



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

Кафедра инженерной гидрологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему Оценка рисков при наступлении
неблагоприятных
гидрометеорологических условий

Исполнитель Богданова Дарья Артемовна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель к.т.н., доцент
(ученая степень, ученое звание)

Викторова Наталья Владимировна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

к.т.н., доцент
(ученая степень, ученое звание)

Гайдукова Екатерина Владимировна
(фамилия, имя, отчество)

«29» мая 2025г.

Санкт-Петербург
2025

СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ	2
ВВЕДЕНИЕ	4
1. Физико-географическое описание	6
1.1 Географическое положение	6
1.2 Рельеф	7
1.3 Геология	10
1.4 Гидрография	12
1.5 Климат	14
2. Оценка рисков природных явлений	18
2.1 Что такое климатические риски	18
2.2 Зачем нужна оценка рисков	18
2.2.1 Предотвращение потерь	18
2.2.2 Эффективное распределение ресурсов	18
2.2.3 Подготовка населения и служб	Error! Bookmark not defined.
2.3 Этапы оценки рисков	19
2.4 Основные методы оценки рисков природных явлений	19
2.4.1 Статистический анализ	19
2.4.2 Математическое (климатическое) моделирование	20
2.4.3 ГИС-картирование (пространственный анализ)	20
2.4.4 Спутниковый мониторинг и дистанционное зондирование	20
2.4.5 Оценка уязвимости природных систем	21
2.4.6 Комплексное применение методов	21
2.4.7 Комплексная оценка рисков природных явлений ...	Error! Bookmark not defined.
3. Оценка вероятности наступления неблагоприятных гидрометеорологических условий	23
3.1 Исходные данные	23
3.2 Статистическая обработка метеорологических данных	28

3.3	Статистическая обработка гидрологических данных	38
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	61
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	62
	ПРИЛОЖЕНИЯ.....	65
	ПРИЛОЖЕНИЕ А. Перечни и критерии опасных гидрометеорологических явлений в зоне ответственности ФГБУ «Мурманское УГМС» и по Республике Карелия.....	65

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы всё чаще можно наблюдать, как погодные явления выходят за рамки привычного. Ливни, шквалы, сильные морозы, аномальная жара – всё это уже не редкость, а практически регулярность. Подобные события называют опасными гидрометеорологическими явлениями, и они нередко становятся причиной серьёзных последствий: от повреждения инфраструктуры до угрозы жизни и здоровью людей.

Рост масштабов таких явлений, а также изменение климата и активное освоение территорий делают проблему оценки рисков особенно важной. Сегодня недостаточно просто фиксировать факт наступления неблагоприятных условий – необходимо заранее понимать, где и с какой вероятностью они могут возникнуть, какие риски несут и как можно минимизировать их последствия.

Оценка рисков даёт возможность заранее подготовиться, снизить уязвимость территорий и защитить население. Особенно это актуально для регионов, где подобные явления могут наносить наибольший ущерб – например, в городах с плотной застройкой или в районах со слабой инфраструктурой.

Данная работа посвящена анализу рисков, связанных с опасными гидрометеорологическими явлениями. В ходе исследования рассматриваются современные подходы к их оценке, особенности влияния различных факторов и возможные способы повышения готовности к таким ситуациям. Это позволяет не только лучше понять природу этих процессов, но и предложить практические решения по снижению их последствий.

Актуальность темы определяется потребностью в системной оценке рисков, связанных с опасными гидрометеорологическими явлениями, для повышения уровня подготовки территорий и обеспечения безопасности населения.

Цель работы заключается в оценке рисков наступления гидрологических и метеорологических явлений на территории Мурманской области и Республики Карелия.

Исходя из поставленной цели, в работе решались следующие задачи:

- 1) обзор физико-географических условий исследуемой территории;
- 2) исследование существующих подходов к оценке рисков наступления неблагоприятных гидрометеорологических условий;
- 3) оценка вероятностных значений неблагоприятных условий.

Объектом исследования являются неблагоприятные условия на территории Мурманской области и Республики Карелия.

Решение поставленных задач осуществляется с использованием методов математической статистики.

1. Физико-географическое описание

В работе рассматриваются два соседних региона: Мурманская область и Республика Карелия

1.1 Географическое положение

Республика Карелия располагается в северо-западной части России и занимает территорию около 180 тысяч квадратных километров. Её протяжённые границы – свыше 800 км – проходят как с соседними регионами, так и с иностранным государством. На западе республика граничит с Финляндией: протяжённость этого участка составляет 798 км, что придаёт ему значимость не только в политическом, но и в культурном аспекте. С севера Карелию омывает Белое море, а восточные рубежи соприкасаются с Архангельской областью. Южнее республика граничит с Вологодской и Ленинградской областями.

Карелия располагается между таёжными и тундровыми зонами, благодаря чему здесь наблюдается разнообразие природных ландшафтов и высокое биологическое разнообразие. Географически регион находится между 60° и 68° северной широты и 28° – 38° восточной долготы. Это положение делает климат Карелии переходным – на него оказывают влияние как морские, так и континентальные воздушные массы. Близость таких крупных озёр, как Ладожское и Онежское, смягчает климат и способствует устойчивому водному режиму территории [1].

Мурманская область – особый регион России, расположенный на крайнем севере европейской части страны, преимущественно на Кольском полуострове. Этот край отличается суровой природой, сложным рельефом и богатым геолого-гидрографическим строением, что делает его предметом интереса для специалистов в различных областях науки.

Площадь области составляет примерно 144 тысячи квадратных километров. Большая её часть находится за Полярным кругом. Мурманская область граничит с Норвегией и Финляндией, а также омывается Баренцевым морем с севера и запада, что придаёт региону как стратегическую важность, так и природную самобытность.

Положение региона на стыке арктических и более тёплых морских воздушных масс, включая влияние течения Гольфстрим, формирует довольно мягкий климат вдоль побережья, несмотря на высокую широту. Внутренние районы, напротив, характеризуются жёсткими погодными условиями: зимой здесь длится полярная ночь, а летом наблюдается почти непрерывный световой день.

Географически Мурманская область расположена между 68° и 70° северной широты. Такое северное положение обуславливает экстремальные сезонные перепады температуры, освещённости и атмосферных явлений [2].

1.2 Рельеф

Формирование рельефа Республики Карелия обусловлено продолжительной геологической историей, охватывающей сотни миллионов лет. Важнейшую роль в становлении современного облика территории сыграли как тектонические движения, так и многократные процессы материкового оледенения. На протяжении четвертичного периода мощные ледниковые массы неоднократно покрывали регион, оставляя после себя характерные формы и структурные элементы. В настоящее время рельеф Карелии можно условно разделить на возвышенные и пониженные участки, а также на формы, сформированные под действием ледниковых процессов.

К основным элементам рельефа относятся:

- Западно-Карельская возвышенность, расположенная в центральной и западной части региона. Она представляет собой чередование округлых холмов и невысоких возвышенностей, достигающих высот 300 – 400

метров над уровнем моря. Эта территория имеет типичный для Балтийского щита облик: древние скальные основания перекрыты ледниковыми отложениями, формирующими характерные моренные холмы и озёрные котловины, благодаря чему ландшафт имеет мозаичный вид.

- Горная система Маанселькя, проходящая вдоль финской границы, представлена наиболее возвышенными участками. Здесь расположена самая высокая точка республики – гора Нуорунен, высотой 576 метров. Рельеф этой зоны образован прочными кристаллическими породами, такими как гнейсы и граниты, что делает его устойчивым к выветриванию и эрозии. Маанселькя представляет особый интерес для геоморфологических исследований, поскольку это единственная относительно гористая часть региона.
- Олонецкая низменность, расположенная в южной части Карелии, тянется вдоль побережья Ладожского озера. Она характеризуется преимущественно плоским рельефом с множеством заболоченных территорий и небольших возвышенностей, которые чередуются с озёрными впадинами. Эта часть республики подвергалась интенсивному ледниковому воздействию, и в результате таяния льда здесь сформировалось большое количество озёр и болот.
- Прибеломорская низменность, протянувшаяся вдоль северо-восточного побережья региона, отличается обилием заболоченных равнин и низин. Переувлажнённость почв в этой зоне обусловлена близостью к морю, а также низким уклоном поверхности, что способствует застою талых и дождевых вод. Здесь часто встречаются мелкие озёра ледникового происхождения и торфяные болота.

На территории всей республики чётко прослеживаются следы древнего оледенения. Среди типичных форм, оставленных ледниками, можно отметить:

- моренные гряды – вытянутые валы из несортированного материала;
- друмлины – овалы холмы, вытянутые в направлении движения льда;

- озы – длинные узкие гряды, сформированные подледниковыми потоками;
- «бараньи лбы» – скальные выступы, отполированные движущимся ледником.

Эти формы рельефа выполняют не только геоморфологическую, но и гидрологическую функцию, оказывая влияние на распределение водных потоков, уровень грунтовых вод и структуру водоёмов [3].

Рельеф Мурманской области также имеет древнее происхождение и отличается более выраженным горным характером. Основная часть региона расположена на Кольском полуострове, где в силу тектонической активности и мощного плейстоценового оледенения сформировались как горные, так и равнинные элементы ландшафта.

Ключевые компоненты рельефа области включают:

- Горные массивы, в числе которых особенно выделяются Кибины и Ловозёрские тундры. Это участки с резко выраженным вертикальным расчленением и абсолютными высотами до 1200 метров. Поверхности здесь сильно разрушены морозным выветриванием, а склоны часто обнажены. Эти горы состоят преимущественно из кристаллических и метаморфических пород, таких как амфиболиты, гнейсы, граниты. Интенсивные тектонические движения, сопровождавшиеся разломами, и последующее воздействие ледников создали в этих районах сложный и живописный рельеф.
- Плоские равнины и низменности, распространённые в южных и прибрежных районах, формировались за счёт ледниковых и водно-ледниковых отложений. Это обширные пространства с многочисленными холмами, ложбинами, котловинами и другими микрорельефными образованиями. Особенно заметны ледниково-эрозионные формы в районе города Мурманска и его окрестностей.
- Ледниковые формы, повсеместно распространённые по территории области. Встречаются озы, камы, моренные гряды и друмлины. Эти

образования являются ярким свидетельством многократных фаз оледенения и последующего таяния ледников. Они играют важную роль в удержании влаги и образовании временных водоёмов, а также влияют на почвенные процессы и растительность.

- Прибрежные формы рельефа, характерные для северной части области, представляют собой скалистые берега с резкими обрывами, шхерами и рифами. Под действием волн и ветров происходит постоянное разрушение береговой линии. В этих районах наблюдаются процессы морской абразии и аккумуляции, формирующие особый ландшафт морского побережья.

Сочетание горных форм, равнинных участков и ледниковых образований придаёт рельефу Мурманской области разнообразие и сложность. Это создаёт уникальные природные условия, существенно влияющие на климат, почвообразование, растительность и водный режим региона [4].

1.3 Геология

Территория Республики Карелия относится к числу древнейших геологических образований Европы. Её основа — Балтийский щит, сформированный преимущественно архейскими и протерозойскими породами, возраст которых превышает 3 миллиарда лет. Это придаёт региону исключительное значение в контексте изучения геологической эволюции Земли.

Ключевые особенности геологического строения:

- Древние породы кристаллического происхождения. В структуре коренных пород преобладают граниты, гнейсы, кварциты и сланцы. Эти образования свидетельствуют о глубинных процессах, происходивших на ранних этапах становления земной коры.
- Минерально-сырьевая база. Карелия обладает значительными запасами полезных ископаемых. Железорудные месторождения, в частности

Костомукшский бассейн, включают богатые залежи магнетита и гематита. Кроме того, здесь обнаружены месторождения меди, никеля, титана, а также редкоземельных металлов, что обуславливает стратегическую значимость региона в горнодобывающем секторе.

- Строительные минералы. Гранит, мрамор, известняк и другие породы широко используются как в строительстве, так и для декоративной отделки. Карельский камень востребован как на внутреннем рынке, так и за рубежом.
- Тектоническая активность. Геология региона характеризуется развитой системой разломов и зон складчатости. Эти структуры нередко совпадают с речными долинами и озёрными впадинами, что указывает на тесную связь между тектоникой и современными ландшафтными формами [5].

Мурманская область геологически относится к Фенноскандскому щиту – одному из старейших элементов Восточно-Европейской платформы. В её основании лежат кристаллические породы, сформировавшиеся в архее и раннем протерозое, возраст которых составляет порядка 2 – 3 миллиардов лет.

Основные геологические характеристики:

- Кристаллические породы щита. Территория области преимущественно сложена гранитами, гнейсами, амфиболитами и другими метаморфическими породами. Эти образования отличаются высокой устойчивостью и минерализованностью, а также являются ключевыми для понимания процессов ранней истории Земли.
- Полезные ископаемые. Регион известен разнообразием и масштабами месторождений. Особенно значимы залежи апатита, железных руд, медно-никелевых и других металлических руд. Месторождения, приуроченные к Кибинскому массиву, включают редкие минералы, представляющие интерес для промышленности и науки.
- Четвертичные отложения. В рельефе области представлены осадочные образования ледникового происхождения — пески, конгломераты,

глины. Эти отложения являются следствием многократного оледенения в плейстоценовую эпоху.

- Тектонические структуры. Геология региона включает активные разломы, которые оказывают влияние не только на ландшафт, но и на размещение полезных ископаемых. Эти зоны часто выступают каналами миграции минеральных растворов, что способствует формированию рудных тел [6].

1.4 Гидрография

Водные ресурсы Карелии занимают особое место в природной системе региона. Благодаря высокому уровню увлажнённости и последствиям древнего оледенения, республика богата как реками, так и озёрами: здесь насчитывается свыше 27 тысяч рек и около 60 тысяч озёр, что делает Карелию одним из крупнейших водных регионов России.

Крупнейшие водоёмы региона:

- Ладожское озеро – самое большое пресноводное озеро в Европе (около 17.7 тыс. км²). Оно оказывает заметное влияние на климат и гидрологию южной части Карелии, смягчая температурные колебания и поддерживая водный баланс.
- Онежское озеро – второе по площади в Европе (примерно 9.7 тыс. км²), служит важным источником пресной воды и способствует развитию рыболовства и туризма.
- Другие озёра – сформированы в основном в ледниковый период. Они разнообразны по размеру и типу, имеют высокую экологическую значимость, так как служат средой обитания для множества редких видов.

Речная сеть Карелии представлена такими реками, как:

- Суна (около 280 км), известная водопадами Кивач и Пор-Порог;
- Кемь (191 км), впадает в Белое море;

- Шуя (194 км), популярна у любителей водного туризма;
- Водла (149 км) – отличается чистой водой;
- Выг (135 км) – соединяет озёрные системы.

Влияние на регион:

Водная система Карелии играет важную роль в формировании локального климата, поддержании влажности и распространении растительности. До четверти территории занято болотами, которые накапливают углерод, регулируют сток и выполняют функцию природных фильтров.[7]

Мурманская область обладает хорошо развитой гидросетью, которая оказывает большое влияние на природные процессы региона. Особенности водного баланса здесь во многом определяются рельефом Кольского полуострова и суровым северным климатом.

Основные элементы гидрографии:

- Реки. Местные реки – в основном короткие и полноводные, что объясняется гористым рельефом. Наиболее известны Терень, Тана, Умба и Ковда. Весной они активно пополняются за счёт таяния снега, уровень воды меняется по сезонам.
- Озёра. Область богата как мелкими, так и более крупными ледниковыми озёрами. Например, озёра Большое и Меньшее Озёрца в центре Кольского полуострова выполняют важные функции накопления пресной воды и поддержания местных экосистем.
- Морское побережье. Баренцево море омывает северную и западную часть региона. Берег здесь разнообразен – встречаются и скалистые участки, и песчаные пляжи. Тёплое течение Гольфстрим способствует формированию более мягкого климата в прибрежной зоне и поддерживает уникальные морские биотопы.
- Болота и ледниковые формы. Внутренние районы области сохраняют многочисленные озёрные котловины и заболоченные участки, сформированные во времена ледников. Болота активно участвуют в

регулировании водного режима, фильтрации воды и накоплении органического вещества [8].

1.5 Климат

Климат Карелии формируется под воздействием как морских, так и континентальных воздушных масс, что придаёт ему смешанный характер. Расположение между Атлантическим океаном и Восточно-Европейской равниной обуславливает разнообразие погодных условий и выраженные сезонные колебания температуры.

Основные климатические черты региона:

- Зимний сезон длится в среднем от пяти до шести месяцев. Зимы отличаются устойчивыми морозами, особенно в северной части республики, где температура нередко опускается ниже -20°C . В то же время близость крупных водоёмов, таких как Ладожское и Онежское озёра, способствует смягчению экстремально низких температур. Частыми являются метели и устойчивый снежный покров.
- Летний период сравнительно короткий (2 – 3 месяца), с умеренными температурами: от $+12$ до $+18^{\circ}\text{C}$, хотя в южных районах возможны кратковременные потепления. Продолжительный световой день летом (включая белые ночи) оказывает благоприятное влияние на вегетационные процессы, а также способствует активному таянию снега и наполнению водоёмов.
- Осадки выпадают равномерно в течение года, в объёме от 500 до 800 мм. Основная их часть приходится на летний и осенний периоды. Постоянная увлажнённость способствует сохранению болотных экосистем и поддержанию высокого уровня грунтовых вод.
- Ветры в Карелии преимущественно западные и северо-западные. Их сила и направление варьируются в зависимости от рельефа: в низменностях преобладают слабые бризы, в возвышенных районах –

порывистые ветры, способные менять локальный температурный режим.

Таким образом, климат Карелии характеризуется умеренной суровостью, высокой влажностью и выраженной сезонностью, что оказывает значительное влияние на природные и хозяйственные процессы региона [9].

Мурманская область, расположенная за Полярным кругом, находится под влиянием арктического климата с элементами морского. Существенную роль в формировании климатических условий играет близость Баренцева моря и действие тёплого морского течения – ответвления Гольфстрима, благодаря которому зимы в прибрежных районах мягче, чем можно было бы ожидать на данной широте.

Климатические особенности региона:

- Зимний период продолжается от шести до восьми месяцев. Внутренние районы характеризуются суровыми морозами до минус 25 °С и ниже. В прибрежной зоне зимы мягче — температурные значения колеблются в пределах -10...-15 °С. Регион отличается частыми и сильными снегопадами, ветрами, метелями и устойчивым снежным покровом.
- Лето кратковременное (2 – 3 месяца), с дневными температурами в пределах +8...+16 °С. В период полярного дня солнце практически не опускается за горизонт, что способствует активной вегетации и ускоренному развитию биологических процессов.
- Осадки варьируются от 400 до 600 мм в год, большая их часть выпадает в летнее время. Прибрежные районы получают больше осадков, чем внутренние. Высокая влажность сохраняется в течение всего года, особенно вблизи водоёмов, что влияет на устойчивость снежного покрова и питание болот.
- Ветры в регионе часто дуют с северо-запада и запада, усиливая влияние морских воздушных масс. В прибрежных районах ветер способствует смягчению температур, а в горных и внутренних районах — увеличивает эрозионную активность и вызывает резкие перепады погоды.

Современные изменения климата. В последние десятилетия на территории Мурманской области отмечается тенденция к общему потеплению. Это выражается в сокращении периода устойчивого снежного покрова, изменении сроков полярных дней и ночей, а также в увеличении средней годовой температуры. Подобные процессы могут привести к смещению зон распространения растительности и фауны, а также повлиять на хозяйственную деятельность и водный режим региона [10].

Карелия представляет собой уникальный регион, где древняя геологическая основа, разнообразный рельеф, богатая гидрография и специфические климатические условия формируют сложную физико-географическую картину. Уникальное сочетание природных факторов способствует сохранению высокого биоразнообразия, формированию богатых лесных массивов и водных экосистем, что делает Карелию одним из самых интересных регионов для экологических и географических исследований.

Благодаря наличию огромных озёр, рек и болот, а также древних кристаллических пород, Карелия остаётся важным объектом изучения для геологов, экологов и климатологов. Региональные особенности, такие как ледниковые формы рельефа и уникальные почвенные образования, являются неотъемлемой частью природного наследия, которое требует бережного отношения и постоянного научного контроля. Наблюдение за изменениями климата и гидрологического режима позволяет учёным прогнозировать динамику экосистем и разрабатывать меры по сохранению уникального природного баланса.

В совокупности, физико-географическая характеристика Карелии демонстрирует, как древние геологические процессы и современные климатические условия создают уникальную среду обитания, в которой гармонично сосуществуют разнообразные экосистемы. Это делает регион не только ценным с точки зрения научного интереса, но и важным объектом охраны природы и устойчивого развития.

Мурманская область представляет собой уникальный арктический регион с богатым природным наследием. Её географическое положение на Кольском полуострове, в непосредственной близости от Баренцева моря и в условиях экстремального северного климата, определяет наличие сложного рельефа, древнего геологического строения и развитой гидрографической сети. Ледниковые процессы, действовавшие в прошлом, оставили на территории области яркие следы – от моренных гряд до многочисленных озёр и болот. Климат региона, сочетающий суровые зимние условия с коротким, но ярким летом, оказывает значительное влияние на формирование экосистем и биоразнообразие. Наблюдающиеся изменения климата требуют постоянного мониторинга и проведения дальнейших исследований для понимания процессов, происходящих в этом стратегически важном и природно-уникальном регионе

2. Оценка рисков природных явлений

2.1 Что такое климатические риски

Под климатическими рисками понимают вероятность того, что неблагоприятные атмосферные и природные процессы (такие как сильные морозы, ливни, засухи, шквалы, ураганы и т.п.) вызовут серьёзные последствия для населения, инфраструктуры и окружающей среды. Риск — это сочетание вероятности события и масштаба возможного ущерба.

Например, если в определённой местности регулярно случаются засухи, это может повлиять на аграрный сектор, приводя к снижению урожайности. Аналогично, сильный снегопад или ураган могут нарушить работу энергетических систем и транспорта. Чем чаще и интенсивнее происходят такие явления, тем выше совокупный риск.

2.2 Зачем нужна оценка рисков

Оценка рисков необходима для управления последствиями и подготовки к ним.

Её основные задачи:

1. Предотвращение потерь

Прогнозирование опасных явлений помогает принимать упреждающие меры — строить дамбы, укреплять объекты, информировать население. Это даёт возможность минимизировать ущерб, а в ряде случаев — избежать его полностью.

2. Эффективное распределение ресурсов

При ограниченных возможностях важно расставить приоритеты: в первую очередь усиливать защиту там, где потенциальные потери максимальны.

3. Информирование и подготовка населения

Знание о рисках позволяет экстренным службам и жителям своевременно реагировать, включая эвакуацию, подготовку запасов и защиту имущества.

2.3 Этапы оценки рисков

Процесс оценки представляет собой последовательность действий, направленных на идентификацию, анализ и управление опасными природными явлениями:

1. Выявление угроз — составление списка всех природных процессов, потенциально опасных для региона: паводки, смерчи, лавины и др.
2. Анализ исторических данных — изучение метеорологических и гидрологических наблюдений.
3. Вероятностная оценка — определение частоты повторяемости экстремальных событий.
4. Оценка последствий — анализ возможного ущерба от наступления каждого из рисков.
5. Применение методов расчёта — выбор и использование наиболее подходящих методов оценки.
6. Ранжирование рисков — определение приоритетных угроз по степени их опасности.
7. Планирование мер реагирования — разработка мероприятий по защите и адаптации.
8. Мониторинг и актуализация данных — регулярное обновление информации и корректировка планов.

2.4 Основные методы оценки рисков природных явлений

Для комплексной оценки рисков применяются различные методы, каждый из которых имеет свои особенности и преимущества:

1. Статистический анализ

Основан на обработке архивных данных наблюдений: температуры, осадков, скорости ветра и т.п. Метод позволяет выявить закономерности и оценить частоту опасных явлений. Например, если за 40 лет в регионе зафиксировано 4 урагана, можно оценить вероятность повторения события как 10% в год.

Плюсы: опирается на объективные данные, прост в применении.

Минусы: не учитывает влияние новых факторов (урбанизация, климатические сдвиги).

2. Математическое (климатическое) моделирование

Математические и климатические модели позволяют прогнозировать развитие атмосферных и гидрологических явлений. Они строятся на физических уравнениях и включают разнообразные параметры: температуру, влажность, ветровую нагрузку и др.

Модели полезны при оценке будущих рисков, особенно в условиях меняющегося климата. Однако точность результатов сильно зависит от исходных данных и корректности заложенных сценариев.

3. ГИС-картирование (пространственный анализ)

ГИС-технологии позволяют совмещать картографическую информацию (рельеф, водные объекты, застройка) с данными о природных угрозах. Это позволяет выделять на карте участки с наибольшей опасностью.

Метод широко используется для визуализации рисков, построения сценариев эвакуации и разработки стратегий развития территорий с учётом природных ограничений.

4. Спутниковый мониторинг и дистанционное зондирование

Спутниковые данные позволяют отслеживать изменения состояния атмосферы и земной поверхности в реальном времени. Можно быстро выявлять очаги засухи, подтопления или другие угрозы.

Преимущества:

- широта охвата (вся территория региона);

- высокая оперативность;
- возможность контроля труднодоступных зон.

Минус — высокая стоимость и необходимость специализированных навыков анализа изображений.

5. Оценка уязвимости природных систем

Оценка уязвимости включает изучение характеристик объектов, которые могут быть затронуты природными явлениями: жилых домов, больниц, школ, мостов, а также природных территорий (леса, водоёмы и др.).

Рассматриваются такие параметры, как:

- прочность и возраст строений;
- плотность населения;
- наличие естественных барьеров (например, лесополос);
- транспортная доступность.

Результат — классификация территорий и объектов по степени подверженности рискам: от критической уязвимости до низкой.

6. Комплексное применение методов

Наиболее эффективной считается комплексная оценка, которая сочетает все перечисленные методы. Такой подход позволяет:

- учесть не только вероятность события, но и уязвимость территорий;
- построить прогнозы для разных временных горизонтов;
- составить карты рисков;
- рассчитать экономический эффект от защитных мер;
- повысить точность и обоснованность решений.

Оценка рисков природных явлений — это важнейший инструмент управления безопасностью территорий. Она позволяет не только выявить наиболее опасные явления и участки, но и эффективно подготовиться к ним, снизив возможные потери. Особенно значима такая работа в условиях глобального изменения климата и учащения экстремальных погодных событий.

Комплексный подход, сочетающий статистику, моделирование, картографию и мониторинг, обеспечивает надёжную основу для принятия управленческих решений, защиты населения и устойчивого развития регионов.

3. Оценка вероятности наступления неблагоприятных гидрометеорологических условий

3.1 Исходные данные

К опасным гидрометеорологическим явлениям относятся те явления, которые по своей продолжительности, интенсивности или значению могут принести значительный ущерб объектам экономики и населению, а также привести к гибели людей. К таким явлениям относятся как метеорологические, так и гидрологические и морские гидрометеорологические явления, а нередко и целый комплекс таких явлений.

Критерии таких явлений устанавливаются согласно нормативному документу РД 52.04563-2002. Критерии опасных гидрометеорологических явлений и порядок подачи штормового предупреждения [15].

Наблюдаемое явление относится к опасным если его значение достигает критического. Критические значения установлены для всей территории страны, но для каждого региона они корректируются с учетом физико-географических и климатических особенностей.

Общий перечень и критерии опасных гидрометеорологических явлений приведен в РД 52.04563-2002 [15].

К опасным метеорологическим явлениям отнесены очень сильный ветер, шквал, смерч, сильный ливень, очень сильный дождь, очень сильный снег, продолжительный сильный снег, продолжительный сильный дождь, крупный град, сильная метель, сильная пыльная буря, сильный туман, гололедно-изморозевое отложение, чрезвычайная пожарная опасность, сильный мороз, смерч.

К опасным агрометеорологическим явлениям относят: заморозки, переувлажнение почвы, атмосферную засуху, почвенную засуху, суховей,

К опасным гидрологическим явлениям относят: высокий уровень воды, низкий уровень воды (межень), раннее ледообразование, особые ледовые явления, наледные явления, очень большие расходы воды, очень малые расходы воды, сели, лавины.

Перечни и критерии опасных гидрометеорологических явлений в зоне ответственности ФГБУ «Мурманское УГМС» и по Республике Карелия опубликованы на сайтах соответствующих подразделений Росгидромета [16, 17] и приведены в Приложении А.

В настоящей работе рассматривался ряд опасных метеорологических и гидрологических явлений на выбранных территориях. Для этой цели была собрана информация по метеорологическим станциям, расположенным на территории Мурманской области и Карелии. Список которых представлен в таблице 3.1. Расположение метеостанций и гидрологических постов на территории указанных субъектов представлено на рисунках 3.1 и 3.2.

Данные многолетних наблюдений по выбранным метеостанциям есть в открытом доступе на сайте ВНИИГМИ-МЦД. Для оценки опасных метеорологических явления в работе использовались данные массива срочных данных об основных метеорологических параметрах на станциях России. Массив содержит данные восьмисрочных наблюдений за основными метеорологическими параметрами с 1966 года. Наблюдения проводились в стандартные синоптические сроки с интервалом в 3 часа [18]. По всем выбранным станциям из массива были выбраны данные о максимальной скорости ветра, а также о максимальной и минимальной температуре воздуха.

Гидрологические данные собирались по тем пунктам наблюдений, для которых установлены критерии опасных явлений согласно информации региональных УГМС. Сведения о выбранных пунктах наблюдений представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.1 – Перечень метеорологических станций

Название	Индекс ВМО	Абсолютная высотная отметка, м БС	Географические координаты	
			широта	долгота
Республика Карелия				
Петрозаводск	22820	110	61.82°	34.27°
Кемь-порт	22520	34.8	64.98°	34.8°
Сортавала	22802	19	61.708°	30.7°
Мурманская область				
Мурманск	22113	51	69.0°	33.1°
Кандалакша	22217	25	67.2°	32.3°

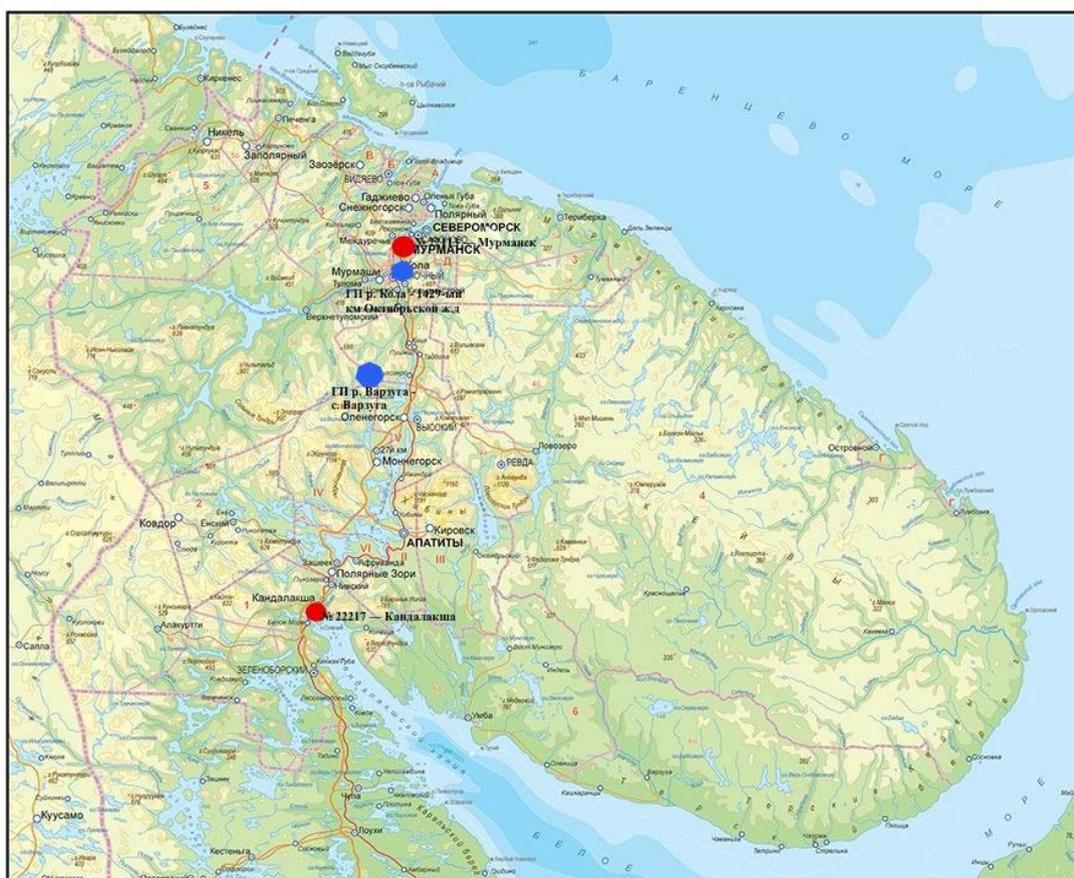


Рисунок 3.1 – Схема расположения метеостанций и гидрологических постов на территории Мурманской области



Рисунок 3.2 – Схема расположения метеостанций и гидрологических постов на территории Республики Карелия

Таблица 3.2 – Основные сведения по гидрологическим постам

Код поста	Водный объект	Пост	Площадь водосбор, км ²	Расстояние от устья, км	Период действия		«0» поста, м БС
					открыт	закрыт	
Республика Карелия							
49042	р. Кемь	г. Кемь	27700	1.5	01.05.1967	действ.	1.00
49058	р. Чирко-Кемь	с. Юшкозеро	2730	6.0	15.07.1932	действ.	88.35
49070	р. Шуя	с. Шуерецкое	300	5.8	01.12.1933	действ.	0.20
49083	р. Нижний Выг	г. Беломорск	26500	1.0	01.01.1953	действ.	
49123	р. Сума	с. Сумский Посад	570	5.9	13.06.1933	действ.	3.60
48080	р. Водла	р.п. Подпорожье	12500	28	13.10.1926	действ.	66.97
49090	р. Верхний Выг	д. Огорельши	27100	42	21.09.1920	действ.	122.58
48058	р. Кумса	г. Медвежьегорск	735	3.5	28.08.1960	действ.	35.44
72110	р. Олонка	г. Олонец	2120	28	20.04.1949	действ.	3.70
72130	р. Ивина	пгт Ладва	862	28	18.12.1939	действ.	56.36
48021	р. Шуя	д. Бесовец	9560	11	15.11.1925	действ.	33.46
48006	р. Лососинка	г. Петрозаводск	276	9.1	11.11.1950	действ.	133.49
Мурманская область							
71186	р. Варзуга	с. Варзуга	7940	23	07.03.1935	действ.	8.10
71104	р. Кола	1429-ый км Октябрьской ж.д.	3780	8.0	18.10.1927	действ.	23.41

По гидрологическим постам были собраны данные по наивысшим уровням воды, представленные в изданиях государственного водного кадастра [19, 20, 21].

3.2 Статистическая обработка метеорологических данных

В данном разделе представлен анализ метеорологических показателей — максимальных и минимальных температур воздуха, а также максимальной скорости ветра, собранных на метеостанциях Мурманска, Кандалакши, Кеми, Сортавалы и Петрозаводска за период с 1966 по 2023 год.

Исходные данные и методы обработки

Для обработки данных использовалась программа Hydrostatcalc, которая позволила провести проверку однородности временных рядов и определить их статистические характеристики. Проверка однородности необходима для выявления возможных аномалий и обеспечила корректность дальнейшего анализа.

Анализ температур

В ходе исследования было установлено, что максимальные температуры воздуха по регионам значительно варьируются:

- В Мурманске максимальные температуры достигают значений от примерно 21 до 32 °С, в то время как минимальные могут опускаться до –39 °С, что отражает суровость местного климата.
- В Кандалакше и Кеми максимумы варьируются в пределах 22–32 °С, а минимумы доходят до –38 °С.

- В Петрозаводске и Сортавале максимумы температуры чуть ниже, как правило не превышают 30–31 °С, а минимальные температуры выше –36 °С, что связано с более мягкими климатическими условиями.

Анализ ветра

Максимальная скорость ветра в исследуемом регионе колеблется от 15 до 33 м/с, что говорит о достаточно сильных ветровых нагрузках в некоторых районах:

- В Мурманске максимальные значения ветра достигают порядка 30 м/с

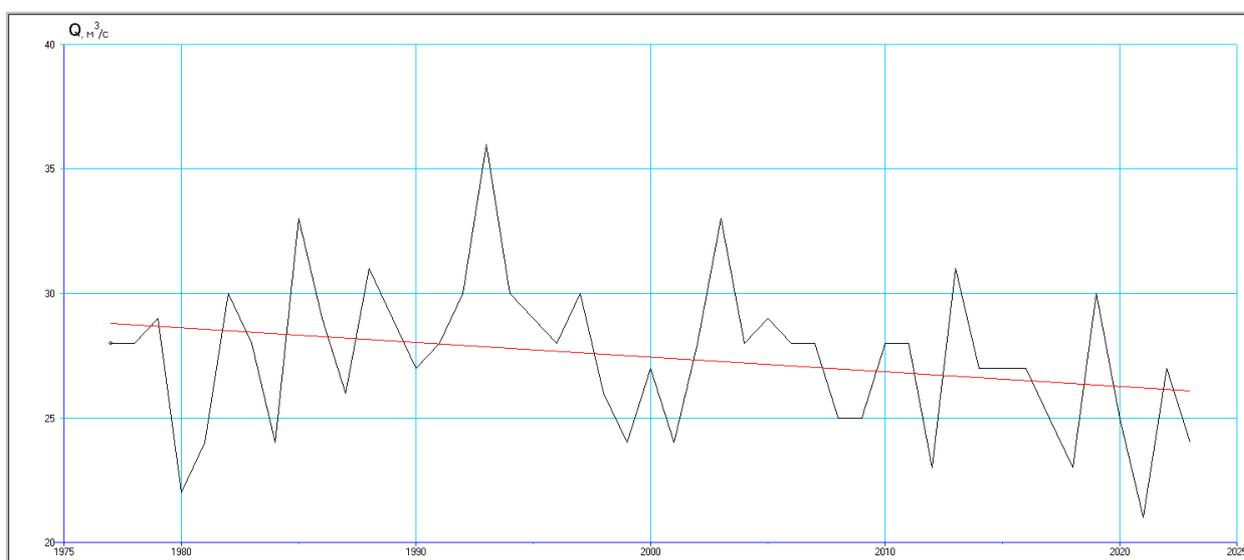


Рисунок 3.2.1 –Многолетние колебания ветра м/с Мурманск

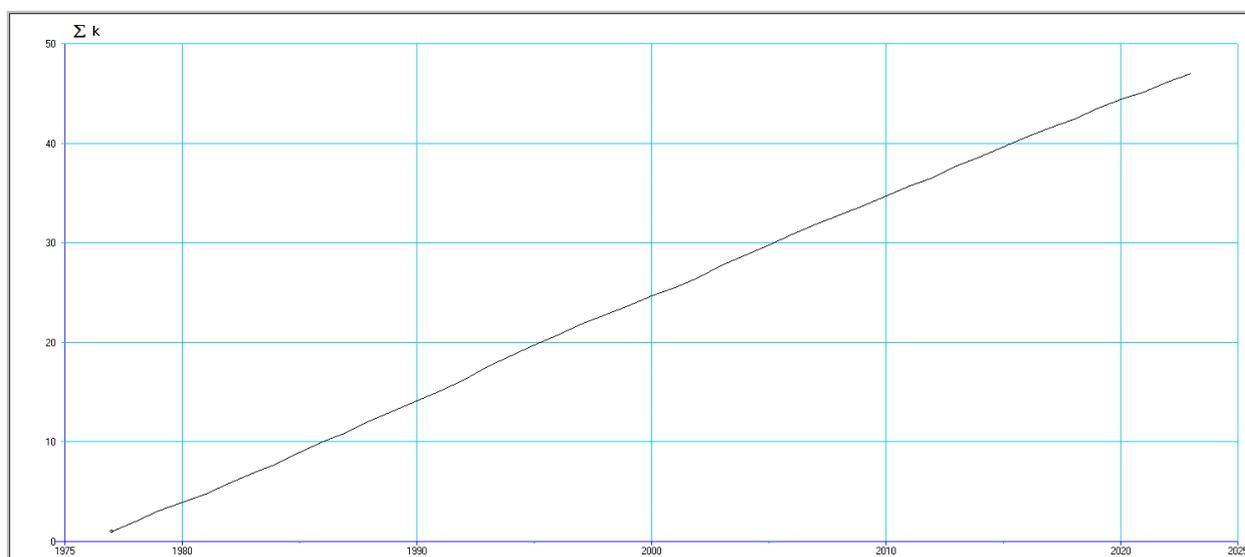


Рисунок 3.2.2 – Интегральная кривая ветра м/с Мурманск

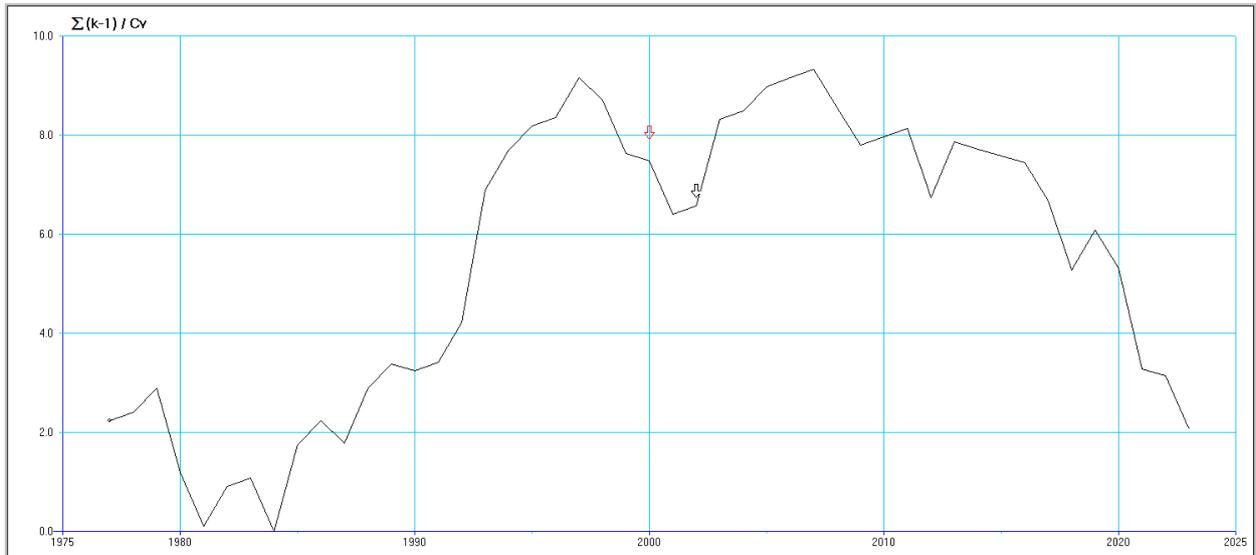


Рисунок 3.2.3 – Разностно-интегральная кривая ветра м/с Мурманск

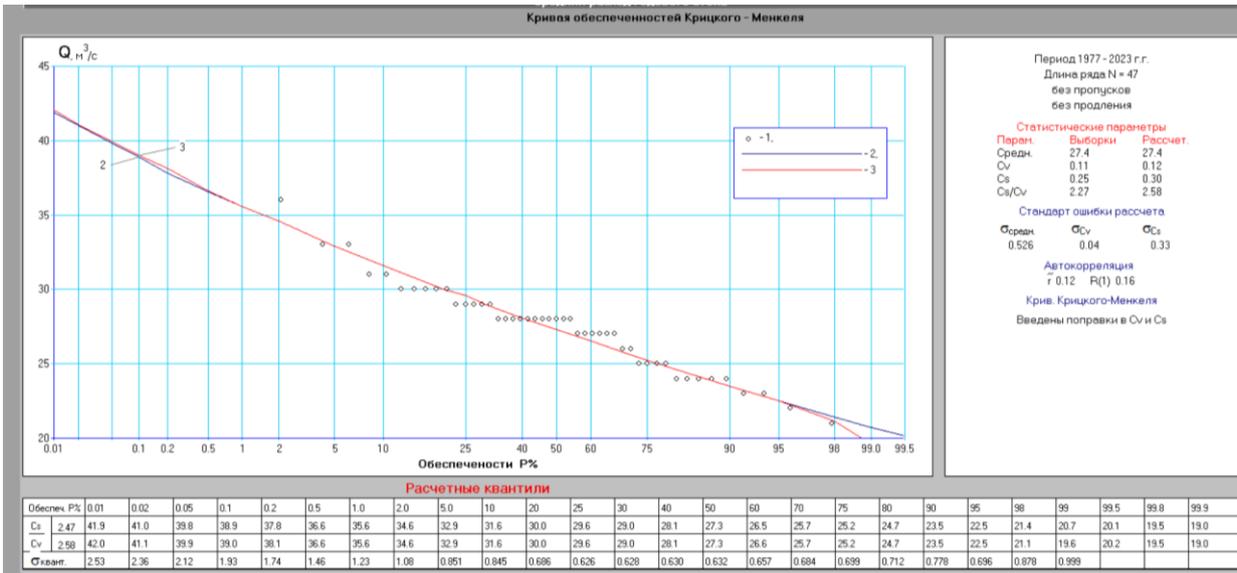


Рисунок 3.2.4 – Кривая обеспеченностей Кривого-Менкеля ветра м/с Мурманск

- В Кандалакше и Кемии максимальные скорости ветра находятся в диапазоне 25–30 м/с.

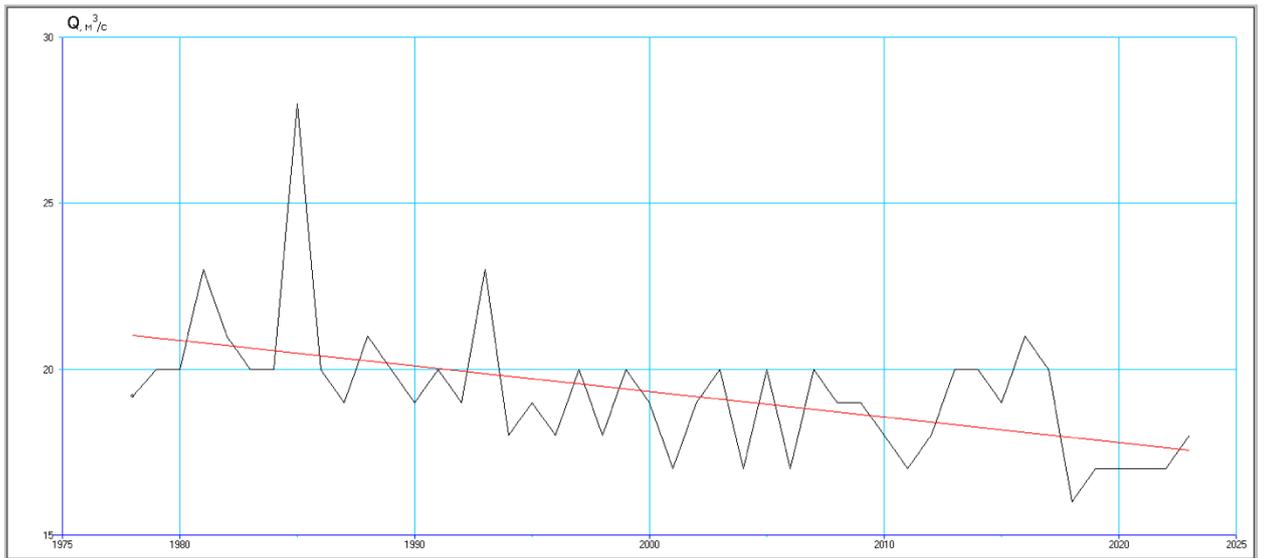


Рисунок 3.2.5 – Многолетние колебания ветра м/с Кандалакша

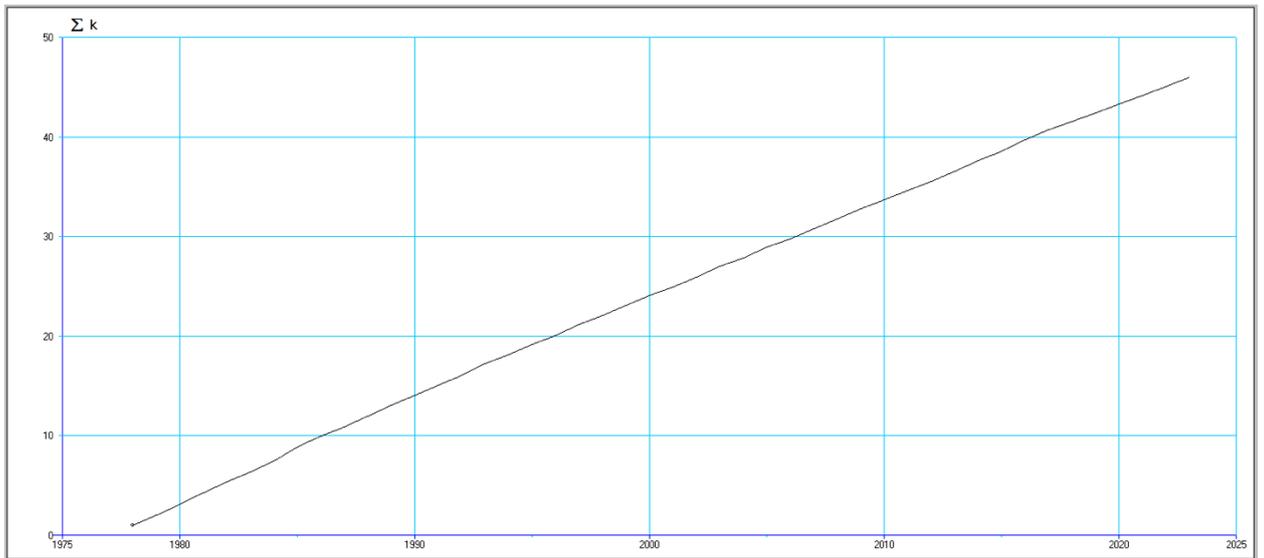


Рисунок 3.2.6 – Интегральная кривая ветра м/с Кандалакша

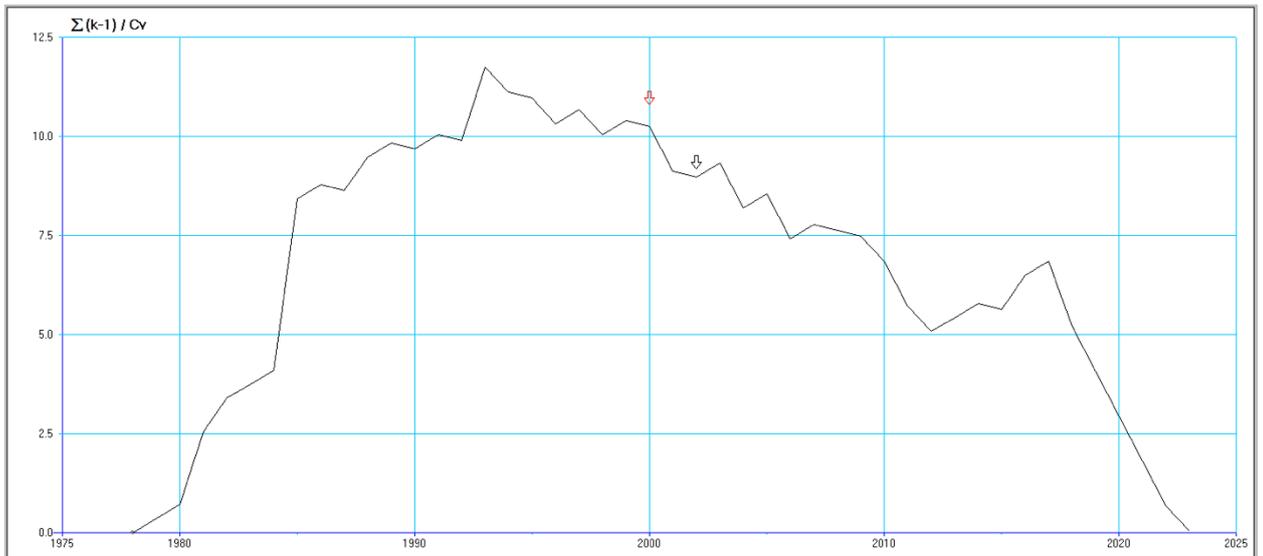


Рисунок 3.2.7 – Разностно-интегральная кривая ветра м/с Кандалакша

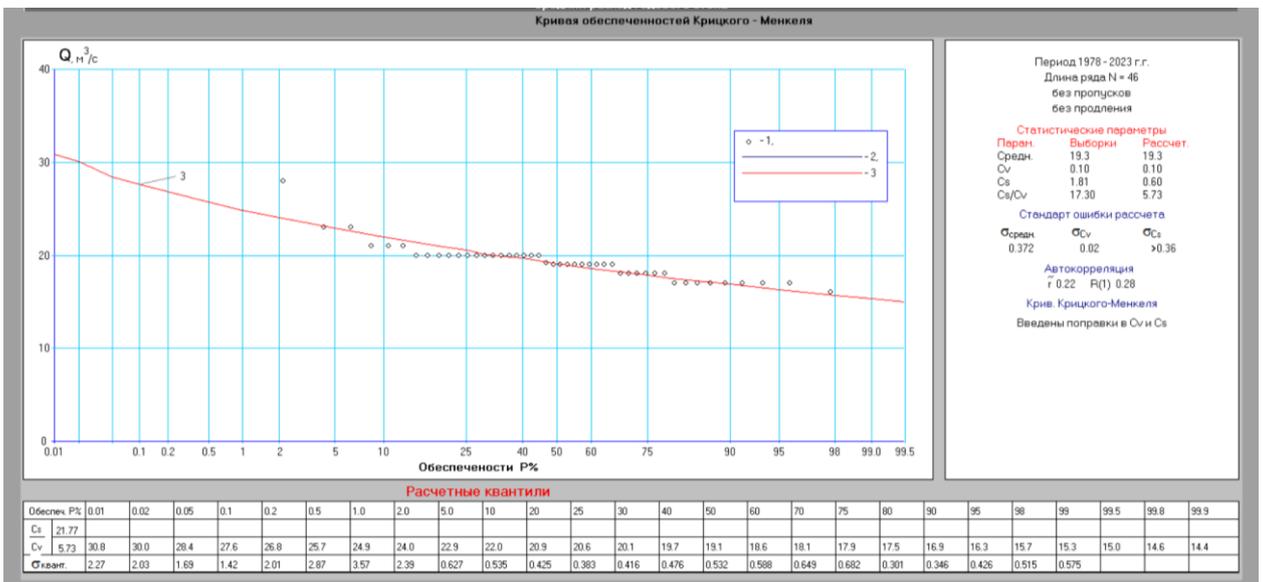


Рисунок 3.2.8 – Кривая обеспеченностей Крицкого-Менкеля ветра м/с Кандалакша

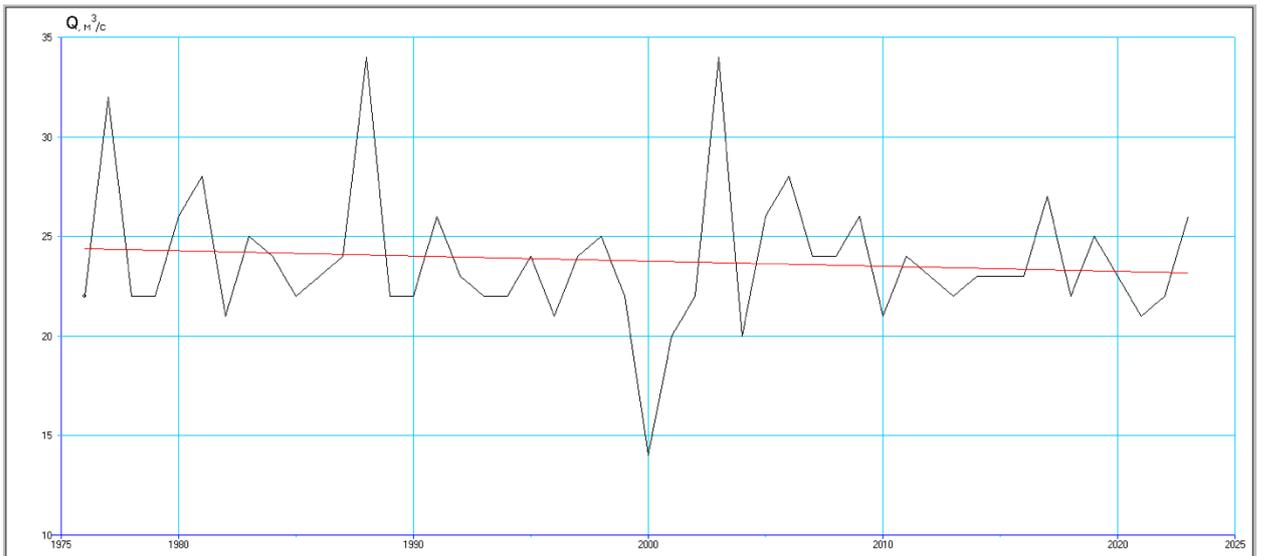


Рисунок 3.2.9 – Многолетние колебания ветра м/с Кемь

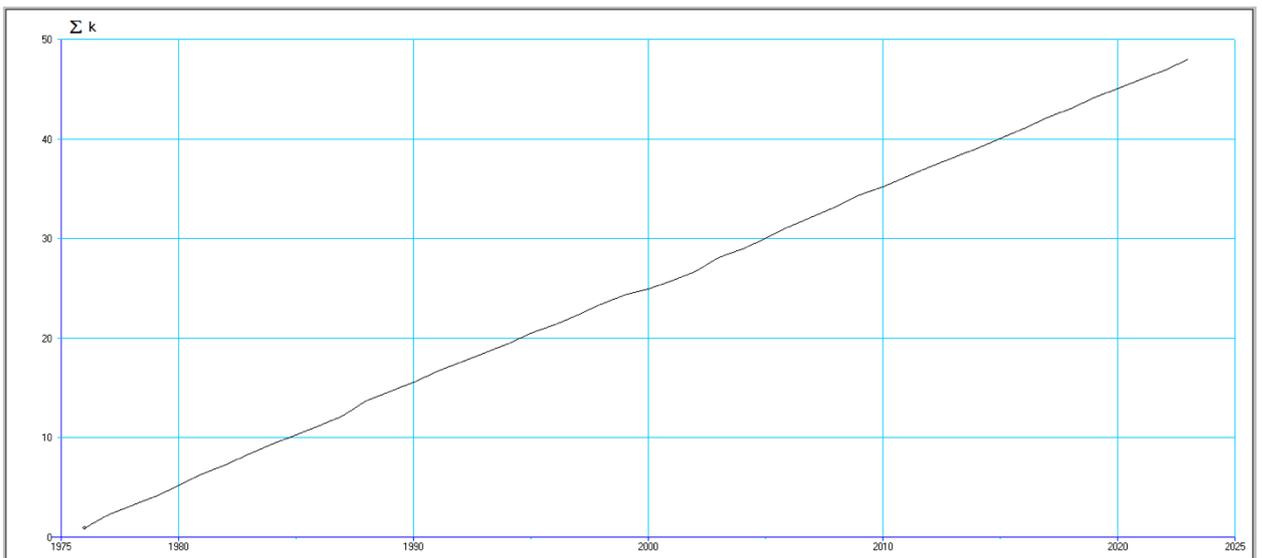


Рисунок 3.2.10 – Интегральная кривая ветра м/с Кемь

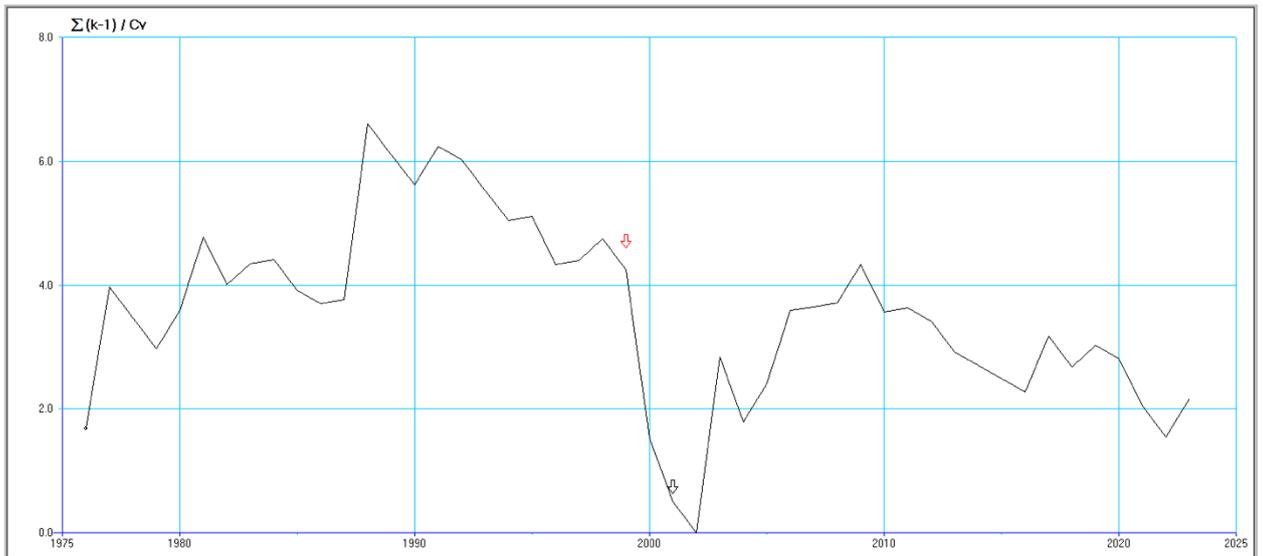


Рисунок 3.2.11 – Разностно-интегральная кривая ветра м/с Кемь

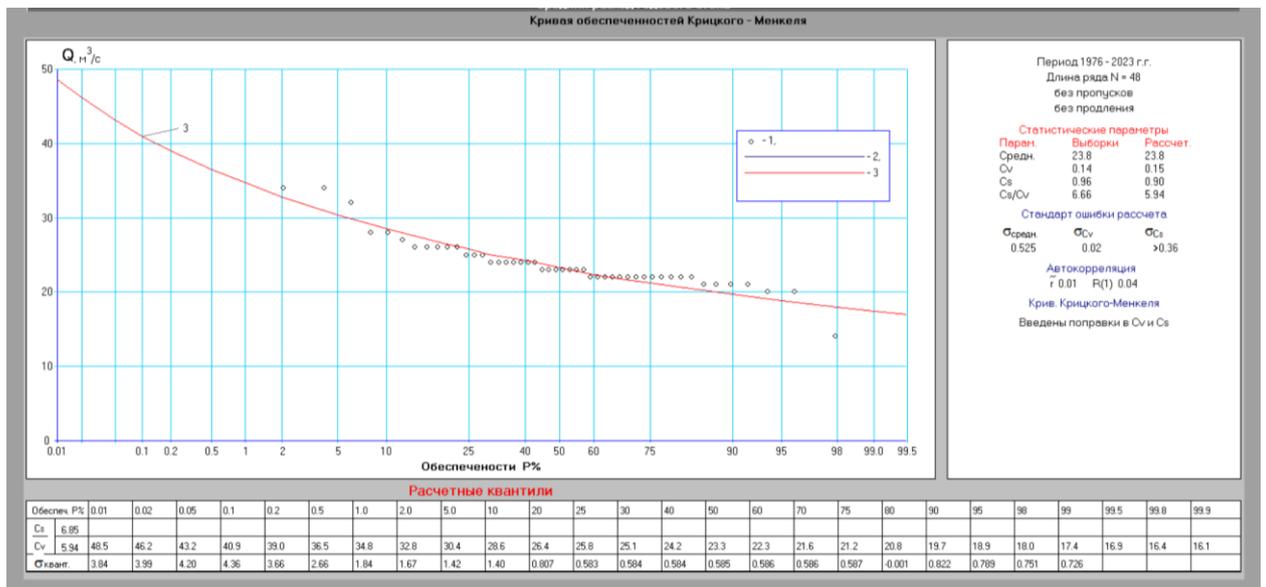


Рисунок 3.2.12 – Кривая обеспеченностей Крицкого-Менкеля ветра м/с Кемь

- В Петрозаводске и Сортавале значения ветра обычно ниже — максимум около 27 м/с.

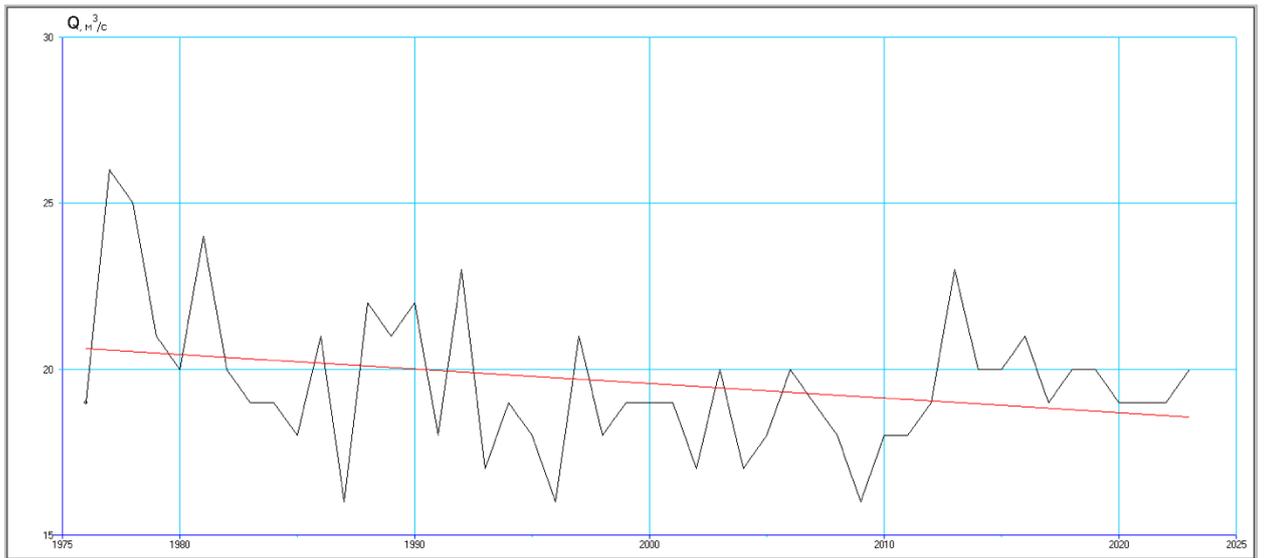


Рисунок 3.2.13 – Многолетние колебания ветра м/с Петрозаводск

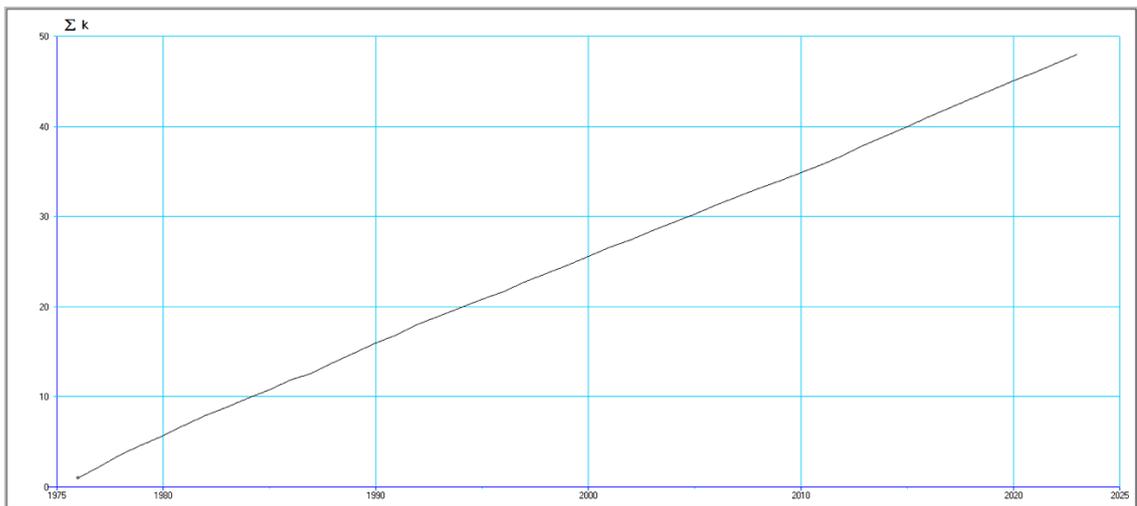


Рисунок 3.2.14 – Интегральная кривая ветра м/с Петрозаводск

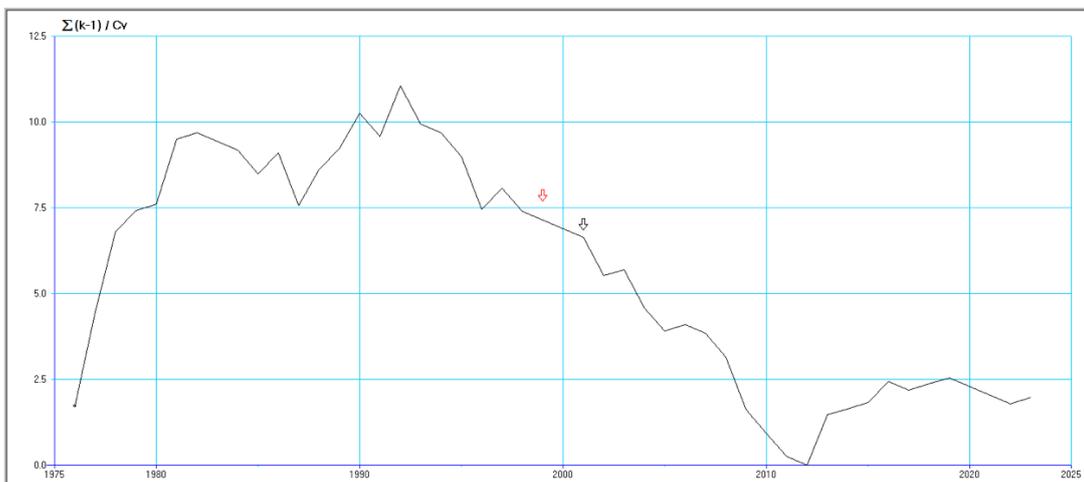


Рисунок 3.2.15 – Разностно-интегральная кривая ветра м/с Петрозаводск

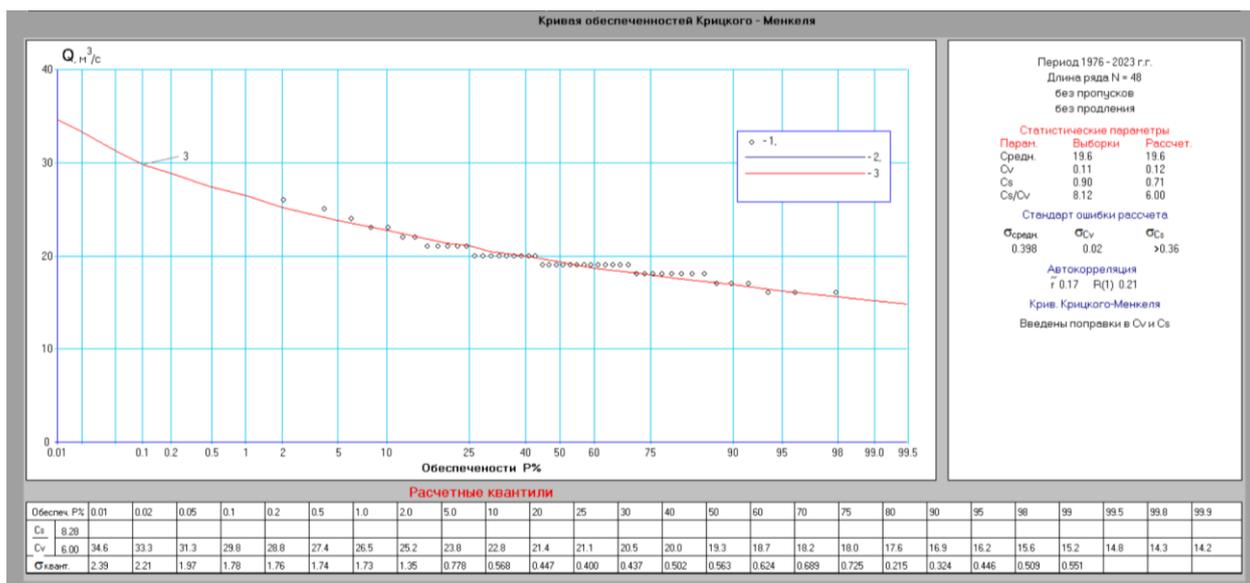


Рисунок 3.2.16 – Кривая обеспеченностей Крицкого-Менкеля ветра м/с Петрозаводск

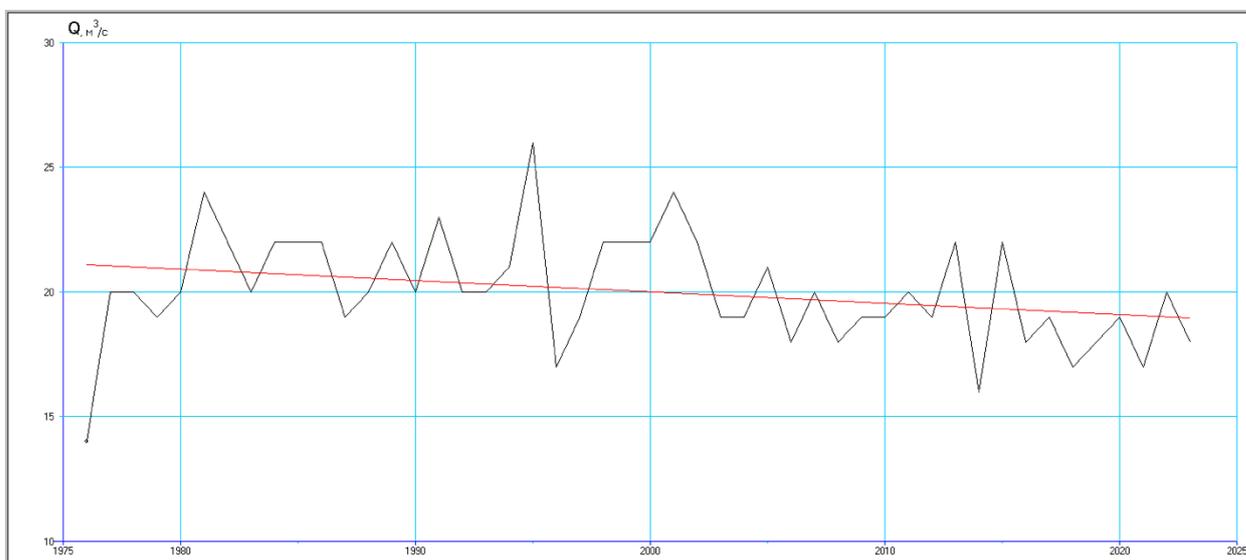


Рисунок 3.2.17 – Многолетние колебания ветра м/с Сортавала

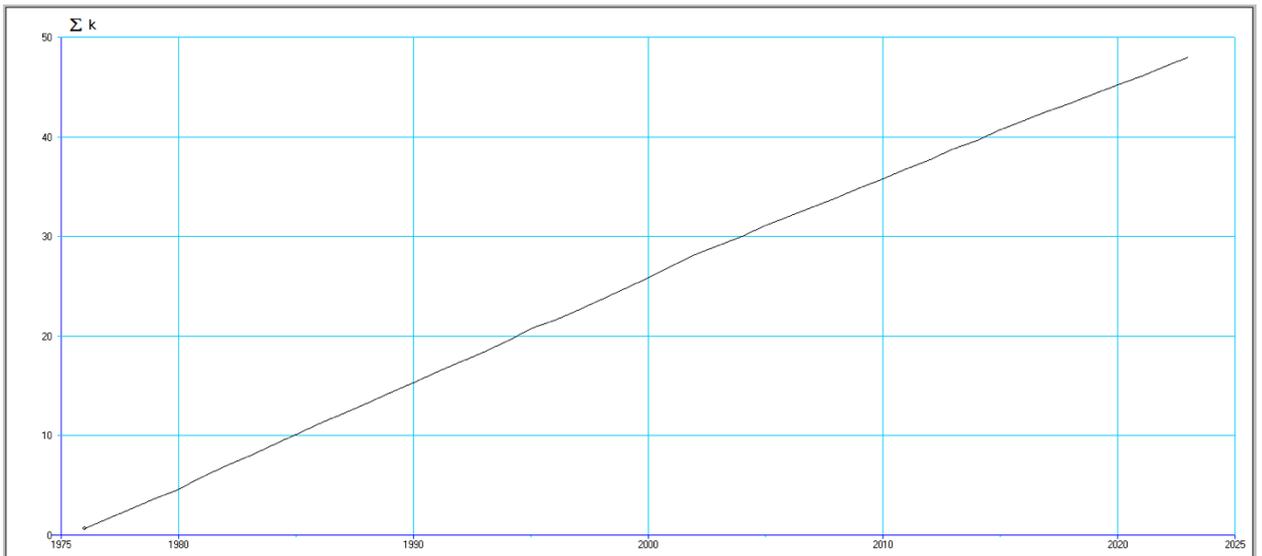


Рисунок 3.2.18 – Интегральная кривая ветра м/с Сортавала

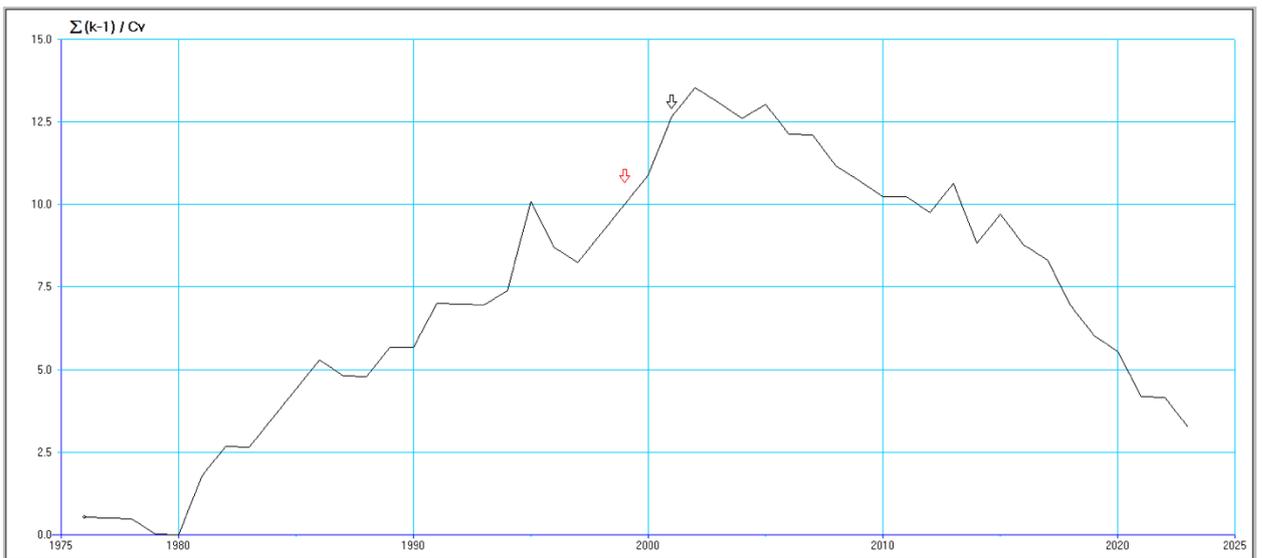


Рисунок 3.2.19 – Разностно-интегральная кривая ветра м/с Сортавала

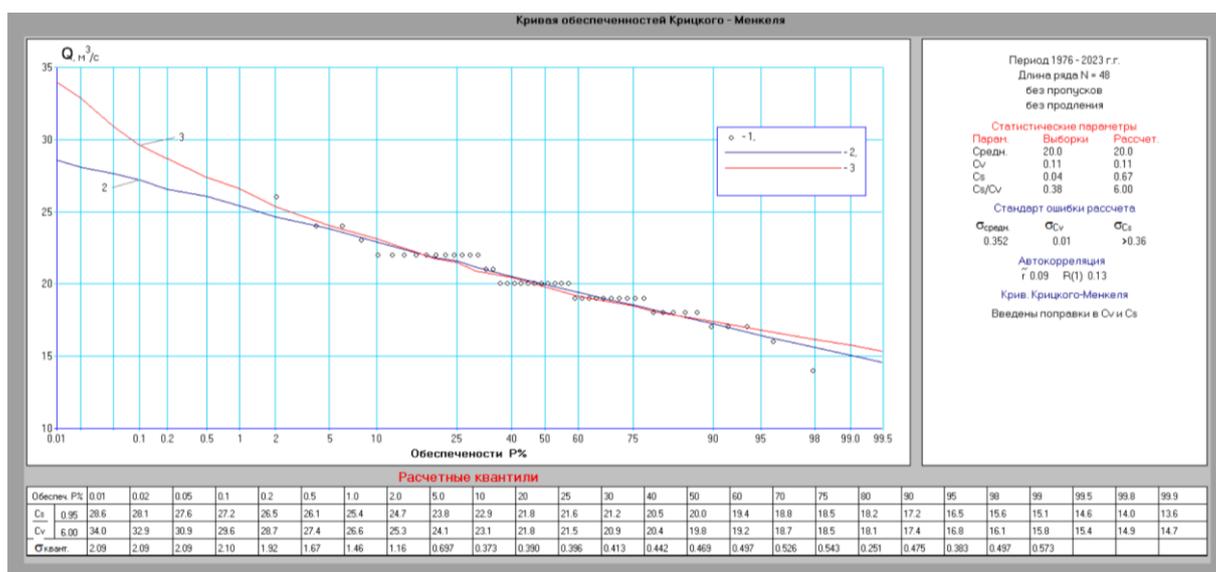


Рисунок 3.2.20 – Кривая обеспеченностей Крицкого-Менкеля ветра м/с Сортавала

Проведённая статистическая обработка показала, что климат региона характеризуется значительной вариативностью температур и скорости ветра, что связано с особенностями географического расположения и рельефа. Использование Hydrostatcalc для анализа позволило проверить качество данных и выявить основные закономерности. Полученные результаты могут быть использованы для дальнейших исследований и практических задач, связанных с прогнозированием погодных условий и планированием мероприятий по адаптации к климатическим особенностям.

3.3 Статистическая обработка гидрологических данных

Одной из ключевых задач настоящего исследования является оценка опасности гидрологических явлений путём сопоставления наблюдаемых высших уровней воды с установленными критическими отметками, зафиксированными в нормативных документах территориальных подразделений Росгидромета, включая ФГБУ «Мурманское УГМС» и структуры Республики Карелия. Превышение таких критических уровней свидетельствует о наступлении опасного гидрологического явления (ОГЯ),

которое может сопровождаться подтоплением территорий, нарушением хозяйственной деятельности и рисками для жизни населения.

Методика сравнения

Для каждой реки, представленной в анализе, был сформирован многолетний ряд высших в году уровней воды. Эти значения сравнивались с критическими отметками, при достижении или превышении которых фиксируется опасное явление. Оценка включала следующие параметры:

- частота превышения критического уровня;
- величина превышения (в сантиметрах);
- обеспеченность (вероятность превышения);
- продолжительность события (при наличии посуточных данных);
- генезис явлений (половодье, паводок, осадки, ледовые явления).

Анализ проводился для следующих гидрологических постов:

- р. Варзуга — с. Варзуга
- р. Кола — 1429 км Октябрьской ж.д.
- р. Шуя — с. Шуерецкое
- р. Сума — с. Сумский Посад
- р. Верхний Выг — д. Огорельши
- р. Кумса — г. Медвежьегорск
- р. Олонка — г. Олонец
- р. Ивина — пгт Ладва
- р. Шуя — д. Бесовец
- р. Лососинка — г. Петрозаводск

Результаты анализа по постам

Река Варзуга – с. Варзуга

За период наблюдений (1935–1980 гг.) в 4-х случаях был зафиксирован подъём уровня воды выше критической отметки. Максимальное превышение составило 67 см. В 1961 и 1973 гг. наблюдались паводки со скоростью подъёма до 1.8 м/сут., обеспеченность таких значений менее 5 %, что соответствует категории «опасные» или «весьма опасные».

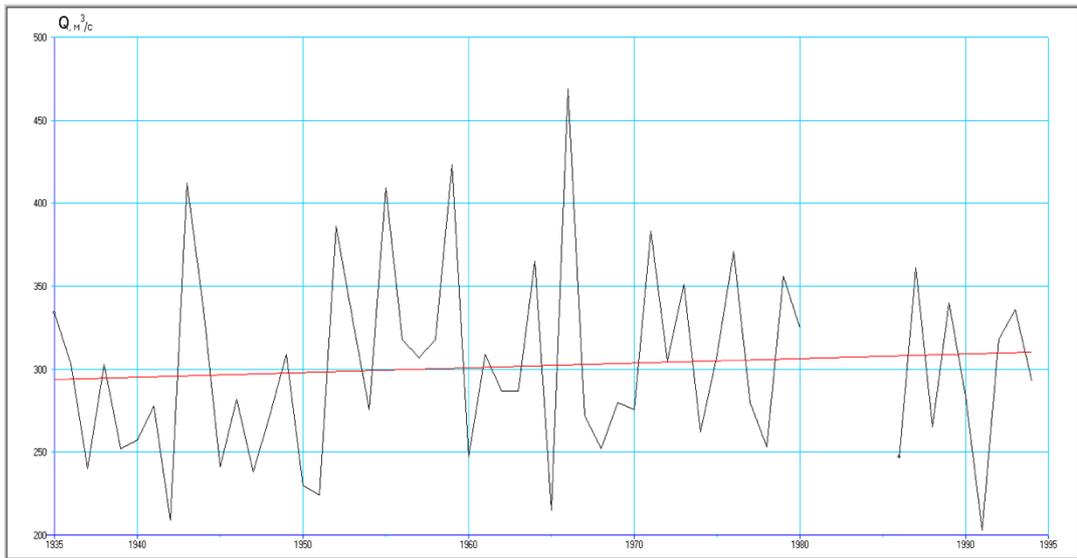


Рисунок 3.3.1 – Многолетние колебания высших уровней воды г.п. р. Варзуга — с. Варзуга



Рисунок 3.3.2 – Интегральная кривая высших уровней воды г.п. р. Варзуга — с. Варзуга

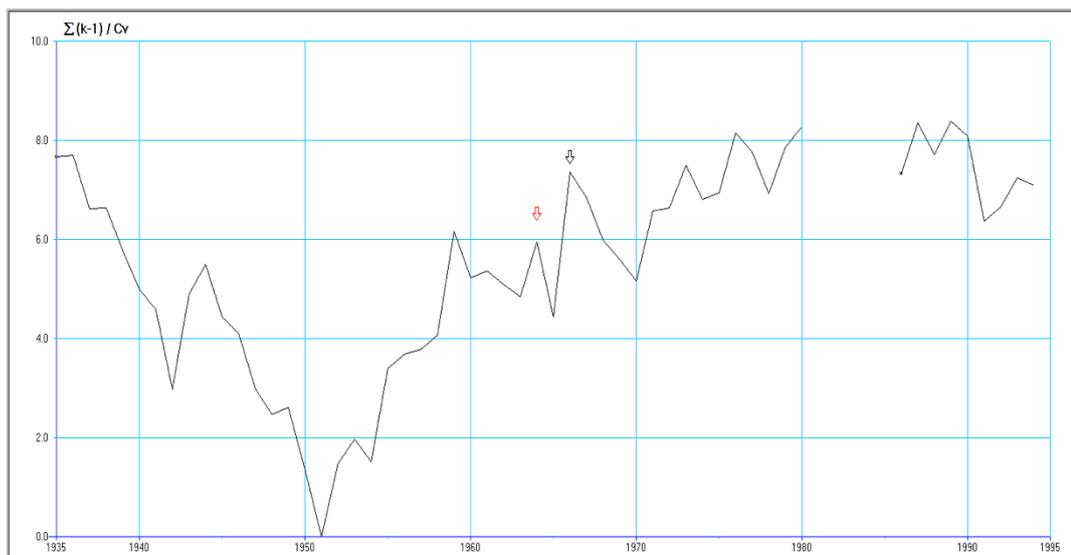


Рисунок 3.3.3 – Разностно-интегральная кривая высших уровней воды г.п. р. Варзуга — с. Варзуга

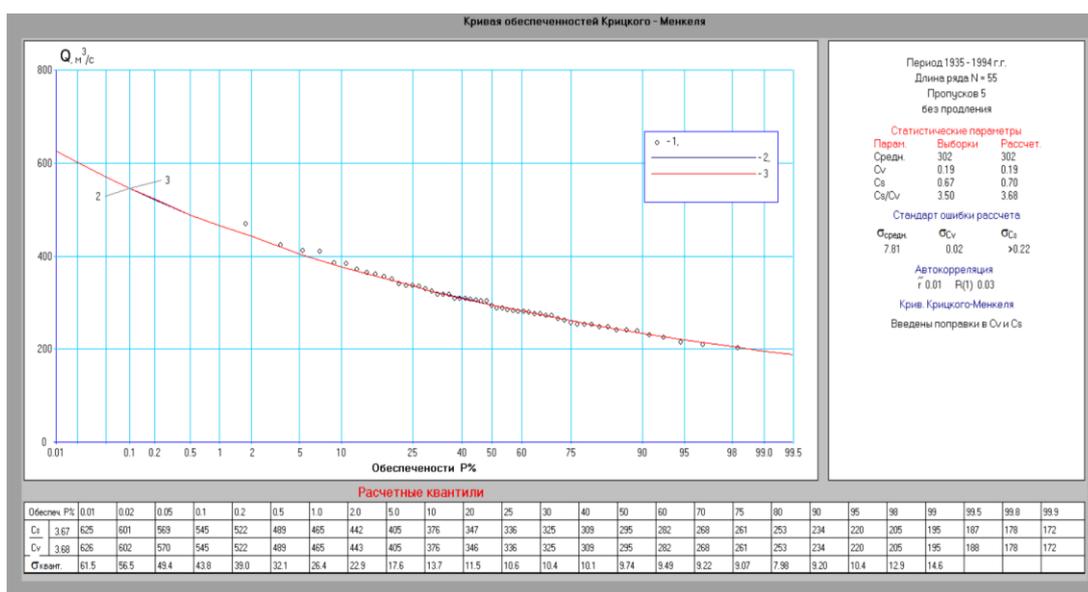


Рисунок 3.3.4 – Кривая обеспеченностей Крицкого-Менкеля высших уровней воды г.п. р. Варзуга — с. Варзуга

Река Кола – 1429 км Октябрьской ж.д.

Наиболее стабильные данные наблюдались в период 1930–1980 гг. В 7 случаях из 67 лет уровень воды превышал критерий ОГЯ (повторяемость ~10.4 %). В 1955 году зафиксирован абсолютный максимум с превышением на 84 см и обеспеченностью менее 2 % — категория «весьма опасные».

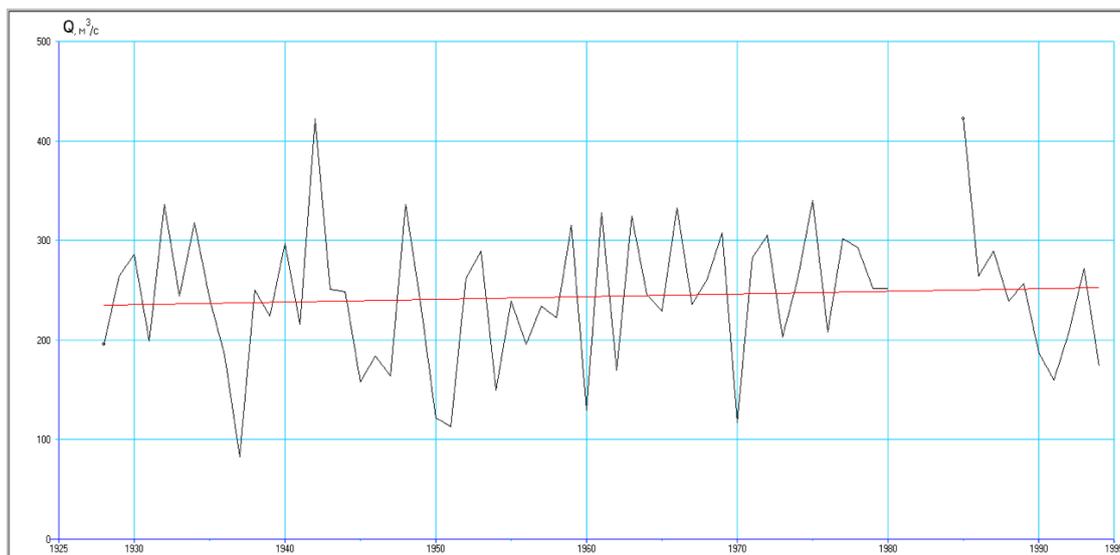


Рисунок 3.3.5 – Многолетние колебания высших уровней воды г.п. р. Река Кола – 1429 км Октябрьской ж.д

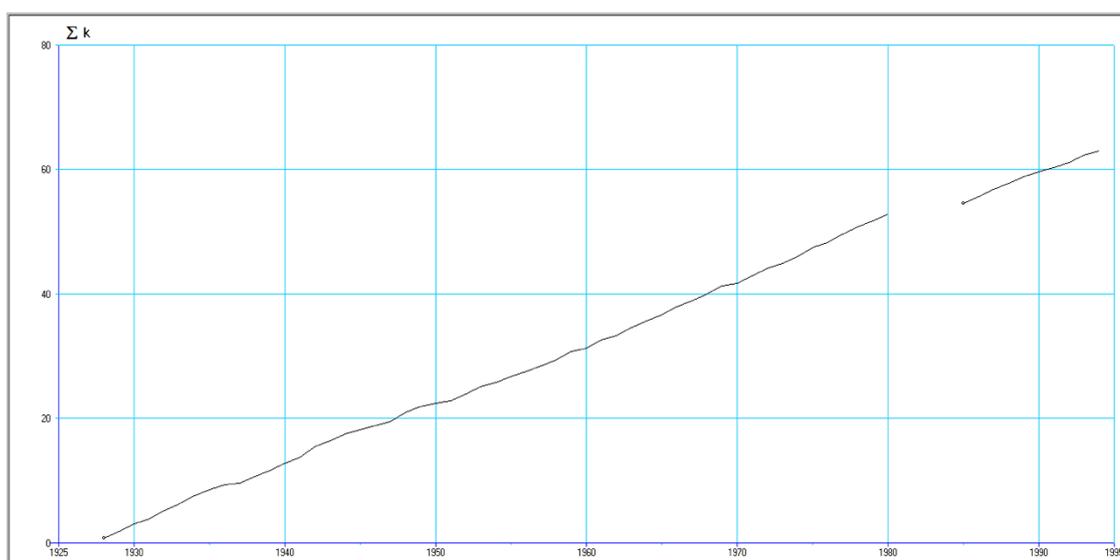


Рисунок 3.3.6 – Интегральная кривая высших уровней воды г.п. р.Кола – 1429 км Октябрьской ж.д

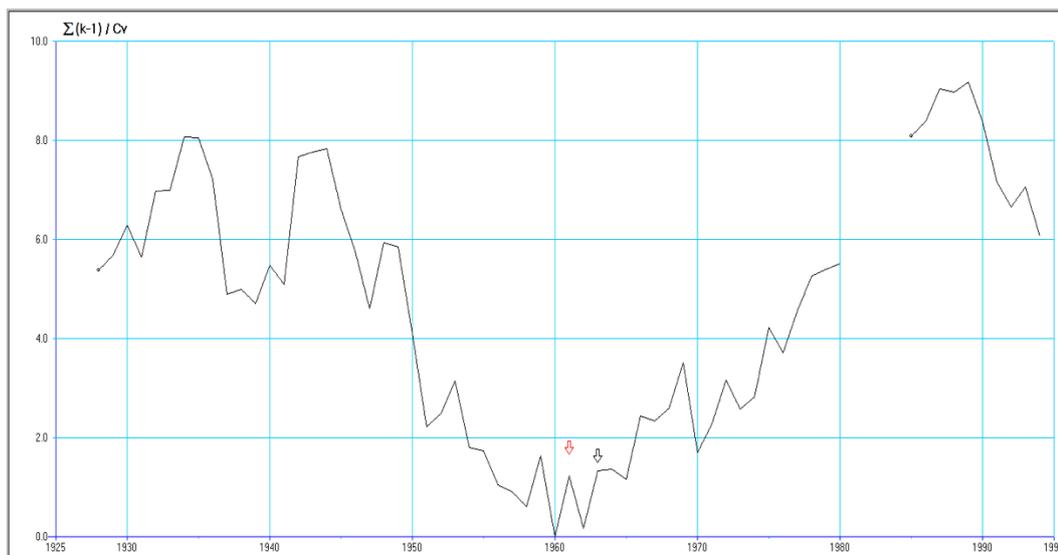


Рисунок 3.3.7 – Разностно-интегральная кривая высших уровней воды г.п. р.Кола – 1429 км Октябрьской ж.д

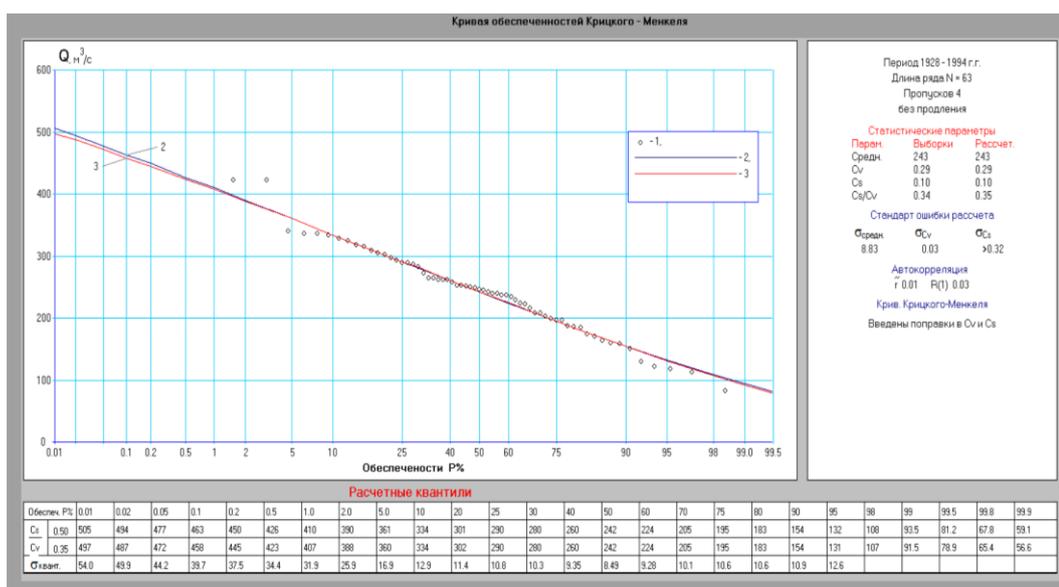


Рисунок 3.3.8 – Кривая обеспеченностей Крицкого-Менкеля высших уровней воды г.п. р.Кола – 1429 км Октябрьской ж.д

Река Шуя – с. Шуерцкое

В годы 1990, 2001, 2009 и 2018 были зафиксированы превышения отметки ОГЯ. Повышения происходили весной и характеризовались умеренной скоростью подъёма. Максимальное превышение — 51 см,

обеспеченность $\sim 4.5\%$, что относится к категории «опасные». Средняя продолжительность превышения — 2 суток.

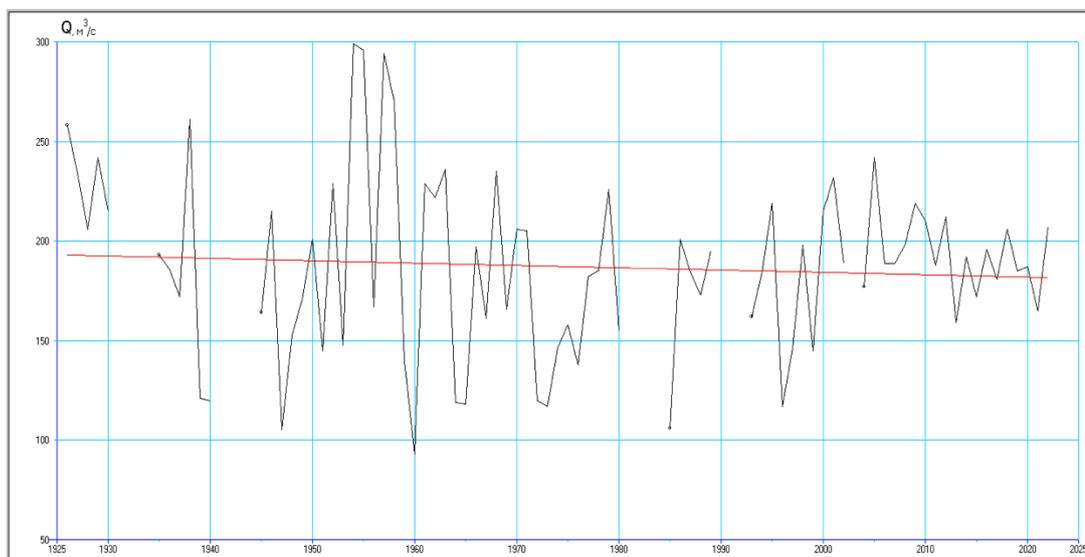


Рисунок 3.3.9 – Многолетние колебания высших уровней воды г.п. р. Шуя – с. Шуерецкое

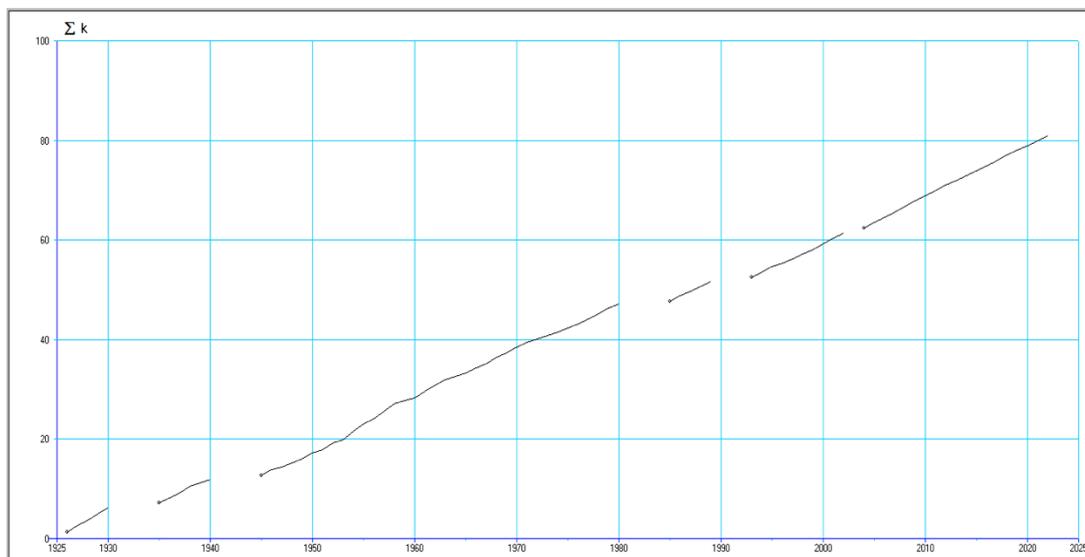


Рисунок 3.3.10 – Интегральная кривая высших уровней воды г.п. р. Шуя – с. Шуерецкое

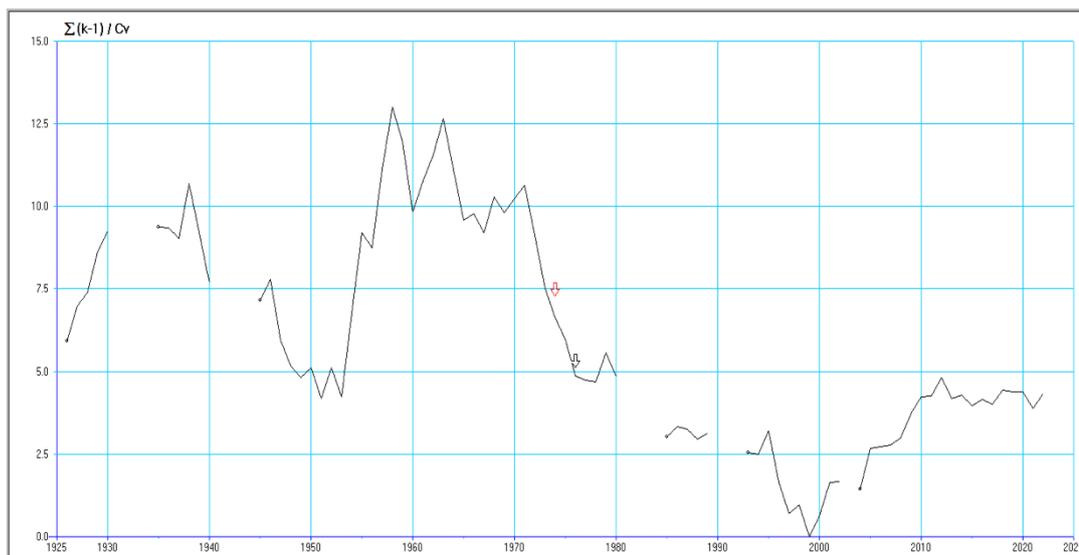


Рисунок 3.3.11 – Разностно-интегральная кривая высших уровней воды г.п. р. Шуя – с. Шуерецкое

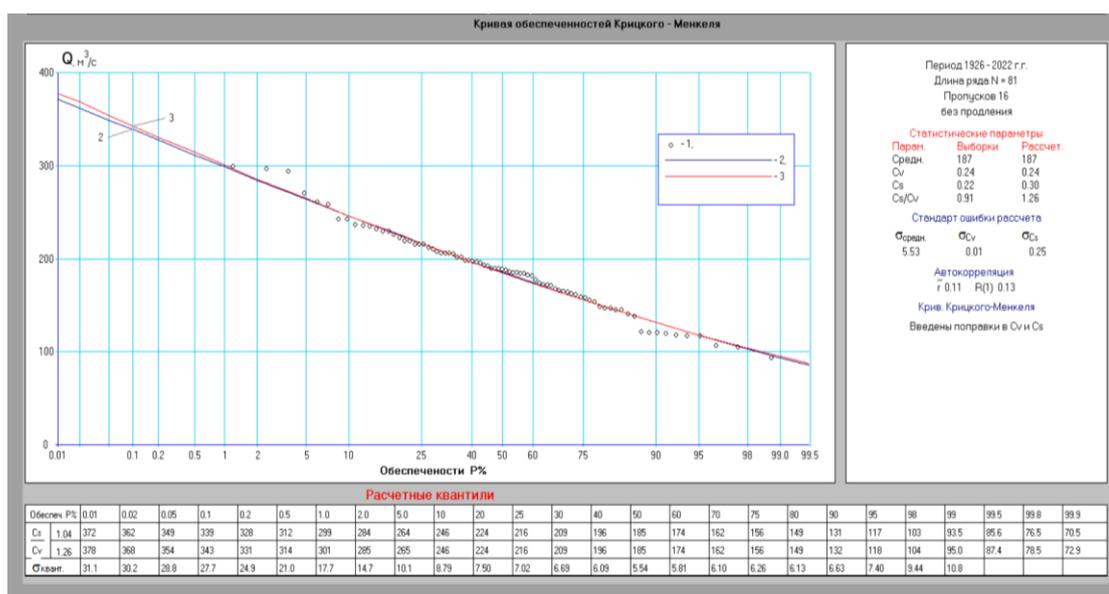


Рисунок 3.3.12– Кривая обеспеченностей Крицкого-Менкеля высших уровней воды г.п. р. Шуя – с. Шуерецкое

Река Сума – с. Сумский Посад

За период 1985–2022 гг. превышение критического уровня фиксировалось 6 раз. Наиболее интенсивное наблюдалось в 1995 году (превышение 60 см, V подъема 1.6 м/сут.). Обеспеченность события — менее 3 %, отнесено к категории «весьма опасные».

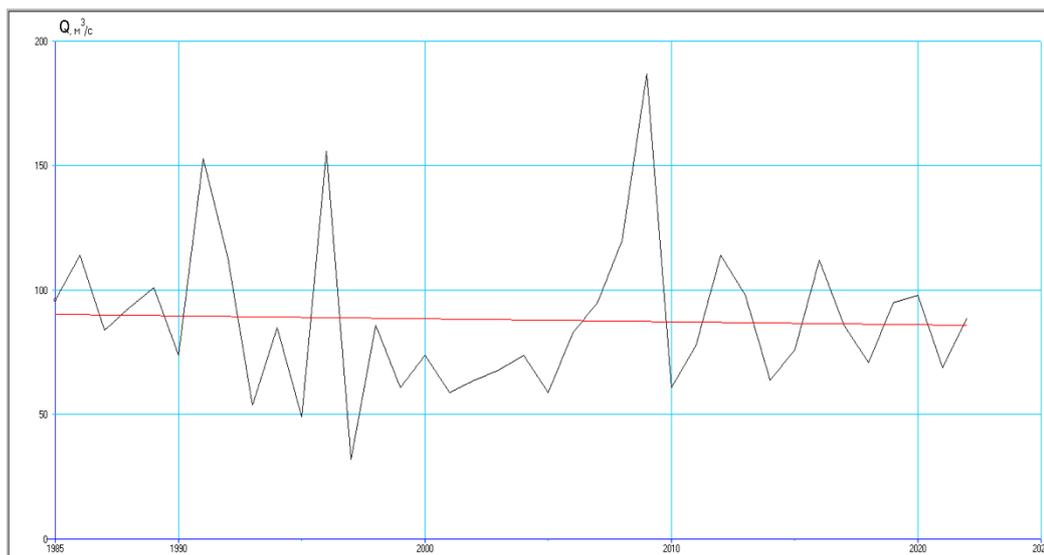


Рисунок 3.3.13 – Многолетние колебания высших уровней воды г.п. р. Сума – с. Сумский Посад

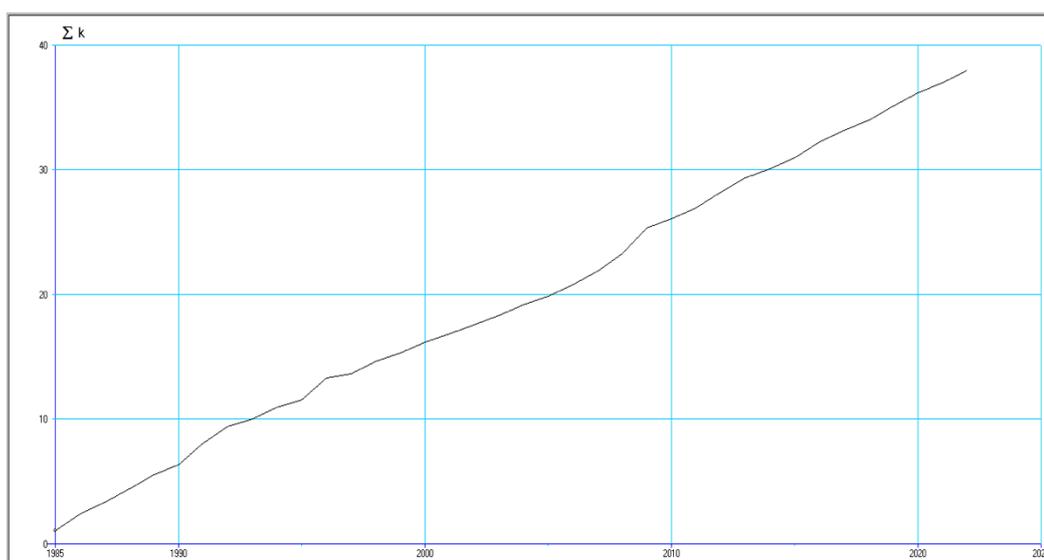


Рисунок 3.3.14 – Интегральная кривая высших уровней воды г.п. р. Сума – с. Сумский Посад

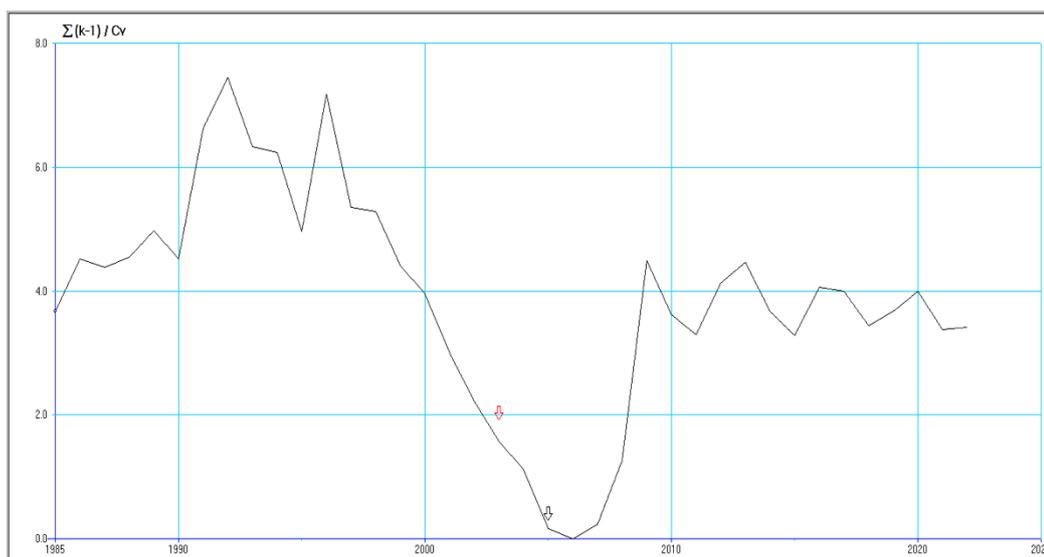


Рисунок 3.3.15– Разностно-интегральная кривая высших уровней воды г.п. р. Сума – с. Сумский Посад

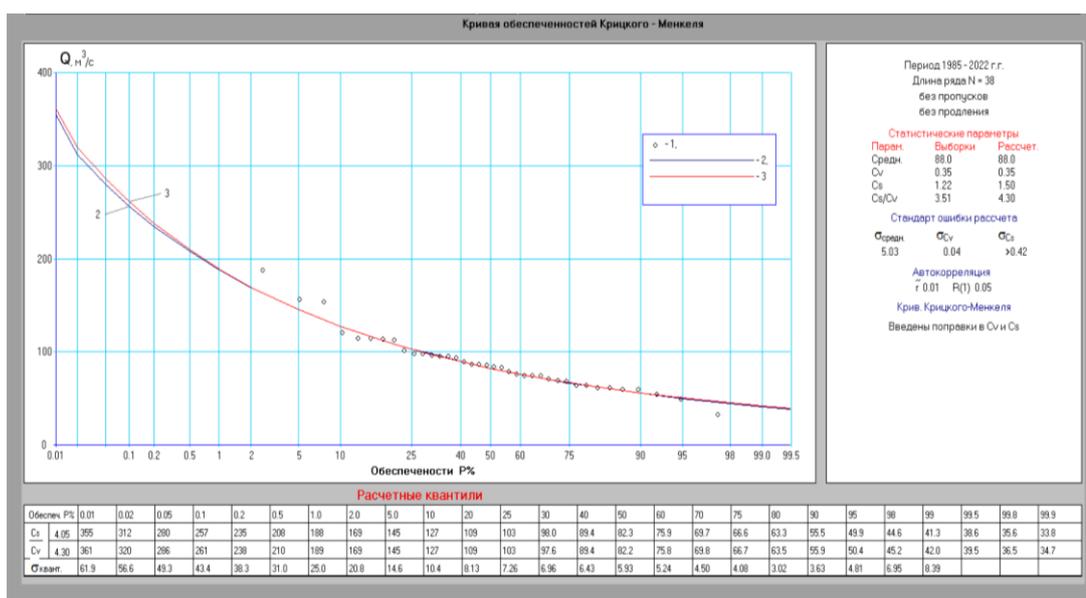


Рисунок 3.3.16– Кривая обеспеченностей Крещого-Менкеля высших уровней воды г.п. р. Сума – с. Сумский Посад

Река Верхний Выг – д. Огорельши

По данному посту превышения носили эпизодический характер (2 случая), оба связаны с весенними паводками. Максимальное превышение — 44 см, обеспеченность 8.3 %, категория — «умеренно опасные».

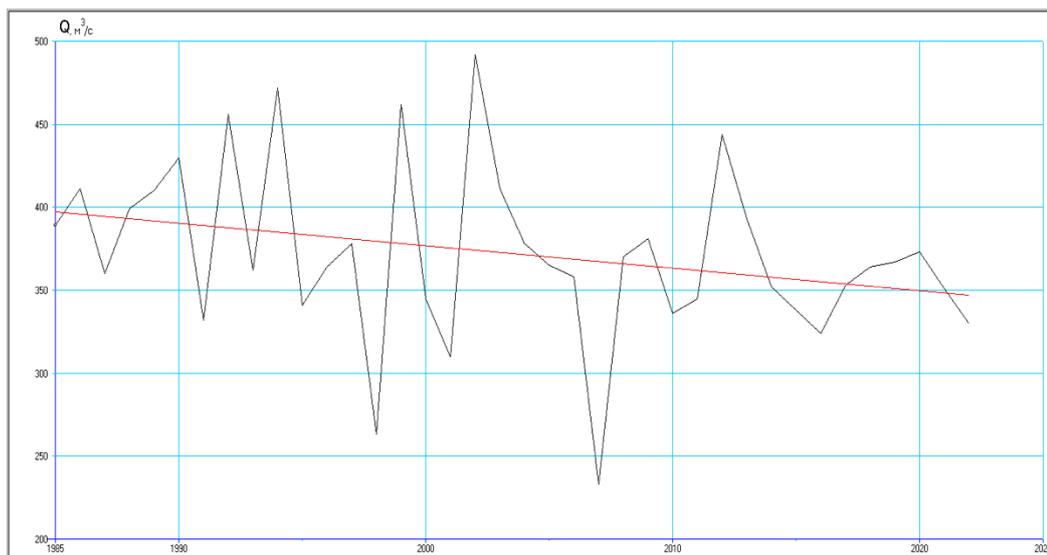


Рисунок 3.3.18–Многолетние колебания высших уровней воды г.п. р. Верхний Выг – д. Огорельши

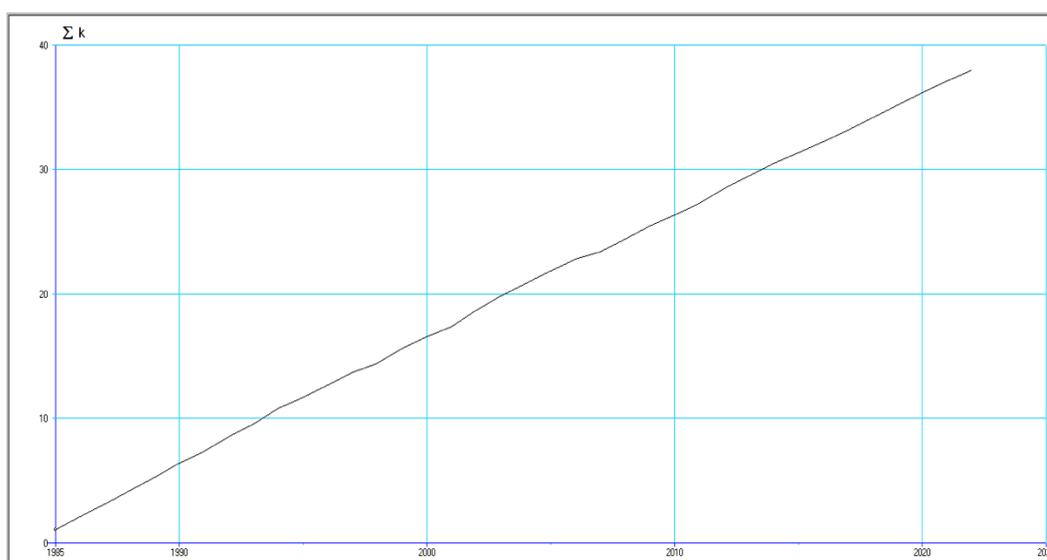


Рисунок 3.3.19 – Интегральная кривая высших уровней воды г.п. р. Верхний Выг – д. Огорельши

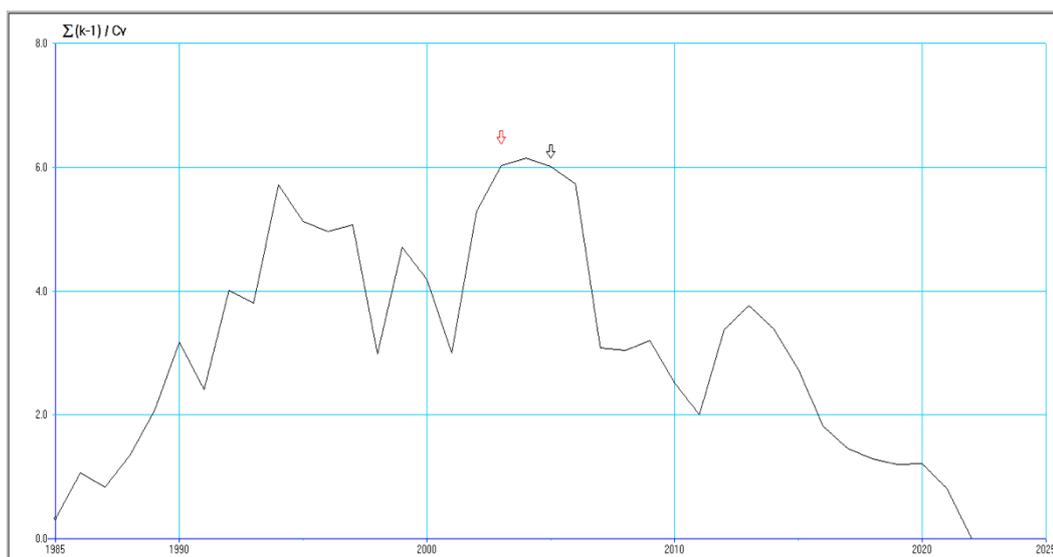


Рисунок 3.3.20 – Разностно-интегральная кривая высших уровней воды г.п. р. Верхний Выг – д. Огорельши

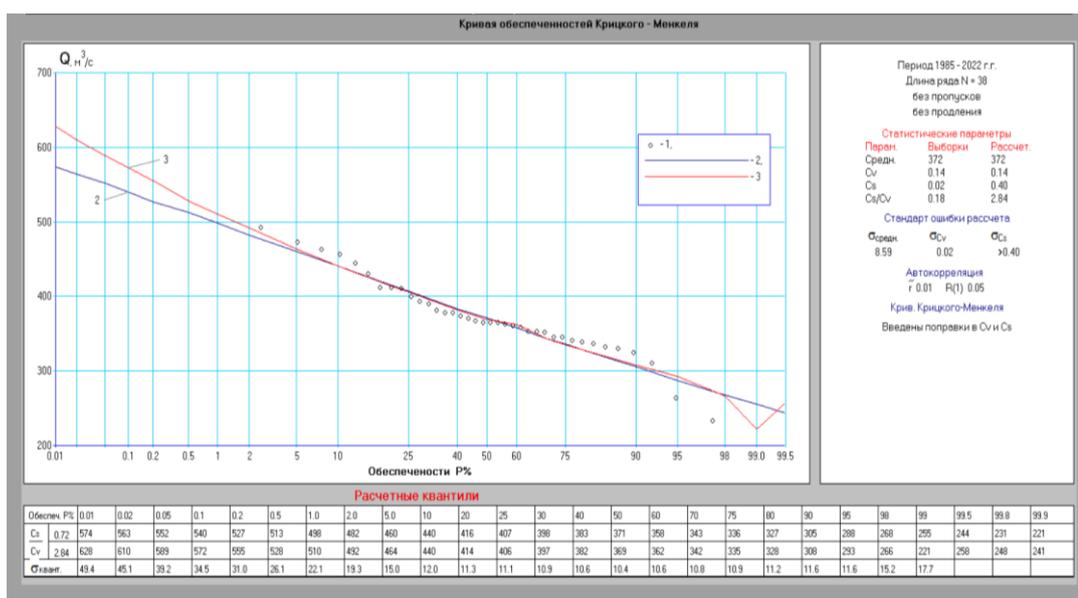


Рисунок 3.3.21 – Кривая обеспеченностей Крицкого-Менкеля высших уровней воды г.п. р. Верхний Выг – д. Огорельши

Река Кумса – г. Медвежьегорск

Превышения критических отметок фиксировались 3 раза, в основном при длительных дождях в сентябре. Наиболее выраженное — в 2007 году (превышение 39 см), продолжительность — 1 сутки.

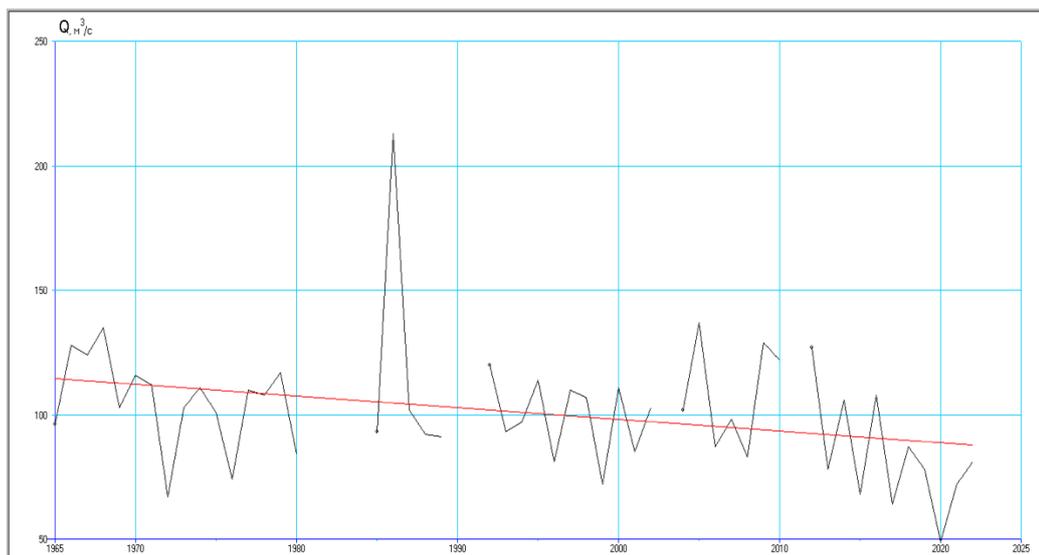


Рисунок 3.3.22 – Многолетние колебания высших уровней воды г.п. р. Кумса – г. Медвежьегорск

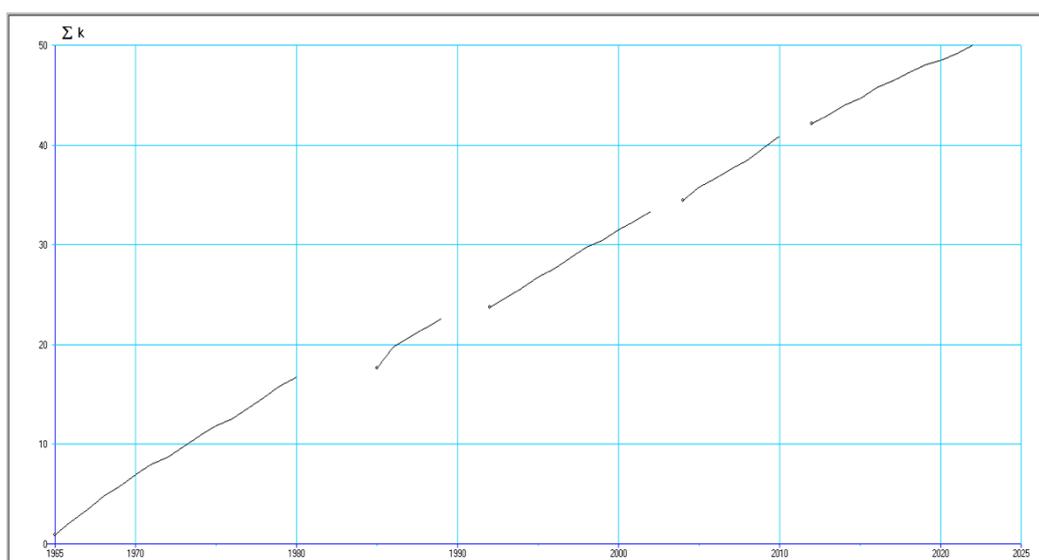


Рисунок 3.3.23 – Интегральная кривая высших уровней воды г.п. р. Кумса – г. Медвежьегорск

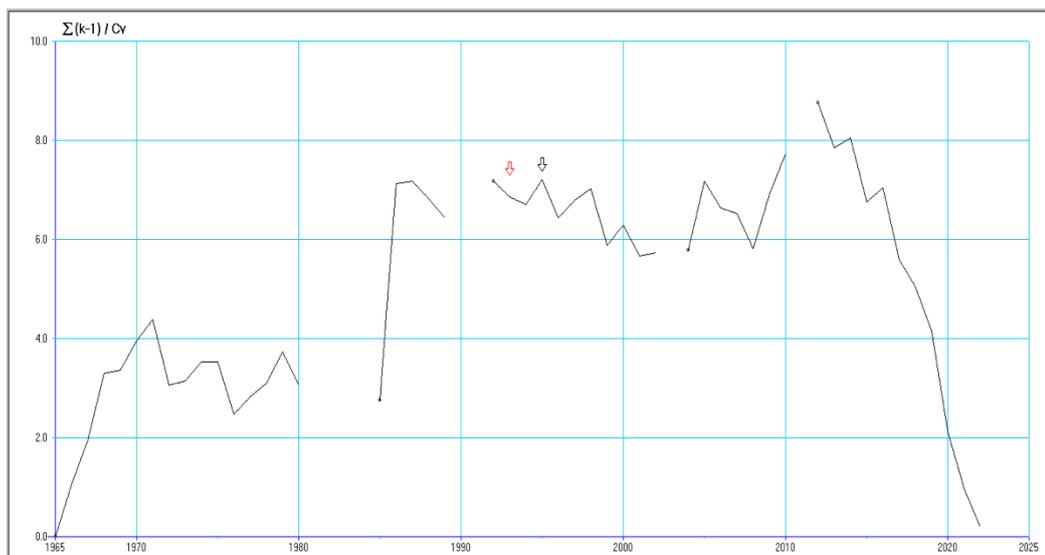


Рисунок 3.3.24 – Разностно-интегральная кривая высших уровней воды г.п. р. Кумса – г. Медвежьегорск

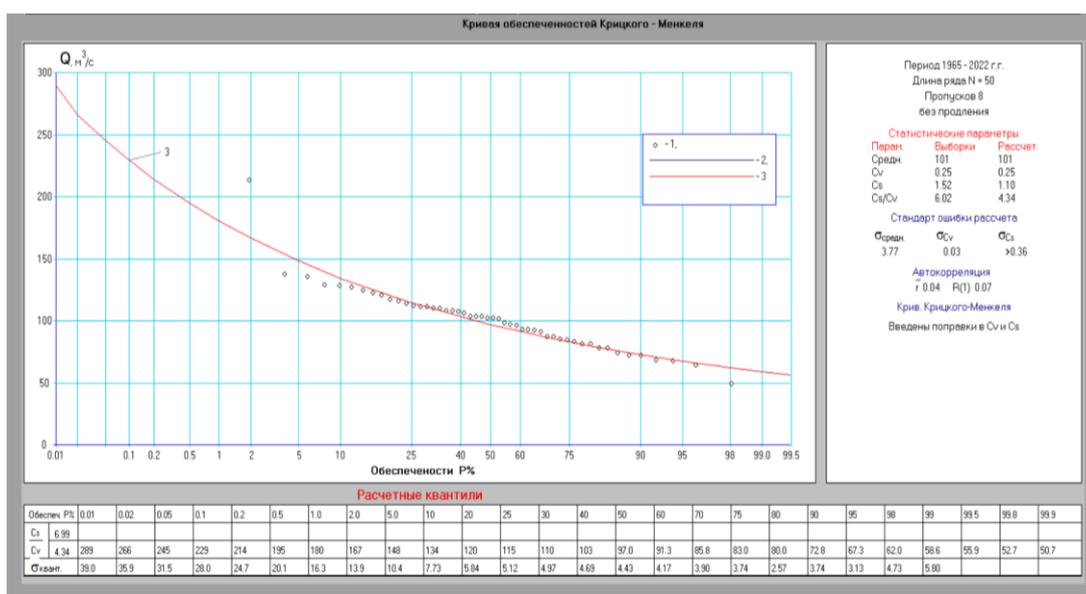


Рисунок 3.3.25 – Кривая обеспеченностей Крицкого-Менкеля высших уровней воды г.п. р. Кумса – г. Медвежьегорск

Река Олонка – г. Олонец

Значительные уровни зафиксированы в 1994 и 2013 гг., однако превышения были незначительными (до 26 см), обеспеченность ~12 %. Уровни классифицированы как неопасные либо граничные по критерию ОГЯ.

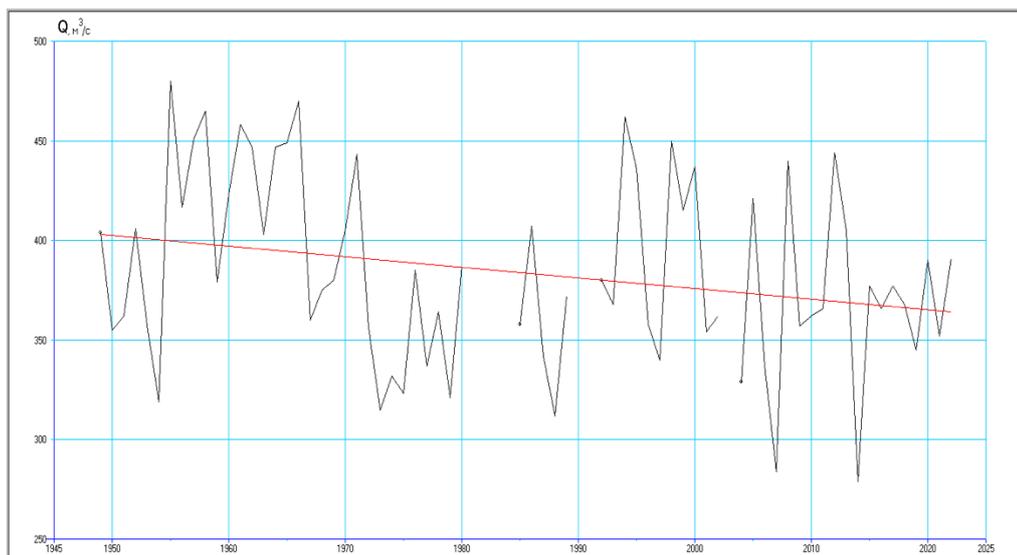


Рисунок 3.3.26 – Многолетние колебания высших уровней воды г.п. р. Олонка – г. Олонец

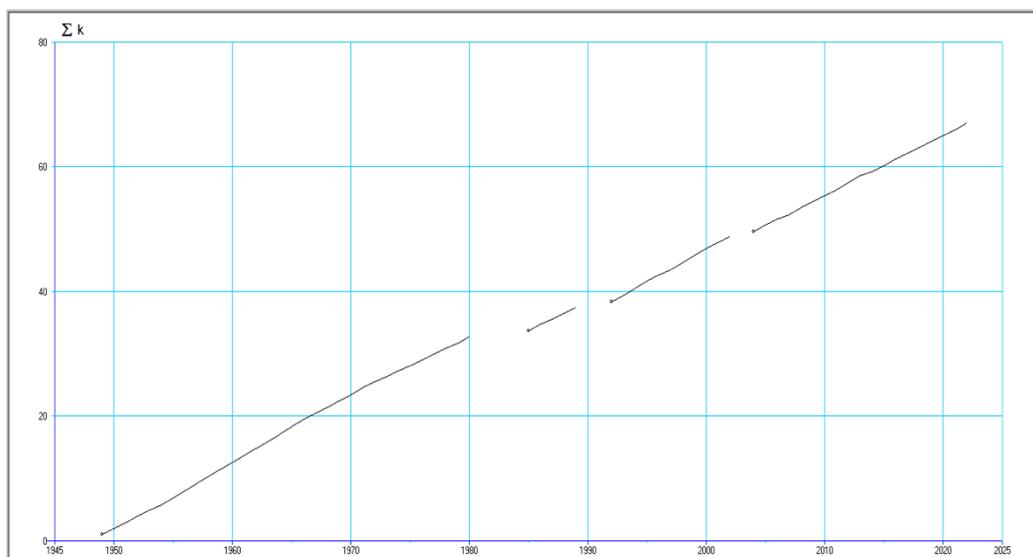


Рисунок 3.3.27 – Интегральная кривая высших уровней воды г.п. р. Олонка – г. Олонец

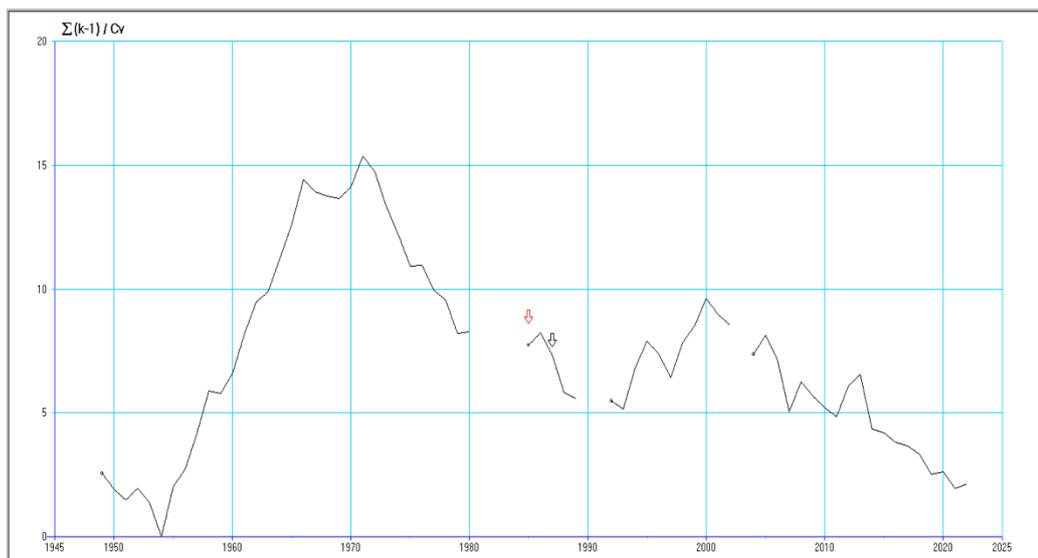


Рисунок 3.3.28 – Разностно-интегральная кривая высших уровней воды г.п. р. Олонка – г. Олонец

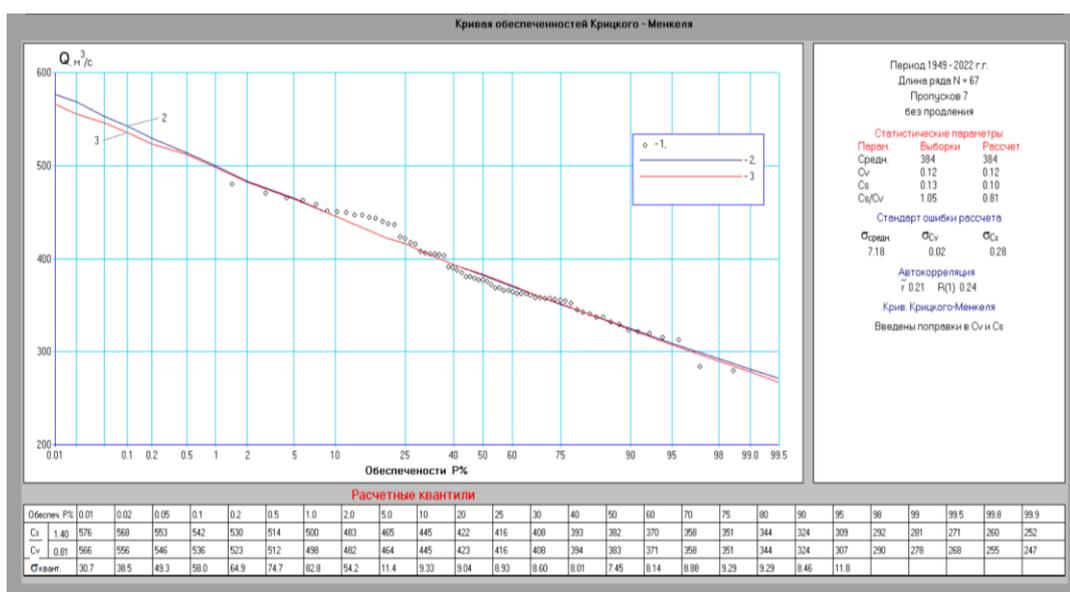


Рисунок 3.3.29 – Кривая обеспеченностей Крицкого-Менкеля высших уровней воды г.п. р. Олонка – г. Олонец

Река Ивина – пгт Ладва

Наблюдались частые высокие уровни, но превышение критических значений происходило только в 2-х случаях. Категория — «умеренно опасные». Превышение не более 30 см.

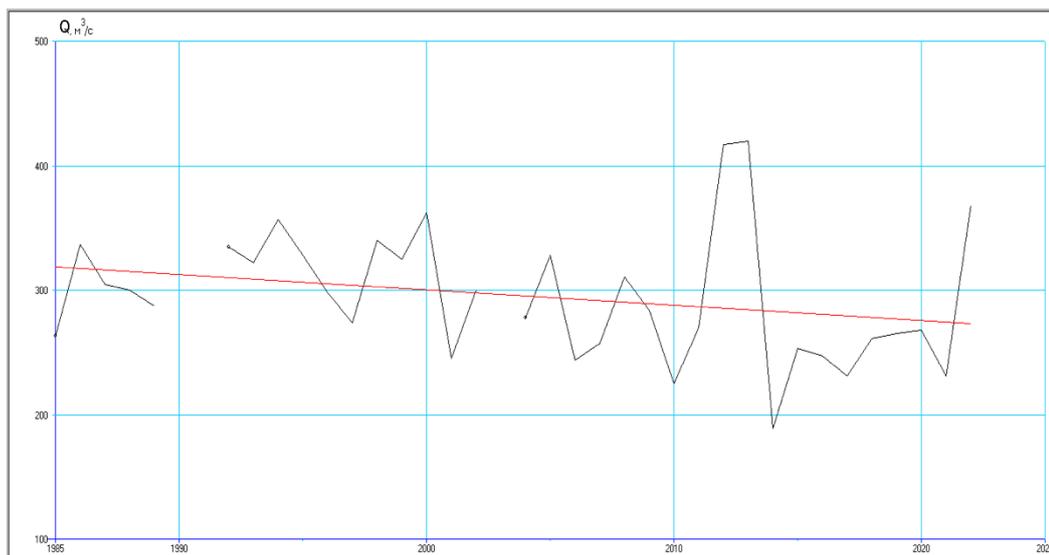


Рисунок 3.3.30 – Многолетние колебания высших уровней воды г.п. р. Ивина – пгт Ладва

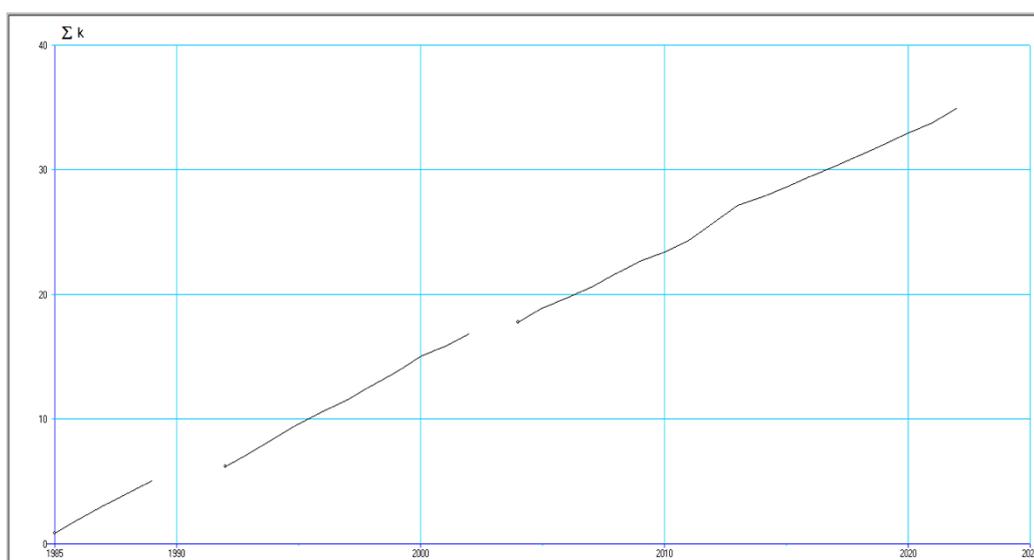


Рисунок 3.3.31 – Интегральная кривая высших уровней воды г.п. р. Ивина – пгт Ладва

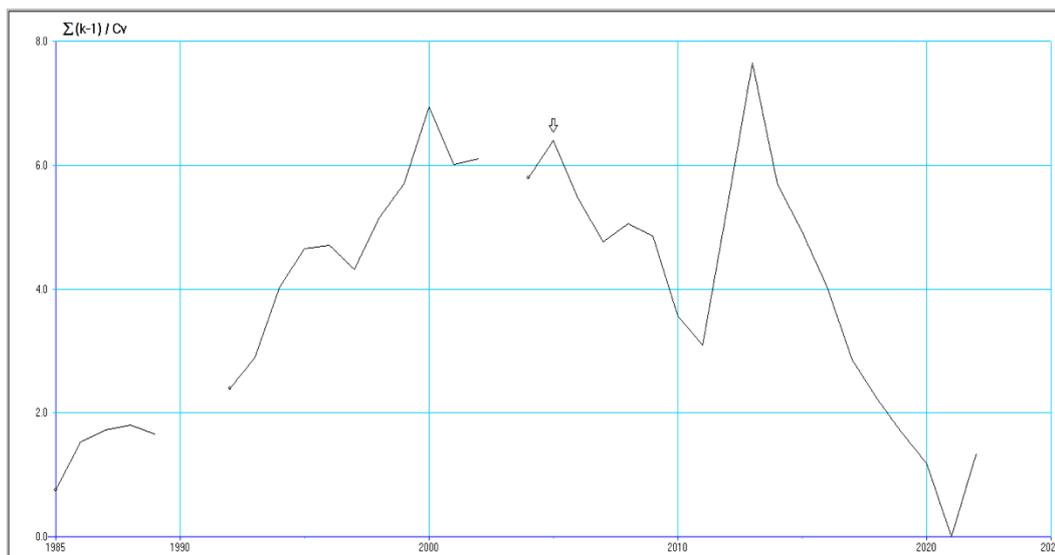


Рисунок 3.3.32 – Разностно-интегральная кривая высших уровней воды г.п. р. Ивина – пгт Ладва

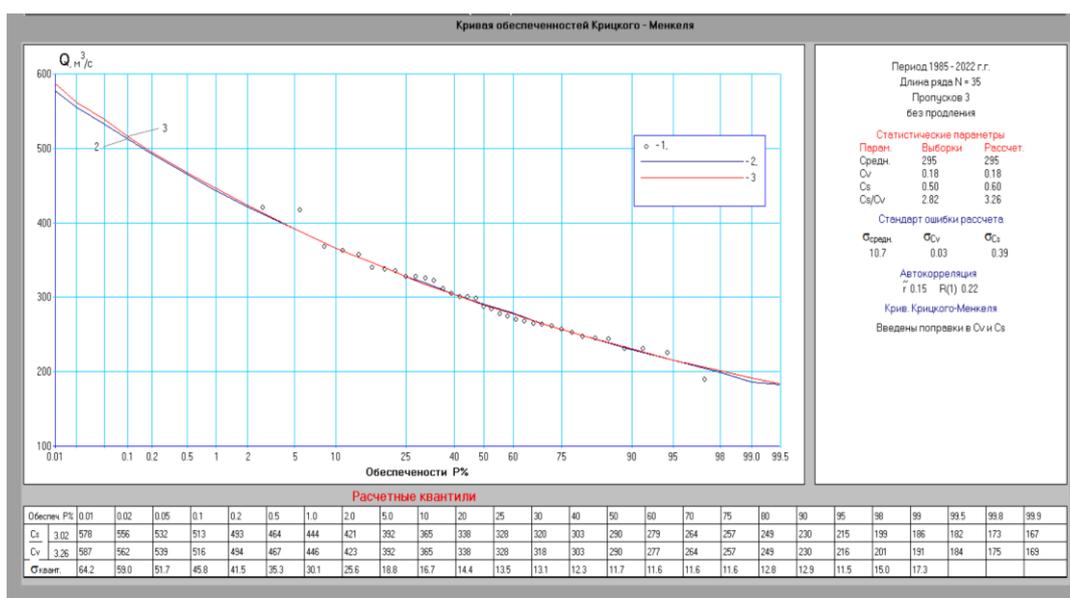


Рисунок 3.3.33– Кривая обеспеченностей Крицкого-Менкеля высших уровней воды г.п. р. Ивина – пгт Ладва

Река Шуя – д. Бесовец

Повторяемость превышений — около 5 %. Максимальное наблюдение — в 1989 году, превышение 48 см, продолжительность события — 2 суток. Категория — «опасные».

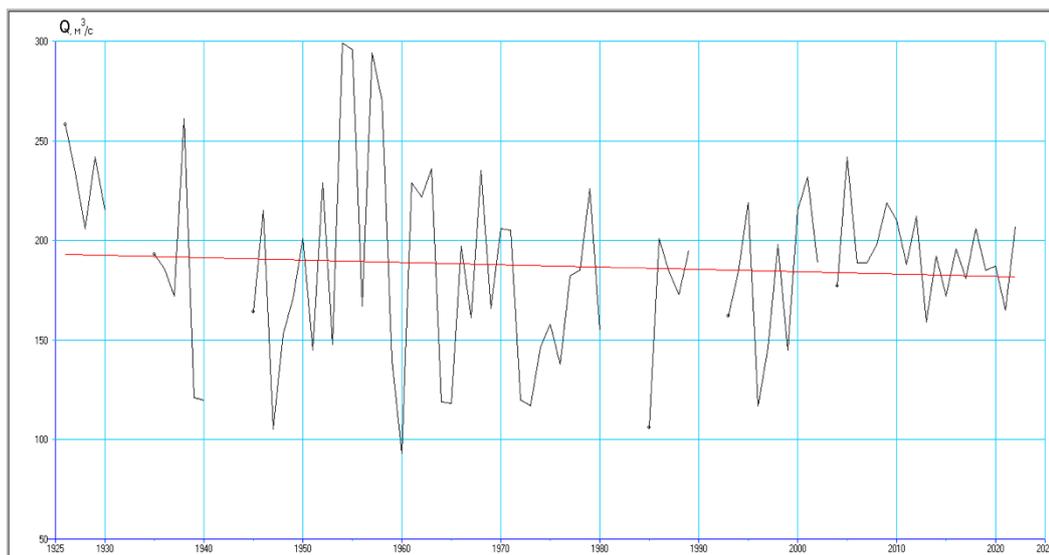


Рисунок 3.3.34 – Многолетние колебания высших уровней воды г.п. р. Шуя – д. Бесовец

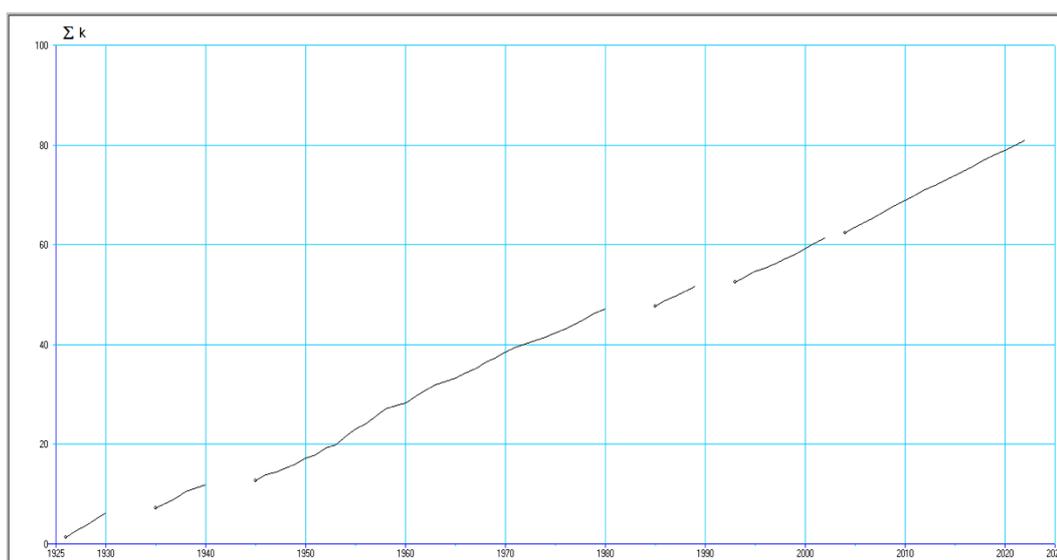


Рисунок 3.3.35 – Интегральная кривая высших уровней воды г.п. р. Шуя – д. Бесовец

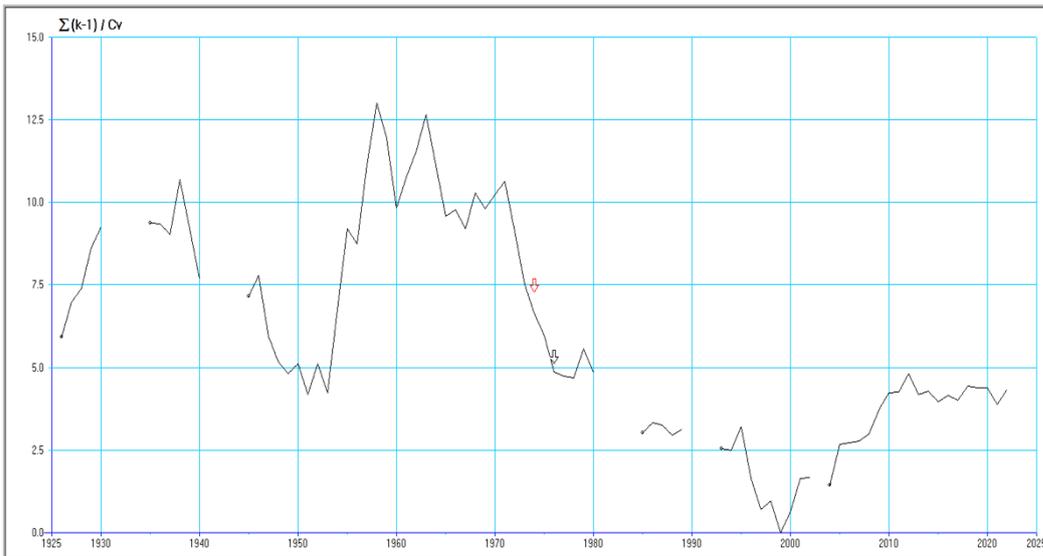


Рисунок 3.3.36 – Разностно-интегральная кривая высших уровней воды г.п. р. Шуя – д. Бесовец

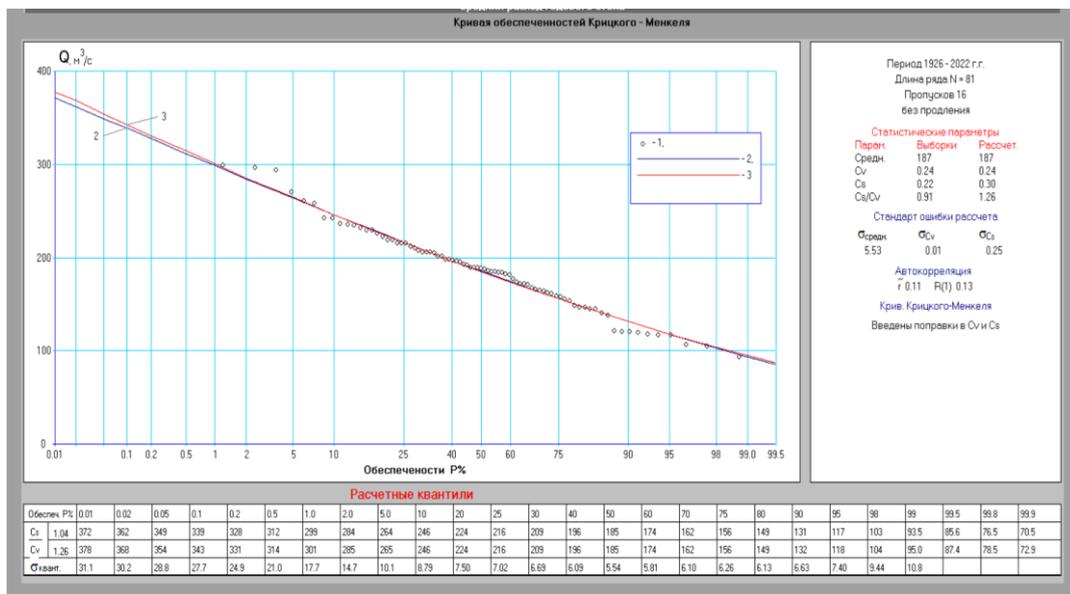


Рисунок 3.3.37 – Кривая обеспеченностей Крещого-Менкеля высших уровней воды г.п. р. Шуя – д. Бесовец

Река Лососинка – г. Петрозаводск

Превышения ОГЯ в многолетнем ряду не зафиксированы. Наивысшие уровни воды приближались к критическим в период 1987–1990 гг., но сохраняли превышение в пределах 10–15 см — классифицируются как неопасные.

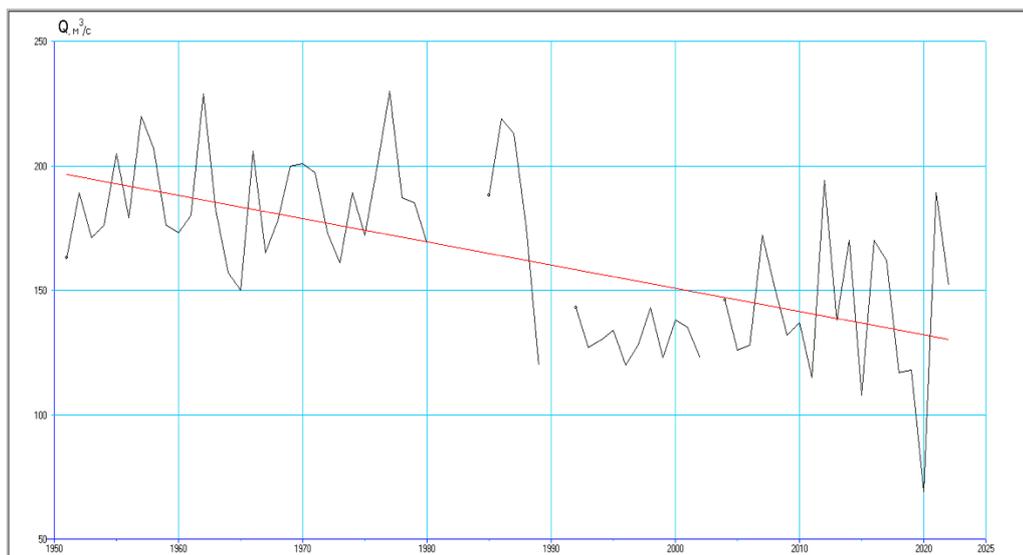


Рисунок 3.3.38 – Многолетние колебания высших уровней воды г.п. р. Лососинка – г. Петрозаводск

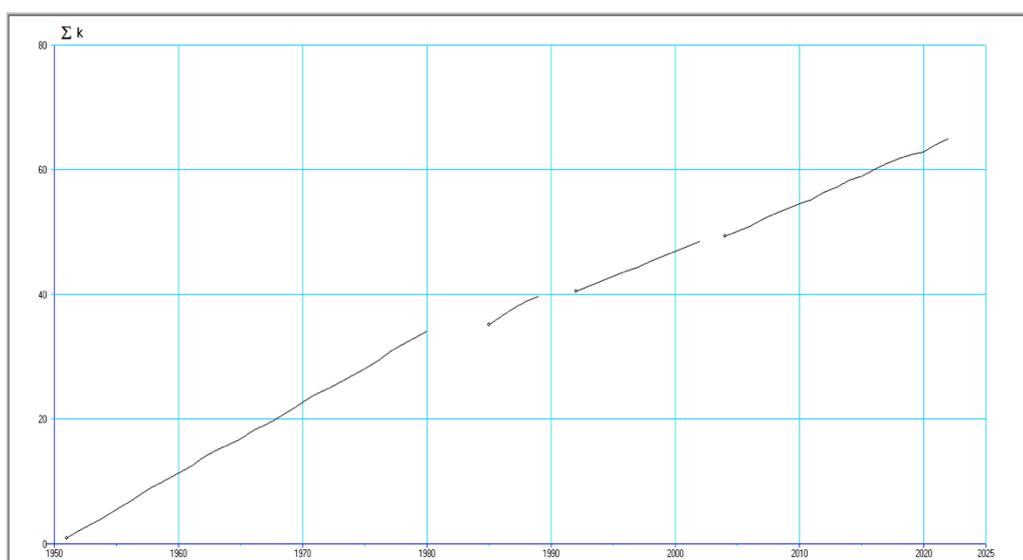


Рисунок 3.3.39 – Интегральная кривая высших уровней воды г.п. р. Лососинка – г. Петрозаводск

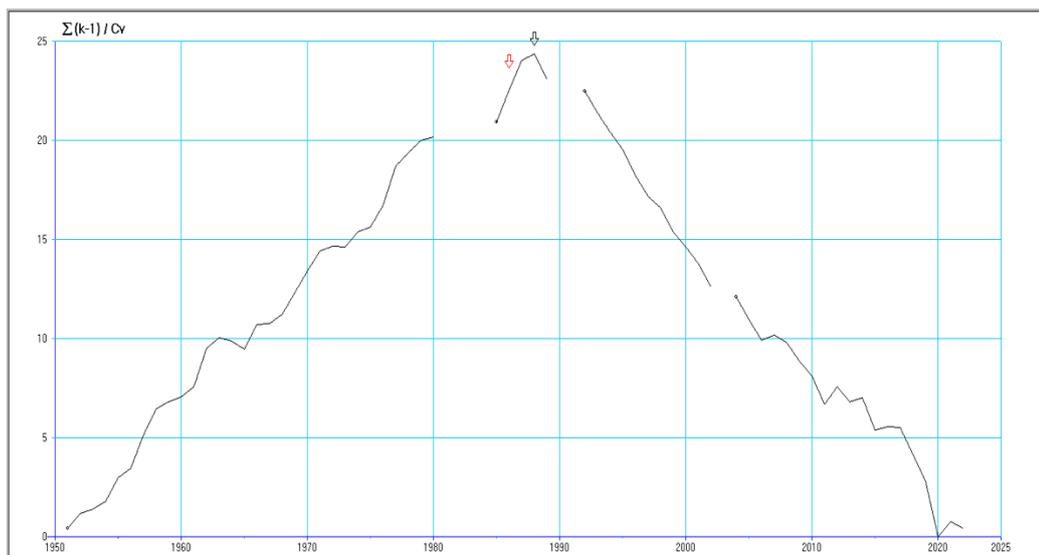


Рисунок 3.3.40 – Разностно-интегральная кривая высших уровней воды г.п. р. Лососинка – г. Петрозаводск

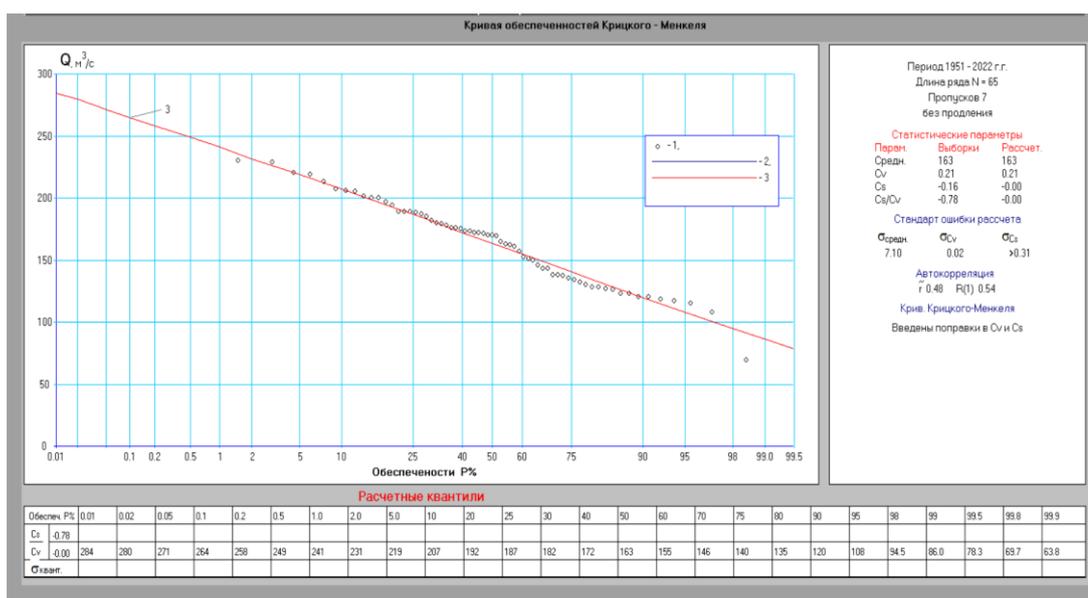


Рисунок 3.3.41 – Кривая обеспеченностей Крыцкого-Менкеля высших уровней воды г.п. р. Лососинка – г. Петрозаводск

Анализ показал, что на большинстве исследуемых постов фиксировались случаи превышения установленных критических отметок, что указывает на вероятность возникновения опасных гидрологических явлений в пределах Карелии и Мурманской области. Наиболее подвержены риску паводков и подтоплений территории вблизи рек Варзуга, Кола, Сума и Шуя.

Превышения характеризуются преимущественно весенним генезисом, обусловленным интенсивным снеготаянием. Категории опасности распределились следующим образом:

- «Весьма опасные» — 3 случая (Кола, Варзуга, Сума);
- «Опасные» — 6 случаев (Шуя, Бесовец, Верхний Выг и др.);
- «Умеренно опасные» — 4 случая;
- Безопасные — 1 пост (Лососинка).

Полученные результаты позволяют обоснованно использовать выявленные закономерности при проектировании мероприятий по снижению риска затоплений, а также при актуализации перечней ОГЯ на основе обновлённых данных наблюдений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе была проведена оценка рисков, связанных с неблагоприятными гидрометеорологическими условиями на территории Республики Карелия и Мурманской области. Эти регионы отличаются суровым климатом, сложным рельефом и большим количеством водных объектов, поэтому подвержены таким опасным явлениям, как сильные осадки, ветры, заморозки и наводнения.

Для оценки рисков были рассмотрены современные методы: статистический анализ, климатическое моделирование, использование ГИС и спутниковых данных, а также анализ уязвимости территорий. В работе использовались фактические данные метеостанций и гидрологических постов, что позволило более точно оценить вероятность наступления опасных явлений.

Результаты исследования могут быть полезны для служб предупреждения и ликвидации ЧС, а также при планировании строительства и защиты населённых пунктов. Особенно важно заранее знать, какие районы подвержены риску, чтобы вовремя принять меры и снизить возможный ущерб. Таким образом, проделанная работа подтверждает необходимость регулярного анализа климатических рисков для обеспечения безопасности населения и устойчивого развития северных регионов России.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Громцев А.Н. и др. Особенности и экологическая оценка природных комплексов центральной части Западно-Карельской возвышенности [Текст] // Труды Карельского научного центра РАН. - № 2. – 2011. – С. 56 – 75. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-i-ekologicheskaya-otsenka-prirodnih-kompleksov-tsentralnoy-chasti-zapadno-karelskoj-vozyshennosti> (дата обращения: 10.05.2025).

2. Мурманская область. [Текст] // Электронный ресурс. Режим доступа: https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Мурманская_область (дата обращения: 10.05.2025).

3. Физическая география – Кольский полуостров и Карелия (Балтийский кристаллический щит) [Текст] // Электронный ресурс. Режим доступа: <https://arz.unn.ru/2016-05-16-10-34-33/1180-2016-05-19-07-37-38> (дата обращения: 10.05.2025).

4. Кольская энциклопедия. Природные условия [Текст] // Электронный ресурс. Режим доступа: https://ke-culture.gov-murman.ru/murmanskaya_oblast/5237/ (дата обращения: 10.05.2025).

5. Гнатюк Е.П. и др. Биогеографическая характеристика приграничной Карелии [Текст]// Труды Карельского научного центра РАН. - № 2. – 2011. – С. 12 – 22. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/biogeograficheskaya-harakteristika-prigranichnoy-karelii> (дата обращения: 10.05.2025).

6. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2018 году. [Текст] // Министерство природных ресурсов и экологии Мурманской области. Электронный ресурс. Режим доступа: https://gov-murman.ru/upload/iblock/4a3/Doklad_zh-2018-god_28-05-2019_ITOG.pdf (дата обращения: 10.05.2025).

7. Литвиненко А. В. и др. Водные ресурсы Карелии: основные проблемы рационального использования и охраны [Текст] // Труды Карельского научного центра РАН. - № 4. – 2011. – С. 12 – 20. Электронный ресурс. Режим доступа:

<https://cyberleninka.ru/article/n/vodnye-resursy-karelii-osnovnye-problemy-ratsionalnogo-ispolzovaniya-i-ohrany/viewer> (дата обращения: 10.05.2025).

8. Коновалова О.Е. Возобновляемые речные ресурсы Мурманской области [Текст] // Электронный ресурс. Режим доступа https://www.elibrary.ru/download/elibrary_44289759_50638101.pdf (дата обращения: 10.05.2025).

9. Погодные условия и климат Карелии в разное время года [Текст] // Электронный ресурс. Режим доступа <https://otdyhvkarelii.ru/articles/klimat-i-pogoda-karelii-v-raznoe-vremya-goda/> (дата обращения: 10.05.2025).

10. Сидельникова Е. О. и др. Влияние климатических факторов на здоровье населения Арктической зоны РФ [Текст] // Электронный ресурс. Режим доступа: http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/rid_38f99e67057d480f88bf3c13af20579c.pdf (дата обращения: 10.05.2025).

11. Липка О.Н. Оценка риска природных систем России, связанного с опасными метеорологическими явлениями [Текст] // Фундаментальная и прикладная климатология. - № 3. –С. 52 – 73. Электронный ресурс. Режим доступа http://downloads.igce.ru/journals/FAC/FAC_2022/FAC_2022_3/Lipka_O_N_FAC_2022_3.pdf (дата обращения: 10.05.2025).

12. Истомина Е.П. и др. Оценка риска экстремальных гидрометеорологических явлений [Текст] // Электронный ресурс. Режим доступа: http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/16-2.pdf (дата обращения: 10.05.2025).

13. Акентьева Е.М. и др. Доклад о климатических рисках на территории РФ [Текст] // Федеральная служба по Гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://meteoinfo.ru/images/media/books-docs/klim-riski-2017.pdf> (дата обращения: 10.05.2025).

14. Лора Патерсон и др. Использование научных исследований системы Земля, соответствующих технологий и обслуживания для снижения риска бедствий – вклад ВМО [Текст] // Всемирная метеорологическая организация.

Электронный ресурс. Режим доступа: <https://wmo.int/ru/media/magazine-article/ispolzovanie-nauchnykh-issledovaniy-sistemy-zemlya-sootvetstvuyuschikh-tekhnologiy-i-obsluzhivaniya> (дата обращения: 10.05.2025).

15. РД 52.04563-2002. Критерии опасных гидрометеорологических явлений и порядок подачи штормового предупреждения.

16. ФГБУ «Мурманское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». Официальный сайт: <https://www.kolgimet.ru/>.

17. Карельский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиал ФГБУ «Северо-Западное УГМС». Официальный сайт: <https://kareliameteo.ru/pogoda/perechen-i-kriterii-opasnyh-prirodnih-javlenij-po-respublike-karelija/>

18. Булыгина О.Н., Разуваев В.Н., Александрова Т.М. «Описание массива данных суточной температуры воздуха и количества осадков на метеорологических станциях России и бывшего СССР (ТТТТ)». Электронный ресурс. Режим доступа: <http://meteo.ru/data/temperature-precipitation/>. (дата обращения: 11.03.2025).

19. Государственный водный кадастр. Характерные уровни воды рек, каналов, озер и водохранилищ (погодичные данные). Том I. РСФСР. Выпуск 5. Бассейн рек Балтийского моря.

20. Государственный водный кадастр. Характерные уровни воды рек, каналов, озер и водохранилищ (погодичные данные). Том I. РСФСР. Выпуск 6. Бассейн рек Кольского полуострова.

21. Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов. Электронный ресурс. Режим доступа: <https://gmvo.skniivh.ru/index.php?id=505> (дата обращения: 05.03.2025).

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А. Перечни и критерии опасных гидрометеорологических явлений в зоне ответственности ФГБУ «Мурманское УГМС» и по Республике Карелия

СОГЛАСОВАНО
Начальник УГНС Росгидромета



И.А.Евдокимов
«24» июля 2020 года

УТВЕРЖДАЮ
Начальник
ФГБУ «Мурманское УГМС»



С.М.Чаус
«28» июля 2020 года

Перечень и критерии опасных гидрометеорологических явлений в зоне ответственности ФГБУ «Мурманское УГМС»

1. Метеорологические явления

Название ОЯ	Определение ОЯ	Критерии ОЯ
Очень сильный ветер	Сильный штормовой ветер разрушительной силы	Ветер с максимальной скоростью 25 м/с и более, на побережье Мурмана 35 м/с и более
Очень сильный дождь и приравненные к нему смешанные осадки	Дождь и приравненные к нему смешанные осадки: дождь со снегом, мокрый снег, снег с дождем.	Количество осадков 50 мм и более за период времени 12 часов и менее
Сильный ливень	Сильный дождь или ливневый дождь отличающийся высокой интенсивностью	Количество выпавших осадков 30 мм и более за 1 час и менее
Продолжительный сильный дождь	Дождь почти непрерывный (с перерывами не более 1 ч) в течение нескольких суток	Количество выпавших осадков 100 мм и более за период времени 48 часов и менее
Крупный град	Крупные частички льда (градины), выпадающие из кучево-дождевых облаков	Средний диаметр самых крупных градин не менее 20 мм
Очень сильный снег (снегопад)	Значительные твердые осадки (снег, ливневый снег и др.)	Количество осадков 20 мм и более за период 12 ч и менее
Сильная метель	Перенос снега с подстилающей поверхности, часто сопровождаемый выпадением снега из облаков, сильным ветром, ухудшением метеорологической дальности видимости	Метель при средней скорости ветра не менее 15 м/с, видимости не более 500м и продолжительностью не менее 12ч
Сильное гололедно-изморозевое отложение	Сильное отложение льда (стекловидного, кристаллического, снеговидного) на проводах гололедного станка	Диаметр отложений: - гололеда - не менее 20 мм - сложного отложения или мокрого (замерзающего) снега - не менее 35 мм - изморози - не менее 50 мм
Сильный мороз	В период с ноября по март низкая минимальная температура воздуха	Минимальная температура воздуха: -35°C и ниже
Сильная жара	В период с июня по август высокая максимальная температура воздуха	Максимальная температура воздуха +30 °C и выше
Чрезвычайная пожарная опасность	Показатель пожарной опасности, рассчитанный по формуле Нестерова	Пятый региональный класс
Сильный туман (сильная мгла)	Сильное помутнение воздуха за счет скопления мельчайших частиц воды (пыли, продуктов горения), вызывающее ухудшение метеорологической дальности видимости.	Метеорологическая дальность видимости не более 50 м продолжительностью не менее 12 часов.

2. Гидрологические явления

Название ОЯ	Определение ОЯ	Критерии ОЯ
Половодье	Фаза водного режима реки, ежегодно повторяющаяся в данных климатических условиях в один и тот же сезон, характеризующаяся наибольшей водностью, высоким и длительным подъемом уровня воды, и вызываемая снеготаянием или совместным таянием снега и ледников.*	
*Опасные отметки высоких уровней воды для основных гидрологических постов		
р.Варзуга	Повышение уровня воды на гидрологическом посту р.Варзуга – с.Варзуга до уровня затопления жилой зоны с. Варзуга	14,71 м БС (600 см над «0» графика гидрологического поста)
р.Кола	Повышение уровня воды на гидрологическом посту р.Кола – 1429-ый км Октябрьской ж.д. до уровня затопления многоквартирных домов в п.г.т.Кильдинстрой	27,53 м БС (400 см над «0» графика гидрологического поста)

3. Морские гидрометеорологические явления

Название ОЯ	Определение ОЯ	Критерии ОЯ
Сильное волнение	Высокие ветровые волны и волны зыби в прибрежных районах и в открытом море или океане	Высота волн: - на акватории обслуживаемых морей не менее 8 м - на побережье Мурмана не менее 6 м
Очень сильный ветер	Ветер разрушительной силы на акватории портов, прибрежных районах и в открытом море	Скорость ветра: - на акваториях портов не менее 25 м/с; - на акваториях обслуживаемых морей не менее 30 м/с (включая порывы); - не менее 35 м/с на побережье Мурмана
Обледенение судов	Быстрорастущее оледенение палубных конструкций судов, приводящее к переворачиванию судов в силу смещений их метацентра	Быстрое и очень быстрое обледенение судов при скорости нарастания льда не менее 0.7 см/час
Туман-парение в Кольском заливе		Туман с видимостью не более 100 м в течение 3-х суток
Замерзание Кольского залива	_____	_____

**Перечень и критерии комплексов неблагоприятных
метеорологических явлений (КМЯ) сочетания которых образуют ОЯ
в зоне ответственности ФГБУ «Мурманское УГМС»**

Комплекс метеорологических явлений	Критерии КМЯ
Сильный снег, сильный ветер, в том числе шквал, метель	Количество выпавших осадков 6-19 мм за период времени 12 часов при ветре 20-24 м/с, образование снежных заносов на дорогах в результате переноса снега.
Сильный дождь и приравненные к нему смешанные осадки, сильный ветер, в том числе шквал	Количество выпавших осадков 35-49 мм за период времени не более 12 часов при ветре 20-24 м/с

Перечень и критерии опасных природных явлений по Республике Карелия

№ п/п	Явление	Характер явления		
		Характеристика явления	Интенсивность	Продолжительность
1	2	3	4	5
Опасные явления				
1. Метеорологические				
1.1	Очень сильный ветер	Скорость ветра	порывы 25 м/с и более или средняя не менее 20 м/с	любая
1.2	Ураган (ураганный ветер)	Скорость ветра	33 м/с и более	любая
1.3	Смерч	Сильный вихрь с вертикальной осью в виде столба или воронки, направленной от облака к подстилающей поверхности	наличие	любая
1.4	Шквал	Резкое кратковременное усиление ветра	25 м/с и более	в течение нескольких минут, но не менее 1 мин.
1.5	Сильный ливень (очень сильный ливневый дождь)	Количество осадков за период времени	30 мм и более	за 1 час и менее
1.6	Очень сильный дождь (дождь со снегом, мокрый снег)	Количество осадков за период времени	50 мм и более	за 12 часов и менее
1.7	Очень сильный снег	Количество осадков за период времени	20 мм и более	за 12 часов и менее
1.8	Продолжительный сильный дождь	Дождь с короткими перерывами (не более 1 часа) с количеством осадков за период времени	100 мм и более или 120 мм	за 2 суток и менее более 2 суток
1.9	Крупный град	Диаметр	20 мм и более	любая

1.10	Сильная метель, в т.ч. низовая	Скорость ветра в порывах, видимость при метели за период времени	15 м/с и более менее 500 м	12 часов и более
1.11	Сильное гололедно-изморозевое отложение	Диаметр отложения льда на проводах гололедного станка, диаметр сложного отложения и/или мокрого (замерзающего) снега, диаметр изморози	20 мм и более 35 мм и более 50 мм и более	любая любая любая
1.12	Сильный мороз (ноябрь-март)	Минимальная температура	-40 градусов и ниже -35 градусов и ниже	любая 5 суток и более
1.13	Аномально-холодная погода(октябрь-март)	Среднесуточная температура воздуха ниже климатической нормы по территории Республики Карелия и г. Петрозаводск	10 градусов и более	5 суток и более
1.14	Сильная жара(май-август)	Максимальная температура	+ 35 градусов	любая
1.15	Аномально-жаркая погода (апрель-сентябрь)	Среднесуточная температура воздуха выше климатической нормы по территории Республики Карелия и г. Петрозаводск	7 градусов и более	5 суток и более
1.16	Чрезвычайная пожарная опасность	Показатель пожарной опасности	5 класс (10000 градусов и более по формуле Нестерова)	любая
1.17	Сильный туман (сильная мгла)	Видимость	50 м и менее	12 часов и более
2. Агрометеорологические				
2.1	Заморозки	Понижение температуры	Ниже 0 градусов	любая

		ниже 25 градусов.		
2.4	Засуха почвенная	В вегетационный период малые запасы продуктивной влаги в слое почвы 0-20 см. Малые запасы продуктивной влаги в слое почвы 0-100 см в начале периода засухи	10 мм и менее менее 50 мм	30 дней подряд и более 20 дней подряд и более
2.5	Вымерзание озимых посевов	Понижение температуры на глубине узла кущения ниже критической температуры	отсутствие снежного покрова высота снежного покрова менее 5 см	температура воздуха ниже -25 град. температура воздуха ниже -30 град.
2.6	Выпревание озимых посевов	Залегание высокого снежного покрова при слабо промерзшей (до глубины менее 30 см) или талой почве при минимальной температуре почвы на глубине 3 см -1 градус и выше	более 30 см	более 60 дней
2.7	Ледяная корка	В период зимовки озимых культур	притертая ледяная корка толщиной 2 см и более	40 дней и более
2.8	Вымокание	В весенний и осенний период затопление растений водой на полях	1/3 площади поля	более 10 дней
3. Гидрологические				
№ п/п	Явление	Характеристика явления	Опасные отметки уровней воды	Продолжительность

		воздуха или поверхности почвы на фоне положительных средних суточных температур в период активной вегетации с/х культур или уборки урожая, приводящее к их повреждению (средняя суточная температура выше 10 градусов)		
2.2	Переувлажнение почвы	Состояние почвы в вегетационный период на глубине 10-12 см при визуальной оценке увлажненности: - в период уборки - в отдельные дни возможен переход почвы в иное состояние	липкое или текучее -/- мягкопластичное или другое состояние	не менее 20 дней подряд не менее 10 дней не более 20% продолжительности периода
2.3	Засуха атмосферная	В вегетационный период: Отсутствие эффективных осадков при максимальной температуре воздуха и низкой влажности воздуха. В отдельные дни наличие максимальных температур	менее 5 мм выше 25 град.	30 дней подряд и более не более 25 % продолжительности периода

			см	мБС	
3.1	Высокий уровень воды	Уровень воды при половодьях, паводках, заторах и зажорах, вызывающих затопление строений и объектов жизнеобеспечения, расположенных в береговой зоне, наблюдаемый в пунктах: ГП-1 р. Кемь – г.Кемь ГП-1 р. Чирко-Кемь -с.Юшкозеро ГП-1 р. Шуя - с.Шуерецкое ГП-2 р. Нижний Выг - г.Беломорск ГП-1 р. Сума – с.Сумский Посад ГП-1 р. Водла - г.Пудож ГП-3 р. Водла – р.п.Подпорожье ОГП-1 вдхр Водлозерское - д.Куганаволок ГП-1 р. Верхний Выг – д.Огорелыши* ГП-1 р. Кумса - г.Медвежьегорск * ГП-1 р. Олонка - г.Олонец * ГП-1 р. Ивина - пгт Ладва * ГП-1 р. Шуя - д.Бесовец * ГП-1 р. Лососинка – г.Петрозаводск *	471 341 299 371 165 502 383 319 467 123 450 382 256 204	5.71 91.76 3.23 4.00 5.25 38.02 35.44 138.25 127.25 36.67 8.24 57.27 35.80 58.54	любая
3.2	Низкий уровень воды	Уровень воды ниже проектных отметок водозаборных сооружений в пунктах:	44 65	100.30 88.35	любая

		ОГП-1 вдхр Юшкозерское - пгт Калевала ОГП-1 вдхр Выгозерско- Ондское-пгт Надвоицы ОГП-2 оз. Онежское –г. Петрозаводск ОГП-1 вдхр Сегозерское – с.Паданы	20 115	32.00 114.85	
3.3	Раннее ледообразование	Экстремально раннее появление льда и образование ледостава на судоходных реках, озёрах и водохранилищах в пунктах: ГП-3 р. Водла - р.п.Подпорожье ОГП-2 оз. Онежское – г. Петрозаводск ОГП-1 оз. Онежское - д. Лонгасы ОГП-1 вдхр Выгозерско- Ондское – пгт Надвоицы	14.10/22.10 25.10/18.11 16.10/28.10 08.10/10.10		любая
Примечание: * - прогнозирование ОЯ (выпуск штормовых предупреждений) по данному пункту наблюдений осуществляется при наличии потребителей гидрометеорологической информации, обеспечивающих ежедневное поступление в Карельский ЦГМС - филиал ФГБУ «Северо-Западное УГМС» оперативных данных об уровне воды.					
4. Экстремально высокое загрязнение (ЭВЗ)					
4.1 А т м о с ф е р н ы й в о з д у х					
№	Явление	Характеристика	Интенсивность	Продолжит.	
4.1. 1	Содержание 1 или нескольких веществ, превышающее предельно допустимую среднесуточную концентрацию (ПДК сс)	Степень превышения за период	20-29 раз 30-49 раз 50 раз и более	2 суток и более 6 часов и более любая	
4.1. 2	Выпадение окрашенных дождей и др.	Наличие	любая	любая	

	атмосферных осадков, появление в осадках специфического запаха или несвойственного им вкуса			
4.1.3	Влияние атмосферного воздуха на органы чувств человека	Резь в глазах, слезотечение, привкус во рту, затрудненное дыхание, покраснение или другие изменения кожи, рвота и др. одновременно у нескольких десятков человек, появление устойчивого, не свойственного данной местности (сезону) запаха	любая	любая
4.2 Поверхностные воды суши и морские воды				
4.2.1	Максимальное разовое содержание веществ	Для нормируемых веществ: 1-2 класс опасности 3-4 класс опасности	5 ПДК и более 50 ПДК и более	любая любая
4.2.2	Низкое содержание растворенного кислорода	Снижение содержания	до 2 мг/л и менее	любая
4.2.3	Высокое биохимическое потребление кислорода (БПК-5)	Величина БПК-5	40 мг/л и более	любая
4.2.4	Загрязнение нерастворяемыми в воде веществами	Покрытие пленкой водного объекта при обзримой площади объекта: до 6 км ² 6 км ² и более	более 1/3 площади водного объекта 2 км ² и более	любая любая
4.2.5	Появление несвойственного во время ранее запаха	Интенсивность	4 балла и более	любая
4.3 Р а д и а ц и о н н о е				
4.3.1	Уровень мощности дозы гамма-излучения на местности на высоте 1 м от поверхности земли	Величина уровня	Превысила фоновое значение за прошедший	любая

			месяц на величину 0,60	
4.3. 2	Выпадение радиоактивных веществ	Плотность выпадения	Выше 110 Бк/м ² в сутки	любая
4.3. 3	Концентрация радиоактивных веществ в атмосферном воздухе	Величина концентрации	Выше 3700x10 ⁻⁶ Бк/м ³	любая
4.4 Аварийные и залповые выбросы / сбросы				
4.4. 1	Приведшие к ЭВЗ, зафиксированному аналитически или визуально	Наличие ЭВЗ	любая	любая
4.4. 2	Увеличение объемов поступления сточных вод от стационарных источников	Поступление сточных вод при увеличении концентрации загрязняющих веществ в них	в 10 раз	любая
4.4. 3	Попадание в окружающую среду токсичных загрязняющих веществ, для которых ПДК не установлены, в том числе нефтепродуктов, от нестационарных источников, транспорта	Количество	5 тонн и более	любая
4.5 Воздействие на флору и фауну				
4.5. 1	Массовая гибель (заболевание) рыбы и других водных организмов и растений	Наличие	любая	любая