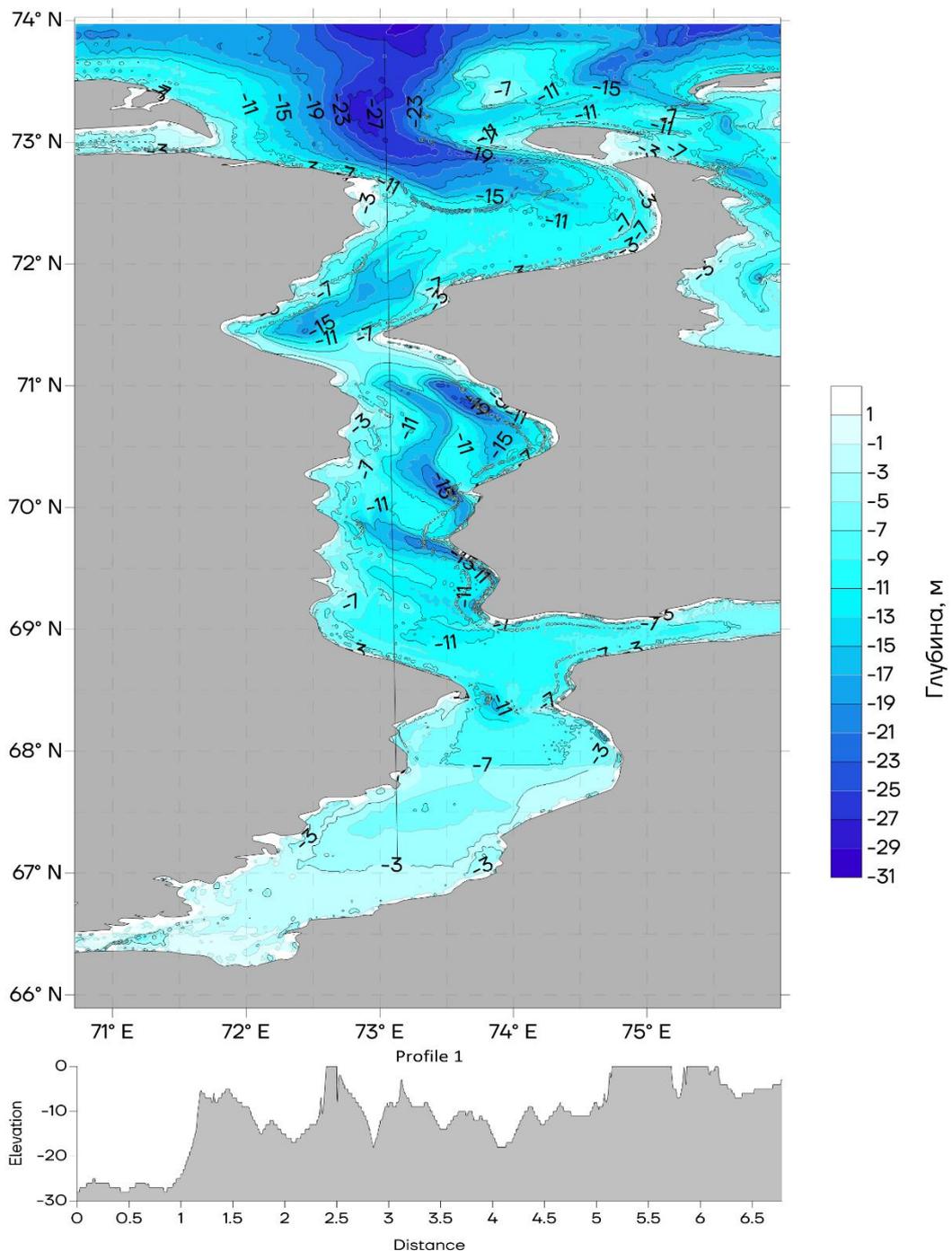


Рисунок 6. Батиметрическая карта Обской губы

GEBCO – центр, в котором находится общая батиметрическая карта океанов в открытом и бесплатном доступе. Целью является создание полных и открытых данных с информацией о морском дне для всех океанов мира. Достижение этой цели обеспечивается за счет поддержки и стимулирования картографических работ морского дна через международное сотрудничество,

внедрение новых технологий, наращивание потенциала и образовательные инициативы.

Surfer представляет собой специализированное программное обеспечение для 3D-моделирования, анализа пространственных данных и профессионального картографирования. Его функционал охватывает следующие ключевые направления: поверхностное моделирование и анализ данных, профессиональная картографическая визуализация, многомерный анализ и моделирование, геопространственная обработка.

С помощью построенной карты, акваторию удалось разбить на поперечные профили сечений и получить данные глубин по профилям (Рисунок 7)

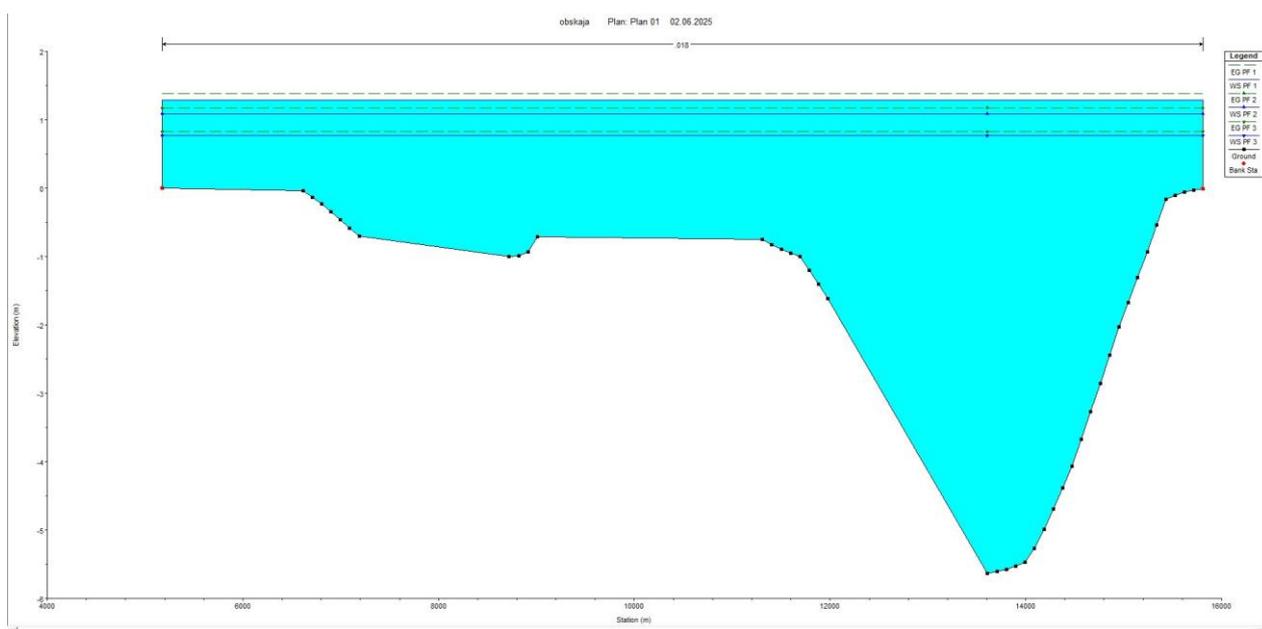


Рисунок 7. Профиль №1 первый створ исток р. Оби

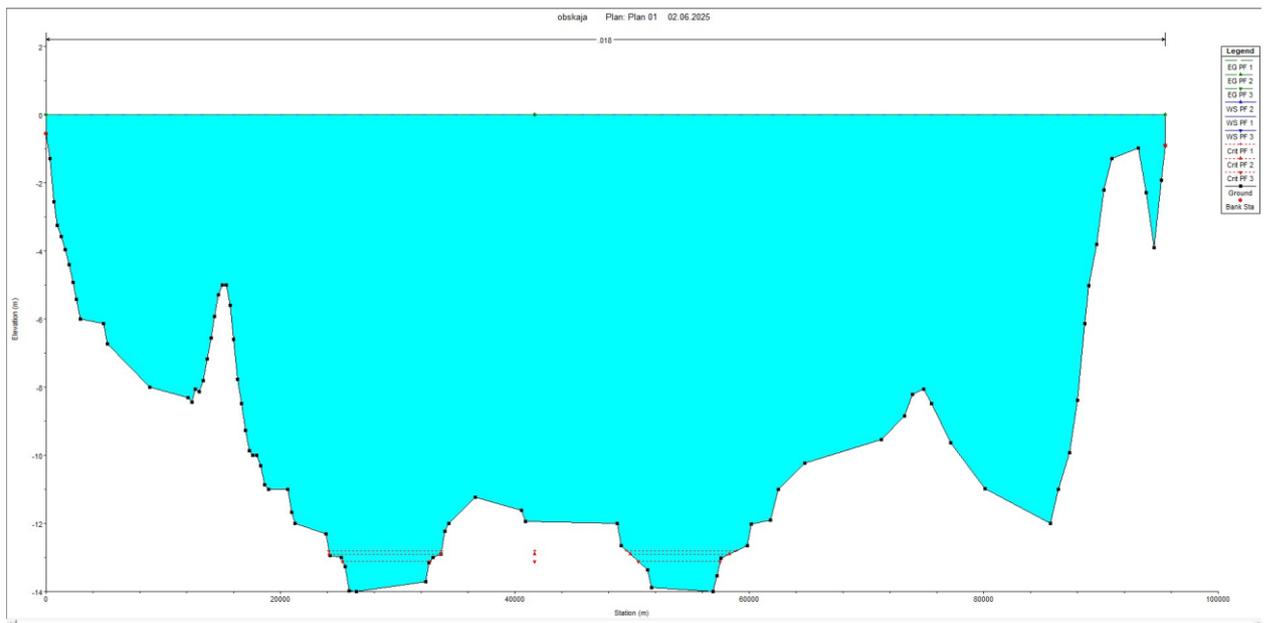


Рисунок 8. Профиль №13 акватория Обской губы

Данные записывались по глубине и расстоянию, дополнительно отмечалось расстояние между профилями.

Набрав базу данных по профилям, данные загружены в программу HEC-RAS и построен продольный профиль по Обской губе (Рисунок 9).

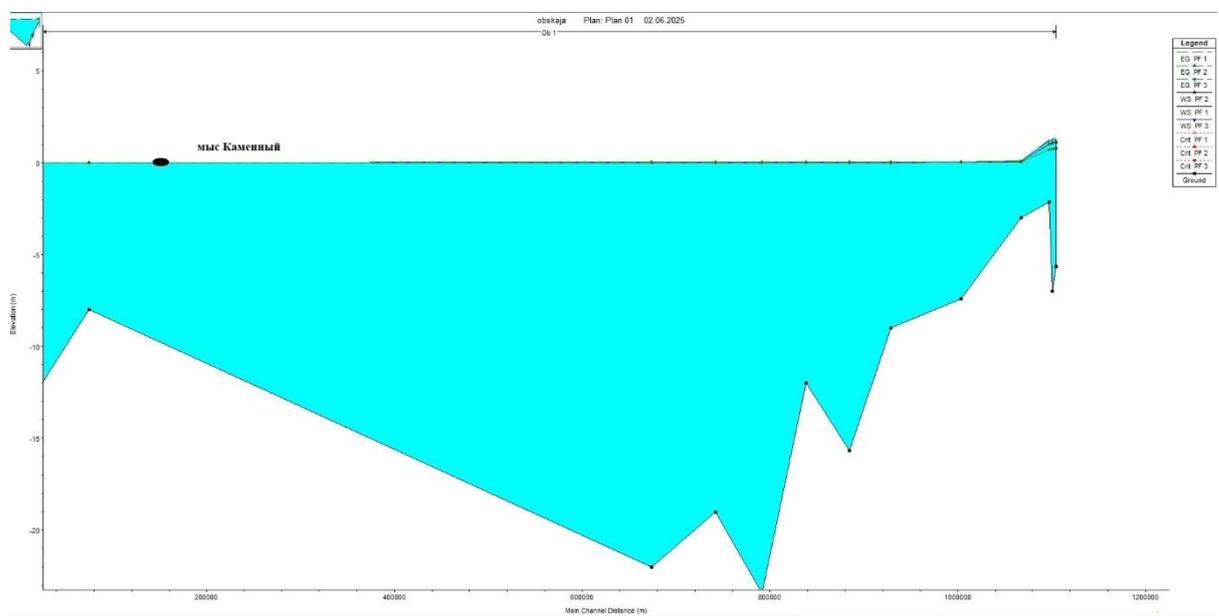


Рисунок 9. Продольный профиль Обской губы с расположением поста мыс Каменный.

В основе расчёта установившегося потока в HEC-RAS лежит решение одномерного уравнения энергии. Энергетические потери определяются за счёт сопротивления потоку и изменений его геометрии, таких как сжатие или расширение. В ситуациях с резкими изменениями уровня воды, например при гидравлическом скачке, вблизи мостов или в местах слияния рек, используется уравнение импульса.

Для моделирования неустойчивых (временных) потоков HEC-RAS применяет полное одномерное динамическое уравнение Сен-Венана, реализованное через неявную схему конечных разностей. Эта методика заимствована из программного комплекса UNET, созданного доктором Робертом Л. Баркау.

HEC-RAS позволяет проводить моделирование как для отдельных речных участков, так и для более сложных сетей каналов, включая дендритные системы. При этом для некоторых сложных условий в рамках одномерного подхода требуется внесение определённых упрощений. Программа способна анализировать различные режимы течения — докритические, сверхкритические и смешанные — и учитывать воздействие инженерных сооружений, таких как мосты, водопропускные трубы, плотины и другие преграды.

На самом первом профиле (исток р. Обь) (Рисунок 7) с помощью программы HEC-RAS было задано 3 наибольших обеспеченных расхода воды за разные года реки Обь с гидрологического поста г. Салехард (Таблица 1)

Таблица 1. Обеспеченные расходы воды р. Обь – пост г. Салехард

Год	Расход воды м ³ /с
1995	31000
2007	29900
2022	12600

Проанализировав полученный продольный профиль с заданными расходами в истоке реки, можно сделать вывод о том, что сток реки в Обскую губу никак не влияет на уровень воды в районе мыса Каменного. Самые основные колебания уровня происходят в нижней части губы, уровень значительно выше (Рисунок 9).

Глава 3. Проект организации гидрометеорологического поста на мысе Каменный с фокусом на наблюдениях за уровнем моря

Проект «Гидрометпост в Арктической зоне» актуален по нескольким причинам:

Он позволит существенно повысить точность прогнозов для безопасной навигации на протяжении Северного морского пути. Это особенно важно для круглогодичного судоходства по Севморпути, которое планируется наращивать [12].

Проект реализуется в рамках государственной программы «Охрана окружающей среды» и программы Росгидромета по модернизации наблюдательной сети в Арктической зоне России. Это значит, что он соответствует приоритетам государственной политики в области охраны окружающей среды и развития Арктики.

Предусмотрительность проекта в установке современных дрейфующих и стационарных измерительных приборов отечественного производства в акваториях всех морей российской Арктики. Это будет способствовать развитию отечественной науки и технологий в области гидрометеорологии.

Проект позволит получать ежечасные прямые наблюдения о ледовых и метеорологических параметрах в регионе. Это даст возможность оперативно корректировать модельные расчёты погоды и маршруты судов с учётом данных об усилении ветра и волнения, возможности обледенения судов и других факторов.

Способность проекта в увеличении развитию международного сотрудничества в области изучения Арктики. Это особенно важно в условиях изменения климата и возрастающего интереса к ресурсам и возможностям Арктического региона.

Таким образом, проект «Гидрометпост в Арктической зоне» является актуальным и важным для обеспечения безопасности судоходства, развития научных исследований и международного сотрудничества в Арктике.

Таблица 2. Организация проекта гидрометеорологического поста

Выявление главной проблемы:	Отсутствие должного объём и качество производимых гидрометеорологических наблюдений
Предлагаемое решение проблемы:	Автоматизированный гидрологический комплекс для регистрации наблюдений с ежечасной обсервации метеорологических и гидрологических данных
Ценностное предложение	Увеличение объёма и качества гидрометеорологических данных в АЗРФ
Скрытое преимущество	Универсальность прибора в установке. Российское производство
Потребительский сегмент	Транспортные компании

Таблица 3 и Таблица 4 представленные ниже были разработаны и составлены в рамках проекта «Акселератор «Гидромет» РГГМУ 2024 года

В Таблица 3 разработана финансовая модель проекта, которая представляет затраты на создание проекта.

Таблица 3. Финансовая модель проекта

№	Статья расходов	Сумма
Разработка и запуск продукта		
1	Участие в конференциях и мероприятия для продвижения продукта	100 000
2	Покупка уровнемера АГМК.	622 000
3	Установка АГМК.	300 000
4	Покупка сервера для системы	150 000
5	Открытие юридического лица	7000
6	Стационарный компьютер	200 000
7	закупка комплектующих	150000
ИТОГО:		1 529 000

Постоянные расходы:

- Оклады сотрудников (мастер по обслуживанию и ремонту, инженер, технолог)
- Оплата р/с
- Налоги на оклад сотрудников
- ЭДО
- Непредвиденные постоянные расходы

Переменные расходы:

- Налоги УСН 6%
- Премияльная составляющая сотрудников, зависящая от продаж
- Бюджет на маркетинг
- Эквайринг 2-3 %

Таблица 4. Постоянные и переменные расходы проекта

№	Статья расходов / доходов	1 мес.	3 мес.	5 мес.	7 мес.
постоянные расходы					
1	ЗП / ФОТ (программисты)	120000	120000	120000	120000
2	Оплата р/с, оплата бухгалтера	3690	3690	3690	3690
3					
4	Налоги на зп	51600	51600	51600	51600
5	Оплата ЭДО	0	0	0	0
6	Непредвиденные постоянные расходы				
итого постоянные расходы		175290	175290	175290	175290
переменные расходы					
1	Налоги УСН	24000	24000	24000	48000
2	Премияльная составляющая сотрудников	по мере появления клиентов			
3	Бюджет на маркетинг	100000			100000
4	Эквайринг 2-3 %				
5	Непредвиденные переменные расходы				
итого переменные расходы		124000	24000	24000	148000
итого расходы		299290	199290	199290	323290
доходы					
1	Ежемесячная оплата доступа к данным	400000	400000	400000	400000
	Количество клиентов -	1	1	1	2
итого доходы с клиентов		400000	400000	400000	800000
2					
итого доходы с установок		0	0	0	0
итого доходы с клиентов		400000	400000	400000	800000
1					
			0	0	0
		0	0	0	0

итого выручка	400000	400000	400000	800000
прибыль	-1428290	200710	200710	476710
прибыль нарастающим итогом	-1428290	1026870	625450	277970

Глава 4. Проектирование гидрометеорологического поста

Гидрометеорологические посты (ГМП) являются критически важными элементами системы мониторинга состояния окружающей среды, особенно в экстремальных и уязвимых арктических регионах, таких как Обская губа. Их проектирование требует комплексного подхода, учитывающего суровые климатические условия, специфику гидрологического режима и задачи сбора репрезентативных данных для научных исследований и оперативных служб.

4.1 Организация гидрометеорологических наблюдений на мысе Каменный.

После глубокого анализа региона выявлен самый главный фактор для выбора места установки гидрометеорологического поста, им является суровость региона.

Наличие капитального причала с устойчивыми геодезическими отметками создаёт оптимальные условия для установки датчиков измерения уровня воды, температуры, давления.

Критерии выбора места размещения гидрометеорологического оборудования:

1. Гидродинамическая стабильность

Пост должен быть расположен вне зоны интенсивного волнения и подмыва, характерных для мелководных участков. Причальная стенка обеспечивает защиту от этих факторов.

2. Привязка к вертикальной системе высот

Необходимо наличие стабильной нивелирной основы, привязанной к Балтийской системе высот. Причальная стенка обеспечивает возможность закладки реперов и проведения регулярной проверки привязки.

3. Механическая устойчивость

Конструкция основания должна быть способна выдерживать оборудование массой до нескольких сотен килограммов, в том числе в условиях обледенения и нагруженности льдом.

4. Электроснабжение и связь

Пост должен иметь надёжное питание и каналы передачи данных в режиме реального времени. Припортовая инфраструктура позволяет реализовать это без привлечения автономных источников энергии.

5. Минимизация антропогенных возмущений

Размещение должно исключать влияние судовых волн, сточных вод и деятельности берегового персонала. Участок причальной стенки должен быть выделен и оборудован средствами физической защиты.

6. Возможность всесезонной эксплуатации

Пост должен быть защищён от обледенения, допускающей круглогодичный доступ для обслуживания и визуального контроля.

4.2 Оборудование

В рамках проекта РГГМУ по Гидрометеорологическому обеспечению комплекса АТКОН «Ворота Арктики» на Мысе Каменном в Обской губе измерения уровня производятся оборудованием представленном в Таблица 5

Таблица 5. Приборы измерения уровня воды

Параметр	Буй «WLG-30S» (тип Argos)	Гидростатический уровнемер АГМК-1м-02
Производитель	ООО «Марлин-Юг»	ООО «МераПрибор»
Тип прибора	Плавающий буй с телеметрией (Argos)	Погружной датчик (гидростатический уровнемер)
Измеряемые параметры	Уровень воды GPS/ГЛОНАСС координаты Атмосферное давление Температура воды Температура корпуса	Уровень воды Температура воды Температура воздуха Влажность
Тип передачи данных	Спутниковая система Argos	GSM-модуль (мобильная сеть)

Область установки	Открытые водоёмы (плавучая установка)	Стационарные установки, включая прибрежные посты
Принцип измерения уровня	Спутниковый (GPS + датчики давления)	Гидростатический (по давлению столба воды)
Энергопитание	Автономное (обычно с батарейным питанием)	Автономное или внешнее
Преимущества	Работа в удалённых районах Независим от инфраструктуры	Простота монтажа Высокая точность Дешевле в обслуживании
Ограничения	Высокая стоимость связи Требует устойчивости на волне	Требует кабельной разводки Чувствителен к загрязнению

4.3 Анализ работы прибора «WLG-30S» в арктических условиях

Буй WLG-30S представляет собой автономную измерительную платформу, специально разработанную для функционирования в экстремальных условиях, характерных для Арктического региона. Его конструкция базируется на стабилизированной поплавковой основе,

обеспечивающей надёжное позиционирование в водной толще и устойчивость к волнению, обледенению и воздействию низких температур (Рисунок 10).



Рисунок 10. Измеритель уровня воды (уровнемер) WGL-30S

Прибор оснащён многофункциональной системой датчиков, включающей модули измерения уровня воды (гидростатический и ультразвуковой сенсоры), температуры воды, атмосферного давления, а также приёмно-передающие устройства на базе спутниковой системы Argos. Модуль GPS/ГЛОНАСС обеспечивает точную геопривязку данных, что особенно важно при дрейфе буя в условиях ледового поля [8].

Энергоснабжение WLG-30S обеспечивается за счёт встроенных аккумуляторов, работающих в паре с солнечными панелями. Отдельное внимание в конструкции уделено термостойкости элементов, работающих в диапазоне температур от $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Преимуществом применения WLG-30S в Обской губе является его способность осуществлять непрерывный мониторинг уровня воды даже в условиях отсутствия береговой инфраструктуры. К ограничениям следует отнести необходимость в периодической очистке датчиков от наледи и морской биоплёнки, а также зависимость от условий освещённости для подзарядки солнечных панелей в зимний период.

4.4 Анализ работы прибора АГМК-1м-02 и его эксплуатационные особенности

АГМК-1м-02 — это стационарный погружной уровнемер, предназначенный для высокоточного измерения уровня воды в прибрежных зонах и гидротехнических сооружениях. Его конструкция включает высокочувствительный тензорезистивный датчик давления, расположенный в герметичном цилиндрическом корпусе из нержавеющей стали (Рисунок 11). Он способен измерять давление водяного столба с высокой точностью диапазона измерения.



Рисунок 11. Уровнемер (гидростатический) АГМК-1м-02

Работа прибора основана на принципе преобразования гидростатического давления в электрический сигнал, который далее обрабатывается встроенным микропроцессором. Устройство также оборудовано термодатчиком, компенсирующим температурные погрешности, что критически важно для эксплуатации в арктическом климате.

Отличительной особенностью АГМК-1м-02 является его совместимость с телеметрическими системами передачи данных по GSM-каналу, что позволяет получать оперативные значения уровня воды в режиме реального времени. Прибор имеет устойчивость к обледенению и механическим нагрузкам, однако требует стационарного размещения и защищённой установки кабелей.

Преимущества: высокая точность, стабильность измерений, длительный срок службы. К недостаткам можно отнести чувствительность к загрязнению водной среды и необходимость периодического технического обслуживания.

Заключение

В ходе работы обоснована высокая актуальность создания гидропоста на мысе Каменный. Выявлена острая нехватка наблюдательных данных в Обской губе, особенно вблизи терминала «Ворота Арктики», что создаёт существенные риски для судоходства, включая транспортировку нефти. Проект полностью соответствует приоритетным направлениям государственной политики, включая программы по охране окружающей среды, модернизацию сети Росгидромета и развитие Северного морского пути.

Научная составляющая проекта включает комплексное изучение природных условий района размещения поста: экстремального климата, специфики приливно-сгонного гидрологического режима и батиметрических особенностей Обской губы. На основе моделирования с применением программного комплекса HEC-RAS доказано, что влияние речного стока в районе предполагаемого поста минимально, что усиливает значимость уровня как индикатора морской динамики.

Техническая концепция проекта включает подбор оборудования, адаптированного к арктическим условиям. Применение автономного буя WLG-30S и стационарного уровнемера АГМК-1м-02 позволит обеспечить круглосуточный и высокоточный мониторинг уровня воды, температуры, ветровых параметров и ледовой обстановки с передачей данных в реальном времени. Это создаёт надёжную основу как для оперативного реагирования, так и для формирования долгосрочных рядов наблюдений, необходимых для оценки климатических изменений.

Практическая значимость проекта заключается в возможности повышения безопасности судоходства в условиях мелководья Обской губы, снижения рисков аварий и экологических последствий, а также в научной ценности накопленных данных. Экономическое обоснование проекта показывает умеренные затраты на запуск и подчёркивает важность планирования расходов на обслуживание и эксплуатацию оборудования.

В работе также сформулированы рекомендации по развитию проекта: установка дополнительных датчиков, использование искусственного интеллекта для прогнозирования уровня воды, внедрение автономных источников энергии и коммерциализация данных через договоры с судоходными компаниями.

Таким образом, выполненное исследование подтверждает техническую, научную и экономическую состоятельность проекта по созданию гидрометеорологического поста на мысе Каменный, что делает его важным вкладом в обеспечение устойчивого освоения Арктической зоны России.

Список литературы

1. Кузнецов, И. С. Освоение российской Арктики: проблемы и перспективы / И. С. Кузнецов, М. А. Сатурян // Современные тренды российской экономики: вызовы времени - 2015: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Тюмень, 11 февраля 2016 года. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2016. – С. 257-262. – EDN XSVMQB
2. Важенина, Т. М. Современное состояние изученности арктического шельфа РФ и проблемы его освоения / Т. М. Важенина, П. А. Горбунов // Современные тренды российской экономики: вызовы времени - 2015 : материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Тюмень, 11 февраля 2016 года. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2016. – С. 247-251. – EDN XSVMON.
3. Воронина, Е. П. Современное состояние и перспективы развития грузопотоков по северному морскому пути: актуальные проблемы и пути решения / Е. П. Воронина // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2019. – № 11-2(57). – С. 185-191. – DOI 10.24411/2411-0450-2019-11425. – EDN XJPWIS.
4. Акселевич, В. И. Изменение климатических условий в районе Обской губы / В. И. Акселевич, Г. И. Мазуров // Арктика и инновации. – 2023. – Т. 1, № 1. – С. 69-77. – DOI 10.21443/3034-1434-2023-1-1-69-77. – EDN XDMAVE.
5. Ильин, Г. В. Гидрологический режим Обской губы как новой области морского природопользования в российской Арктике / Г. В. Ильин // Наука Юга России. – 2018. – Т. 14, № 2. – С. 20-32. – DOI 10.23885/2500-0640-2018-14-2-20-32. – EDN XQGIGL.

6. К решению проблемы прогноза уровня моря у мыса Каменный в Обской губе / Г. Н. Войнов, Н. В. Головин, Н. В. Кубышкин [и др.] // Проблемы Арктики и Антарктики. – 2023. – Т. 69, № 1. – С. 29-43. – DOI 10.30758/0555-2648-2023-69-1-29-43. – EDN JEOSQJ.
7. GEBCO – URL: <https://www.gebco.net/>
8. ООО «Марлин-Юг». – URL: Уровнемеры | Марлин-Юг (marlin-yug.com). (дата обращения: 30.04.24)
9. «МераПрибор». – URL: Уровнемеры (merapribor.ru)
10. Войнов, Г. Н. Приливные и стонно-нагонные колебания уровня воды в южной части Обской губы / Г. Н. Войнов, А. А. Пискун // Комплексные исследования природной среды Арктики и Антарктики : Тезисы докладов международной научной конференции, Санкт-Петербург, 02–04 марта 2020 года. – Санкт-Петербург: Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, 2020. – С. 231-234. – EDN CYSIQO.
11. «Гидрологический режим Обской губы как новой области морского природопользования в Российской Арктике». Наука о Земле © 2018 г. Г.В. Ильин
12. Ангудович Я. И., Татаренко Ю. А. О применении нейронных сетей в задачах оперативного прогнозирования уровня в акватории Обской губы // Гидрометеорология и экология. 2025. № 78. С. 42—65. doi: 10.33933/2713-3001-2025-78-42-65.