



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра прикладной океанографии  
и комплексного управления прибрежными зонами**

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**  
(магистерская диссертация)

На тему «Оценка воздействия гидрологических факторов на безопасность  
прибрежной зоны (на примере побережья Копорской губы).»

Исполнитель Барулин Григорий Петрович  
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель Доктор географических наук  
(ученая степень, ученое звание)

Малинин Валерий Николаевич  
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»  
И.о. заведующего кафедрой   
(подпись)

кандидат географических наук  
(ученая степень, ученое звание)

Хаймина Ольга Владимировна  
(фамилия, имя, отчество)

«11» марта 2025 г.

Санкт-Петербург  
2025

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
ГЛАВА 1 ФИЗИКО ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОБЕРЕЖЬЯ КОПОРСКОЙ ГУБЫ И ЕЕ ОСНОВНЫЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАТЕЛИ.....	4
1.1 Физико- географические особенности побережья и акватории Копорской губы.....	4
1.2 Важнейшие природопользователи и техногенные условия.....	8
1.3 Важнейшие факторы внешних воздействий морской гидрологической. природы, воздействующие на Ленинградскую АЭС .....	15
ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	22
2.1 Характеристика данных мониторинга морской гидрологической среды акватории Копорской губы. Базы данных .....	22
2.2 Режим уровней моря в акватории Копорской губы .....	28
2.3 Режим течений.....	35
2.4 Режим волнения .....	40
2.5 Режим температуры воды .....	41
2.6 Базы данных.....	43
2.7 Метод SWOT - анализа и особенности его применения .....	44
ГЛАВА 3. Оценка воздействия гидрологических факторов на безопасность прибрежной зоны .....	48
3.1 Колебания уровня Финского залива и в акватории Копорской губы.....	48
3.2. Синоптические ситуации, способствующие развитию морских наводнений в Санкт-Петербурге .....	51
3.3 Выявление сгонно-нагонных явлений в акватории Копорской губы.....	56
3.4 Гипотетическая опасность возникновения цунами в акватории Финского залива .....	65
3.5 Выявление и оценка негативных внешних воздействий на прибрежную зону Копорской губы методом КУПЗ .....	67
3.6 Выявление и оценка негативных воздействий явлений и процессов морской гидрологической природы средствами КУПЗ .....	69
3.7 Рекомендации к использованию методов КУПЗ при анализе безопасности прибрежных зон .....	73
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	74
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	76

## ВВЕДЕНИЕ

При осуществлении хозяйственной деятельности человек вольно или не вольно вторгается в природную среду изменяя ее согласно своим надобностям. Этот процесс выражается путем образования разнообразных технических систем. Технические системы интегрируются в природную среду и начинают воздействовать с разной интенсивностью на естественные процессы. Соответственно природные системы также начинают адаптироваться к новым условиям «проникая» в техническую составляющую. В результате такого взаимного воздействия возникает особый вид систем — природно-технические системы (далее ПТС).

Следует отметить, что техногенное воздействие на природную систему может быть весьма незначительным, но тем не менее оно может повлечь за собой значительные негативные последствия для существующих природных систем. Ухудшаются качества природной среды. И как следствие могут возникнуть процессы, которые могут оказать негативное воздействие на безопасность объектов, находящихся в прибрежной зоне в том числе особо опасных, таких как АЭС и другие объекты, которые используют атомную энергию. Безусловно аварии на любом из таких объектов влекут за собой последствия, которые могут сделать невозможным использование территории. В качестве примера можно привести последствия аварий на Чернобыльской АЭС и АЭС Фукусима. Пример катастрофы на АЭС Фукусима особенно показателен, поскольку в Японии КУПЗ проводится на государственном уровне. Более того, для защиты АЭС Фукусима от волн-цунами была возведена дамба, которая должна была защитить АЭС от семиметровой волны. Волны высотой в 12 метров никто не ожидал.

**Актуальность** настоящей работы обусловлена отсутствием в настоящее время теории обеспечения устойчивости объектов прибрежной зоны к негативным внешним воздействиям морской гидрологической среды в рамках КУПЗ.

**Цель ВКР** состоит в исследовании наиболее опасных внешних воздействий морской гидрологической среды, а также опасных внешних воздействий, обусловленных морской гидрологической среды на прибрежную зону на примере Копорской губы.

**Задачи ВКР формулируются исходя из цели:**

- кратко исследовать физико-географические и климатические характеристики района исследования Ленинградской области;
- провести исследование промышленной зоны побережья Копорской губы и распределение населения;
- исследовать морские гидрологические условия характерные для Копорской губы;
- выбрать процессы, представляющие наибольшую потенциальную опасность и провести исследование их возможных негативных воздействий на прибрежную зону;
- сделать выводы о возможности применения методов КУПЗ для анализа опасных процессов гидрологической природы для прибрежной зоны.

# ГЛАВА 1 ФИЗИКО ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОБЕРЕЖЬЯ КОПОРСКОЙ ГУБЫ И ЕЕ ОСНОВНЫЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАТЕЛИ

## 1.1 Физико- географические особенности побережья и акватории Копорской губы

Копорская губа вдаётся в южный берег Финского залива между мысами Колганпя и Устьянский.

В Копорскую губу впадают реки Коваш, Воронка, Систа и Пейпия. Гидрографическая сеть на площадке ЛАЭС отсутствует.

Копорская губа Финского залива является источником технического водоснабжения действующих энергоблоков Ленинградская АЭС. Копорская губа вдаётся в южный берег Финского залива между мысами Колганпя и Устинским. Расстояние между мысами 25 км. Акватория залива ограждена рядом отмелей (банок), глубина на которых местами составляет 0,8 м.

Площадь Копорской губы составляет 253 км<sup>2</sup>. Средняя глубина равна 11,2 м; максимальная глубина равна 26,4 м. Объём воды губы составляет около 2,93 км<sup>3</sup>. Береговая полоса Копорской губы изрезана мелководными бухтами и вдающимися в море низменными, заболоченными, усыпанными камнями мысами. Наиболее мелководна прибрежная юго-восточная часть Копорской губы, где на расстоянии до 0,8 км от берега выступают крупные валуны.

Изобата глубин 5 м в зоне гидротехнических сооружений Ленинградских АЭС расположена на расстоянии 250÷500 м, а 10<sup>ти</sup> метровая изобата на расстоянии 2000÷5000 м от берега.

Гидрологический режим залива формируется под влиянием климатических условий, водообмена с Финским заливом и берегового стока впадающих рек. Наибольшее влияние на режим залива оказывает ветер, формирующий течения, волнения и стонно-нагонные явления.

Климатическая характеристика.

Расположенная на южном берегу Финского залива, в 36 километрах к западу от административной границы с Санкт-Петербургом, Ленинградская

АЭС находится в районе, где климат формируется под влиянием воздушных масс из разных источников: Арктики, Атлантики и континентальных воздушных масс.

Климатическая характеристика западной части Ленинградской области характеризуется переходным типом климата от морского к континентальному. Восточная часть Ленинградской области характерна умеренно континентальным климатом. Главную роль в формировании климата Ленинградской области играет западный перенос атлантических воздушных масс, благодаря которому для Ленинградской области характерна сравнительно мягкая зима с частыми оттепелями. Лето в Ленинградской области умеренно теплое. Атлантические воздушные массы обуславливают и высокую относительную влажность воздуха. В течении 5 месяцев в году значения относительной влажности воздуха могут достигать значений более 80 %. Смягчающее влияние на климат оказывают Финский залив, Ладожское озеро и другие водоёмы.

В результате повышенной циклонической деятельности (особенно в осенне-зимнее время) на большей части территории преобладают западные и юго-западные ветры, приносящие зимой теплую погоду осадки. Приход арктических воздушных масс в тёплый период года вызывает похолодания.

С 1990-х гг. отмечено, что средние температуры холодных месяцев года повысились на 2–3 °С, а тёплых – на 1–1,5 °С. Средние температуры января от –5 до –9 °С имеют тенденцию к понижению в восточном направлении, а июля 17,5–19 °С. Значения наблюдавшегося абсолютного минимума температуры воздуха составило (–55 °С), а абсолютного максимума 36 °С. Территория области расположена в зоне избыточного увлажнения; значения количества осадков составляют 680–760 мм в год. Причем наибольшее их количество выпадает в период с июля по сентябрь, а наименьшее в период с февраля по апрель. Продолжительность времени существования снежного покрова имеет тенденцию к увеличению в северо-восточном направлении и составляет в разные годы от 2,5 до 5 месяцев.

В зимний сезон, когда преобладают воздушные течения юго-западных и южных направлений, наибольшую повторяемость (около 60%) имеет умеренно тёплая влажная погода с температурой  $0\text{ }^{\circ}\text{C} \div$  минус  $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Вторжение арктических воздушных масс приводит к установлению очень холодной сухой погоды с температурой воздуха минус  $17\text{ }^{\circ}\text{C} \div$  минус  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , однако повторяемость такой погоды невелика, всего 5%.

На рассматриваемую территорию приходят воздушные массы и из других, более отдалённых мест земного шара: Средиземного моря, южной части Атлантики, а также воздушные массы тропического происхождения, приносящие тёплый влажный воздух с температурой  $3\text{ }^{\circ}\text{C} \div 6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , повторяемость таких условий составляет около 10%.

В летний сезон западные воздушные течения приносят в район влажные воздушные массы с температурой близкой к норме ( $12\text{ }^{\circ}\text{C} \div 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Жаркая сухая погода с температурой  $26\text{ }^{\circ}\text{C} \div 30\text{ }^{\circ}\text{C}$  связана с приходом с юго-востока воздушных масс, прогретых над континентом; повторяемость таких условий составляет 12%.

Холодная погода с температурой  $5\text{ }^{\circ}\text{C} \div 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  в летний сезон отмечается при перемещении с северо-запада через район циклонов, в тыловой части которых далеко на юг проникают воздушные массы арктического происхождения. Повторяемость таких циклонов невелика.

В рассматриваемом районе в течение всего года наблюдается преобладание циклонической циркуляции. Циклоны на район перемещаются во все сезоны главным образом с запада. Осенью и зимой велика повторяемость перемещения циклонов с северо-запада, а весной и летом нередки выходы юго-западных циклонов.

Зимой циклоническая деятельность, как правило, усиливается и увеличивается повторяемость проходящих через район фронтов.

Летом число основных фронтов уменьшается, но в тыловой части циклонов отмечается большое количество вторичных холодных фронтов.

Тёплые фронты образуются в том случае, когда масса тёплого и обычно влажного воздуха надвигается на более холодную и сухую воздушную массу.

Холодный фронт образуется тогда, когда северные ветры приносят холодный воздух в область ранее занятую тёплым воздухом. На тёплых фронтах и впереди них дожди носят преимущественно обложной характер, в то время как на холодных – ливневой. В том случае, если кучево-дождевые облака быстро растут, и у земли усиливается юго-восточный или южный ветер, следует ожидать приближение холодного фронта и связанных с ним сильных дождей, гроз, шквалов.

Малоподвижные фронты образуются в случае, когда поступательное движение фронта замедляется в каком-либо районе. При малоподвижном фронте погода обычно характеризуется слабым ветром и осадками по всему району, охваченному этим фронтом.

Фронты окклюзии являются следствием наложения одного фронта на другой ранее образовавшийся фронт.

В летние месяцы количество первичных фронтов уменьшается, но в тылу циклона наблюдается большое количество вторичных холодных фронтов.

Теплые фронты образуются, когда масса теплого и обычно влажного воздуха надвигается на массу более холодного и сухого воздуха.

Холодные фронты образуются, когда северные ветры приносят холодный воздух в область, ранее занятую теплым воздухом.

Если кучево-дождевое облако быстро растет, а у поверхности усиливается юго-восточный или южный ветер, то следует ожидать приближения холодного фронта с сопутствующими сильными дождями, грозами и ливнями.

Медленные фронты образуются, когда скорость движения фронта замедляется над территорией. Во время медленно движущегося фронта погода обычно характеризуется слабым ветром и осадками на всей территории, охваченной фронтом.

Замкнутый фронт - это результат наложения одного фронта на другой,

ранее сформировавшийся фронт. Погода в районе фронта и после его прохождения зависит от типа этого фронта и характера встречи воздушных масс.

Преобладающий западный перенос воздушных масс и циклонических образований из районов Атлантического океана является причиной формирования в рассматриваемом районе климата с хорошо выраженными морскими чертами: мягкой зимой, прохладным летом, достаточным увлажнением и сравнительно частым выпадением осадков.

Климат в районе прибрежной зоны Копорской губы относится к Атлантико-континентальной климатической области умеренного климата.

## 1.2 Важнейшие природопользователи и техногенные условия

Промышленная зона побережья Копорской губы территориально занимает полосу шириной 0,5-1,5 км, протяжением 3,5-4 км к юго-западу от г. Сосновый Бор и ограниченную береговой линией залива и железной дорогой ОАО РЖД «Санкт-Петербург – Котлы». Основным промышленным объектом исследуемой зоны является Ленинградская АЭС.

Ленинградская АЭС находится в муниципальном образовании Сосновоборский городской округ Ленинградской области.

Комплекс сооружений энергоблоков Ленинградской АЭС с реакторными установками РБМК-1000 размещается в общем ограждении. Главный корпус (зд. 601) с энергоблоками №3 и №4 располагается в 1200 м к юго-западу от здания № 401 (энергоблоки № 1 и № 2).

Пуск в эксплуатацию осуществлен: первого блока-1973 г, второго-1975 г., 3-го и 4-го (вторая очередь)-1979 г. и 1981 г. соответственно. Ленинградская АЭС предназначена для выработки электроэнергии с выдачей ее в энергосистему Северо-запада РФ. Ленинградская АЭС находится в муниципальном образовании Сосновоборский городской округ Ленинградской области в промышленной зоне на берегу Финского залива (Копорская губа)

Балтийского моря, являющегося источником технического водоснабжения для АЭС. Положение Ленинградской АЭС представлено на рис. 1.



Рисунок 1 - Обзорная карта расположения ЛАЭС на карте Ленинградской области

Комплекс сооружений энергоблоков Ленинградской АЭС с реакторными установками РБМК-1000 размещается в общем ограждении. Главный корпус (зд. 601) с энергоблоками №3 и №4 располагается в 1200 м к юго-западу от здания № 401 (энергоблоки № 1 и № 2).

Пуск в эксплуатацию осуществлен: первого блока-1973 г., второго-1975 г., 3-го и 4-го (вторая очередь)-1979 г. и 1981 г. соответственно.

Ленинградская АЭС предназначена для выработки электроэнергии с выдачей ее в энергосистему Северо-запада РФ. Выдача электрической мощности осуществляется по воздушным линиям электропередач при напряжении 110 кВ, 330 кВ и 750 кВ через ОРУ-110 - 330 кВ и ОРУ -750 кВ, в том числе от энергоблока № 3-по ВЛ- 750 кВ. Ленинградская АЭС является также источником теплоснабжения г. Сосновый Бор и промышленной зоны. Передача тепла и горячей воды к потребителям осуществляется через бойлерную районного теплоснабжения.

В составе Ленинградской АЭС на отдельной площадке в 800 м от 4-го энергоблока (здание 601) расположен комплекс по переработке радиоактивных отходов (КПО) - здания 460, 660, 672-Р, 674-Р, в промышленной зоне на берегу Финского залива (Копорская губа) Балтийского моря, являющегося источником технического водоснабжения для АЭС.

В 2017г. в опытно-промышленную эксплуатацию введена площадка размещения энергоблоков №№ 5,6 Ленинградской АЭС с реакторами ВВЭР-1200, которая расположена в юго-восточной части промышленной зоны г. Сосновый Бор, в 2 км от побережья Копорской губы Финского залива, в 6 км к юго-западу от г. Сосновый Бор, примыкает к территории Научно-исследовательского технологического института им. А.П. Александрова (НИТИ).

Координаты центра реакторной установки в географической системе координат:

- 59 град. 49,8 мин. северной широты;
- 29 град. 3,3 мин. восточной долготы.

Площадка энергоблоков №№5,6 находится к юго-востоку от существующей площадки НИТИ. С южной стороны участок ограничен высоковольтной линией (ВЛ-750 кВ). С запада - землями производственно-экспериментальной базы ЦКБМ.

С восточной стороны проходит железная дорога РЖД «Санкт-Петербург – Котлы». Схема размещения приведена на рис. 2.



Рисунок 2 - Схема размещения площадки ЛАЭС-2

В промышленной зоне, кроме Ленинградской АЭС, находятся:

- Научно-исследовательский технологический институт им. А.П. Александра (НИТИ), расположенный в 0,6 км к югу от энергоблока № 3 Ленинградской АЭС. Имеет две исследовательских ядерных установки. СЗЗ для НИТИ совпадает с территорией размещения;
- «ЦКБМ - 2» - филиал АО «Центральное конструкторское бюро машиностроения» - в 2,5 км к юго-востоку от Ленинградской АЭС;
- АО «НИИ ОЭП» в 7 км к северу от Ленинградской АЭС;
- энергоблоки №№ 5, 6 Ленинградской АЭС с реакторами ВВЭР -1200 - в 1,5 км к юго-востоку от энергоблока № 3. Размер СЗЗ ограничен территорией промплощадки Ленинградской АЭС с реакторами ВВЭР -1200;
- "Ленинградский филиал "ФГУП «РосРАО» - в 1,2 км к востоку от энергоблока № 3. Осуществляет сбор, переработку и хранение радиоактивных отходов;
- НПО «Радиевый институт им. Хлопина»;
- Холдинг «КОНЦЕРН ТИТАН-2»;
- база строительной индустрии производственного, автотранспортного и строительного-монтажного профиля со складскими помещениями.

Санитарно-защитная зона для Ленинградской АЭС установлена  $R=1,5$  км, зона наблюдения-  $R=17$  км. Размер санитарно-защитной зоны в соответствии со статьей 31 Федерального закона от 21 ноября 1995 года № 170-ФЗ утвержден главой администрации муниципального образования Сосновоборский городской округ Ленинградской области (письмо мэрии исх. № 27/32 от 10.02.06). Большую часть (65 %) площади зоны наблюдения занимает суша и 35 %-водная поверхность. В пределах зоны наблюдения находится город Сосновый Бор областного подчинения и около 40 населенных пунктов.

Город Сосновый Бор, строительство которого было предусмотрено для расселения работающих на Ленинградской АЭС и других объектах промышленной зоны, находится в 4 км к северо-востоку от Ленинградской АЭС. Согласно утвержденному Постановлением Правительства №1387 от 05.12.87 г. генеральному плану города (№ А-029636, 31462/ДСП) расширение города в сторону Ленинградской АЭС и промышленной зоны не предусматривается.

В селитебной части города расположено 14 муниципальных бюджетных детских дошкольных учреждений, 9 общеобразовательных школ, 5 учреждений дополнительного образования.

На озере Копанском в 19 км к юго-западу от Ленинградской АЭС находятся базы отдыха Ленинградской АЭС и НИТИ.

В непосредственной близости от площадки размещения энергоблока № 3 Ленинградской АЭС проходят следующие автомобильные и железные дороги:

- автомобильная дорога Федерального значения А-121 III-ей технической категории проходит в 200м к юго-востоку от главного корпуса зд. № 601;
- железная дорога ОАО РЖД “Санкт-Петербург - Калище – Котлы - Веймар” с грузопассажирским движением. Подъездной железнодорожный путь Ленинградской АЭС примыкает к путям промзоны, станцией примыкания для которых является ст. Калище.

На расстоянии 4 км от площадки размещения энергоблока № 3 проходит газопровод в г. Сосновый Бор диаметром 325 мм, толщина стенки газопровода составляет 8 мм.

На расстоянии около 70 км к востоку от района размещения площадки Ленинградской АЭС расположены международный аэропорт Санкт-Петербурга «Пулково» и аэропорт в г. Гатчина. В 30 километровой зоне вокруг Ленинградской АЭС располагаются аэродромы сельскохозяйственной авиации в населенных пунктах Копорье (16 км от Ленинградской АЭС) и Гостилицы (35 км от Ленинградской АЭС). В 25 км от Ленинградской АЭС располагается аэродром «Куммолово» Сосновоборского аэроклуба.

Основной фарватер Финского залива, используемый судами Балтийского морского пароходства, проходит в 16 км от г. Сосновый Бор.

Примерно на расстоянии около 70 км к северо-востоку от площадки Ленинградской АЭС находится морской вокзал Санкт-Петербурга. По территории Ленинградской области проходит четверть внешнеторгового грузооборота страны. Значительные грузопотоки формируют промышленный и агропромышленный комплексы региона. Наличие выхода к Балтийскому морю стимулирует развитие портовых мощностей. На территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области расположены следующие морские порты:

- Большой порт Санкт-Петербург находится в 65 км к востоку от Ленинградской АЭС;
- Пассажирский порт Санкт-Петербург;
- Морской порт Выборг;
- Морской порт Высоцк;
- Порт Приморск расположен в 62 км к северо-западу от Ленинградской АЭС, ориентирован на перевалку нефти и нефтепродуктов;
- Порт Усть-Луга - многофункциональный порт находится в Лужской губе в 40 км к юго-западу от ЛАЭС и специализирован на хранение и перегрузку угля, навалочных, лесных и контейнерных грузов.

Государственные границы соседних стран находятся от Ленинградской АЭС:

- Эстонии - 70 км к юго-западу;
- Финляндии - 105 км к северо-западу;
- Латвии - 300 км к юго-западу;
- Белоруссии - 450 км к югу

Распределение населения.

Данные по количеству населения в крупных городах и населенных пунктах в радиусе 100 км от КПО ЛАЭС приведены в таблице 1.2.1.

Таблица 1.2.1 – Количество населения в крупных городах и населенных пунктах в радиусе 100 км от КПО ЛАЭС

Наименование	Население (по данным переписи 1970г.), тыс.чел. <sup>4)</sup>	Население (по данным переписи 2010г.), тыс.чел. <sup>1)</sup>	Население (по данным Росстата на 01.01.2018), тыс.чел.
Санкт-Петербург	3512,974	4848,7	5356,755 <sup>2)</sup>
Сосновый Бор	14,035 (23,0 – в 1974г.)	67,0	68,045 <sup>3)</sup>
Ломоносов	39,987	42,5	43,182 <sup>2)</sup>
Петродворец	43,136	73,2	80,662 <sup>2)</sup>
Кронштадт	39,477	43,0	44,477 <sup>2)</sup>
Гатчина	63,292	93,8	95,186 <sup>3)</sup>
Кингисепп	17,315	48,6	47,312 <sup>3)</sup>
Лебяжье	4,105	4,729	4,422 <sup>3)</sup>
Большая Ижора	4,694	3,314	2,872 <sup>3)</sup>
Выборг	65,188	79,962	78,457 <sup>3)</sup>
Глобицы	0,050 (в 1965г.) 0,868 (в 1997г.)	0,774	–
Копорье	0,593 (в 1965г.) 1,468 (в 1990г.)	1,741	–
Старое Гарколово	0,139 (в 1958г.) 0,035 (в 1997г.)	0,021	–
Волосово	7,022	12,2	12,2

Примечание: 1) - по итогам Всероссийской переписи населения на 14 октября 2010 года принята по материалам [www/perepis 2010.ru](http://www.perepis2010.ru)  
 2) - по данным Росстата «Предварительная оценка численности постоянного населения на 1 января 2018 года и в среднем за 2017год»  
 3) – по данным Росстата «Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям на 1 января 2017 года» (31 июля 2017 года)  
 4) по данным Всесоюзной переписи населения на 15 января 1970г.

### 1.3 Важнейшие факторы внешних воздействий морской гидрологической природы, воздействующие на Ленинградскую АЭС

Опасные гидрологические явления, их воздействие.

Определение неблагоприятного метеорологического воздействия даны во многих нормативных документах так, в п. 3.1.18 РД 52.04.563. неблагоприятным гидрометеорологическим явлением дано следующее определение: «Неблагоприятное гидрометеорологическое явление — это метеорологическое, гидрологическое, агрометеорологическое или морское гидрометеорологическое явление, которое значительно затрудняют или препятствуют деятельности отдельных отраслей экономики и может нанести материальный ущерб, но по своим количественным значениям не достигает критерия опасного природного явления.

В соответствии с п. 3.1.21 РД 52.04.563 опасное природное явление — это «Природное гидрометеорологическое или гелиогеофизическое явление, которое по интенсивности развития, продолжительности или моменту возникновения может представлять угрозу жизни или здоровью граждан, а также может нанести значительный материальный ущерб».

Перечень неблагоприятных и опасных явлений гидрометеорологической природы приведен в п. 10.2.2 РД 52.04.563, согласно которой «к неблагоприятным и опасным явлениям в прибрежной зоне моря относятся:

- исключительно высокие подъемы уровня моря при нагонах, а в устьях рек также при ледяных заторах, зажорах и паводках и исключительно низкие падения уровня при сгонах;

- цунами;
- исключительно сильное волнение моря - большие накаты, прибой, взбросы;
- напор морских льдов на портовые и другие гидротехнические сооружения в прибрежной зоне моря;
- появление морских льдов в районах, где они обычно не бывают;
- исключительно раннее образование или появление льда;
- внезапное образование тонкого льда-склянки (резуна) на Северном Каспии и в других морях;
- обледенение причалов, молов и других морских гидротехнических сооружений;
- сильные ветры над морем;
- проникновение морских соленых вод далеко в устье рек;
- чрезвычайно сильные прибрежные течения и дрейф льдов;
- тягун;
- резкие колебания температуры воды у берега;
- увеличение содержания загрязняющих веществ;
- сильное снижение содержания кислорода в воде».

В атомной промышленности соответствии с отраслевым нормативным документом НП-064-17[10] и СНиП 22-01-95 [14] к опасным гидрологическим явлениям относятся:

- наводнение (затопление);
- цунами;
- ледовые явления на водотоках;
- режим прибрежной зоны морей (сгон/нагон, штормовое волнение);
- сейши;
- приливы и отливы;
- аномальное снижение уровня воды замкнутых водоёмов, экстремально низкий сток».

В восточной части Финского залива из наиболее опасных гидрологических опасным явлениям следует отнести аномальное снижение уровня воды моря, которое в соответствии с НП-064-17 к природному процессу II (второй) степени опасности. При принятии инженерных решений должны учитываться возможные минимальные уровни воды редкой обеспеченности, значения которых приведены выше. При этом наиболее опасным гидрологическим явлением в восточной части Финского залива является возможное частичное затопление площадки Ленинградской АЭС при наводнениях повторяемостью 1 раз в 10000 лет. Отметка уровня воды в заливе при этом составит 4,66 м БС[10].

Поскольку история Санкт-Петербурга не раз страдала от наводнений. Именно наводнения как в самом городе, так и во всей восточной части Финского залива являлись причиной как человеческих жертв, так и материального ущерба. Соответственно опасность затопления площадки ядерно — опасных объектов таких как Ленинградской АЭС необходимо учитывать при разработке любого плана развития прибрежной зоны. Более того, опыт аварий на Чернобыльской АЭС и АЭС Фукусима показали, что катастрофические события на подобных объектах могут сделать прибрежную зону невозможной для какого-либо использования. Это, не считая экологических последствий подобных инцидентов.

Указанные выше процессы непосредственно оказывают влияние на безопасность прибрежной зоны. В восточной части Финского залива имеются также не очевидные природные факторы, которые могут усилить тот или иной негативный природный или техногенный процесс. Среди морских гидрологических условий такую роль может играть режим течений. Течения могут, к примеру, распространять пятно нефтяного загрязнения, образовавшееся в результате аварии нефтеналивного судна в акватории Финского залива до водозаборов Ленинградской АЭС и непосредственно до г Санкт-Петербург.

Источниками опасности для эксплуатации Ленинградской АЭС являются аварии, связанные с разливом нефтепродуктов и последующее попадание их в систему технического водоснабжения. По статистическим данным из общего количества нефти, попавшей в море из-за деятельности человека, 40 % связано с авариями танкеров. Танкеры в мире перевозят 1800 млн.т сырой нефти ежегодно. Вероятность аварий танкеров с водоизмещением более 10 тыс.т оценивается, примерно, в 2,3 % на каждые 10 млн.т. дедвейта. На втором месте (27%) стоят утечки на нефтепроводах, на третьем (16 %) - потери при хранении и на четвертом (0,5%) - разливы при буровых работах.

Основными источниками разливов в портах являются грузовые операции на терминалах, при которых происходит разрыв шлангов, поломки грузовых устройств, переливы танков и повреждение грузовых танков при швартовых операциях. Согласно исследованиям ТАСИС, частота разливов нефти более 1 т. при заходе судов на терминал может считаться равной  $5 \cdot 10^{-4}$ . При этом, доля разливов в интервале 1-10 т. составляет 0,79; в интервале 10-100 т. - 0,17, в интервале 100-1000 т. - 0,036, а более 1000 т. - 0,008.

Расчет частоты и размеров разливов нефти в результате аварий танкеров в море базируется на статистике ИМО, согласно которой частота аварий составляет (для морей с интенсивным судоходством): посадка на мель - 5,4 на 100 миль; столкновение - 1,9 на 100 миль; повреждение конструкции - 0,48 на 100 миль; пожар, взрыв - 0,063 на 100 миль. При посадке на мель с пробитием дна вероятность вылива 5 % груза из поврежденных танков равна 0,5, а груза еще меньше и будет зависеть от местоположения пробоины по отношению к ватерлинии. Средний наибольший из вероятных объем разлива на бассейнах составляет: Балтийский - 2500 т, Черноморо-Азовский - 2500 и 2083 т., Западный сектор Арктики - 3125 т., Каспийский - 625 т и Дальневосточный - 3125 т.

Один из крупнейших нефтяных разливов в Балтийском море (5,5 тыс. т.) произошел в мае 1979 г. при аварии танкера «Антонио Грамши» у Вентспилса.

При столкновении сухогруза «Терн Офф» с танкером «Балтик Кэрриер», имеющем на борту 33 тыс. т. тяжелой нефти, у берегов Дании в море вылилось 2700 т.

До настоящего времени в Финском заливе происходили только относительно небольшие разливы нефти. Основная часть разливов здесь - это незаконный сброс трюмной воды в море с разливом нескольких тонн нефти. В Финских территориальных водах обнаруживается примерно 8 таких случаев в год. В 2013 г. ликвидировано 196 разливов нефти, собрано около 42 тысяч тонн нефтепродуктов и остановлен их выход в воды Финского залива. В 2013 г. число разливов нефти в сравнении с предыдущим периодом уменьшилось. За 11 месяцев 2012 г. аварийной службой «Пиларн» было ликвидировано 147 разливов нефти в водоемах Петербурга, в частности на реке Нева.

Наиболее близко к Ленинградской АЭС расположен морской порт Усть-Луга. В мае 2012 г. введен в эксплуатацию морской терминал «Усть-Лужский бункеровочный комплекс», который является конечной точкой нефтепровода «Балтийская трубопроводная система II», предназначенный для погрузки наливом на суда нефти и нефтепродуктов, проектной мощностью 38 млн.т. в год.

Перспективы развития морского порта Усть-Луга связаны с дальнейшим увеличением количества морских терминалов в морском порту и развитием портовой инфраструктуры. Сюда входит ввод в эксплуатацию: Лужского западного канала с отметкой дна: -14 м, акватории комплекса сжиженных углеводородных газов, акватории базы обеспечивающего флота, акватории комплекса перегрузки и функционирования газового конденсата, акватории комплекса генеральных грузов. Планируется дальнейшее развитие акватории морского порта Усть-Луга в ее северной части, а также развитие устьевой части реки Луга, по мере ввода в эксплуатацию новых морских терминалов. К 2015 г. планируемый объем грузоперевозки морского порта должен составить 133,2 млн.т., а к 2020 году (полное развитие) 195,5 млн.т.. Порт начал перевалку

нефти в 2012 г. и за 12 месяцев тогда было отгружено 14,3 млн.т.. В 2013 г. через порт Усть-Луга было транспортировано 23,27 млн.т. нефти., в 2017 году – 32,7 млн.т. нефти.

Порт Приморск, который специализируется только на нефти и дизельном топливе, занимает первое место в регионе по перевалкам. В 2012 г. порт перевалил 68,2 млн.т. нефти, что было на 3% меньше уровня 2011 г. Перевалка через Приморск в 2013 г. составила 54,4 млн.т. нефти, в 2017 году – 44 млн.т. нефти. Уменьшение перевалки нефти в Приморске связано с работой Усть-Луги, которая позволила разгрузить Приморск, который раньше работал на предельных мощностях. Кроме того, поставки нефти в восточном направлении значительно выросли. Изменилась также ситуация с нефтепереработкой и внутри России. Всё больше нефти остается в России.

Тем не менее значительное количество танкеров с нефтью может одновременно находится в непосредственной близости от акватории Копорской губы. В подтверждение сказанному можно привести рис (3), на котором показан трафик нефтеналивных судов в районе акватории Копорской губы.

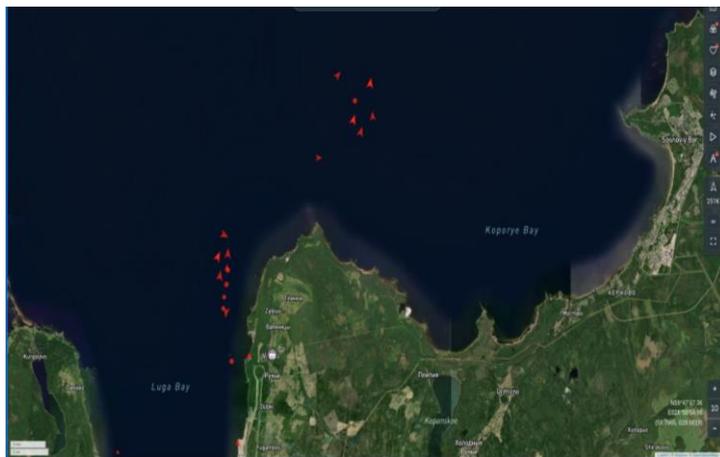


Рисунок 3 - Танкеры, находящиеся в районе акватории Копорской губы на 15.02.2025

Таким образом, проблема возможных аварий нефтеналивных судов остается актуальной для прибрежной зоны Финского залива в том числе и Копорской губы.



## ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1 Характеристика данных мониторинга морской гидрологической среды акватории Копорской губы. Базы данных

В соответствии с Водным кодексом РФ весь район размещения площадки Ленинградской АЭС относится к Балтийскому бассейновому округу. Соответственно обязанность управления Федеральным имуществом в сфере водных ресурсов возложена на отдел водных ресурсов Невско-Ладожского Бассейнового Водного Управления (БВУ) по Санкт-Петербургу и Ленинградской области.

Гидрометеорологическое обслуживание рассматриваемой территории отнесено к функциональным обязанностям регионального отделения Северо-Западного УГМС, «Санкт-Петербургским ЦГМС-Р» («СПб ЦГМС-Р»). При этом следует отметить, что «СПб ЦГМС-Р» в различные годы выполнял режимные гидрологические наблюдения в восточной части Финского залива на 14 основных гидрологических водомерных постах, местоположение их показано на рисунке 3. Часть из этих станций собирает ежечасные данные, а остальные - только с интервалом в 6 часов (за 0, 6, 12 и 18 часов по московскому зимнему времени), но в период подъемов воды переходит на ежечасный сбор данных.

Гидрологические и метеорологические исследования в районе Ленинградской АЭС проводились с помощью самописца уровня «Валдай» с 1967 по 1978 гг. Всесоюзным научно-исследовательским и проектно-изыскательским институт энергетических технологий (ВНИПИЭТ). Измерения уровня проводились на водомерном посту, расположенном на рыбацком пирсе в г. Сосновый Бор, в 5 км к северу от Ленинградской АЭС. Местоположение поста показано на рис. 4.

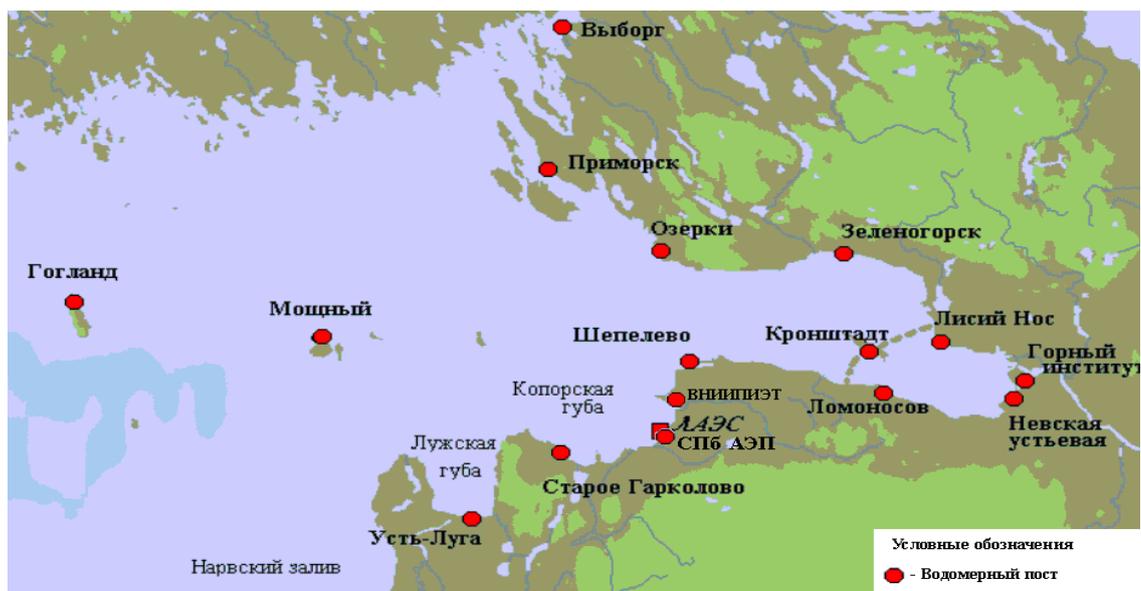


Рис. 4 - Расположение водомерных постов СПб ЦГМС-Р, ВНИПИЭТ и ОАО «СПбАЭП» в восточной части Финского залива

Ведомственный гидрологический пост СПб АЭП «Сосновый Бор» открыт на территории НИТИ, в районе водозаборного канала, с 01.05.2007 г. Водомерный пост обслуживается специалистами ГУ «СПб ЦГМС-Р». Состав гидрологических наблюдений установлен в соответствии с требованиями действующих в системе Росгидромета наставлений. Перечень наблюдений приведен в таблице 2.1.1.

В табл. 2.1.1 представлены данные о периоде работы ведомственных и сетевых гидрологических постов.

Таблица 2.1.1 - Состав режимных гидрологических наблюдений на гидрологическом посту СПб АЭП «Сосновый Бор»

Уровень воды	Непрерывная регистрация уровня моря
Температура воды	9, 15, 21 час.
Концентрация взвешенных наносов	15 час.

Гидрологическая характеристика	Порядок и сроки наблюдений
Комплекс ежедневных ледовых наблюдений (включая измерение толщины льда 1 раз в 5 дней)	15 час.
Опасные и неблагоприятные гидрологические явления	Непрерывно, с момента возникновения явления
Отбор проб воды и производство химического анализа	Один раз в месяц
Визуальные наблюдения в водозаборном канале НИТИ	Систематически*
<p>Примечание - * Наблюдения производятся за явлениями, влияющими на эксплуатацию подводного канала НИТИ:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- процессы ледообразования в канале (толщина льда, выявление возможных очагов скопления шуги);</li> <li>- характер загрязнения канала на его различных участках, в т.ч. до дюкера и после (наличие плавающего мусора, водорослей, нефтепродуктов).</li> </ul>	

Таблица 2.1.2 - Период работы режимных гидрологических станций в восточной части Финского залива

Название станции	Принадлежность	Период работы
1 Кронштадт	СПб ЦГМС-Р	1806-1817, 1824, 1835-1871, 1873 - настоящее время
2 Горный институт	СПб ЦГМС-Р	1875 - настоящее время
3 Выборг	СПб ЦГМС-Р	1889-1938, 1948 настоящее время
4 Гогланд	СПб ЦГМС-Р	1919-1938, 1945-1994
5 Ломоносов	СПб ЦГМС-Р	1920-1934, 1936-1940, 1945 - настоящее время
6 Приморск	СПб ЦГМС-Р	1922-1939, 1948-1986

Название станции	Принадлежность	Период работы
7 Старое Гарколово	СПб ЦГМС-Р	1924-1940, 1957-1988  (с 1983 г. измерения - один раз в сутки)
8 Лисий Нос	СПб ЦГМС-Р	1924-1933, 1936-1937, 1939-1941, 1943 - настоящее время
9 Усть-Луга	СПб ЦГМС-Р	1925-1939, 1945-1988
10 Невская устьевая станция	СПб ЦГМС-Р	1926 - настоящее время
11 Мощный	СПб ЦГМС-Р	1947-1993
12 Озерки	СПб ЦГМС-Р	1954 - настоящее время
13 Зеленогорск	СПб ЦГМС-Р	1958-1993
14 Шепелево	СПб ЦГМС-Р	1987 - настоящее время
15 г. Сосновый Бор	ВНИИПИЭТ	1968-1978
16 в.п. Сосновый Бор	СПб АЭП	01.05.2007 - настоящее время

Водомерный пост Сосновый Бор оборудован уровнемером поплавковым цифровым (УПЦ) совместно со сменным регистратором. Уровнемер предназначен для измерения, идентификации и передачи на регистратор реального значения уровня моря. Информация передаётся на регистратора по сигналу опроса в виде последовательности электрических импульсов в двоично-десятичном коде. Регистратор обеспечивает накопление полученных данных об уровне в электронной памяти непосредственно в пункте измерения и последующий её перенос в центр обработки данных. Накопленная информация при помощи компьютерной программы вводится в компьютер. Для контроля соответствия значений уровня моря, измеряемого УПЦ, с реальным уровнем, пост оборудован двумя морскими рейками ГМ-3.

Наиболее репрезентативными к МГП Сосновый Бор по данным уровневых наблюдений являются пункты опорной гидрологической сети Шепелево, Кронштадт и Ломоносов. Для измерения уровня на этих постах используются самописцы уровня моря (СУМ) с выдачей непрерывной записи колебаний уровня на ленту. Информация контролируется измерением по рейке. Наблюдения за уровнем моря на этих постах репрезентативные и надёжные.

Помимо измерений уровня моря в целях получения оперативной и режимной информации, посты Кронштадт и Шепелево несут на себе большую функциональную нагрузку. Уровенный пост Кронштадт является опорным вековым постом по наблюдениям за уровнем на Балтийском море. «Нуль» футштока поста фиксирует положение нулевой поверхности абсолютных отметок Балтийской системы - Главной высотной основы России. Многолетние измерения уровня по этому футштоку положены в основу отсчитывания «нуля глубин» на морских картах, определения среднего уровня Финского залива и Балтийского моря и интенсивности вертикальных движений его побережий.

По окончании строительства КЗС уровенный пост Кронштадт оказывается в отсекаемой акватории, поэтому в 1987 г. на базе гидролого-геодинамического полигона Шепелево был открыт новый опорный вековой уровенный пост с целью использования его как дублёра Кронштадтского футштока.

Для получения данных о современном состоянии рельефа побережья и побережья Копорской губы в районе водозаборного и водоотводящего каналов Ленинградской АЭС в 2007 году выполнена батиметрическая съёмка прибрежного участка Копорской губы М 1:5000 между водозаборным и водоотводящим каналами; батиметрическая съёмка М 1:500 на участке истока водозабора Ленинградской АЭС с РУ ВВЭР-1200[35]. Схема участков батиметрической съёмки приведена на рисунке 5.



Рисунок 5 - Схема участков батиметрической съемки проведенных в 2007 году

В границах съемки М 1:500 производился отбор и гранулометрический анализ проб грунтов дна.

Наблюдения за скоростью и направлением течений на акватории Копорской губы выполнялись в 2007 г. на шести притапливаемых автономных буйковых станциях (ПАБС), на горизонтах от поверхности до срединного/придонного слоя с вертикальным разрешением 1 м и дискретностью 10 мин. Схема местоположения скоростных вертикалей приведена на рисунке 6.



Рисунок 6 - Схема постановки ПАБС в Копорской губе

В 2008 году выполнены следующие гидрографические работы:

1. Промеры и русловая съемка водозаборного канала НИТИ от старой насосной станции до истока водозаборного канала второй очереди Ленинградской АЭС в масштабе 1:500 с высотой сечения рельефа 0,5 м. площадью 6,8 га (длиной 850 м. и шириной 80 м.);

2. Промер и инженерно-топографическая русловая съемка водоотводящего канала второй очереди Ленинградской АЭС очереди в масштабе 1:1000 с высотой сечения рельефа 0,5 м. и площадью 14,4 га (длиной 1800 м и шириной 80 м).

В 2010 году выполнялись гидрологические работы в отводящем канале действующей второй очереди Ленинградской АЭС для валидации расчетной модели и производились расчеты разбавления сточных вод.

Режимные гидрологические наблюдения на ведомственном водомерном посту МГП Сосновый Бор выполнялись непрерывно с 2007 года.

## 2.2 Режим уровней моря в акватории Копорской губы

Уровни воды Копорской губы подвержены периодическим и непериодическим колебаниям. К первым относятся приливно-отливные и сезонные колебания, ко вторым – изменения средних годовых уровней и сгонно-нагонные колебания уровня.

Амплитуда колебания средних годовых уровней в течение года невелика и составляет 35 см. Наиболее существенными являются сгонно-нагонные колебания уровней, вызываемые ветрами и резкими перепадами давления. Амплитуда таких колебаний уровня достигает 530 см. Приливно-отливные колебания уровня воды в Копорской губе не превышают 10 см.

В таблице 2.2.1 даны среднемесячные и экстремальные уровни по водомерному посту ВНИПИЭТ за период наблюдений до 1988 г.

Таблица 2.2.1 - Средний, максимальный и минимальный уровни воды Копорского залива за период наблюдений до 1988 г, (м БС)

Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Средний	0,01	-0,07	-0,14	-0,15	-0,19	-0,06	0,04	0,04	0,07	0,07	0,08	0,06	-0,02
Наивысший	1,47	1,00	1,56	0,84	0,84	0,71	0,65	1,09	1,72	2,13	1,44	1,57	2,13 1967г
Наименьший	-1,18	-1,00	-1,10	-0,95	-0,93	-0,78	-0,53	-0,75	-0,75	-0,98	-0,88	-0,94	-1,18 1966г

В таблице 2.2.2 приведены средние и экстремальные значения уровней воды в Копорской губе за период единовременных наблюдений на ведомственном и опорных гидрологических постах (2008-2017 гг.).

Таблица 2.2.2 - Средние и экстремальные значения уровней воды в Копорской губе за период единовременных наблюдений на ведомственном и опорных гидрологических постах (2008-2017 гг.) (см)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Копорская губа – МГП Сосновый Бор													
Среднее	4	-9,9	-6,2	-7,7	-13,7	-7	0,08	0,02	1	-1,2	5,5	10,5	-2,1
Max	145	144	93	75	58	74	92	68	98	136	148	203	203
Min	-123	-111	-121	-56	-68	-78	-72	-74	-80	-101	-137	-129	-137
МГ Шепелево													
Среднее	7,3	-3,8	-4	-5,7	-11,1	0,4	4,9	6,7	5,5	6,3	12,1	20,9	3,2
Max	152	152	91	73	69	77	70	76	111	146	151	204	204
Min	-122	-106	-123	-60	-61	-57	-63	-63	-68	-84	-125	-128	-128
МГ Кронштадт													
Среднее	7,9	-2,4	2,5	-0,5	-4,1	6,2	10,7	11,9	7,8	8,3	16,1	24,9	7,4
Max	131	173	98	82	73	87	79	92	106	126	145	131 (220 *)	173 (220 *)
Min	-111	-98	-111	-55	-54	-58	-57	-63	-66	-85	-126	-127	-127
Примечание: (*) Уровень воды измерен при закрытом КЗС, со стороны Финского залива													

Высокий уровень. Как отмечалось ранее, факторы, формирующие наводнения в Финском заливе, имеют смешанный тип. Деление их на ветровые

и сейшевые отражает только особенности в развитии одного процесса: вынужденных колебаний Балтийского моря под воздействием, изменяющихся в пространстве и во времени барических полей и ветра. По данным наблюдений (1966÷1983 г.г.) на метеостанции ВНИПИЭТ в г. Сосновый Бор наибольший наблюденный уровень воды Копорской губы был равен 2,13 м БС (октябрь 1967г.). Катастрофический уровень воды в ноябре 1824 г. зафиксирован на отметке 3,67 м над ординаром (по водомерному посту Кронштадт, 19.XI.1824 г.), что соответствует подъёму воды в Копорской губе на 355 см выше среднего многолетнего уровня (получено по графику связи уровней наводнений по водомерным постам городов Кронштадт и Сосновый Бор). Параметры исторических наводнений приведены в таблице 2.2.3.

Таблица 2.2.3 - Параметры исторических наводнений, приведенные к МГ Кронштадт

Годы	1824	1924	1691	1777	1955	1986	1975	1752	1723
H <sub>max</sub> , см БС	367	313	(285)	(268)	241	241	239	(233)	(226)
P%	0,31	0,62	0,93	1,23	1,54	1,85	2,16	2,47	2,78

В таблице 2.2.3 приведены в максимальные уровни воды Копорской губы. Низкий уровень воды.

Минимальные уровни воды формируются под воздействием ветров В, СВ и ЮВ направлений, и установлении антициклона в районе Финского залива. Минимальный среднемесячный уровень воды по данным наблюдений ВНИПИЭТ был равен – минус 1,18 м БС (январь 1966 г.). Расчётные значения минимальных уровней воды Финского залива (с учётом сгонов) рассмотрены в справочнике “Экстремальные значения уровней у побережья и в устье рек Балтийского моря”[8]. В справочнике приведён анализ колебаний уровня воды в восточной части Финского залива по водомерным постам Кронштадт, Ломоносов, Старое Гарколово, Лисий Нос на основе статистической обработки материалов наблюдений, который показал удовлетворительную сходимость по низким уровням воды.

Расчётные минимальные уровни воды Копорской губы различной обеспеченности приведены в таблице 2.2.4 расчет уровней представлен в [27].

Уровень воды 99,99 % обеспеченности принят по экстраполяции кривой обеспеченности.

Таблица 2.2.4 - Минимальные уровни воды Копорского залива различной обеспеченности

Условия	Обеспеченность, %					
	80	90	95	99	99,9	99,99
МГ Кронштадт						
Отметка уровня	-119	-129	-138	-155	-179	-199
МГ Шепелево						
Отметка уровня	-119	-129	-138	-158	-182	-202
МГП Сосновый бор						
Отметка уровня	-126	-136	-144	-164	-188	-208

Продолжительность стояния минимальных уровней воды не превышает 1÷2 часа. Наименьший уровень воды по данным наблюдений на водомерном посту г. Кронштадта наблюдался 21 сентября 1883 г. и зафиксирован на отметке – минус 1,72 м БС.

#### Минимальные уровни воды

Значения минимальных уровней Финского залива в акватории Копорской воды формируются под воздействием ветров В, СВ и ЮВ направлений. Установление антициклона в районе Финского залива также может привести к образованию низких уровней воды.

Значение абсолютного минимума уровня Балтики в Кронштадте был зарегистрирован 21 сентября (по новому стилю) 1883 года. Это значение — минус 172 см БС является минимальным зарегистрированным уровнем поверхности в Балтийском море [1]. В 1883 году измерения уровня воды в Кронштадте производились при помощи водомерной рейки с 7 до 21 часа. Интервал между наблюдениями составил 2 часа по местному солнечному времени.

С 9 по 12 декабря 1860 года, при наблюдении третьего по величине падения уровня было зафиксировано непрерывное по продолжительности стояние уровня в диапазоне от минус 80 до минус 140 см.

Согласно данным МГП Шепелево за период наблюдений в 19 лет минимальный уровень воды — минус 114 см БС наблюдался 14 мая 1995 г.

Минимальный уровень воды на МГП Сосновый Бор — минус 137 см БС зафиксирован 30.11.2012 г. в 6:00.

В таблице 8 приведены сведения по максимальной непрерывной продолжительности стояния низких уровней воды в Финском заливе на МГ Кронштадт за весь период наблюдений.

Длительное стояние уровня по данным МГП Кронштадт ниже 0 см БС (89 суток, с марта по июнь 1963 г.) и ниже минус 20 см (43 суток, весь февраль и половина марта 1951 г.) связано с низкими значениями уровня всего Балтийского моря. Остальные периоды связаны с циклонической деятельностью над восточной частью Финского залива. Максимальная непрерывная продолжительность стояния отмечалась стояния ниже 80 см и до уровня 140 см отмечалась в декабре 1860

Измерения были произведены по футштоку с 6 до 22 часов. Интервал наблюдений составлял 2 часа.

Максимальное и непрерывное продолжительности стояния уровня ниже минус 150 — около 9 часов, минус 160 см -8 часов и минус 170 см — 1 час были зарегистрированы 21 сентября 1883 года.

Таблица 2.2.5 - Максимальные значения непрерывной продолжительности стояния низких уровней по данным МГП Кронштадт 1805-2008

Уровень (БС)	Непрерывная продолжительность	Период	Год
0<	2135 часа (89 суток)	17 час. 9 марта-15 час 6 июня	1963

Продолжение таблицы 2.2.5

Уровень	Непрерывная	Период	Год
---------	-------------	--------	-----

(БС)	продолжительность		
-20<	1032 часа (43 суток)	23 час. 1 февраля -22 час 16 марта	1951
-40<	416 часов 17 суток	6 час 17 марта-4 час.3 апреля	1980
-60<	227 часов (9 суток)	11 час 3 декабря 21 час 12 декабря	1959
-80<	52 часа	18 час 8 декабря-00 час.11 декабря	1860
-100<	56 часов	08 час. 8 декабря-00 час.11 декабря	1860
-120<	32 часа	10 час.8 декабря-00 час. 11 декабря	1860
-140<	24 часа	12 час.8 декабря-00 час.11 декабря	1860
-160<	8 часов	7 час 7-14 час 21 сентября	1883
-170<	1 час	1 час 9-10 час	1883

Экстремально низкий уровень в Копорской губе Финского залива 99,99 % обеспеченности (возможный 1 раз в 10000 лет) составит отметку минус 2,08 м БС и будет наблюдаться в течение  $1 \div 2$  часов.

Наблюдения за наводнениями.

Наиболее длительный ряд наблюдений над уровнем моря в восточной части Финского залива имеется по гидрологическому посту Кронштадт (с 1806 г. а список наводнений с 1691 г.). В 1898 году на водомерном посту в дополнение к промерному футштоку был установлен мареограф. Значения максимального уровня воды в 367 см (Б.С.) было зарегистрировано во время при катастрофическом наводнении 19 ноября 1824 г. (эмпирическая обеспеченность 0, 316%).

Непосредственно в районе ЛАЭС-2 в 20 км ЮЗ с 1924 по 1988 г. с перерывами действовал морской гидрологический пост «Старое Гарколово. Здесь наибольший подъем уровня Финского залива был зарегистрирован 23 сентября 1924 года. Его значения достигли экстремальных значений в 353 см (Б.С.). При этом было отмечено, что высота была получена путем грубой нивелировки, тк во время наводнения к рейке подойти было невозможно. Вероятно, что значение высоты нагона были определены по дальности наката волн на сушу, что может быть сильно завышено. 15 октября 1955 года наблюдалось наводнение близкое к критическому. В этот период наблюдения на посту не велись.

Совмещенные гидрографы наводнения 1924 г. по постам опорной гидрологической сети приведены на рис. 7.

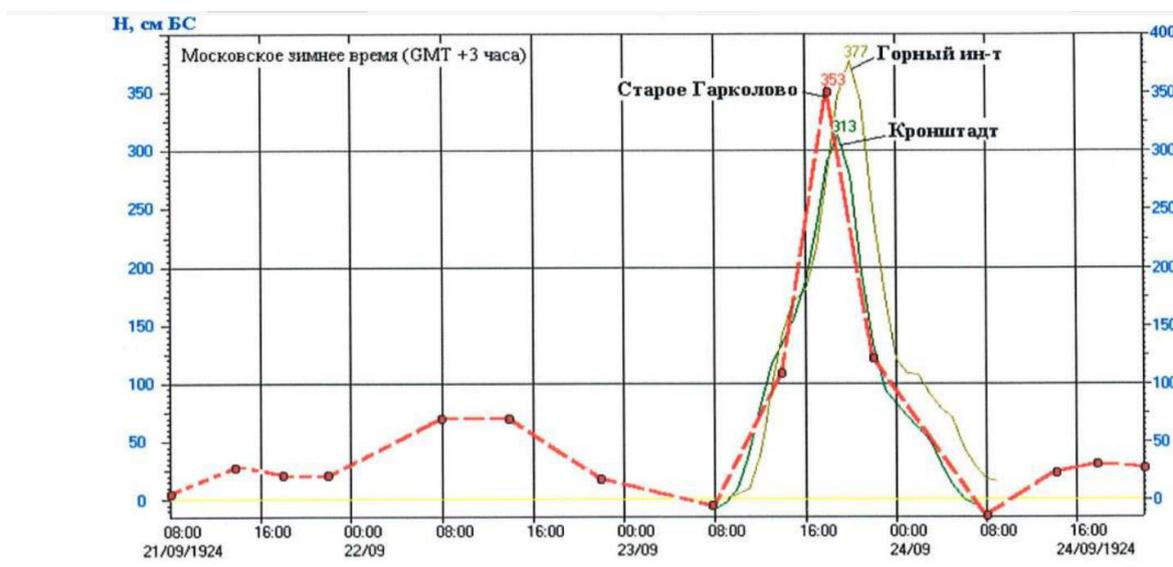


Рисунок 7 - Совмещенные гидрографы наводнения 1924 г. по постам опорной гидрологической сети

С 1967 по 1978 г. Всесоюзный НИИ энергетических технологий (ВНИПИЭТ) проводил гидрологические и гидрометеорологические исследования в районе ныне действующей ЛАЭС. Наблюдения за уровнем Финского залива также проводились при помощи самописца «Валдай» на водомерном посту, расположенном на рыбацком пирсе в г. Сосновый бор в 5 км к северу от ЛАЭС. В рядах указанных наблюдений имеется множество пропусков. Значение наибольшего уровня 2м (Б.С.) зарегистрирован 18.10.1967 (в Кронштадте 2,19 м, Старое Гарколово 2,12 м.)

Эмпирическая вероятность превышения этого наводнения по данным водомерного поста Кронштадт составляет 4,12 %.

В 1987 году в районе ЛАЭС-2 организован морской гидрологический пост Шепелево, действующий по настоящее время. Пост оборудован самописцем уровня воды. Совмещенные графики уровня моря по постам опорной

гидрологической сети и ведомственному посту в период нагонов 03.02.2008 и 26-27.12.2011 приведены на рис. 8.

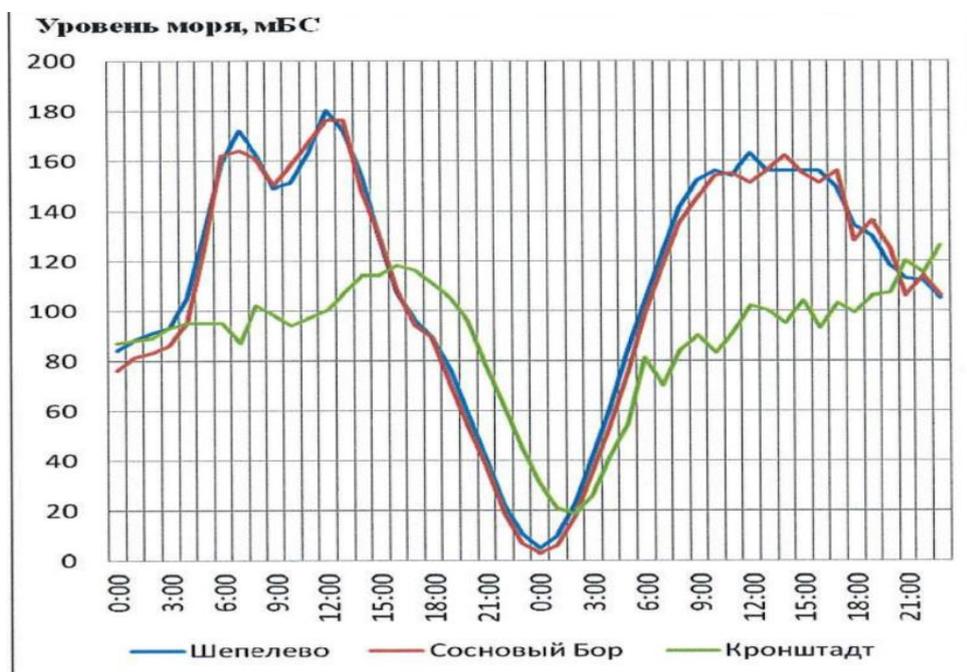


Рисунок 8 - Совмещенные графики уровня моря по постам опорной гидрологической сети и ведомственному посту в период нагонов 03.02.2008 и 26-27.12.2011

В период нагона-сейши 26 -27.12.2011 комплекс защитных сооружений (КСЗ) был закрыт.

### 2.3 Режим течений

Режим течений в районе Копорской губы обусловлен направлением и скоростью ветра. Влияние стока р. Невы на течения в Копорской губе сказывается незначительно.

Скорость постоянных течений колеблется в среднем от 0,10 м/с до 0,21 м/с и лишь в отдельных местах увеличивается до 0,35 м/с ÷ 0,50 м/с.

Основным видом течений в Копорской губе являются ветровые дрейфовые течения в поверхностном слое воды и связанные с ним компенсационные течения на глубине.

Наблюдения за режимом течений в зимний период в Копорской губе каких-либо постоянных течений не выявили, т.к. скорости течений ниже порога чувствительности вертушек.

Нагонные ветры ЮЗ, З и СЗ направлений вызывают в поверхностном слое воды дрейфовые течения, направленные соответственно на ЮВ, В и СВ. При подходе к мысу Устинский они разветвляются на 2 рукава и отбиваются от мыса на ЮЗ и СВ. На глубине возникают компенсационные течения направленные противоположно поверхностным, т.е. на З, СЗ и С.

При сгонных ветрах В, ЮВ и СВ направлений возникают поверхностные течения, направленные на З и СЗ, а глубинные течения в районе водосброса имеют направление на С и СВ, в районе водозабора на В и СВ.

При ветрах ЮЗ и СВ направлений возникают вдольбереговые течения в поверхностном слое воды, направленные соответственно на СВ и ЮЗ, тогда как глубинные течения имеют отток от берега в сторону моря на З и СЗ.

Поверхностная скорость течения зависит от скорости ветра. На глубине 1 м скорость течения воды уменьшается на 50÷60 %, на глубине 2 м - на 70÷80 %, а на глубинах 3÷4 м скорость течения уменьшается на 90÷95 % и часто имеет обратный знак, что указывает на расхождение векторов поверхностного и глубинного течений более чем на 90 градусов.

В табл. 2.3.1 приведены значения средней и экстремальной скоростей течения по глубинам.

Таблица 2.3.1 – Распределение скорости течения воды в Копорской губе по глубинам

Характеристика течения	поверхность	1 м	2 м	3 м	4 м	Скорость ветра, м/с
Средняя скорость, см/с	15,6	6,9	3,8	2,7	2,3	4,3

Продолжение таблицы 2.3.1

Характеристика течения	поверхность	1 м	2 м	3 м	4 м	Скорость ветра, м/с
Наибольшая	32,3	19,9	12,	9,5	6,9	8,5

скорость, см/с			7			
Наименьшая скорость, см/с	3,4	3,4	0,7	0,4	0,1	1,6

При более сильном ветре поверхностные скорости течения могут достигать 50 см/с, уменьшаясь в придонном 5ти метровом слое до 25 см/с.

Измерения направлений и скоростей течений производились в районе водозаборов Ленинградской АЭС двойными поплавками и представлены в технических отчётах ВНИПИЭТ: 4-1167, 75-1119, 75-1118, 76-1882, 77-1109, 77-1215, 78-01169, 78-01168, 79-01901, 79-01902, 80-01870, 82-01683, 82-12489, 84-06658, 84-06901.

В период с 22 июня по 11 июля 2007 г. ООО «ЦГЭИ» проводились измерения течений в Копорской губе с помощью шести притапливаемых автономных буйковых станций (ПАБС) [35].

Согласно выполненным расчетам [36] выявлено, что совпадение данных натуральных наблюдений за скоростью и направлением течений с расчетными наиболее близкое при использовании для моделирования гидродинамической ситуации в Копорской губе данных о ветре и давлении над Балтийским морем, полученных из атмосферной модели высокого разрешения «HIRLAM» и с учетом вертикальных и горизонтальных градиентов плотности воды. В летний период, когда в Финском заливе существует термическая стратификация, ее необходимо учитывать для адекватного воспроизведения поля течений. Без учета плотностной неоднородности расчетные скорости занижены в несколько раз.

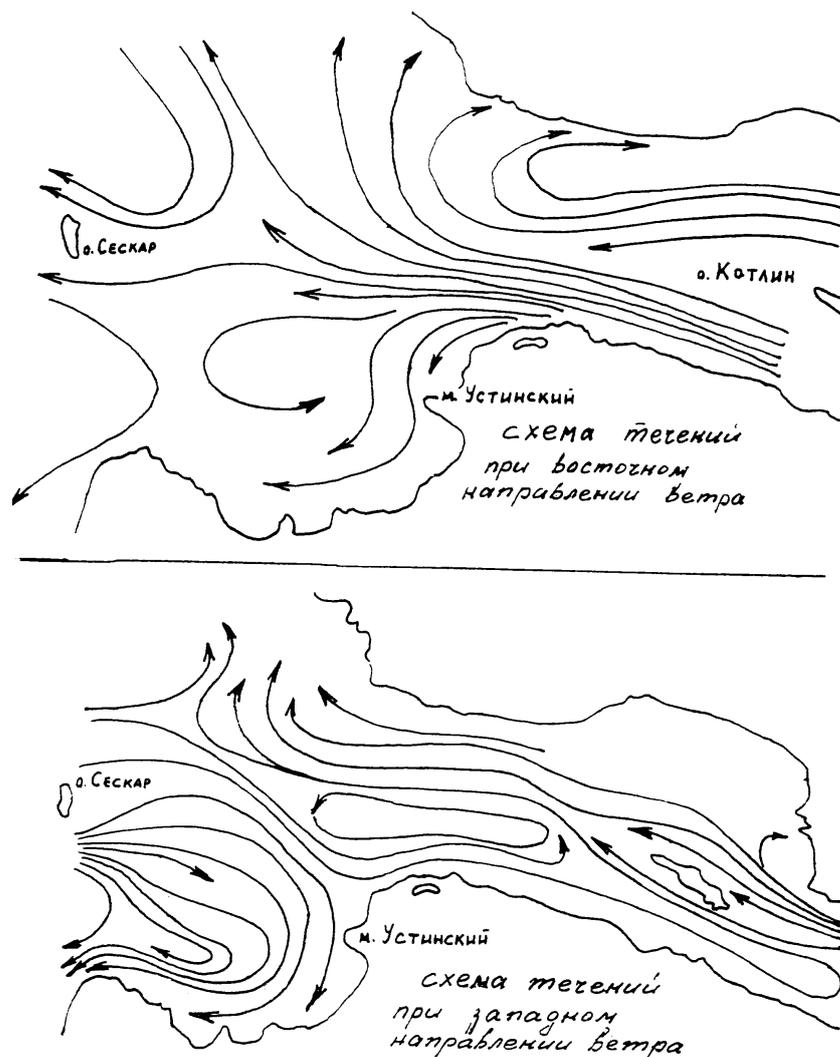


Рисунок 9 - Пример прогрессивно – векторных диаграмм

Диапазон разброса средних расчетных скоростей (от 4,3-10,4 см/с) лежит внутри диапазона разброса средних измеренных скоростей (от 2,3 до 17,6 см/с). В придонных слоях можно отметить соответствие общего характера петлеобразного движения - по расчету и по данным измерений вращение происходит по часовой стрелке.

Пример прогрессивно-векторных диаграмм течений, полученных по данным измерений и по расчету на станции № 3 на глубинах 3, 10 и 21 м приведен на рис. 9.

Режим течений в Копорской губе существенно нестационарный и определяется в основном общей длинноволновой циркуляцией водных масс

Финского залива и режимом ветра, а так же плотностной неоднородностью (распределением температуры и солёности).

Основными видами течений в Копорской губе являются дрейфовые течения в поверхностных слоях воды и связанные с ними компенсационные течения на глубине.

При нагонных ветрах, когда погода определяется продолжительным действием большого циклона над Скандинавией, в поверхностном слое воды возникают дрейфовые СВ, В и ЮВ течения. На глубине возникают компенсирующие течения противоположные поверхностным.

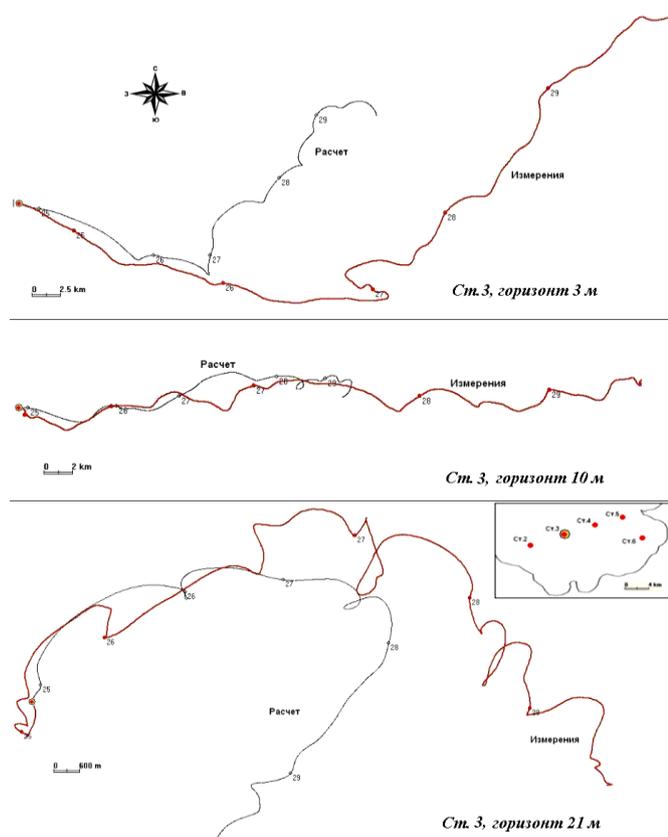


Рисунок 10 - Пример поля течений в поверхностном и придонном слоях при ветре  $120^\circ$ , 1,5 м/с, по модели Копорской губы

При сгонных ветрах формирующихся под воздействием глубоких циклонов, проходящих южнее Финского залива, возникают поверхностные З и СЗ течения, и противоположные им глубинные компенсационные течения.

Пример поля течений в поверхностном и придонном слоях при ветре 120°, 1,5 м/с, по модели Копорской губы приведен на рисунке 10. Поле полных потоков в модели восточной части Финского залива приведен на рисунке 10.

## 2.4 Режим волнения

Копорская губа изобилует мелководными банками и прикрыта с западных и восточных направлений мысами Кольгомпя и Устинским, все это препятствует развитию ветрового волнения.

Для расчета ветровой волны использованы данные наблюдений за ветром на м. ст. Старое Гарколово (1960-1985 гг.).

Скорость ветра определялась для волноопасных направлений, считая, что акватория не имеет ледового покрытия 275 дней (апрель-декабрь).

В отчетах [37, 38] представлены материалы по расчетам волнения в Копорской губе выполненным для определения волновых нагрузок на дамбу. При определении параметров ветровых волн была принята обеспеченность расчетного шторма 1 % (1 раз в 100 лет). Расчет выполнен при различных уровнях воды в Копорской губе: ±0,0; +1,5; +3,0 и +4,0 м.

В табл. 10 приведены параметры волны в системе волн обеспеченностью 1 % в расчетных точках акватории Копорской губы.

Таблица 10 - Параметры волнения повторяемостью 1 раз в 100 лет в системе волн 1 % обеспеченности, в расчетных точках с глубинами 5, 10 и 15 м

Румб	Уровень воды,	Период Д,	Длина волны $\bar{\lambda}$ , м на глубине, м БС	Высота волны $h_{1\%}$ , м на глубине, м БС
------	---------------	-----------	--	---

	Н, м	T, с	-5 м	-10 м	-15 м	-5 м	-10 м	-15 м
З	±0,0	7,2	47	62	71	1,0	1,2	1,8
	1,5	7,3	53	66	73	1,2	1,5	1,8
	3,0	7,3	58	69	76	1,5	2,0	2,0
	4,0	7,4	61	71	77	2,5	3,0	3,0
СЗ	±0,0	6,1	39	49	54	3,0	4,5	4,7
	1,5	6,2	44	58	57	3,5	4,7	4,8
	3,0	6,3	48	56	59	4,5	4,9	5,0
	4,0	6,3	51	57	60	4,5	4,9	5,1
ССЗ	±0,0	5,9	37	47	52	2,5	3,5	4,1
	1,5	6,0	42	50	54	3,0	3,5	4,5
	3,0	6,1	46	52	55	3,3	4,0	4,7
	4,0	6,1	48	54	56	3,5	4,3	4,8

Подход волны к урезу Копорской губы преграждает довольно широкая полоса мелководья (с глубинами 0,5-1,5 м), усыпанная выступающими на поверхность валунами.

## 2.5 Режим температуры воды

Нормально-естественная температура воды в районе гидротехнических сооружений и Ленинградской АЭС за период наблюдений с 1966 г. по 1974 г. составляла:

- среднегодовая за многолетний период 7,9 °С;
- среднемесячная жаркого месяца (июля) 19,3 °С;
- максимальная наблюденная (08.07.1972 г.) 28,3 °С;
- среднемесячная температура воды жаркого месяца,
- жаркого года 10 % обеспеченности 21,5 °С;
- средняя температура воды жаркой декады
- 10 % обеспеченности 23,2 °С.

Среднемесячная и максимальная температура воды на поверхности, у берега приведена в табл. 11.

Таблица 11 - Естественная температура воды, °С

Характеристика	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Средняя за месяц	0,0	0,0	0,2	2,4	12,9	16,6	19,3	17,9	12,6	8,6	3,6	0,4	7,9
Наибольшая	1,8	0,9	3,7	14,6	22,3	26,4	28,3	26,5	22,4	14,5	7,2	4,2	28,3 (1972г.)

Нормально-естественная температура воды до пуска Ленинградской АЭС измерялась на водомерном посту ВНИПИЭТ, а при проведении температурных съёмов по акватории залива измерялась также на реперной точке (вертикали) на расстоянии 2 км от берега.

С вводом в эксплуатацию Ленинградской АЭС температурный режим залива изменился. Наименьшее влияние на температурный режим залива оказывают сбросные тёплые воды при сгонных ветрах В и ЮВ направлений, когда, перегрев воды в районе водозабора по сравнению с нормально-естественной температурой составлял не более 0,2-0,6 °С. При других направлениях ветра перегрев воды не превышал 3,7 0С.

Расчётные температуры воды в районе сооружений с учётом сбросов подогретых вод Ленинградской АЭС составляют:

- среднемесячная температура воды
- за многолетие жаркого месяца (июль) 21÷22 °С;
- среднемесячная температура воды жаркого месяца
- жаркого года 10 % обеспеченности 23÷24 °С;
- среднедекадная температура воды жаркой декады
- жаркого года 10 % обеспеченности 25÷26 °С;
- наибольшая среднесуточная температура воды

- жаркого месяца жаркого года 10 % обеспеченности  $29 \div 31$  °С.

Исходными данными для расчёта обеспеченных значений температуры воды в заливе являются материалы наблюдений температурных съёмки, помещённых в технических отчётах ВНИПИЭТ: 74-1167, 75-1119, 75-1118, 77-1109, 76-1882, 77-1215, 78-01169, 78-01168, 79-01901, 79-01902, 80-01870, 82-01683, 82-12489, 84-06658, 84-06901.

В летний период наибольшие перепады температуры воды по глубинам наблюдаются при штилевой погоде и достигают 4 °С. В среднем перепады температур от поверхности до дна в 6-ти метровом слое воды не превышают 2,0 °С

Тёплые сбросные воды Ленинградской АЭС нарушили ледовый режим залива. В зимний период при работе Ленинградской АЭС образуется полынья размеры и конфигурация которой находятся в зависимости от направления и скорости ветра, а также от количества и температуры сбросных водных масс. Размеры полыньи меняются от  $1,5 \div 2,0$  км<sup>2</sup> в феврале до 20 км<sup>2</sup> и более в марте.

## 2.6 Базы данных

Сайт Wetterzentrale.

Wetterzentrale, один из первых веб-сайтов о погоде в Европе, который регулярно обновляется и предлагает карты погоды на основе модельных данных. Система просмотра климатических прогнозов NCEP представляет собой объединённую систему атмосфера-океан-поверхность суши-морской лёд, которая обеспечивает наилучшую оценку за 32-летний период с 1979 по 2011 год.

База данных ЕСИМО. База данных Единой государственной системы информации об обстановке в Мировом океане (ЕСИМО) реализована на основе коммерческих СУБД реляционного типа. Она обеспечивает хранение всех типов гидрометеорологической информации: данных наблюдений, исторических данных и климатических характеристик.

## 2.7 Метод SWOT - анализа и особенности его применения

SWOT-анализ — это метод, который, по мнению разработчиков, позволяет анализировать сильные и слабые стороны, возможности и угрозы компании, предприятия или проекта. При проведении SWOT-анализа выделяются сильные и слабые стороны компании, проекта или отрасли, возможности и угрозы для них. Предполагается, что такой подход помогает компаниям и предпринимателям понять текущее состояние своего бизнеса и разработать стратегии для его улучшения и поддержания конкуренции. SWOT-анализ используется для стратегического планирования и оперативного управления. Считается, что эта методика позволит управленцам определить сильные и слабые стороны бизнеса, а также возможности и угрозы на рынке. Отдельные компании могут использовать этот метод для разработки стратегий, которые им помогут стать более конкурентоспособными в своем сегменте рынка.

В литературе отношение к SWOT-анализу не однозначное. Особенно это заметно при анализе Ряд представителей управленческой науки считает, SWOT-анализ вполне приемлемым и надежным методом, другая считает (А.П. Репьев, «Убожество SWOT») что SWOT-анализ вообще не является методом, считая эту методику бессмысленным занятием.

Но поскольку методика SWOT-анализа существует и активно используется на практике вполне уместно оценить ее применимость для анализа факторов природной и техногенной среды , которые могут оказывать негативное влияние на прибрежную зону.

Сущность SWOT-анализа.

Сущность SWOT-анализа объекта заключается в выявлении сильных и слабых сторон, возможностей и угроз для оценки текущего состояния дел в бизнесе или иной среде. Каждая буква аббревиатуры SWOT означает спектр, который подвергается анализу:

S — strengths (сильные стороны). Факторы, которые обеспечивают устойчивость работы объекта и обеспечение благоприятного развития прибрежной зоны. В качестве примера можно привести дешевизну электроэнергии, вырабатываемой АЭС, незначительные выбросы (при штатной работе АЭС) в окружающую среду парниковых газов и других загрязняющих веществ. Сюда же можно отнести благоприятное влияние объекта на окружающую среду. Звучит парадоксально, но может быть и такое. В качестве примера можно привести тот что установление санитарно защитной зоны вокруг АЭС влечет за собой запрет на размещение рядом с ней ряда предприятий, а также некоторых видов деятельности. К примеру, в Копорской губе запрещено судоходство, а также запрещено размещение предприятий, которые загрязняют акваторию. Эти факторы могут способствовать появлению в Копорской губе нерестилищ для ценных видов рыб, мест гнездования редких птиц итд.

W — weaknesses (слабые стороны). Здесь анализируются негативные факторы, которые могут мешать развитию прибрежной зоны. К примеру наличие площадки строительства вполне может негативно повлиять на дорожную сеть, рост населения, который может наблюдаться как следствие начала работы какого-либо объекта может повлечь за собой нехватку социальной инфраструктуры, школ, больниц, детских садов итд.

O — opportunities (возможности). Любое вмешательство в природную среду влечет за собой изменение каких-либо ее параметров. Такое изменение может быть, как позитивным, но в большинстве случаев негативным. Если параметры среды изменились, то неизбежно следует образование ПТС — природно технической системы. Соответственно на этой стадии SWOT-анализа необходимо новые возможности, которые появляются как следствие деятельности объекта. Другими словами - анализ потенциальных сторон сводится к ответам на вопрос — какие благоприятные последствия наступят для социально -экономического развития прибрежной зоны от деятельности

исследуемого объекта. К примеру: выгоды, которые получит население прибрежной зоны — новые рабочие места, возможности для досуга и др. Сам объект может быть косвенным фактором, который способствует появлению новых форм деловой активности населения. К примеру, в прудах охладителях Курской АЭС освоили разведение пресноводной креветки.

T — threats (угрозы). Любые внешние негативные воздействия для прибрежной зоны, которые невозможно предотвратить. К примеру, стихийные бедствия- штормовые нагоны, цунами и т.д. Для населения само наличие АЭС может считаться потенциальной угрозой. Угрозой может считаться любое изменение параметров морской среды. В качестве примера можно привести увеличение солености в Средиземном море, которое повлекло за собой открытие Суэцкого канала. Такое изменение параметров природной среды привело к появлению в Средиземном море иглобрюхих рыб, известных как рыба Фугу. Эта рыба является токсичной и наносит большой ущерб промысловым видам в Средиземном море.

Следует отметить, что последствия от антропогенных воздействий на природную среду имеют не только биологический характер. Значительно больше образуется последствий гидрологического характера. В качестве примера можно привести изменение характера движений береговых наносов, возникшие впоследствии сооружения волноломов, химического состава воды итд.

Описанные выше принципы SWOT-анализа в видоизмененном виде можно применить для оценки степени опасности того или иного явления или процесса. Для достижения этой цели имеет смысл видоизменить матрицу SWOT-анализа так как показано на рис. 11.

Внутренние факторы процесса	Внешние факторы среды
<b>А. Угрозы</b>	<b>В. Средства противодействия</b> Меры воздействия на негативное внешнее воздействие
<b>Б. Исключающие факторы</b>	<b>Г. Результаты противодействия</b>

Факторы природной среды смягчающие негативное воздействие на прибрежную зону	Результаты противодействия негативному явлению или процессу.
--	--

### Рисунок 11 - Видоизмененная матрица SWOT-анализа

Здесь в поле А учитываются поражающие факторы внешнего воздействия и параметры природной среды их усиливающие.

В поле Б учитываются факторы природной среды, смягчающие негативное воздействие явления или процесса на прибрежную зону. Здесь же учитываются те факторы природной среды, которые исключают опасность негативного воздействия на прибрежную зону. Если будет выявлен такой фактор, то анализ можно считать законченным.

В поле В следует учесть возможные меры организационного, инженерного или любого другого характера, направленные на снижение негативного явления или процесса на прибрежную зону.

В поле Г следует учесть возможные благоприятные результаты минимизации негативных последствий явления или процесса, которые могут быть получены после применения мер, выявленных для поля В.

## ГЛАВА 3. Оценка воздействия гидрологических факторов на безопасность прибрежной зоны

### 3.1 Колебания уровня Финского залива и в акватории Копорской губы

Длинные волны в Балтийском море.

Длинные волны обычно образуются, когда глубокие циклоны проходят через Балтийское море. Наиболее интересен случай, когда формирование

длинных волн происходит вблизи шведского побережья, когда они следуют за циклоном. Когда циклоны движутся с юго-запада на северо-восток, они затягивают длинные волны в Финский и Ирбенский заливы. Их скорость зависит от глубины морского дна, над которым они проходят.

По мнению В. А. Берга [22], наводнения, вызванные исключительно ветрами, случаются часто, но при этом не угрожают серьезными наводнениями. Наблюдениями установлено, что они могут вызвать подъем уровня воды в Петербурге на 100-150 сантиметров так как из-за своего расположения Петербург наиболее чувствителен к подъему уровня воды. При этом в настоящее время считается, что самый опасный тип наводнения возникает при совместном воздействии длинно волновых процессов в акватории Финского залива. Следует отметить, что подобные процессы являются самыми распространенными в природе. Они могут быть вызваны сочетанием действий давления, ветра и других метеорологических и климатических факторов. При определенных условиях сочетание всех этих причин могут вызвать катастрофическое наводнение на побережье Финского залива. При отсутствии совместного воздействия указанных выше факторов наводнение не может достичь своей полной (максимальной) высоты.

Особенность Балтийского моря состоит в том, что оно со своими заливами и бухтами представляет собой почти замкнутый бассейн. Сейшевые колебания в акватории Балтийского моря представляют из себя адаптивную реакцию водных масс бассейна на нарушения равновесия, вызванные внешними факторами такими как длительный подъем или спад воды, резкие изменения метеорологических условий - давления, ветра - при пересечении барических образований. При этом в процесс сейшевых колебаний вовлечена вся водная толща Балтики. Балтийские сейши имеют довольно высокую скорость развития и при этом они в течение нескольких дней.

Простейшим типом сейшевых колебаний является продольное однонаправленное сейшевое колебание (одноузловая сейша). В реальных

условиях сейшевые колебания сопровождаются колебаниями более высокого порядка, что обусловлено сложностью береговых контуров и рельефа дна. Наблюдаются; двух-, трех- и даже четырех узловые колебания. При этом следует учитывать, что заливы в определенной степени являются резонаторами, в которых могут возникать свои специфические колебания. В Балтийском море наблюдениями выявлено два основных типа сейшевых колебаний морской воды. При одном типе самый высокий уровень наблюдался в юго-западной части Балтийского моря, а самый низкий - в восточной части Финского залива; в другой фазе наблюдалось обратное. Ход этих колебаний представлен на рис. 12. Схема сейшевых колебаний Балтийского моря.

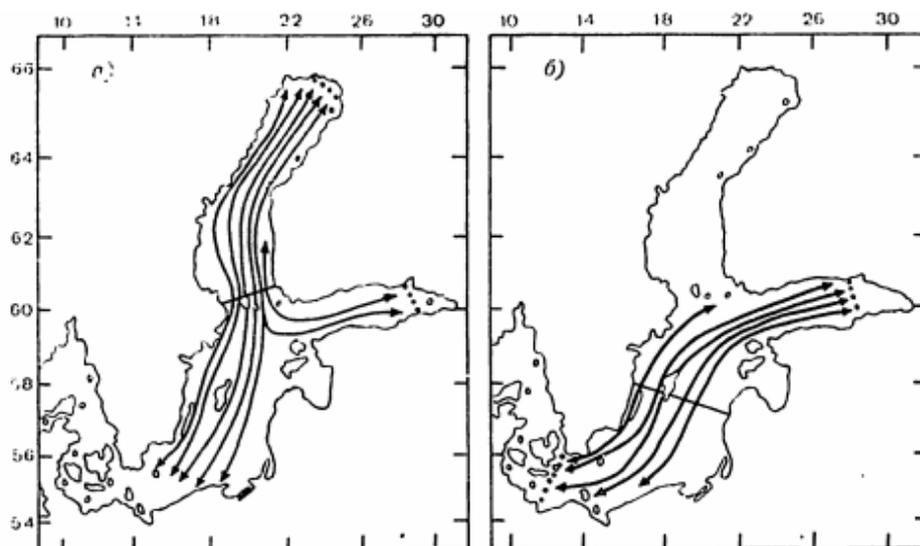


Рисунок 12 - Схема сейшевых колебаний Балтийского моря.

На рис.12 показан вид поверхности моря при одно узловом сейшевом колебании системы Западная Балтика — Ботнический залив. Одна фаза колебаний (рис. 12 а) примечательна тем, что максимальный уровень наблюдался в юго-западной части Балтики, а минимальный — в восточной части Финского залива. Противоположная фаза характерна соответственно обратной картиной— наоборот. Амплитуда колебаний в восточной части Финского залива достигает 100 см, а в юго-западной Балтике— 70 см. Узловая

линия проходит практически по центру Балтийского моря в направлении Лиепая – Ландсорт. Именно это является одной из причин, которая может привести к наводнению [23]. Наиболее частые сейши в Финском заливе - 24-часовые и 8-часовые.

После катастрофического наводнения 23 сентября 1924 года в Балтийском море сформировалась гипотеза так называемой «прогрессивной волны», которая сейчас известна как длинная волна. Влияние сейшевых колебаний на подъем уровня воды при формировании наводнений в Балтийском море изучал В.П. Дубов [20] Согласно предположению В.П. Дубова наводнения в восточной част Финского залива сопровождались сейшевым колебанием., и в каждом случае исследовал интервал времени между самым низким уровнем воды до наводнения и самым низким уровнем воды после наводнения.

Наблюдениями установлено, что минимальные значения на мареографе более выражены, чем максимальные. В ходе исследования изучалась периодичность наводнений, а также частота повторения наводнений для конкретных циклов наводнений, которые возникали в изучаемый период.

По результатам статистической обработки полученных данных установлено, что максимальное значение повторяемости наводнений приходится на 25-часовые циклы, это совпадает с наиболее распространенными циклами двухузловой сейши в Балтийском море. Затем следует максимальное значение характерное для 30-часового цикла (цикла двухузловой сейши). Таким образом установлено, что когда циклы глубоких циклонов и метеорологических переменных совпадают с циклом сейшевых колебаний, то ветровые нагоны и барические факторы противодействуют сейшевым колебаниям. Такая ситуация приводит к образованию стоячих волн, которые и являются причиной наводнений [3, 4].

Таким образом В.П. Дубов пришел к выводу о том, что масштабы наводнений могут быть наиболее крупными только в тех случаях, когда цикл

изменения метеорологических условий (системы давления, ветра) близок к периоду сейшевых колебаний.

### 3.2. Синоптические ситуации, способствующие развитию морских наводнений в Санкт-Петербурге

Одним из наиболее значительных факторов в процессе образования наводнений является прохождение циклонов, которые движутся по определенной траектории. Соответственно, помимо инженерной защиты промышленных и социальных объектов, находящихся в прибрежной зоне Финского залива на первый план, выходит необходимость правильного и своевременного прогноза неблагоприятного явления, который позволит подготовиться к возникновению опасного явления.

Погодные условия переменчивы в целях прогноза морских гидрологических процессов или явлений, которые могут повлиять на безопасность прибрежной зоны необходимо постоянно наблюдать за изменением погодных условий [28]:

Только непрерывные наблюдения и анализ синоптической ситуации дает возможность выделить условия, которые ведут к образованию наводнений и любых опасных явлений гидрометеорологической природы. Соответственно только в том случае, когда будут известны все условия генерации опасного явления или процесса, то будет возможность их предотвращения.

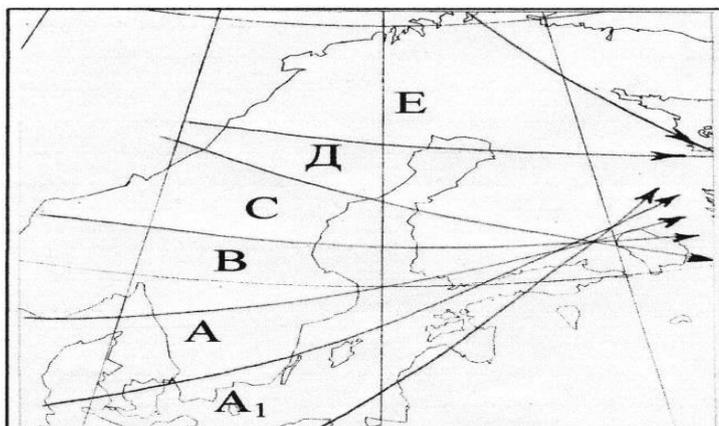


Рисунок 13 - Траектории циклонов, способствующих развитию наводнений в восточной части Финского залива [23]

Западно -европейский циклон.

Западно -европейский циклон — это циклон, который приходит на Балтику из Западной Европы. Циклоны – атмосферные вихри, с пониженным давлением в центре. В европейской части России циклоны перемещаются с запада на восток. При этом направления потоков ветра в области пониженного давления направлены против часовой стрелки от периферии к центру циклона. Теплый сектор циклона находится в южной такого барического образования. Граница раздела между теплым и холодным воздухом называется фронтом. Именно в этой полосе циклона значение скорости ветра достигает максимальных значений.

Такой циклон начинает свое движение такого циклона над Балтийским морем со стороны Стокгольма. Затем движение этого циклона продолжается над Балтийским морем до горла Финского залива. При пересечении циклоном Балтики формируется длинная волна. Возникновению длинной способствует понижение атмосферного давления, а также ветры, дующие к центру циклона. Опасными являются траектории циклонов, которые направлены с юго-запада Скандинавии на северо-восток. Такое движение циклона способствует проникновению длинной волны к горлу Финского залива, где возникает опасный подъем воды. Траектория такого циклона изображена на рисунке 14

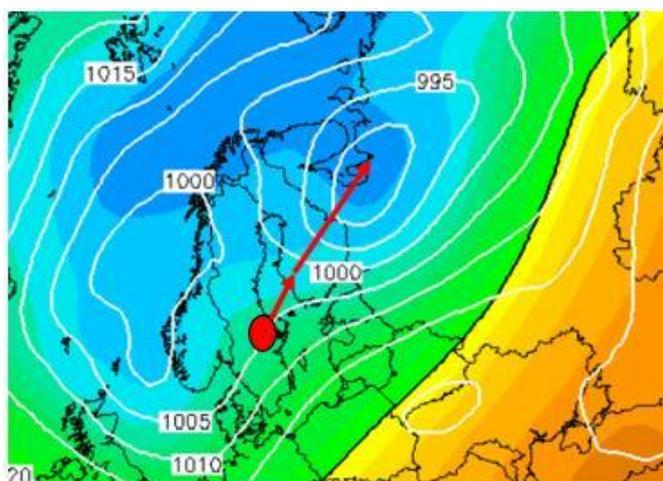


Рисунок 14 - Синоптическая карта с траекторией циклона (АТ500+приземная)

Наблюдениями установлено, что именно такая траектория движения циклона наиболее часто способствует возникновению наводнений, при которых значения высоты уровня поверхности моря воды достигает отметок опасных и катастрофических наводнений.

Северо-Атлантический циклон, при котором Санкт-Петербург находится в ложбине. Подобная синоптическая ситуация характеризуется тем, что движение Северо-Атлантического циклона происходит севере (Кольский полуостров, арктическое побережье и т.п.), а над Балтийским морем расположена глубокая ложбина от этого циклона. Следовательно, Санкт-Петербург и вся восточная часть Финского залива так же расположены в ложбине, характерно дуют юго-западные ветра, которые усиливает ветровой нагон. Такая ситуация, в свою очередь, способствует увеличению уже сформировавшейся длинной волны [29]. Траектория этого циклона изображена на рисунке 15

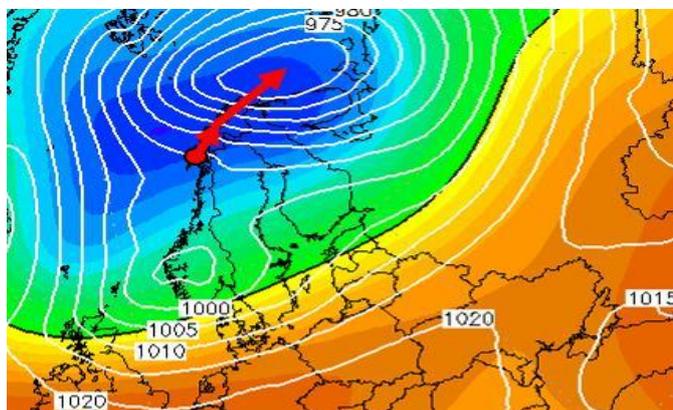


Рисунок 15 - Синоптическая карта с траекторией циклона (АТ500+приземная)

Значение высоты длинной волны в горле Финского залива первоначально равна 30—50 см, а значение скорости распространения ее гребня составляет 40—60 км/час.

По мере продвижения вдоль залива высота и скорость длинной волны меняются незначительно, а с подходом к вершине залива значение высоты волны

возрастает. Причина увеличения значения высоты волны в восточной части финского залива заключается в том, что в этом месте залив мельче.

Время прохода волны по акватории Финского залива составляет 7-9 часов. При отсутствии ветра или в случае низких значений его скорости волна движется только за счет силы тяжести. Такая волна называется свободной. Свободная волна может вызвать подъемы в устье Невы до 2,0-2,5 м. Такая волна наблюдалась о достаточно редко, обычно длинной волне сопутствует ветер. Северный и южный ветры не влияют на изменение высоты волны, встречный восточный уменьшает значения ее высоты. При этом западный ветер способствует увеличению значений высоты волны.

Если наблюдается западный ветер и при этом атмосферный фронт перпендикулярен оси совпадает с гребнем волны, перемещаясь с ним с одинаковой скоростью, то увеличение значений высоты волны является значительным. В этом случае фронт, будто бы «подхлестывает» волну. Подобные ситуации наблюдаются в том случае, когда, дойдя до горла Финского залива, направление движения углубляющегося циклона изменяется на восточное, а перемещение его центра происходит вдоль залива, находясь севернее него.

Эффект «подхлестывания» может наблюдаться так же в случае смены южных ветров впереди фронта, на западные в его тылу и за счет перехода от пониженного давления перед фронтом к повышенному позади него.

Многоцентральной циклон, располагающийся над полярным регионом и северной Атлантикой. После 32 лет строительства 12 августа 2011 года был введен в эксплуатацию комплекс защитных сооружений [30] .

Следует отметить, что при проектировке КЗС были изучены причины возникновения наводнений. Но несмотря на это после начала работы дамбы все равно наблюдаются подтопления. Одна из причин этого явления быть связана с тем, что в последние годы наблюдается новая синоптическая ситуация, которая

приводит к подтоплениям городских территорий даже при своевременно открытых затворах КЗС.

Особенность ситуации состоит в том, что на подъем реки Невы влияет малоподвижная многоцентровая депрессия, которая располагается над полярным регионом и северной Атлантикой. При этом, Санкт-Петербург и Балтика находятся в южной части этого барического образования и именно подпор ветра, который более суток не меняет свое направление и вызывает подтопление Невы даже при открытой дамбе.

Траектория этого циклона изображена на рис. 16.

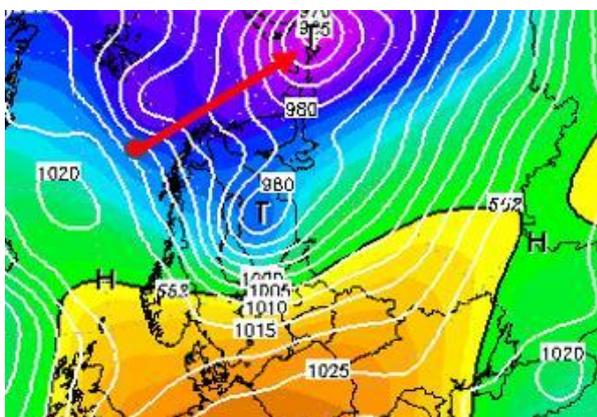


Рисунок 16 - Синоптическая карта с траекторией циклона  
(АТ500+приземная)

Такой тип циклона, часто приводящий к Невским наводнениям, встречается наиболее часто после 2000 года. Это может быть связано и с тем, что в последние годы отмечаются значительные изменения климата во многих регионах [28].

### 3.3 Выявление сгонно-нагонных явлений в акватории Копорской губы

В целях оценки подверженности акватории Копорской губы сгонно-нагонным явлениям был выбран метод квантильного анализа как наиболее простой и технологичный. За счет своей простоты и логичности квантильный анализ имеет можно использовать для нужд КУПЗ, включив его в состав соответствующих нормативных документов, таких как ГОСТ или методические рекомендации.

В качестве объекта исследования были выбраны результаты наблюдений за уровнем моря на ст. Шепелево за период с 2009 по 2023 годы. Исследовались данные за следующие месяцы: февраль, март, сентябрь, октябрь, ноябрь, декабрь.

В процессе исследования были выполнены расчеты основных статистических показателей. Результаты расчетов приведены в табл. 3.3.1 «Основные статистические показатели»

Таблица 3.3.1 - Основные статистические показатели

Месяц	II	III	IX	X	XI	XII
Среднее	5 211,34	5 259,04	5 172,71	5060,35	5016,94	5188,97
Максимум	6 037,00	5 829,00	5 502,00	5503,00	5516,00	5650,00
Минимум	4 701,00	4 743,00	4 848,00	4045,00	4045,00	4450,00
Б	283,15	204,13	134,62	213,44	237,09	218,32
3Б	849,45	612,4	403,86	640,32	711,27	664,96
1 квартиль	5 004,75	5 133,50	5 060,75	4902,00	4822,00	5034,00
Медиана	5 138,00	5 273,00	5 176,00	5102,50	5044,00	5206,00
3 квартиль	5 434,00	5 399,50	5 274,00	5194,75	5201,50	5346,00

Поскольку любое сгонно-нагонное явление можно считать выбросом из выборки, то для его выявления можно использовать методы, которые используются для выявления выбросов при статистической обработке. В настоящей работе, следуя [27], использовался критерий 3Б. Достоинства этого критерия в простоте использования и технологичности.

Нормальность выборок. Выбранные для анализа ряды наблюдений были проверены на их соответствие нормальному закону распределения. В качестве метода определения нормальности выборок была выбрана методика предложенная Малининым В.Н [26].

В соответствии с указанной методикой были рассчитаны вспомогательные коэффициенты  $U_3$  и  $U_4$  по следующим формулам 1 и 2:

$$U_3 = \sqrt{\frac{6 * (n - 1)}{(n - 1) * (n + 3)}} \quad (1)$$

$$U_4 = \sqrt{\frac{24 n * (n - 2) * (n - 3)}{(n - 1)^2 + (n + 3) * (n + 5)}} \quad (2)$$

Результаты расчетов вспомогательных коэффициентов  $U_3$  и  $U_4$  представлены в табл. 3.3.2.

Таблица 3.3.2 - Результаты расчетов вспомогательных коэффициентов  $U_3$  и  $U_4$

Месяц	As	U3	As/U3	Ex	U4	Ex/U4	Распр
II	0,49	0,12	4,09	-0,57	0,24	-2,40	норм
III	-0,03	0,13	-0,24	0,57	0,25	2,27	норм
IX	-0,7	0,12	13,45	0,03	0,24	0,13	норм
X	1,61	0,12	-7,52	-0,71	0,24	0,12	норм
XI	-0,93	0,15	0,00	-0,27	0,29	0,43	норм
XII	-0,16	0,13	-1,27	-0,24	0,25	-0,97	норм

Согласно В.Н. Малинину выборка имеет нормальное распределение если соблюдаются следующие соотношения:

$$\frac{A_s}{U_3} < 3 - 4 \varepsilon \quad \text{и} \quad \frac{E_x}{U_4} < 2 - 3 \varepsilon$$

Согласно таблице, 13 все исследованные выборки нормально распределены. Соответственно использование для анализа стогно нагонных явлений метода 3σ трех сигм правомерно.

Алгоритм расчёта.

Для выявления выбросов необходимо построить диаграмму Тьюки (ящик с усами).

В практическом смысле квантильный анализ сводится к анализу диаграммы Тьюки или диаграммы «ящик с усами». Диаграмма представляет их себя прямоугольник, границы которого служат первый и третий квартили, линия в середине ящика — медиана. Концы усов определяются из следующих соотношений:

$$X_1 = Q_1 - k(Q_3 - Q_1) \varepsilon \quad (3)$$

$$X_2 = Q_3 + k(Q_3 - Q_1) \quad (4)$$

где

$X_1$  — граница уса -нижняя граница значимости

$X_2$  — высшая граница

$Q_1$  — первая квартиль

$Q_3$  — третья квартиль

$k$  — константа- может быть равна либо 1,5, если требуется выявить возможные аномалии или 3, если требуется выявить явные аномалии.

Февраль

Сгонные явления

$x_1 = 4359,75$  нижняя граница значимости для возможных сгонных явлений;

$x_1 = 3714,75$  нижняя граница значимости для явных сгонных явлений.

Минимальное значение в выборке 4701. Соответственно не может считаться сгонным явлением.

Верифицируем полученные результаты по критерию  $3\sigma = 849,45$  Нижняя граница значимости по  $3\sigma$  соответствует числу 4361,65. Это означает что сгонные явления в феврале рассматриваемого периода отсутствуют. График хода уровня Финского залива представлен на рис. 17.

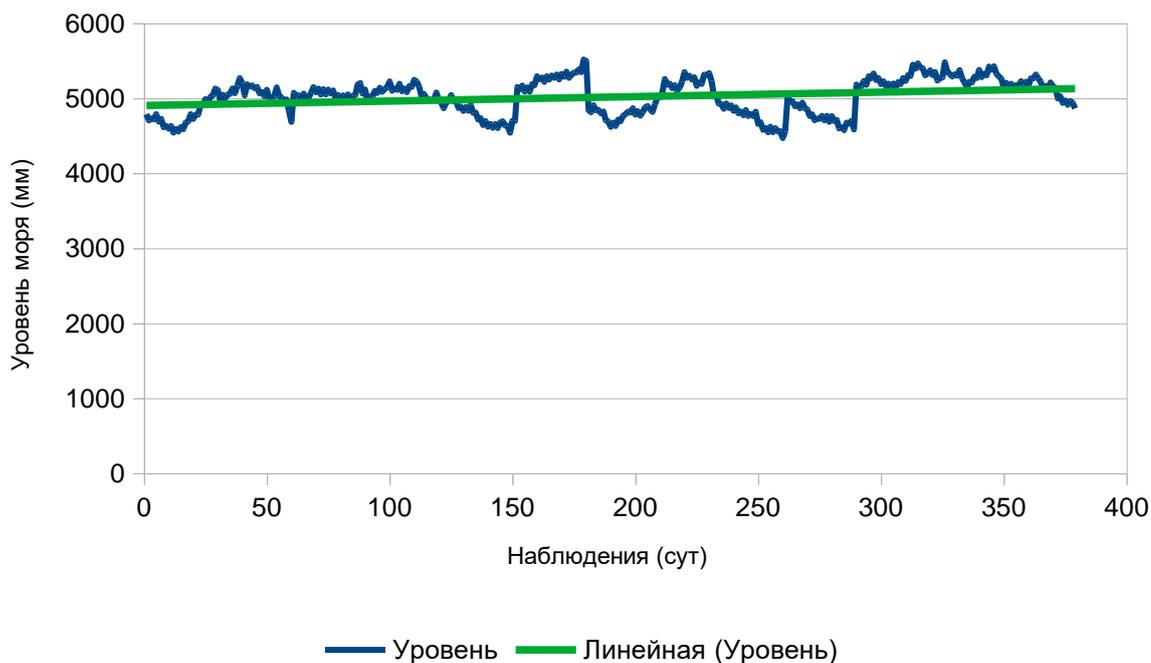


Рисунок 17 - Ход уровня Финского залива в феврале месяце 2009-2023 г.

Нагонные явления.

$x_2=6079$  верхняя граница значимости для возможных нагонных явлений;

$x_2 = 6724$  верхняя граница значимости для явных нагонных явлений.

Максимальное значение = 6037 не может считаться нагонным явлением по обоим критериям так как попадает в интервал значимости по обоим критериям.

Верифицируем полученные результаты по критерию  $3\sigma = 849,45$ . Граница значимости по критерию  $3\sigma = 6060,45$ . Максимальное значение попадает в интервал значимости. Не может считаться нагонным явлением.

При рассмотрении рис () видна не значительная тенденция к увеличению значений уровня моря. Наличие сгонно-нагонных явлений не выявлено.

Март.

Сгонные явления.

$x_1=4734$  нижняя граница значимости для возможных сгонных явлений;

$x_1 = 4337$  нижняя граница значимости для явных сгонных явлений.

Минимальное значение в выборке 4743. Соответственно может считаться сгонным явлением.

Верифицируем полученные результаты по критерию  $3\sigma = 612,4$  Нижняя граница значимости по  $3\sigma$  соответствует числу 4136 Это означает что сгонные явления в марте рассматриваемого периода отсутствуют. График хода уровня Финского залива представлен на рис. 18.

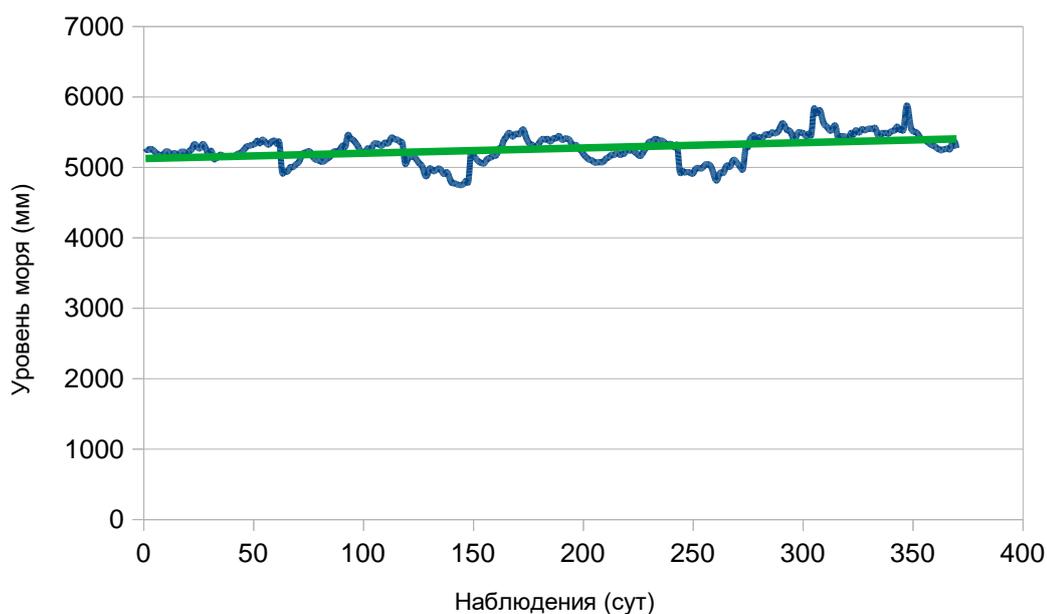


Рисунок 18 - Ход уровня Финского залива в марте месяце 2009-2023 г.

Нагонные явления.

$x_2 = 5798$  верхняя граница значимости для возможных нагонных явлений;

$x_2 = 6197$  верхняя граница значимости для явных нагонных явлений.

Максимальное значение = 5829 не может считаться нагонным явлением по обоим критериям так как попадает в интервал значимости по обоим критериям.

Верифицируем полученные результаты по критерию  $3\sigma = 612,4$  Граница значимости по критерию  $3\sigma = 6441,1$  Максимальное значение 5829,0 попадает в интервал значимости. Не может считаться нагонным явлением.

Согласно рис 18 линия тренда ведет себя стабильно. Сгонно- нагонных явлений не выявлено.

Сентябрь.

Сгонные явления

$x_1=4740,8$  нижняя граница значимости для возможных сгонных явлений;

$x_1 = 4634$  нижняя граница значимости для явных сгонных явлений.

Минимальное значение в выборке 4848. Соответственно не может считаться сгонным явлением.

Верифицируем полученные результаты по критерию  $ЗБ = 403,86$  Нижняя граница значимости по  $ЗБ$  соответствует числу 4768,05 Это означает что сгонные явления в марте рассматриваемого периода отсутствуют. График хода уровня Финского залива представлен на рис. 19.

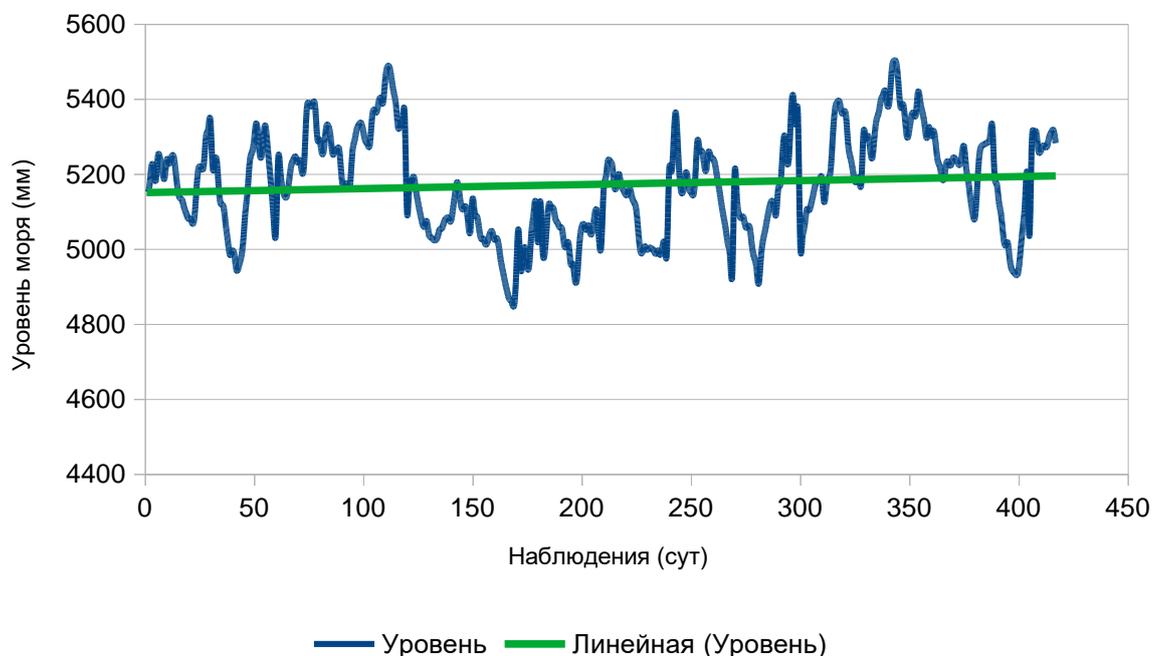


Рисунок 19 - Ход уровня Финского залива в сентябре месяце 2009-2023 г

Нагонные явления.

$X_2=5380,625$  верхняя граница значимости для возможных нагонных явлений;

$x_2 = 5700$  верхняя граница значимости для явных нагонных явлений.

Максимальное значение = 5502 может считаться возможным нагонным явлением как попадает в соответствующий интервал значимости.

Верифицируем полученные результаты по критерию  $3\sigma = 403,86$  Граница значимости по критерию  $3\sigma = 5576,57$  Максимальное значение 5502 попадает в интервал значимости. Считать такие значения нагоном или нет прерогатива исследователя.

Октябрь.

Сгонные явления.

$x_1 = 4462,87$  нижняя граница значимости для возможных сгонных явлений;

$x_1 = 4023,75$  нижняя граница значимости для явных сгонных явлений.

Минимальное значение в выборке 4045. Соответственно оно не может считаться сгонным явлением.

Верифицируем полученные результаты по критерию  $3\sigma = 640,32$  Нижняя граница значимости по  $3\sigma$  соответствует числу 4420 Это означает что сгонные явления в марте рассматриваемого периода отсутствуют. График хода уровня Финского залива представлен на рис. 20.

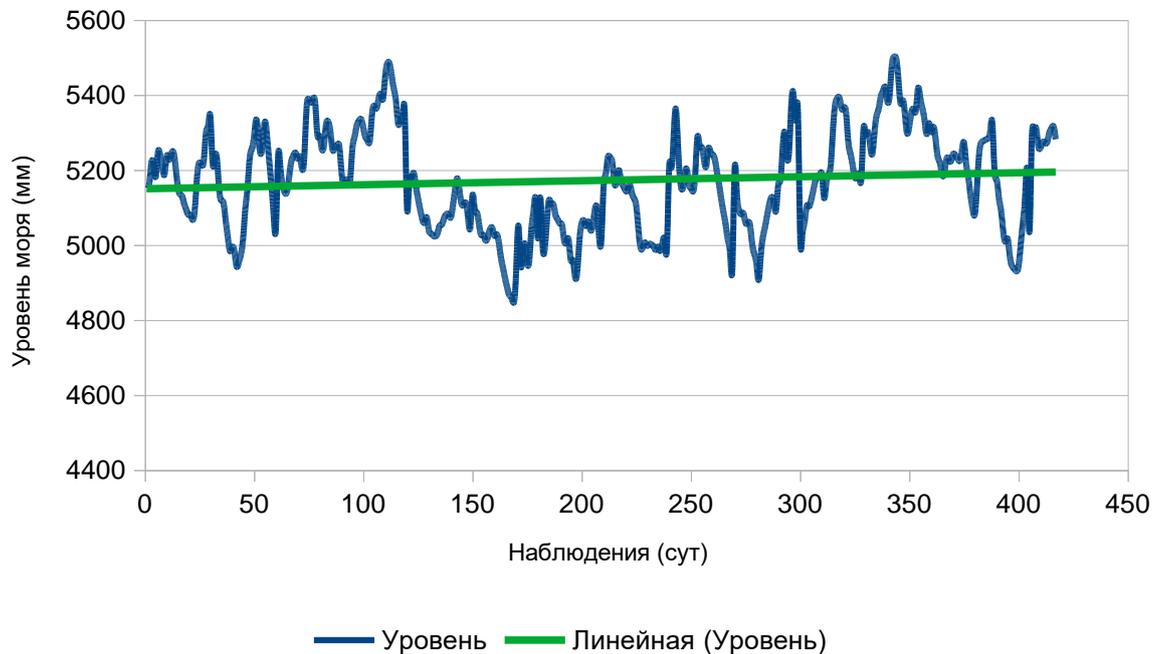


Рисунок 20 - Ход уровня Финского залива в октябре месяце 2009-2023 г.

Нагонные явления.

$x_2=5633,87$  верхняя граница значимости для возможных нагонных явлений;

$x_2 = 6073$  верхняя граница значимости для явных нагонных явлений.

Максимальное значение = 5503 не может считаться нагонным явлением по обоим критериям так как попадает в интервал значимости.

Верифицируем полученные результаты по критерию  $3\sigma = 640.32$ . Граница значимости по критерию  $3\sigma = 5702$ . Максимальное значение попадает в интервал значимости. Не может считаться нагонным явлением.

Ноябрь.

Сгонные явления.

$x_1=3968,12$  нижняя граница значимости для возможных сгонных явлений;

$x_1 = 3683,5$  нижняя граница значимости для явных сгонных явлений.

Минимальное значение в выборке 4034. Соответственно оно не может считаться сгонным явлением.

Верифицируем полученные результаты по критерию  $3\sigma = 711,27$  Нижняя граница значимости по  $3\sigma$  соответствует числу 4420 Это означает что сгонные явления в марте рассматриваемого периода отсутствуют. График хода уровня Финского залива представлен на рис 21.

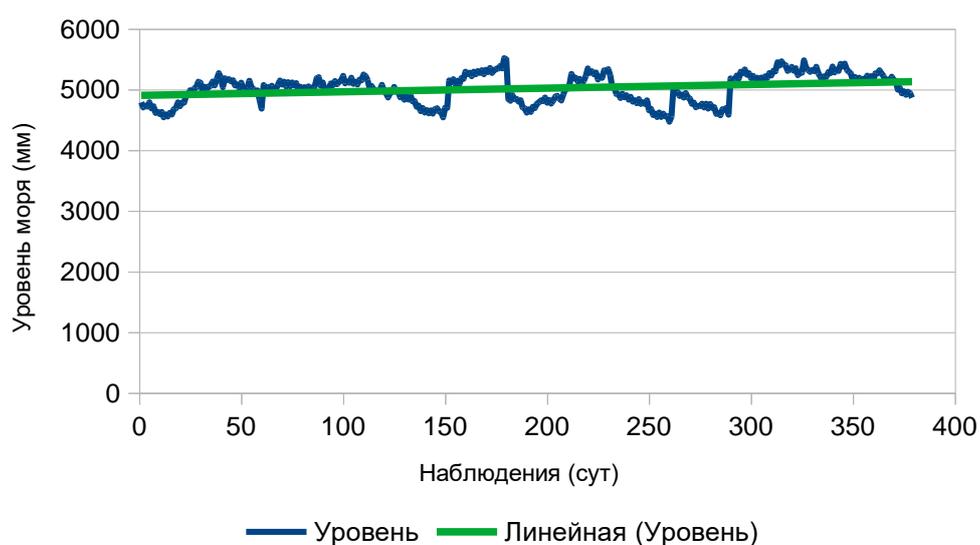


Рисунок 21 - Ход уровня Финского залива в ноябре месяце 2009-2023 г.

Нагонные явления.

$x_2=5770,85$  верхняя граница значимости для возможных нагонных явлений;

$x_2 = 6395,5$  верхняя граница значимости для явных нагонных явлений.

Максимальное значение = 5516 не может считаться нагонным явлением по обоим критериям так как попадает в интервал значимости.

Верифицируем полученные результаты по критерию  $3\sigma = 711,27$  Граница значимости по критерию  $3\sigma = 5702$ . Максимальное значение попадает в интервал значимости. Не может считаться нагонным явлением.

Декабрь.

Сгонные явления.

$x_1=4566,0$  нижняя граница значимости для возможных сгонных явлений;

$x_1 = 4098$  нижняя граница значимости для явных сгонных явлений.

Минимальное значение в выборке 4450. Соответственно оно не может считаться сгонным явлением.

Верифицируем полученные результаты по критерию  $3\sigma = 664,96$  Нижняя граница значимости по  $3\sigma$  соответствует числу 4523,0. Это означает что сгонные явления в марте рассматриваемого периода отсутствуют. График хода уровня Финского залива представлен на рис. 22.

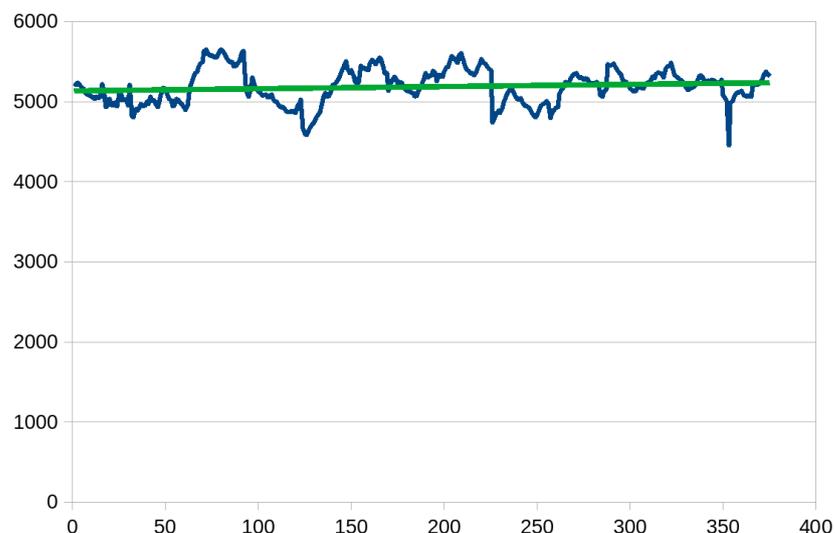


Рисунок 22 - Ход уровня Финского залива в декабре месяце 2009-2023 г.

Нагонные явления.

$x_2 = 5814,0$  верхняя граница значимости для возможных нагонных явлений;

$x_2 = 6282$  верхняя граница значимости для явных нагонных явлений.

Максимальное значение = 5650 не может считаться нагонным явлением по обоим критериям так как попадает в интервал значимости.

Верифицируем полученные результаты по критерию  $3\sigma = 664,96$ . Граница значимости по критерию  $3\sigma = 5852,96$ . Максимальное значение попадает в интервал значимости. Не может считаться нагонным явлением.

Выводы. Анализ уровня моря, согласно данным метеорологической станции Шепелево показал, отсутствие стонно-нагонных явлений, представляющих угрозу для прибрежной зоны в акватории Копорской губы.

#### 3.4 Гипотетическая опасность возникновения цунами в акватории Финского залива

Ряд исследователей, приводят гипотезу о мегацунами в Балтийском море, которое произошло в 1171 году до н. Э [29]. Согласно вышеуказанным работам значение высот волн составляла 10 м и более, а высота набега — до 16,5 м. Авторы связывают цунами с сейсмической активностью и тектоникой метана в нескольких местах.

Триггер события отождествляется с падением метеорита Каали в Эстонии тогда же. При этом надо учитывать, что Балтийское море является изолированным. С открытым северным морем оно соединяется мелководными проливами.

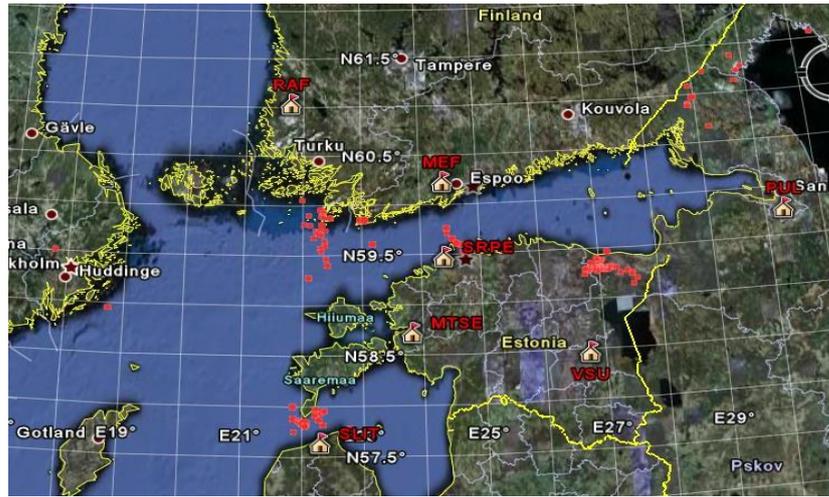


Рисунок 23 - Эпицентры землетрясений в районе Балтийского моря

Это обуславливает невозможность распространения по его акватории волн цунами, возникших за его пределами. В инженерных расчетах считается, что для акватории балтийского моря, в соответствии с картами общего сейсмического районирования (ОСР-97), только для территории РФ (на запад от площадки ЛАЭС до границы со странами Прибалтики, на север до границы с Финляндией) возможны оценки проектного землетрясения и максимального проектного землетрясения. В указанном районе значения сейсмичности характеризуются следующими значениями ПЗ=5, МРЗ=6 баллов для территории, расположенной к югу от финского залива, а также для Карельского перешейка и Северного Приладожья. При этом надо учитывать, что эта территория весьма ограничена. К тому же согласно результатам последних работ по сейсмичности региона Балтийского моря, где произошли землетрясения со значениями магнитуды  $(M)=4,7$ . Это Осмуссарское землетрясение, ощущавшееся в эпицентре как землетрясение с магнитудой 7 баллов, а также Калининградское землетрясение 2004 года с интенсивностью до 6-7 баллов. Поэтому. Согласно сказанному выше, для расчета высоты волны цунами принято значение МРЗ=7 баллов [38].

В соответствии с СП 14.13330.2011, высоту гравитационной волны в метрах, возникающей в замкнутых водоемах, в случае образования на его дне

сейсмостектонических деформаций при землетрясениях  $J= 6-9$  баллов следует определять по формуле 3:

$$\Delta h = 0,4 + 0,76(J - 6) \quad (3)$$

Согласно проделанным расчетам, максимальная высота в акватории Финского залива, соответствующая  $MPЗ=7$  баллов, не превысит 1,16 м, минимальная (минус )1,16 м. БС.

### 3.5 Выявление и оценка негативных внешних воздействий на прибрежную зону Копорской губы методом КУПЗ

#### SWOT-анализ

Сильные стороны	Слабые стороны
<p>1. Дешевизна электроэнергии, которая вырабатывается АЭС</p> <p>2. Благоприятные воздействие на окружающую природную среду, так как размещение санитарно-защитной зоны вокруг АЭС налаживает запрет на размещение рядом с ней ряда предприятий. Это способствует появлению нерестилиц для ценных видов рыб, мест гнездования редких птиц и т д.</p> <p>3-Биоразнообразие. В реке Воронка зарегистрировано 28 таксонов видового и подвидового рангов, богатый животный мир: обитают лютяга, медведь, рысь, лось и кабан, есть глухаринные тока, много водоплавающих и околоводных птиц.</p> <p>4. Присутствие благоприятных течений. За счет течений происходит самоочищению воды.</p> <p>5. Наличие природных барьеров, таких как отмели. В результате</p>	<p>1. Уровни воды Копорской губы подвержены неперидическим колебаниям.</p> <p>2. Недостаточная система мониторинга гидрологических условий. В результате могут возникать непредсказуемые ситуации.</p> <p>3. Наличие АЭС в прибрежной зоне является потенциальной угрозой</p> <p>4. Большой трафик танкерного флота в непосредственной близости от Копорской губы.</p> <p>5. Недостаточная осведомленность и информированность населения о возможных потенциальных опасностях, которые связаны с гидрологическими факторами</p> <p>6. Недостаточный уровень финансирования, что оказывает негативное влияние на проведение ряда мероприятий по обеспечению безопасности прибрежной зоны.</p>

<p>снижается воздействие сильных волн, а также предотвращается эрозия берега.</p> <p>6. Регулярный природный обмен вод. Происходит обогащение воды кислородом, что оказывает положительное влияние для поддержки экосистемы прибрежной зоны и ее безопасности.</p> <p>7 Благоприятные гидрологические условия делают побережье привлекательным для отдыха и туризма.</p> <p>9 Привлекательность для ученых и исследователей, которые проводят изучение морской среды, а так же оценки ее воздействия на прибрежную зону.</p>	<p>7. Негативное влияние антропогенных факторов, что проявляется в загрязнении воды, добыче ресурсов</p> <p>8. Недостаточный уровень планирования развития прибрежной зоны, что может проявиться в том, что в случае недостаточного учета гидрологических факторов ведет к неэффективному использованию прибрежной зоны.</p> <p>Опасность загрязнения акватории Копорской губы нефтепродуктами</p>
<p>Возможности</p>	<p>Угрозы</p>
<p>1. Расширение деятельности АЭС, что будет способствовать созданию новых рабочих мест.</p> <p>2. Появление новых форм деловой активности-</p> <p>В садках в районе сброса теплых вод в Копорскую губу возможно разведение теплолюбивой аквакультуры.</p> <p>3. Разработка и внедрение инновационных методов мониторинга гидрологических условий</p> <p>4. Усиление контроля за прибрежной зоной</p> <p>5. Привлечение инвестиций для совершенствования организации защиты прибрежной зоны</p> <p>6. Разработка и внедрение программ,</p>	<p>1. Климатические изменения</p> <p>2. Возникновение аварий на АЭС, что может оказать отрицательное влияние на окружающую природную среду</p> <p>3. Сокращение объема инвестиций</p> <p>4. Эрозия береговой линии. -</p> <p>5. Повышение уровня воды в результате природных изменений</p> <p>6. Изменение характера движений береговых наносов, возникшие впоследствии сооружения волноломов, ж</p>

направленных на сохранение и восстановление природной экосистемы 7. Создание и выпуск инновационной продукции. 8. Региональная поддержка развития традиционной экономики 9. Возможности повышения эффективности энергоемких отраслей экономики. 10. Высокая инвестиционная привлекательность.	
---	--

Таким образом, наличие возможностей и сильных сторон может быть направлено на оптимизацию использования и защиту побережья Копорской губы с учетом слабых сторон и возможных угроз.

### 3.6 Выявление и оценка негативных воздействий явлений и процессов морской гидрологической природы средствами КУПЗ

Как говорилось ранее, Методы КУПЗ можно использовать для оценки факторов природной среды, оказывающих негативное влияние на прибрежную зону.

Наиболее перспективным в этом плане является подход, применяемый в SWOT анализе. Разница лишь в том, что в классическом SWOT анализе мы как бы смотрим на окружающие обстоятельства как бы изнутри, оценивая сильные и слабые стороны организации (отрасли, региона). В случае оценки какого-либо опасного явления мы смотрим как бы снаружи и оцениваем «перспективу» у исследуемого процесса по нанесению вреда. В рассматриваемом случае это прибрежная зона. Такой подход позволяет сделать качественный анализ изучаемого процесса. В табл. 3.5.1 показан анализ природных факторов гидрологической природы, которые могут оказать негативное влияние на прибрежную зону.

Таблица 3.5.1 - Оценка негативного влияния волнения на прибрежную зону

Волнение	
Угрозы	Средства противодействия
Размыв берега Повреждение гидротехнических сооружений и строений, находящихся в зоне прибоя Гибель людей	Не строить здания и сооружения в зоне заплеска и прибоя Строительство защитных сооружений
Исключающие факторы	Результаты противодействия
Наличие полосы мелководья вдоль побережья Копорской губы. Конфигурация береговой линии. Мыс Колгомпя защищает от большей части штормов приходящих с запада Волнение не большое	Практически полностью исключают негативное влияние волнения
Итог	Волнение не оказывает значительное негативное воздействие на прибрежную зону

При анализе таблицы 3.5.2 видно, что волнение не может принести серьезный ущерб прибрежной зоне, примыкающей к акватории Копорской губы. Таким образом видно, что этот фактор не представляет существенной опасности для прибрежной зоны.

Таблица 3.5.2 - Оценка негативного влияния режима течений на прибрежную зону

Режим течений	
Угрозы	Средства противодействия
Размыв берегов, Распространение нефтяного или токсического загрязнения. Распространение Радиоактивного загрязнения	Мониторинг скорости и направления течений. Проведение картирования побережья к нефтяному загрязнению
Исключающие факторы	Результаты противодействия
Незначительные значения скоростей течений.	Приблизительно определить время реагирования на разлив нефти

Итог	Течения могут усиливать или уменьшать воздействия других негативных факторов. Самостоятельным негативным фактором они не являются.
------	--

В случае с режимом течений наблюдается несколько иная картина. Здесь видно, что течения сами по себе не представляют опасности для прибрежной зоны.

Вместе с тем в сочетании с другими негативными внешними воздействиями режим течений может способствовать как усилению, так и ослаблению негативного процесса или явления.

Таблица 3.5.3 - Оценка негативного влияния температурного режима на прибрежную зону

Режим температуры воды	
Угрозы	Средства противодействия
Изменение температурного режима Копорской губы в результате сброса теплых вод с Ленинградской АЭС. Образование постоянной полыньи в зимний период.	Прекратить сброс теплых вод в Копорскую губу с Ленинградской АЭС. Использовать градирни.
Исключающие факторы	Результаты противодействия
Отсутствуют	Значительное снижение
Итог	Не оказывает значительное воздействие на акваторию Копорской губы.

Как видно из табл. 3.5.4 изменение температурного режима не является значительным негативным фактором, который может оказать значительное воздействие на прибрежную зону. Вместе с тем изменение температуры могут усиливать негативное воздействие иных факторов, особенно биологической природы (эвтрофирование).

Таблица 3.5.4 - Оценка негативного влияния колебаний уровня моря на прибрежную зону

Колебания уровня моря.	
Угрозы	Средства противодействия
Могут вызвать наводнения. Нагонная волна может увеличивать скорости распространения нефтяного slicka.	Не строить здания и сооружения в зоне предполагаемого затопления
Исключающие факторы	Результаты противодействия
Конфигурация побережья. В зоне Копорской губы Ширина Финского залива имеет значительные значения. Финский залив сужается восточнее, соответственно значительное повышение уровня до опасных значений будет наблюдаться в районе курортного района и защитных сооружений. Ленинградская АЭС находится на возвышенности. В последнее время значительные колебания уровня Копорской губы не наблюдались. Копорская губа мелководная	
Итог	Может оказывать значительное негативное воздействия совместно с другими факторами.

Колебание уровня моря является фактором, который оказывал и оказывает самое негативное влияние на прибрежную зону Копорской губы. Вместе с тем, как видно из табл. 3.5.4, физико- географические условия акватории Копорской губы оказывают существенное смягчающее действие на нагонную волну. Это обуславливает относительную стабильность колебаний уровня моря в Копорской губе.

В итоге можно сделать вывод, что ни один из природных процессов гидрологической природы сам по себе не представляет серьезной опасности для

прибрежной зоны, примыкающей к акватории Копорской губы. Тем не менее они могут серьезно усиливать иные процессы, негативно влияющие на объекты, расположенные в прибрежной зоне. Наиболее опасным из таких процессов являются аварийные разливы нефти на поверхности акватории Финского залива. Вероятность таких происшествий в последнее время растет в связи с возросшими объемами танкерных перевозок через Финский залив.

### 3.7 Рекомендации к использованию методов КУПЗ при анализе безопасности прибрежных зон

Для успешного применения положений концепции КУПЗ при анализе безопасности можно дать следующие рекомендации:

Поскольку закон о КУПЗ пока не принят, хотя этот термин фигурирует в некоторый нормативный документ рекомендуем положения, регулирующие комплексное управление прибрежными зонами включать в отраслевые нормативные акты, в соответствии с законодательством о стандартизации в РФ, методы КУПЗ, которые имеют качественный характер рекомендуется дополнить простыми в использовании инженерными методиками, которые также желательно включить в соответствующий ГОСТ или в другие нормативные документы. Простота методик необходима для того, чтобы с указанными могли бы работать представители общественности и другие заинтересованные лица. Без этого применение КУПЗ для анализа безопасности не имеет смысла.

Для анализа безопасности прибрежной зоны методами КУПЗ лучше использовать данные содержащиеся в материалах инженерных изысканий или ОВОС. Возможно использование баз данных государственных структур, университетов, общественных организаций как РФ, так и зарубежных стран.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе написания настоящей работы были выполнены следующие исследования:

1. Исследованы физико-географические и климатические характеристики района исследования Ленинградской области.

2. Изучены промышленная зона побережья Копорской губы и распределение населения.

Были исследованы морские гидрологические условия характерные для Копорской губы.

3. Были выбраны процессы, представляющие наибольшую потенциальную опасность.

3. Проведены исследования возможности применения методов КУПЗ для оценки воздействия гидрологических факторов на безопасность прибрежной зоны.

В результате проведенной работы установлено, что основные промышленные предприятия, находящиеся в прибрежной зоне Копорской губы локализованы в промышленной зоне г. Сосновый бор. Основу промышленности, расположенной в указанной зоне составляет ядерный кластер. Главным предприятием ядерного кластера является Ленинградская АЭС.

В работе показано, что на акваторию прибрежной зоны возрастают техногенные нагрузки, что связано с возросшим объемом танкерных перевозок через порт Усть-Луга. Показано также, что танкеры с нефтью постоянно находятся в непосредственной близости к акватории Копорской губы. Единовременно у о. Сескар могут находиться 10 и более нефтеналивных судов.

Наличие подобного трафика нефтеналивных судов существенно повышает опасность аварийных разливов нефтепродуктов и других опасных химических веществ и как следствие их проникновение в акваторию Копорской губы.

В связи с вышесказанным проведены исследования параметров морской гидрологической среды, представляющих опасность для прибрежной зоны. В результате исследования установлено, что колебания уровня моря в акватории Копорской губы носят стабильный характер и не представляют серьезной опасности для прибрежной зоны Копорской губы.

Проведена оценка воздействия на безопасность прибрежной зоны режима течений, температуры и волнения. В результате исследования установлено, что гидрологические условия Копорской губы таковы, что ни один из этих факторов не может представлять существенной опасности для побережья Копорской губы. При этом отмечено, что режим течений может усилить негативное воздействие разливов нефти на прибрежную зону.

Была оценена возможность использования методов КУПЗ на оценку опасностей гидрологической природы на побережье Копорской губы. В результате установлено, что методы КУПЗ возможно применять для этой цели. При этом необходимо, чтобы методы КУПЗ были легитимизированы на уровне ГОСТ в порядке, установленном законодательством о стандартизации и были разработаны (актуализированы) методики простых инженерных оценок параметров морской гидрологической среды в соответствующей нормативной документации в рамках КУПЗ.

Таким образом цель ВКР состоящая в исследовании наиболее опасных внешних воздействий морской гидрологической среды, а также опасных внешних воздействий, обусловленных морской гидрологической среды на прибрежную зону на примере Копорской губы достигнута.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 18.13330.2011. Свод правил. Генеральные планы промышленных предприятий. актуализированная редакция СНиП II-89-80\*.
2. НРБ-99/2000 Нормы радиационной безопасности.
3. НП-064-17 Учет внешних воздействий природного и техногенного происхождения на объекты использования атомной энергии.
4. НП-001-15 Общие положения обеспечения безопасности атомных станций.
5. РБ-021-14 Основные рекомендации к разработке вероятностного анализа безопасности уровня 1 для блока атомной станции при инициирующих событиях, обусловленных внешними воздействиями природного и техногенного происхождения.
6. СП 131.13330.2018. Свод правил. Строительная климатология. СНиП 23-01-99\*.
7. СП 20.13330.2016. Свод правил. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*.
8. СП 115.13330.2016. Свод правил. Геофизика опасных природных воздействий. Актуализированная редакция СНиП 22-01-95.
9. АЭС-2006 Ленинградской АЭС. Гидрографические работы в подводящем канале НИТИ и сбросном канале II очереди действующей ЛАЭС. Стадия: РД первая очередь. Гидрографические работы на площадке I очереди Ленинградской АЭС-2 в 2008 году. Технический отчет 71/LEN2/1673-01.01.01-ИИ. НГГ. СПб, 2008.
10. НПЦ АЭ в г. Сосновый Бор. Рабочий проект. Технический отчет по инженерным изысканиям. Оценка экстремальных метеорологических параметров и явлений в районе размещения НПЦ АЭ. НИИИ «ЭИЗ». СПб, 1999.

11. Головной энергоблок ВВЭР-640 в составе НПП АЭ в г. Сосновый Бор. Технический отчет по инженерным изысканиям. Климатическая характеристика района размещения НПП АЭ. НИИИ «ЭИЗ». СПб, 1999.
12. "Экстремальные значения уровней у побережья и в устье рек Балтийского моря. ДСП. Ленинград, Гидрометеиздат, 1982 г.
13. "Указания по расчёту испарения с поверхности водоёмов", Ленинград, Гидрометеиздат, 1969 г.
14. Справочник по климату СССР". Выпуск 3, ч. I – IV, Ленинград, Гидрометеиздат, 1968 г.
15. АЭС-2006. Ленинградская АЭС-2. Инженерные изыскания. Гидрологические работы. Технический отчет: «Гидрографические работы в районе гидротехнических сооружений станции». ФГУП «СПБАЭП». СПб, 2007.
16. Ленинградская АЭС-2. Инженерные изыскания. Гидрологические работы. Технический отчет. «Расчет разбавления сбросных вод станции и прогноз миграции аварийных нефтяных разливов». LN2O.B.110.&&&&&.002.HG.0023. ФГУП «СПБАЭП». СПб, 2008.
17. Технический отчет НИР (шифр «Наводнение», этап 2).- НПФ «Атом-Динамик» СПб, 1998.
18. Технический отчет НИР. Анализ влияния наводнений и сопутствующих им гидрометеорологических факторов на здания и сооружения Ленинградской АЭС. НИЦ 26 ЦНИИ МО РФ. СПб, 1998.
19. Ленинградская АЭС-2. Инженерные изыскания. Выполнение расчетов параметров ветрового волнения и отметок затопления МПН на побережье Копорской губы в районе насосной добавочной воды ЛАЭС-2. LN2O.B.110. S.&&&&&. &&&&&. 002.HG.0023. ОАО «Атомпроект» 2014.
20. Дубов, В.П., 1937. Сейши Балтийского моря и связь их с наводнениями в Ленинграде. Труды ГГИ 5.
21. Визе, В.Ю., 1925. Колебания уровня воды в Финском заливе во время наводнения в Ленинграде 23 сент 1924 г. Изв. Центр гидромет бюро 4.

22. Берг, В.А., 1935. О механизме наводнений в вершине Финского залива. Исследование морей СССР 21
23. Аверкиев, А.С., Клеванный, К.А., 2007. Определение траекторий и скоростей циклонов, приводящих к максимальным подъемам воды в Финском заливе. Метеорология и гидрология 8, 55–63.
24. Гордеева, С.М., Малинин, В.Н., 2014. Изменчивость морского уровня Финского залива. РГГМУ, Санкт-Петербург.
25. Гордеева, С.М., Малинин В.Н., 2012. О типизации траекторий циклонов, приводящих к невиским наводнениям. ,
26. Малинин, В.Н., 2008. Статистические методы анализа гидрометеорологической информации. РГГМУ, Санкт-Петербург.
27. Сухачев В.Н , 2023 Штормовые нагоны в Финском заливе Балтийского моря. Санкт- Петербург
28. Ефимова Ю.В. 20003 Условия возникновения сильных невиских наводнений
29. Нильс-Аксель Мёрнер, Бьёрн Амброзиани, Филлис Андерсон Амброзиани. A Mega-Tsunami in the Baltic Sea 1171 BC: Geological Records with