МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра водно-технических изысканий

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(бакалаврская работа)

На тему _ **Геоэкологическое состояние системы озер Куйто в результате горнопромышленного и гидротехнического освоения**

Исполнитель _____ Меньшикова Милана Станиславовна
(фамилия, имя, отчество)

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

Вампилова Людмила Борисовна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю» Заведующий кафедрой

(подпись)

к.г.н., доцент, заведующий кафедрой
(ученая степень, ученое звание)

Исаев Дмитрий Игоревич
(фамилия, имя, отчество)

«01» июня 2026 г.

Санкт–Петербург
2026

Оглавление

Введение 2

1. Комплексная физико-географическая характеристика бассейна системы озер Куйто 5

1.1 Тектонико-геологическое строение и рельеф региона исследования 5

1.2. Климатическая характеристика бассейна системы озер Куйто 11

1.3. Гидрологическая характеристика объектов бассейна озер Куйто ... 18

1.4. Почвенно-растительный покров бассейна озер Куйто и его влияние на питание рек 24

2. История гидротехнического и промышленного освоения бассейна озер Куйто 28

2.1 Общая характеристика ГЭС и водохранилищ на реке Кемь 28

2.2. Общая характеристика промышленного освоения 37

2.3. Костомукшский ГОК и Корпангское хвостохранилище 39

3. Современное состояние геосистемы озер Куйто в результате антропогенного воздействия 43

3.1 Экологическое состояние донных отложений озер Куйто 43

3.2. Состояние атмосферного воздуха в районе исследования 46

3.3. Воздействие горнотехнического и гидротехнического освоения на водную среду 49

Заключение 52

Список используемой литературы 54

Приложения 59

Введение

Озерно-речной бассейн системы озер Куйто и реки Кемь, находящийся в северной Карелии, является объектом настоящего исследования (рисунок 1). Система озер Куйто (Верхнее, Среднее и Нижнее) занимает 2/3 указанной площади. Эти озера являются ключевыми элементами водохозяйственного комплекса Карелии, обеспечивая функционирование Кемского каскада ГЭС и выполняя важные экологические функции. Однако многолетняя эксплуатация гидроузлов, начавшаяся в середине XX века, привела к существенному изменению гидрологического режима озер, трансформации береговой зоны и донных отложений. Дополнительным фактором негативного воздействия стала деятельность Костомукшского ГОКа, эксплуатирующего, в том числе, Корпангское месторождение и хвостохранилище, что обусловило поступление в водные объекты соединений тяжелых металлов, взвешенных веществ и других загрязняющих элементов.

Актуальность темы исследования определяется возрастающей антропогенной нагрузкой на водные экосистемы Республики Карелия, обусловленной интенсивным гидротехническим строительством и развитием горнодобывающей промышленности. Система озер Куйто, расположенная в бассейне реки Кемь, представляет собой уникальный природный комплекс, испытывающий комплексное воздействие каскада гидроэлектростанций и горнодобывающих промышленных предприятий. Изменение естественного гидрологического режима в результате создания водохранилищ, а также поступление загрязняющих веществ от Костомукшского горно-обогатительного комбината создают серьезную угрозу для экологического состояния водных объектов региона. В условиях реализации национальных проектов по экологической безопасности и рациональному природопользованию особую значимость приобретает научно обоснованная оценка геоэкологического состояния озерных систем, подвергшихся техногенной трансформации.

Цель работы – выявить негативные геоэкологические последствия горнопромышленного и гидротехнического освоения в гидрологическом и климатическом режимах названных объектов, состоянии водных ресурсов бассейна системы озер Куйто. В соответствии с целью решались следующие задачи:

1. Выявить роль каждого компонента природы на водную обеспеченность озерно-речной системы Куйто – Кемь.
2. Провести сравнительную характеристику климатических и гидрологических условий внутри озерно-речной системы Куйто – Кемь, влияющих на формирование стока до строительства и после создания системы ГЭС и разработки Костомукшского месторождения железных руд.
3. Установить негативные последствия хозяйственного освоения в пределах озерно-речного бассейна системы озер Куйто – Кемь.

Предметом исследования является установление изменений гидрологических и климатических параметров в природных компонентах бассейна озерно-речной системы Куйто – Кемь после сооружения хозяйственных объектов.

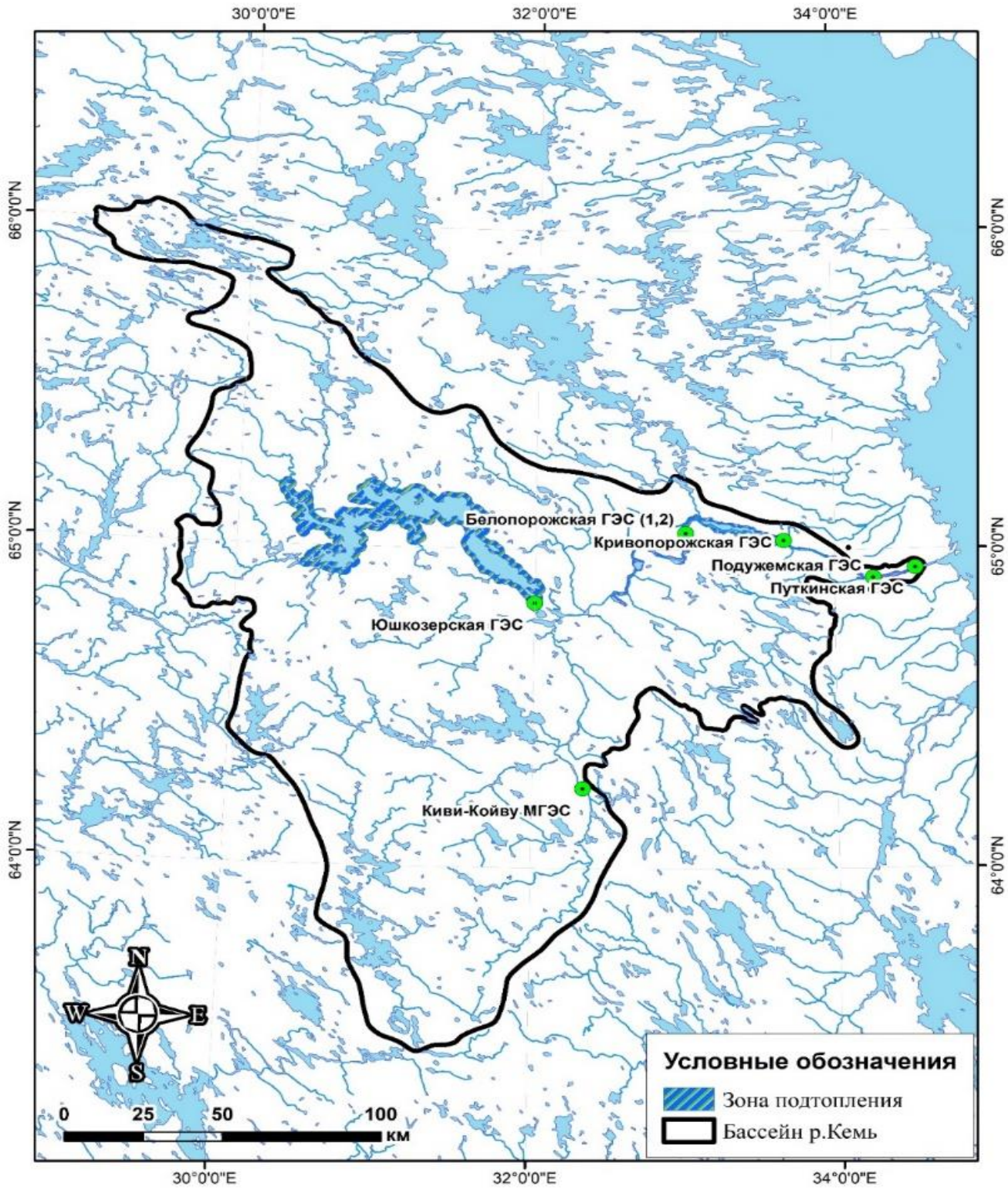


Рисунок 1 – Положение объектов исследования на физико-географической карте Карелии (по Н. А. Решину)[1].

[1] Карта-схема выполнена сотрудником кафедры инженерной гидрологии Н.А. Решиным и любезно предоставлена нам для демонстрации.

1. Комплексная физико-географическая характеристика бассейна системы озер Куйто

1.1 Тектонико-геологическое строение и рельеф региона исследования

Система озер Куйто расположена в северо-западной части Карелии в пределах Балтийского кристаллического щита – одной из древнейших геологических структур Европы, формирование которой завершилось в архейско-протерозойское время (рисунок 2). Геологическое строение Фенноскандинавского щита в районе озер Куйто представлено палеопротерозойскими породами древнего возраста 1.65 – 2.5 млрд. лет. Через центральную часть бассейна озер Куйто субмеридионально проходит тектонический сброс, ограничивающий ятулийские грабен-синклинали. В верхнем течении реки Кемь имеются реликты бассейна с проявлением мантийно-плюмового магматизма. Повсеместно встречаются сбросы и надвиги [3].

Геологическое строение региона исследования по большей части представлено нерасчленными преимущественно гранитоидными породами и мигматитами архея. Территория на западе рядом с озером Верхнее Куйто сформировано гнейсами, амфиболитами, мигматитами, гранито-гнейсами беломорской серии, интрузивными породами разного состава и возраста. Имеются выходы архейских интрузий гранитов, гранодиоритов. Небольшая часть территории рядом с озером Нижнее Куйто представлена гранитоидными породами архейского возраста, среди которых велика доля кварцевых конгламератов, доломитов, сланцев, гнейсов, амфиболитов ладожской, сегозерской, онежской серий, относящихся к нижнему (сумий, сариолий) и среднему (ятулий, суйсарий) карелию. У места выхода реки Кемь из озера Нижнего Куйто распространены нерасчлененные гранитоиды и гранодиориты архея. В среднем течении реки большие площади представлены кварцито-песчаниками, конгломератами, базальтами и габбро-долеритами. В нижнем течении реки Кемь кристаллический фундамент Прибеломорской низменности

представлен архейскими образованиями, интенсивно переработанными в палеопротерозое.

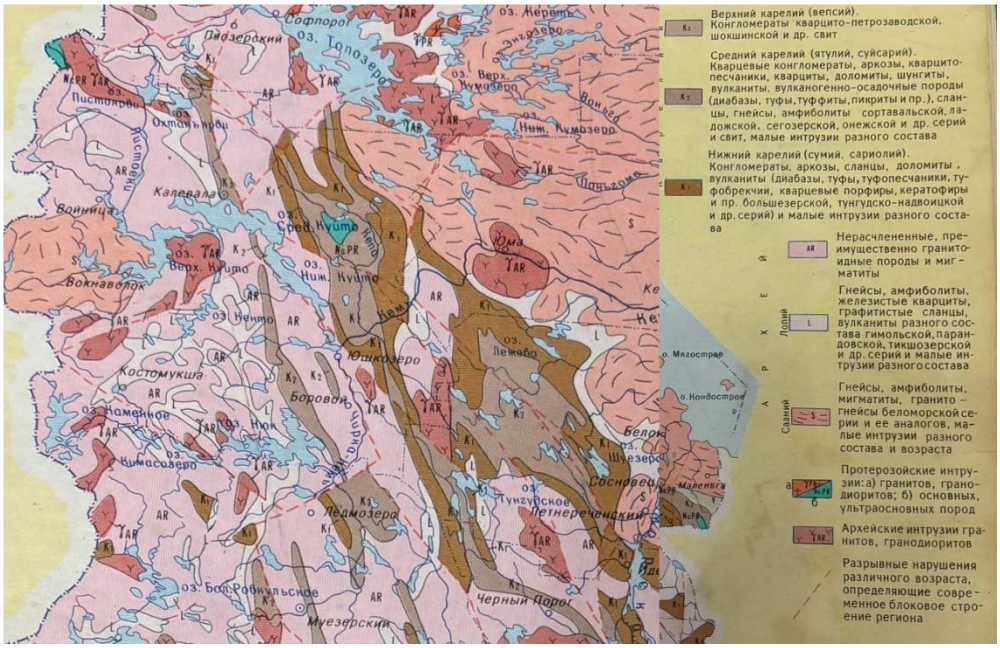


Рисунок 2 – Геологическая карта бассейна системы озер Куйто [2]

Коренные породы перекрыты чехлом четвертичных отложений разного генезиса и мощности. Большая часть бассейна занята гравийно-песчаными моренами. Формирование четвертичных отложений связано с преобладанием ледниковых отложений, представленных валунными песками и супесями, в меньшей степени — суглинками и глинами. Вокруг озер распространены озерные песчаные и супесчаные отложения (ленточные глины, суглинки, пески), по долинам рек — флювиогляциальные отложения (галечные пески, галечники, пески). К северу от системы озер Куйто в субширотном направлении на стыке ледниковых потоков сформировалась система флювиогляциальных и радиальных моренных гряд. Куйтинское приледниковое озеро в районе Среднего и Нижнего Куйто оставило морфологические следы в виде озерной равнины в верховьях реки Кемь, мелких озерных равнин в понижениях дочетвертичного рельефа, а также террас в бассейне озера Нижнего Куйто. [4].

На карте (рисунок 3) четвертичные отложения представлены ледниковыми, водно-ледниковыми, озерно-ледниковыми и болотными образованиями мощностью от 0 до 15-25 метров [2]. Обилие болотных массивов указывает на то, что данные природные комплексы выполняют ключевую роль в регуляции водного стока озер Куйто и его притоков. Таким образом, одно из необходимых условий для возведения гидротехнических сооружений оказалось реализованным благодаря естественным литогенным предпосылкам.

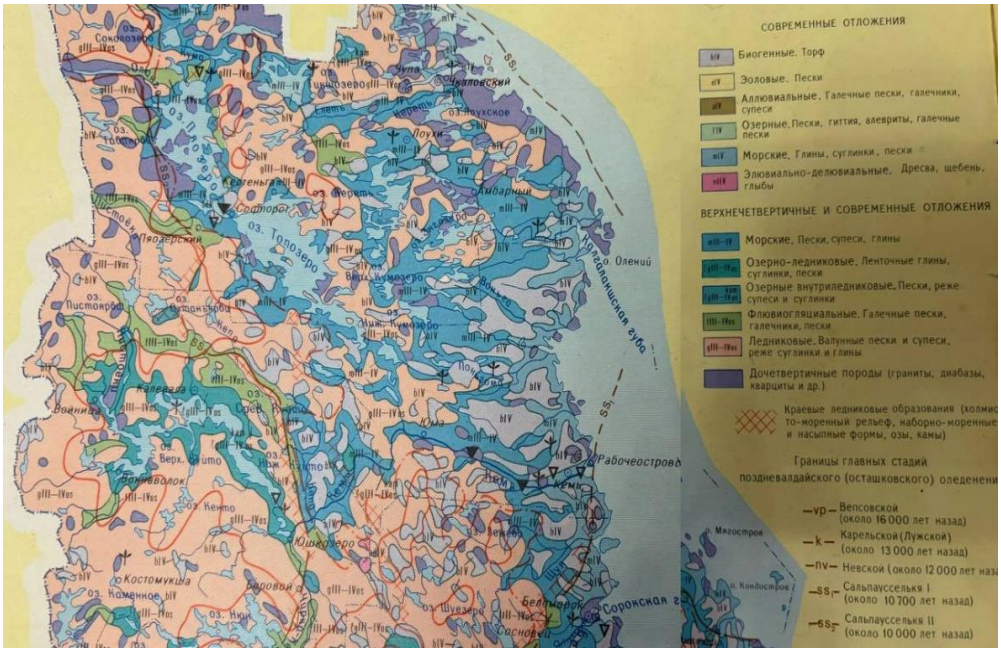


Рисунок 3 – Карта четвертичных отложений бассейна системы озер Куйто [2]

Озерно-речная система Куйто – Кемь, отличается сложным геоморфологическим строением. Верховья рек, впадающих в озера Куйто, приурочены к южной части возвышенности Маанселькя и северной части Западно-Карельской возвышенности. Самые высокие по абсолютным отметкам участки находятся в пределах возвышенности Маанселькя и представлены вершинами тунтури в пределах 450 и более м. н. у. м. В верховьях реки, представленной рч. Пистоёки абсолютные отметки изменяются в пределах от 300 до 400 метров. Однако большие площади заняты возвышенностями от 250 –

300 м. Западно-Карельская возвышенность протягивается вдоль государственной границы с Финляндией, где проявляется Куйтозерское понижение с более низкими участками в рельефе (рисунок 4).

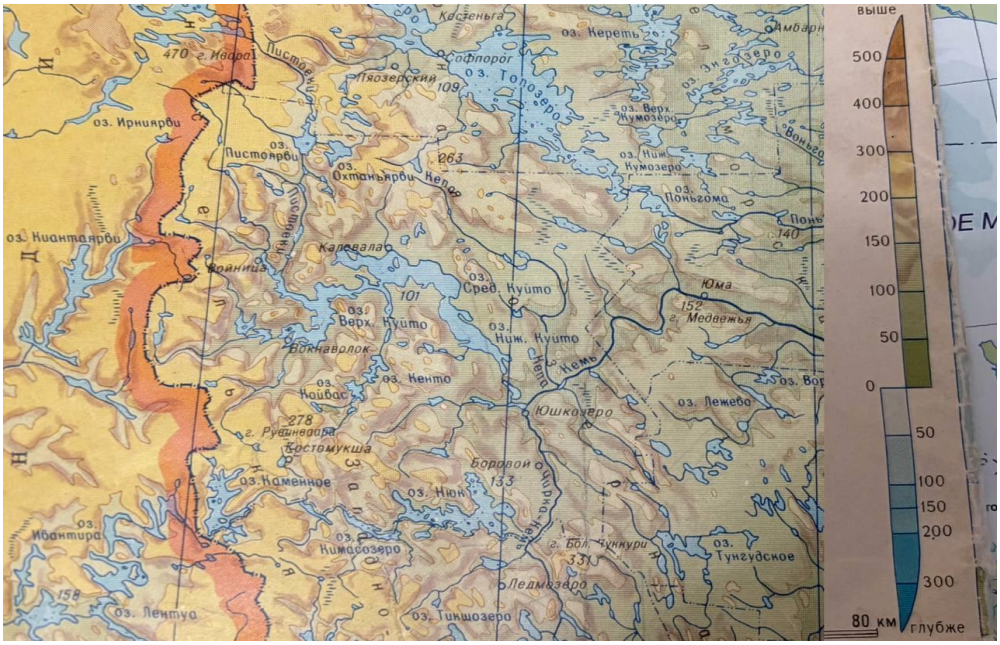


Рисунок 4 – Физическая карта бассейна системы озер Куйто [2]

Специфические черты верхней части бассейна обусловлены тектоническим строением территории, рельеф которой на всем протяжении представлен серией возвышенностей, являющихся мезозойско-палеогеновыми поверхностями выравнивания [2]. Дифференциация рельефа в этой части представлена денудационно-тектоническими возвышенностями трех уровней: обособленные массивы выше 300 м (тунтури); крупногрядовые до 200м (ваара); холмистые, холмисто-грядовые и грядовые с высотами до 50 м (мяки). [6].

Таким образом, морфоструктура верховьев бассейна реки Кеми представлена ступенчато-структурно-денудационной возвышенной равниной (низкогорьем) в сочетании с глыбовыми денудационно-тектоническими грядами. Влияние Западно-Карельской возвышенности со значительными абсолютными

отметками прослеживается примерно до середины бассейна, до меридиана озеро Сегозеро.

Третий уровень рельефа по абсолютным отметкам отмечается в пределах Прибеломорской низменности. Здесь особенности рельефа заключаются в преобладании плоской морской равнины позднее – послеледникового времени. Наряду с ними распространены цокольные увалистые равнины древнего пенеплена с абразионной обработкой (100 – 150 м). Древнейшие архейские и протерозойские образования в Карелии представлены изверженными и обломочно-осадочными породами, метаморфизованными в толщу кристаллических сланцев (рисунок 5). Они имеют преимущественно северо-западное простирание. Развиты по побережью Белого моря, в бассейнах рек Керети, Гридины, Поньгомы и в нижнем течении р. Кемь.

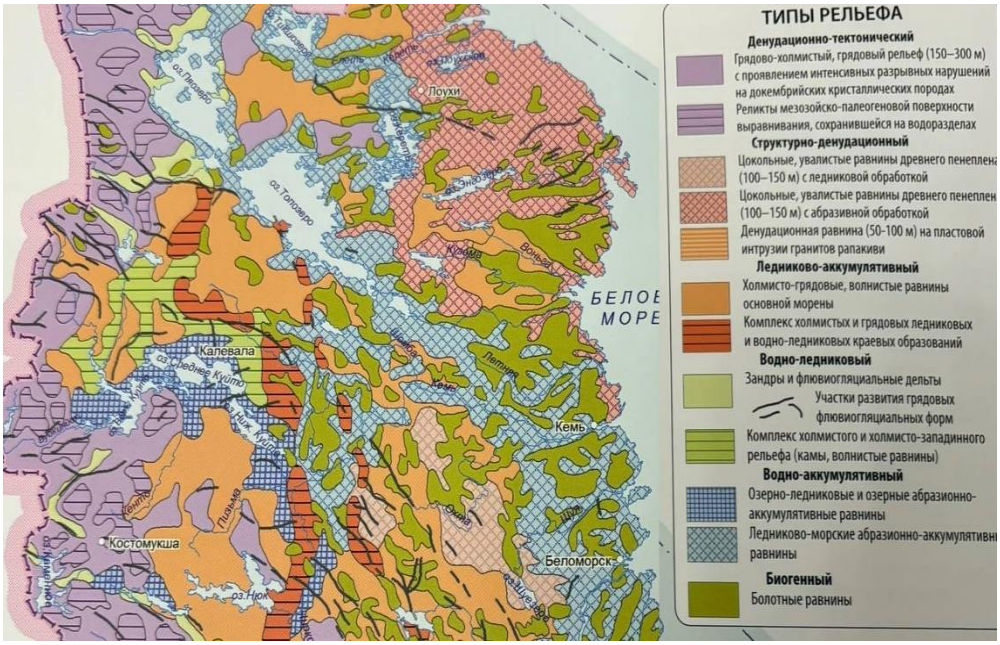


Рисунок 5 – Геоморфологическая карта бассейна системы озер Куйто [3]

Заболоченные четвертичные отложения на южном берегу озера Среднего Куйто характеризуются, как слабозаболоченные. Это указание на присутствие мощной толщи рыхлых, влагонасыщенных отложений, которые аккумулируют влагу и регулируют сток. Скальные коренные породы кристаллического

фундамента формируют шероховатость дна и влияет на скорость течения и характер водоема. Влияние водосбора проявляется в ее химическом составе и цвете, что задокументировано исследованиями КарНЦ РАН [26]. Вода в озерах Куйто имеет светло-коричневый цвет, следовательно, происходит вынос органического вещества с заболоченных водосборов, сложенных флювиогляциальными и озерно-болотными отложениями. Река Кемь, которая вытекает из озера Нижнего Куйто, имеет стабильное превышение ПДК по общему железу и марганцу. Но это превышение ученые называют «геохимической особенностью вод региона», а не показателем загрязнения [23].

Бассейн озер Куйто, как и река Кемь, имеют тектоническое происхождение, как и упоминалась ранее. Их котловины сформировались в результате тектонических процессов, что повлияло на глубину, форму и гидрологический режим. Кристаллические породы (граниты, гнейсы и др.) формируют скалистые участки берегов, что является препятствие для стока воды и влияет на скорость течения. Озеро Среднее Куйто является примером: северные берега высокие и скалистые, а южные низкие и заболоченные. Для бассейна реки Кемь характерны тектонические разломы, что осложняет доступ к межпластовым водам, следовательно, это влияет на подземный сток и питание реки. Моренные, озерные и морские отложения, распространены в бассейне и влияют на водопроницаемость грунтов. Мелкие пески и суглинки насыщаются влагой и служат водоупором, что способствует заболачиванию [6]. Таким образом, несмотря на скудное подземное питание из-за тектонических нарушений, высокая водность системы обеспечивается большими объёмами ледниково-озёрных и болотных отложений, которые аккумулируют влагу и сглаживают сезонные колебания. Дополнительным фактором является геохимический фон: вынос органического вещества с заболоченных водосборов придаёт воде светло-коричневый цвет и обуславливает природное превышение железа и марганца, что не снижает водность, но является характерной чертой региона. Комплексное воздействие природных факторов и антропогенной деятельности, связанной с

разработкой месторождений полезных ископаемых и гидротехническим строительством, обусловливает необходимость детального изучения геоэкологического состояния озерной системы Куйто для обоснования природоохранных мероприятий и устойчивого природопользования.

1.2. Климатическая характеристика бассейна системы озер Куйто

Географическое положение крайней точки региона исследования озерно-речной системы Куйто-Кемь расположено на 65°02′38″ северной широты. От широты места зависит радиационный баланс территории, эта величина равна 28-29 ккал/см². Период со средней суточной температурой воздуха выше 10°С обеспечивает количество тепла от 1100° до 1200°. Климат региона зависит не только от географического положения, но и от циркуляции атмосферы, движения воздушных масс. Основной воздушной массой является воздух, приходящий с Атлантического океана, так называемые воздушные массы западного переноса, которые направляются на восток на европейский континент из Азорского максимума в летний период времени. Эта воздушная масса характеризуется определенными свойствами: прохладная и насыщенная влагой. На территорию Карелии, в район озер Куйто атлантические воздушные массы приносят около 500 мм осадков в год. Часть бассейна, отстоящая к западу и охватывающая Западно-Карельскую возвышенность (орографическая преграда) имеет несколько большее количество осадков, около 550 мм в год и более. Такое же количество осадков характерно для Центрально-Карельской равнины, совпадающей с верхним и средним течением реки Кемь. Низовья Кеми, как часть Прибеломорской низменности получают наименьшее количество осадков – 450 мм в год (рисунок 6). Вторая важная воздушная масса - Арктический воздух, поступающий с акватории Северного Ледовитого океана из Арктического максимума. Воздушные массы характеризуются низкими температурами и большой сухостью, они действуют в течение всего года. Как зимой, так и летом

арктический воздух приносит понижение температур воздуха. Появление осадков связано только с фронтальными условиями, формирующимися при взаимодействии данной воздушной массы с континентальным воздухом умеренных широт (КУВ). Третья воздушная масса континентальный воздух умеренных широт, формируется непосредственно над территорией Карелии в течение всего года. Эти воздушные массы не могут обеспечивать влагой, но при контакте с другими воздушными массами (Атлантическими и Арктическими) формируются фронтальные условия, сопровождающиеся выпадением осадков.



Рисунок 6 – Климатическая карта бассейна системы озер Куйто [2]

В бассейне Куйто-Кемь выделяются два климатических подрайона: северный и южный, граница проходит по реке Кемь. Северный подрайон отличается суровостью климата: здесь сокращенный вегетационный период, небольшая мощность снежного покрова, наименьшее количество атмосферных осадков и слабое испарение. Климат Южного подрайона умеренно-холодный. В Южном подрайоне агроклиматические условия, неблагоприятные условия для земледелия, из-за низких летних температур воздуха и холодного влияния

Белого моря, а также из-за большой заболоченности [6].

Климатические условия оказывают влияние на гидрологический режим озер и рек, водный и тепловой баланс водосборов, формирование ледового режима водных объектов, а также на характер биологических процессов в водных экосистемах. Изучение климатических характеристик региона базируется на данных многолетних наблюдений на метеорологических станциях Росгидромета, расположенных в бассейне озер Куйто и прилегающих территориях [5].

В результате обработки данных по метеостанции Калевала построены график и разностно-интегральная кривая среднегодовых температур воздуха. Исходные данные приведены в Приложении А.

Анализ среднегодовой температуры воздуха на основе данных с 1936 по 2025 год, (при этом с 1942 по 1946 год данные отсутствуют), поэтому на графике наблюдается соответствующий временной разрыв (рисунок 7).

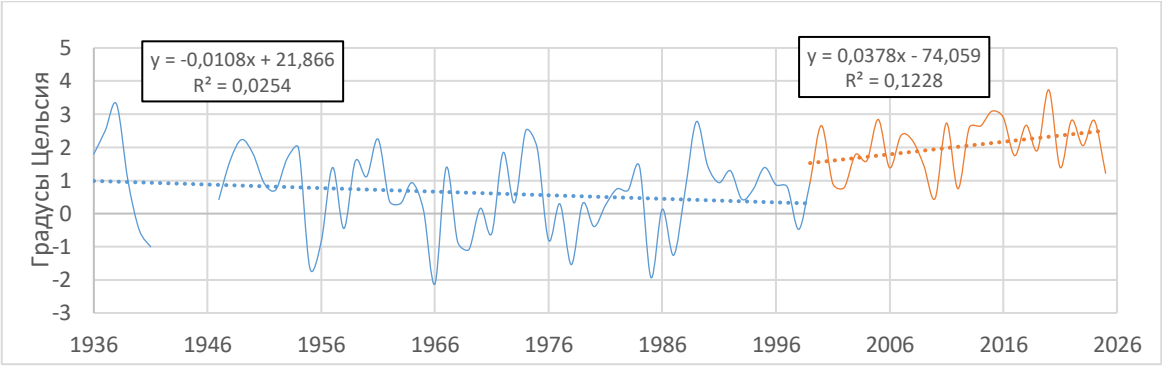


Рисунок 7 – График среднегодовой температуры воздуха по данным метеостанции Калевала [29,35]

Ключевым результатом анализа стало то, что среднегодовая температура перестала проходить через ноль именно в 1999 году. Для периода с 2000 года по настоящее время средняя годовая температура составила 2,1°С, что заметно выше климатических норм середины XX века, когда температура регулярно

опускалась ниже нуля. Такой устойчивый переход через нулевую отметку и последующее закрепление на положительных значениях свидетельствует о серьёзном климатическом сдвиге в районе Калевалы. Поскольку Калевала находится в зоне влияния Арктики и Северной Атлантики, именно здесь раньше проявляются изменения термического режима [36]. Согласно разностно-интегральной кривой (рисунок 8) изменение хода температур также пришлось на 1999 г.

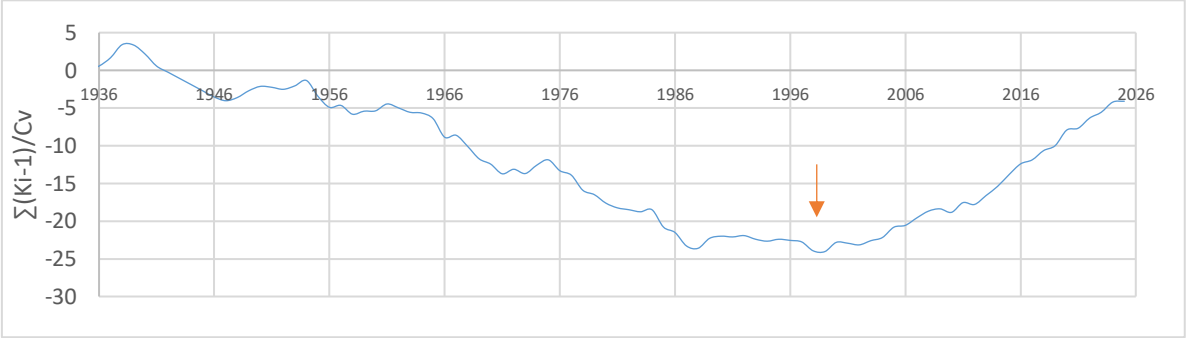


Рисунок 8 – Разностно-интегральная кривая среднегодовой температуры воздуха по данным метеостанции Калевала

Для метеостанции Кемь-Порт был также проведён анализ среднегодовой температуры воздуха за период с 1936 по 2025 год. Исходные данные приведены в Приложении А1 – А2. Ключевое отличие от континентальной станции Калевала заключается в более ранней перестройке термического режима: на графике отчётливо видно, что среднегодовая температура перестала проходить через ноль после 1987 года, тогда как в Калевале этот рубеж был пройден в 1999 году. После 1988 года средняя годовая температура на МС – Кемь-Порт устойчиво закрепилась на отметке +2,7°С, что на 0,6°С выше, чем в Калевале (рисунок 9). Такой опережающий переход через ноль и более высокая пост-нулевая температура объясняются различиями в степени континентальности климата. Кемь-Порт расположен непосредственно на побережье Белого моря, где морская акватория смягчает зимние минимумы и способствует более

раннему началу устойчивого весеннего прогрева — именно прибрежные станции первыми реагируют на изменение циркуляции атмосферы и потепление арктических морей, поэтому переход через ноль здесь произошёл раньше, чем в глубине материка.

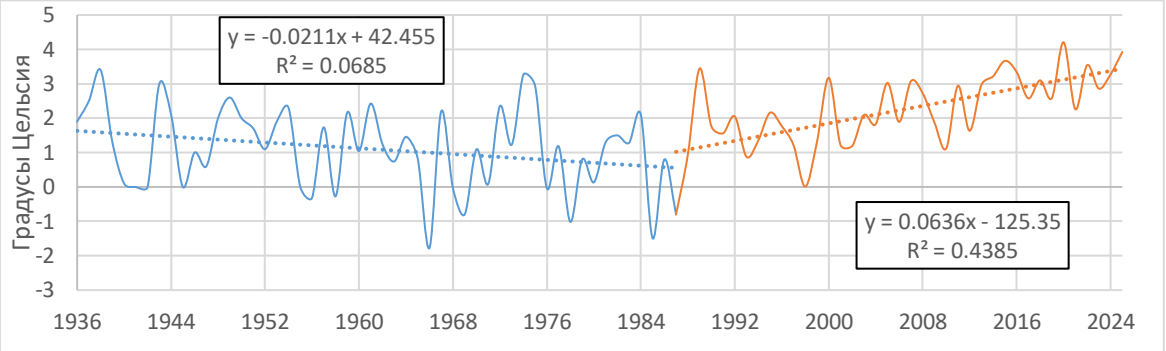


Рисунок 9 – График среднегодовой температуры воздуха по данным метеостанции Кемь-Порт [29,35]

На рисунке 10 можно выделить две точки экстремума (1938 г. и 1988 гг.). Резкое увеличение хода температур произошло в 1988 г. Чем выше роль морского влияния, тем раньше метеостанция фиксирует переход среднегодовой температуры через ноль и тем выше её новое климатическое плато — именно это наблюдается на примере метеостанции Кемь-Порта [36].

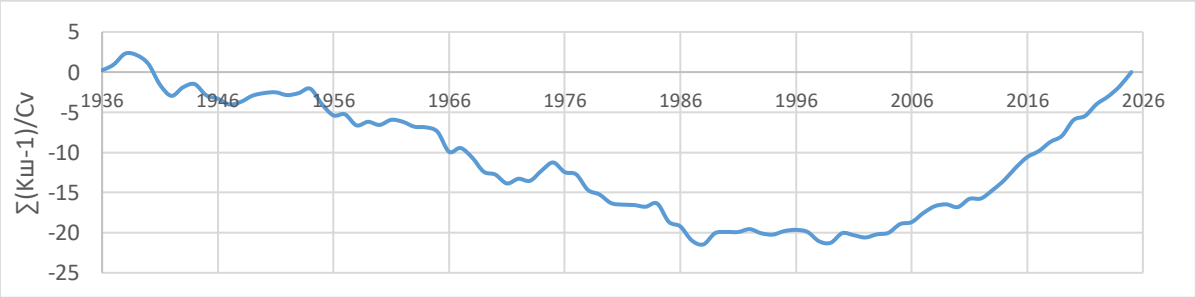


Рисунок 10 – Разностно-интегральная кривая среднегодовой температуры воздуха по данным метеостанции Кемь-Порт

Таким образом, данные из таблицы 1 полностью подтверждают ранее сформулированные закономерности: морское влияние на Кемь-Порт смягчает

зимы, обеспечивает более ранний переход среднегодовой температуры через ноль и более высокий её современный уровень, тогда как континентальная Калевала с более суровыми зимами реагирует на потепление с запаздыванием и меньшим итоговым приростом.

Таблица 1 – Среднемесячные и среднегодовые температуры воздуха с 1936-2025 год по двум метеостанциям [29,35]

Метеостанция	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Калевала	-12,2	-11,7	-6,9	-0,6	6,3	12,7	15,6	13,2	7,8	1,7	-4,1	-9,0	1,1
Кемь-Порт	-10,3	-10,0	-5,5	-0,3	5,1	11,0	14,3	13,4	8,8	2,8	-2,6	-7,1	1,6

Анализ сумм годовых осадков произведен также по данным метеостанций Калевала и Кемь-Порт. Собранные сведения приведены в Приложение А3 – А4.

На метеостанции Калевала, расположенной на склоне Западно-Карельской возвышенности рядом с системой озер Куйто, среднее годовое количество осадков с 1936 по 2025 год составляет 500—600 мм/год, (рисунок 11). Малое количество осадков около 300-400 мм/год выпало только в 1947, 1969 и 1980 гг.

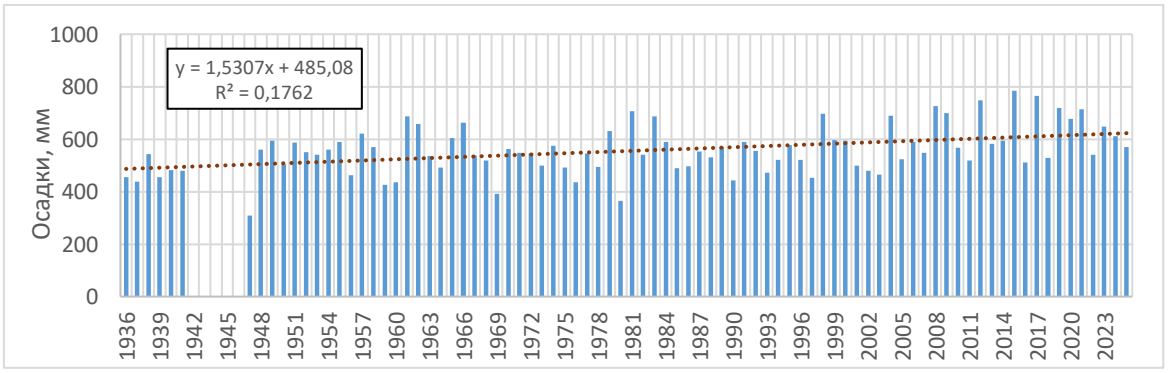


Рисунок 11 – График сумм годовых осадков по данным метеостанции Калевала [29,35]

Анализ среднегодовых осадков на метеостанции Калевала показывает изменение режима увлажнения. До 1999 года осадки характеризовались циклическими пиками с интервалом 10–20 лет при среднем показателе 534

мм/год. После 2000 года структура осадков изменилась: пики участились, а среднегодовое количество возросло до 611 мм/год. Максимальное значение за весь период зафиксировано в 2015 году (785 мм/год). Таким образом, с начала XXI века наблюдается устойчивое повышение годовых сумм осадков и увеличение частоты экстремально влажных лет на фоне прежней цикличности.

На графике рисунка 12, в прибрежной зоне сумма осадков, достигающая 700—800 мм/год, наблюдалась редко (в 1981, 2008 и 2012 гг.), часто встречались средние суммы осадков (400—600 мм/год). Малое количество осадков наблюдалось в 1947, 1980 и 1987 гг. При сравнении двух периодов видно, что до 1999 года среднегодовое количество осадков составляло 426 мм/год, а после 2000 года возросло до 494 мм/год. Увеличение не столь значительное, однако чётко прослеживается тренд на повышение годовых сумм осадков в XXI веке [36].

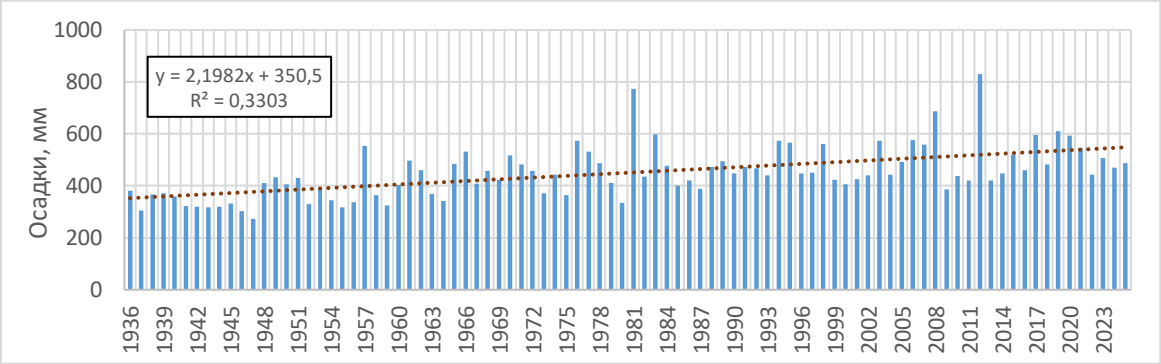


Рисунок 12 – График сумм годовых осадков по данным метеостанции Кемь—Порт [29,35]

Климатический сдвиг 1987–1999 годов (переход среднегодовой температуры через 0°C, рост осадков) привёл к перестройке водного режима озёрно-речной системы Куйто–Кемь: увеличилась годовая величина стока, возросла частота высоких расходов, а также усилилась пространственная дифференциация увлажнения между западными, центральными и приморскими частями бассейна. Эти изменения необходимо учитывать при расчётах гидрологических характеристик, динамика самих расходов воды, включая рост высоких значений, детально рассмотрена в пункте 1.3

1.3. Гидрологическая характеристика объектов бассейна озер Куйто

Система озер Куйто является центральным звеном гидрографической сети бассейна реки Кемь – одной из крупнейших рек Карелии, впадающей в Белое море. Бассейн реки Кемь занимает площадь около 27700 км^2. Озера Куйто включают три крупных водоема – Верхнее Куйто, Среднее Куйто и Нижнее Куйто, соединенных протоками и образующих единую озерно-речную систему. Суммарная площадь водного зеркала озер составляет около 640 км^2, объем водной массы превышает 7 км^3. Система озер Куйто выполняет важнейшие функции регулирования стока реки Кемь, водоснабжения населенных пунктов, рыбохозяйственного использования и рекреации. Гидрологический режим озер определяется климатическими условиями, морфометрическими характеристиками водоемов, а также антропогенными факторами, связанными с функционированием каскада гидроэлектростанций на реке Кемь [11].

Озеро Верхнее Куйто – расположено в верхней части бассейна реки Кемь. Площадь бассейна водосбора составляет 7150 км^2, длина озера достигает 42 км, максимальная ширина – 19,6 км. Средняя глубина составляет 8,7 м, максимальная глубина достигает 44,4 м в северной части озера. Объем водной массы оценивается в 2,09 км^3. Котловина озера вытянута с юго-востока на северо-запад в соответствии с направлением тектонических разломов. Береговая линия сильно изрезана, образует многочисленные заливы, губы и полуострова (таблица 2).

Верхнее Куйто принимает воды нескольких рек, наиболее крупными из которых являются реки Писта, Куржма, Войница с водосборными площадями от 500 до 3000 км^2. Водосбор характеризуется слабой хозяйственной освоенностью, отсутствием крупных населенных пунктов и промышленных объектов, за исключением удаленного влияния Костомукшского ГОКа через атмосферный перенос загрязняющих веществ. Сток из Верхнего Куйто осуществляется через протоку в Среднее Куйто, расход воды в среднем составляет около 100 м^3/с [16]. Средняя амплитула колебаний уровня 129 см. Прозрачность воды – 2,5 м [26].

Среднее Куйто расположено в центральной части системы и имеет площадь водосборного бассейна 9470 км^2, длину около 41,8 км, максимальную ширину до 11,7 км. Средняя глубина составляет 10,4 м, максимальная глубина достигает 34 м. Объем водной массы оценивается в 2,9 км^3. В озеро впадают несколько небольших рек, наиболее значительная из которых – река Кенти. Сток из Среднего Куйто осуществляется через пролив Луусалми в Нижнее Куйто, среднегодовой расход составляет около 110 м^3/с. Средняя амплитуда колебаний 138 см. Прозрачность воды – 3,2 м [26].

Нижнее Куйто – замыкающее звено озерной системы, расположенное в нижней части бассейна перед каскадом Кемских ГЭС. Площадь водного зеркала составляет около 141 км^2, длина озера 30,4 км, максимальная ширина 7,5 км. Средняя глубина составляет 8,6 м, максимальная глубина достигает 33 м. Объем водной массы оценивается в 1,21 км^3. Котловина озера более компактна по сравнению с Верхним и Средним Куйто, береговая линия менее изрезана. Собственная площадь водосборного бассейна Нижнего Куйто составляет 10200 км^2. Сток из озера осуществляется рекой Кемь, которая впадает в Кривопорожское водохранилище – верхнее в каскаде Кемских ГЭС [32]. Средняя амплитуда колебаний уровня 127 см. Прозрачность воды – 3,0 м [26].

Таблица 2 – Морфометрические характеристики системы озер Куйто [33]

Параметр	Верхнее Куйто	Среднее Куйто	Нижнее Куйто
Площадь зеркала, км^2	240	257	141
Длина, км	42	41,8	30,4
Средняя глубина, м	8,70	10,4	8,6
Максимальная глубина, м	44,4	34	33
Объем воды в км^3	2,09	2,87	1,21
Абсолютная отметка уреза воды, м	10	100	99
Длина береговой линии, км	295	166	124

Водный баланс системы озер Куйто формируется под влиянием приходных и расходных составляющих. К приходным составляющим относятся: поверхностный приток, осадки, подземный приток; наиболее значим поверхностный сток с водосбора – он составляет 85-90% объема приходящей воды. К расходным составляющим относятся: испарение, подземный сток, сток из озер в нижележащие водоемы.

Гидрологический режим озер Куйто характеризуется выраженными сезонными колебаниями уровня воды, обусловленными неравномерностью внутригодового распределения стока. Максимальный уровень воды наблюдается в конце весны – начале лета в период снеготаяния и весеннего половодья, когда поступление воды с водосбора достигает максимальных значений. Весенний подъем уровня начинается в конце апреля – начале мая и продолжается до середины июня. Минимальный уровень воды наблюдается в конце зимы перед началом снеготаяния, когда сток с водосбора минимален и расходуются запасы воды, накопленные в озерах.

Создание каскада Кемских ГЭС и преобразование озёр Среднего и Нижнего Куйто в водохранилища привели к изменению естественного гидрологического режима. Озёра вошли в состав водохранилищ, что вызвало повышение уровня воды, изменение амплитуды его колебаний и затопление части прибрежной территории. Нормальный подпорный уровень в Верхнем Куйто повышен на 2,0 м, площадь водного зеркала увеличилась на 50-60 км². Режим попусков воды через плотины стал определяться графиком работы ГЭС, что привело к более резким колебаниям уровня и расходов воды [18].

Таким образом, гидрологическая характеристика объектов бассейна озер Куйто свидетельствует о значительной сложности и многофакторности формирования гидрологического режима озерной системы. Естественный режим озер существенно изменен в результате гидротехнического строительства и функционирования каскада Кемских ГЭС, что привело к трансформации уровенного режима, термических и ледовых условий, гидрохимических и гидробиологических характеристик водных экосистем.

В таблице 3 представлен перечень наиболее крупных притоков системы озер Куйто. Малые притоки, по которым отсутствует количественная информация, не вошли в таблицу.

Таблица 3 – Количественные характеристики притоков системы озер Куйто [33]

Верхнее Куйто				Среднее Куйто				Нижнее Куйто			
Название притока	Q, $м^3/с$	Длина водотока, км	$S_{вод.бассейна}$ $км^2$	Название притока	Q, $м^3/с$	Длина водотока, км	$S_{вод.бассейна}$, $км^2$	Название притока	Q, $м^3/с$	Длина водотока, км	$S_{вод.бассейна}$, $км^2$
Писта	44	110	3190	Елданка		12		Луусалми		1	10300
Войница	25-30	94	1300	Ухта	48,9	199	361	Вопан		25	106
Куржма	10-20	59	431	Керкешь		13	77,4				
Судно		64	1230	Кенти	8,21	72	934				

За период с 1929 по 2024 год на четырёх гидрологических постах наблюдался устойчивый рост среднегодовых расходов воды. Данные по расходам приведены в Приложение Б. Суммарное увеличение среднегодовых расходов воды за почти 100 лет составил 23% (рисунок 13). Пятый пост (р. Кемь-с. Юшкозеро) был исключён из анализа из-за отсутствия репрезентативности ряда, связанной с отсутствием значительной части данных, что не позволяет в полной мере судить о тенденциях на этом участке.



Рисунок 13 – Диаграмма изменения среднегодовых расходов воды на гидропостах Кемь, Калевала, Войница и Юшкозеро [11,12,33]

Сопоставление временных рядов осадков (метеостанций Калевала и Кемь-Порт) и среднегодовых расходов воды по гидропостам, представленное в виде комбинированной диаграммы, выявил прямую синхронную зависимость (рисунок 14, 15): пики среднегодовых расходов воды приурочены к пикам среднегодовых сумм осадков, а их снижение — к периодам уменьшения осадков. Полученные закономерности согласуются с естественными механизмами формирования стока.

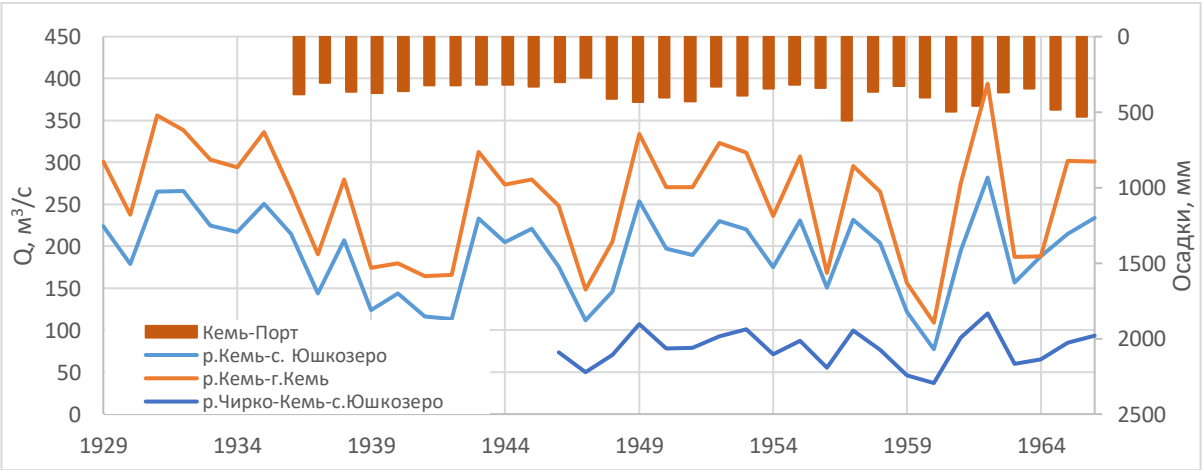


Рисунок 14 – Динамика среднегодовых расходов воды на гидрологических постах Юшкозеро, Кемь и ход среднегодовых осадков (МС-Кемь-Порт) за период 1929–1966 гг [11,12,33]

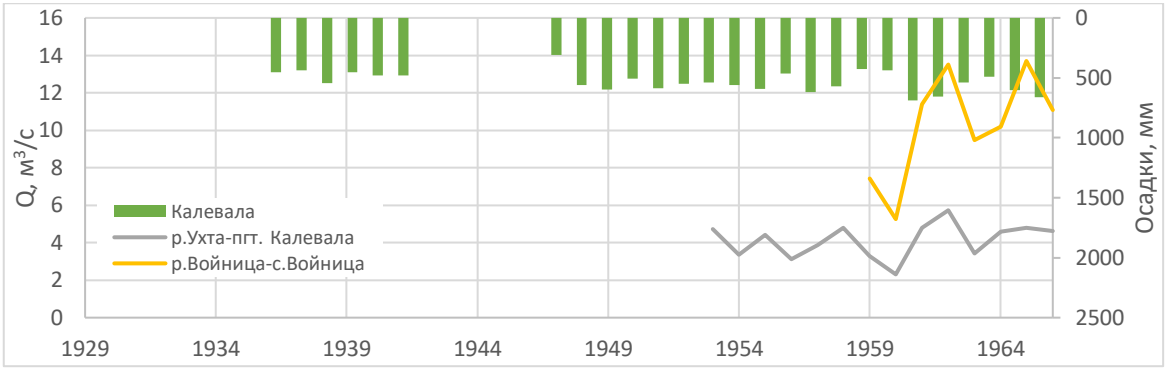


Рисунок 15 – Динамика среднегодовых расходов воды на гидрологических постах Калевала, Войница и ход среднегодовых осадков (МС-Калевала) за период 1929–1966 гг [11,12,33]

В результате сопоставления комбинированных графиков гидрологических и метеорологических данных выявлено статистически значимое несовпадение пиковых нагрузок (рисунок 16, 17). На графике отчетливо видно, что периоды максимального выпадения осадков не коррелируют с островершинными максимумами расхода, и наоборот. Данная асинхронность является прямым следствием техногенной трансформации водосбора. Ключевыми факторами зарегулирования стока выступили: строительство и эксплуатация каскада ГЭС (создавших емкостное регулирование) и хозяйственная деятельность Костомукшского ГОКа (вступившего в эксплуатацию в 1982 года), изменившая условия формирования и сработки запасов воды.

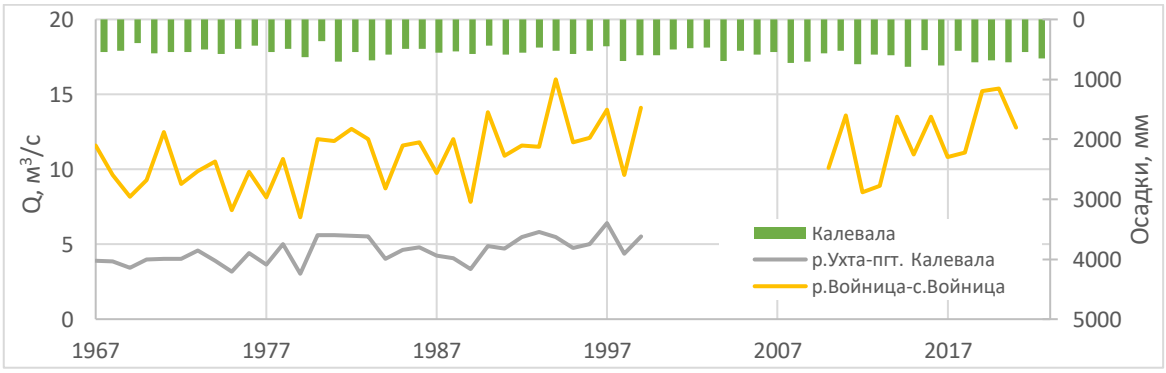


Рисунок 16 – Динамика среднегодовых расходов воды на гидрологических постах Калевала, Войница и ход среднегодовых осадков (МС-Калевала) за период 1967–2023 гг [11,12,33]

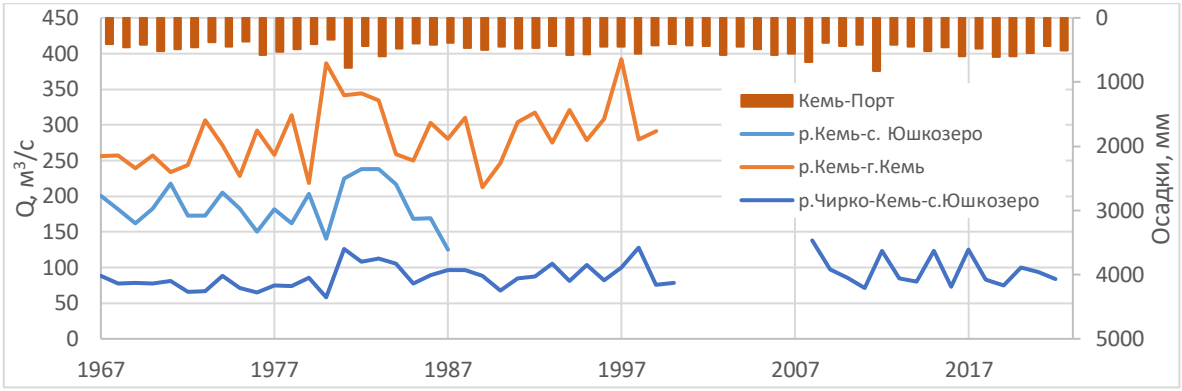


Рисунок 17 – Динамика среднегодовых расходов воды на гидрологических постах Юшкозеро, Кемь и ход среднегодовых осадков (МС-Кемь-Порт) за период 1967–2023 гг [11,12,33]

Зарегулированность стока связана прежде всего с созданием водохранилищ и плотин гидроэлектростанций, которые накапливают воду в половодье и постепенно расходуют её в межень, что сглаживает амплитуду расходов рек. Дополнительными причинами служат забор воды на орошение, промышленное и коммунальное водоснабжение, а также переброска стока между бассейнами рек. Также связано с изменением климата, которое приводит к перераспределению типов осадков и режима питания рек. Кроме того, повышение температуры способствует увеличению доли грунтового (подземного) питания, которое поддерживает более высокий уровень воды в реках в течение всего года, включая меженные периоды. Совокупность этих факторов и привела к устойчивому росту среднегодовых расходов.

1.4. Почвенно-растительный покров бассейна озер Куйто и его влияние на питание рек

Почвенно-растительный покров бассейна озер Куйто играет важнейшую роль в формировании водного режима территории, регулировании поверхностного и подземного стока, определении гидрохимического состава

речных и озерных вод. Характер растительности и свойства почв определяют интенсивность испарения влаги, инфильтрацию атмосферных осадков в грунты, замедление и задержание поверхностного стока, аккумуляцию снега, вынос растворенных и взвешенных веществ с водосбора. Территория бассейна расположена в подзоне северной тайги, что обусловливает специфический состав растительных формаций, представленных преимущественно хвойными лесами с участием сосны и ели, а также значительными площадями болот. Почвенный покров представлен преимущественно подзолистыми и болотными почвами, сформированными на кристаллических породах и четвертичных отложениях в условиях избыточного увлажнения и низких температур [31].

По геоботаническому районированию территории округа М.Л. Раменская и В.И. Шубин [31] подразделяют на три части: западную, центральную и восточную. В западной части преобладают сосняки лишайниковые, вересковые, брусничные и сфагновые; много заболоченных мелколиственно-хвойных лесов, особенно возобновляемых на месте вырубки. Для центральной характерны сухие сосняки, сосновые и мелколиственно-хвойные заболоченные леса; в восточной преобладают еловые местообитания и производные типы леса.

Внутри северной подобласти, куда включается бассейн реки Кеми и озер Куйто, выделяются геоботанические районы: Лоухско-Беломорский и Кемско-Беломорский. Первый – приморский район мелких сельг, морских заливов и шхер с преобладанием различных денудационно-тектонических форм рельефа с незначительным моренным покрытием. На моренных отложениях распространены сосняки кустарничковые лишайниково-зеленомошные, крупногрядовый рельеф с кислыми породами занят елово-сосновыми лесами. Межгрядовые понижения заняты заболоченными ельниками на щебнистых примитивных почвах.

Северная часть Прибеломорья – Беломорский флористический район представляет собой сильно заболоченную низменность с многочисленными скалистыми облесенными островками среди болот. Характерно преобладание

олиготрофных болот грядово-мочажинных и грядово-озерных.

На побережье Белого моря тянутся первичные засоленные луга с рядом специфических галофитных видов. На пологом берегу луговая полоса расширяется до 1–1,5 км. Прибеломорские луга сформировались на морских наносах выше уровня прилива. На влажных засоленных лугах встречаются злаки и разнотравье, на приморских песках нередко образуются мощные заросли лисохвоста солончакового, пырея ползучего, полевицы болотной.

Основными лесообразующими породами являются сосна и ель. Сосновые леса распространены в северной части района, на песчаных отложениях приморской зоны и повсеместно на скальных выходах среди болотных массивов. Ельники располагаются в районе реки Кемь. Ими заняты территории, удаленные от моря, а также некоторые участки морских равнин. Во все времена происходила вырубка лесов, произрастающих на скальных выходах и по побережью моря, для работы соляных варниц, производства древесного угля для плавки примитивного чугуна из озерной железной руды, производства судов, лесопиления и т.д. [22].

Кемско-Беломорский мелкосельгово-болотно-равнинный район характеризуется преобладанием заболоченных ельников на суглинистых и глинистых склонах долин рек и лесных – сосновых воронично-брусничных ландшафтов.

На севере преобладают подзолы иллювиально-гумусовые, торфянисто- и торфяно-подзолисто-глеевые, дерново-глеевые. В южной части – болотные верховые почвы и реже подзолы иллювиально-железисто-гумусовые. Для развития сельского хозяйства используются придолинные участки, составляющие 0,3% площади речной долины [2]. Сельскохозяйственная освоенность Прибеломорья примерно в 4,3 раза ниже, чем в среднем по Карелии, что объясняется неблагоприятными агроклиматическими условиями, низкой теплообеспеченностью, сильной заболоченностью и повышенной кислотностью почв.

Влияние растительного и почвенного покрова на водное питание рек бассейна озер Куйто реализуется через регуляцию поверхностного и подземного стока, а также изменение вклада снегового, дождевого и грунтового питания. Лесная растительность перехватывает часть осадков кронами, аккумулирует снег, улучшает просачивание талых и ливневых вод в грунт, снижая скорость склонового стока. Лесная подстилка и гумусовый горизонт обладают высокой водопроницаемостью, что способствует трансформации поверхностного стока в подземный и уменьшению пиковых расходов воды. Сведение лесов, напротив, усиливает поверхностный сток, повышает максимальные уровни половодья, активизирует эрозию. Почвенный покров является активной геохимической системой, в которой протекают процессы выветривания минералов, растворения и осаждения химических соединений. Почвенные растворы формируют химический состав грунтовых вод и речного стока. Подзолистые почвы обусловливают формирование кислых вод с низкой минерализацией, повышенным содержанием органических кислот и железа, низкими концентрациями кальция и магния. Болотные почвы усиливают вынос гумусовых веществ, увеличивают цветность. Эрозия почв и дефляция приводят к поступлению в реки взвешенных минеральных и органических частиц, что ухудшает качество воды, способствует заилению русел рек и озер [30].

Таким образом, почвенно-растительный покров бассейна озер Куйто играет ключевую роль в формировании водного режима территории, регулировании стока рек, определении гидрохимического состава поверхностных вод. Антропогенное воздействие на почвенно-растительный покров приводит к изменению условий стока, увеличению выноса загрязняющих веществ в водные объекты, что негативно сказывается на геоэкологическом состоянии системы озер Куйто. Сохранение лесного покрова является важнейшим условием поддержания устойчивого функционирования водных экосистем региона.

2. История гидротехнического и промышленного освоения бассейна озер Куйто

2.1 Общая характеристика ГЭС и водохранилищ на реке Кемь

Каскад ГЭС расположен в долине реки Кеми и включает пять гидроэлектростанций, последовательно размещённых по течению реки. Самая крупная река Карелии – Кемь на своем пути от озера Нижнее Куйто до Белого моря проходит 198 км. Перепад высот в 101 м и средний многолетний сток 8,4 км^3 представляли собой идеальные условия для строительства ГЭС [1,24]. В 1932 году была разработана «Рабочая гипотеза использования реки Кемь», предусматривавшая создание каскада из семи гидроэлектростанций. Совокупная установленная мощность планируемых ГЭС должна была составить 196,5 МВт. Однако реализация этого масштабного проекта была прервана в связи с началом Великой Отечественной войны [37]. В 1954 г. Институт «Ленгидропроект» приступил к разработке схемы гидроэнергетического использования р. Кемь. В апреле 1961 г. была утверждена схема использования р. Кемь в нижнем течении, а 29 декабря того же года – разработанное Институтом «Ленгидропроект» проектное задание Путкинской ГЭС. Строительство каскада ГЭС на р. Кемь рассматривалось как следующий этап освоения гидроэнергетических ресурсов Карелии после возведения каскада ГЭС на р. Нижний Выг. Весь комплекс электростанций, кроме Белопорожской ГЭС, принадлежит компании ТГК-1. Белопорожская ГЭС принадлежит АО «Норд Гидро». Схема расположения гидроузлов представлена на рисунке 18.

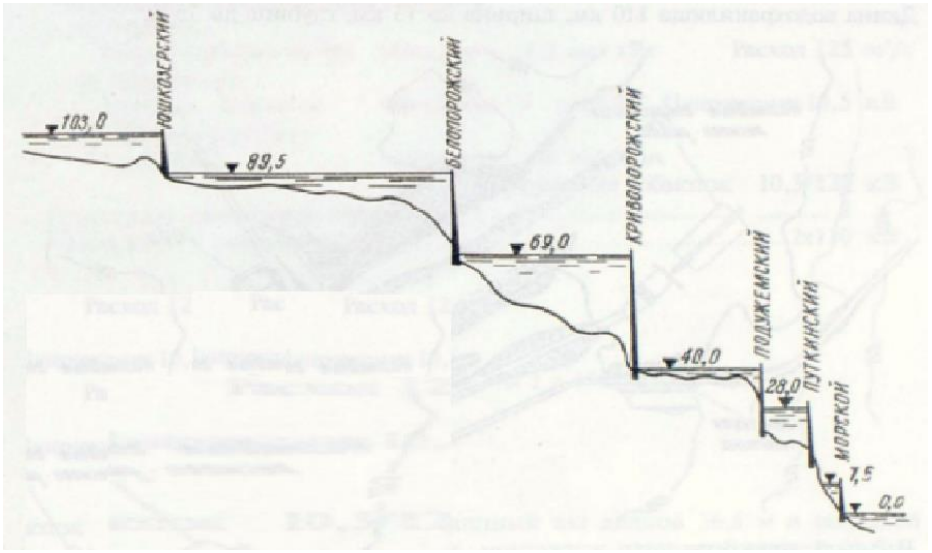


Рисунок 18 – Каскад гидроузлов на реке Кемь [24]

Путкинская ГЭС расположена в Кемском районе Республики Карелия, в 7,5 км от устья. Она является нижней по расположению и первой по времени создания ступенью Кемского каскада ГЭС. Основная задача – обеспечение электроэнергией Костомукшского ГОКа [1]. Строительство гидроузла велось в 1960-1964 годах, ввод в эксплуатацию состоялся в 1967 году [37]. Состав сооружений ГЭС: водосбросная бетонная плотина; земляная плотина; лесосплавной лоток; подводящий канал; отводящий канал; здание ГЭС деривационного типа. Гидротехнические сооружения гидроузла Путкинского водохранилища отнесены к III классу (средней опасности). Водохранилище осуществляет суточное и недельное регулирование стока, амплитуда колебаний уровня составляет 1,0-1,5 метра. Создание водохранилища привело к затоплению около 61 га сельхозугодий [8]. Основные морфометрические характеристики ГЭС и водохранилищ приведены в таблице 4 и 5.

Подужемская ГЭС расположена на реке Кемь в 20,5 км от устья. Представляет собой низконапорную русловую гидроэлектростанцию. Наряду с другими станциями Кемского каскада обеспечивает энергоснабжение Костомукшского ГОКа [1]. Строительство началось в 1968 году после завершения основных работ по Путкинской ГЭС. Первый гидроагрегат подключён 16 декабря 1971 года, второй — 29 декабря 1971 года. Станция

спроектирована институтом «Ленгидропроект» [37]. Состав сооружений гидроузла: земляная плотина, левобережная противофильтрационная бетонная стенка, водосбросная плотина, здание ГЭС, правобережная бетонная стенка, отводящий канал, ОРУ 220 кВ. Земляная плотина — русловая, однородная, отсыпана из моренного грунта. Здание ГЭС — русловое, совмещено с водоприемником, выполнено единым массивом в скальной выемке. Включает два агрегатных блока и блок монтажной площадки (таблицы 4, 5).

Юшкозерская ГЭС — верхняя регулирующая ступень Кемского каскада, расположенная в 189 км от устья реки Кемь. Помимо выработки электроэнергии для Калевальского и Муезерского районов, а также для энергосистемы Северо-Запада России, ГЭС выполняет функцию круглогодичного регулирования стока реки Кемь, обеспечивая гарантированную работу нижерасположенных станций каскада [1]. 13 марта 1980 года состоялся рабочий пуск гидроагрегата №1. 24 августа 1980 года пусковой комплекс гидроагрегата №2 мощностью 9000 кВт был принят в эксплуатацию, что вывело ГЭС на проектную мощность. Ввод второго агрегата состоялся в 1979–1980 гг. [37]. При ГЭС создано крупное водохранилище, включившее озера Среднее и Нижнее Куйто. Водохранилище относится к типу зарегулированных озер-водохранилищ, отнесено к III классу (таблицы 4, 5). ГЭС накапливает воду для выработки электроэнергии, снижает сбросы в нижний бьеф в половодья, защищает деревни Юшкозера от затоплений при паводках на реке Чирко-Кемь [8]. Юшкозерская ГЭС — низконапорная, с русловым зданием. Состав сооружений: земляная плотина; правобережная дамба и левобережная дамба; водосбросная плотина; здание ГЭС; подводящий канал и отводящий канал; ОРУ 110 кВ. Земляная плотина перекрывает русло реки Кемь в 500 м от здания ГЭС, отсыпана из камня и моренных суглинков.

Кривопорожская ГЭС расположена на реке Кемь в 55 км от устья. Тип гидроузла — русловой. Подготовительные работы начались в середине 1970-х годов. В 1974–1977 годах возведены первые инфраструктурные объекты: линия электропередачи 35 кВ и временный мост через реку Кемь. Из-за проблем с

энергоснабжением Костомукшского ГОКа строительство ускорили в 1985 году. Пуск агрегатов: первый — 29 июня 1990 г., второй — 1 июля 1990 г., третий — 22 декабря 1990 г., четвёртый — 22 августа 1991 г. [37].

Водохранилище создано в русле реки Кемь, тип — русловое долинное, по степени регулирования стока — суточного и недельного регулирования. Используется для энергетики и водоснабжения населения. В 2022 году переведено из II класса (высокой опасности) в III класс (средней опасности). Состав основных сооружений гидроузла: земляная плотина, глухая бетонная плотина, водосброс, отводящий канал водосброса, здание ГЭС с водоприемником, отводящий канал ГЭС [8]. Земляная плотина — пойменно-русловая, однородная, насыпная из супесчаного моренного грунта (таблицы 4, 5).

Белопорожская ГЭС — вторая ступень Кемского каскада, расположенная от устья на 97,3 км. Это крупнейший проект компании «Норд Гидро – Белый порог» в регионе. Строительство начато в 1993 году силами «Севгидростроя», но в 1999 году остановлено при готовности около 20 % из-за нехватки финансирования. Проект критиковали за масштабное затопление территории (210 км²) и угрозу подтопления деревни Панозеро с древней деревянной архитектурой. В 2013 году за проект взялось АО «Норд Гидро» и переработало его: для соответствия критериям поддержки ВИЭ (мощность малых ГЭС — менее 25 МВт) и сокращения площади затопления решили построить два здания ГЭС в составе одного гидроузла [1]. В 2020 году произошли два прорыва плотины (март, октябрь) с выбросом технических масел, из-за чего запуск перенесли. Строительство завершили в 2023 году, официальный запуск состоялся 6 июня 2024 года. ГЭС представляет собой низконапорную плотинную русловую станцию с двумя отдельными зданиями (Белопорожская ГЭС-1 и ГЭС-2), использующими единый напорный фронт. Такое решение принято для соответствия критериям малых ГЭС (мощностью менее 25 МВт), что позволило пройти конкурсный отбор проектов в области возобновляемой энергетики.

Состав сооружений гидроузла: грунтовая плотина, водосбросная плотина, здание ГЭС-1 (левобережное), здание ГЭС-2 (правобережное), ОРУ-220 кВ (таблица 4 и 5).

Суммарная действующая мощность каскада Кемских ГЭС составляет 493 тыс. кВт (приложение Г). Таким образом, каскад ГЭС на реке Кемь представляет собой сложную и сбалансированную систему гидроэнергетических объектов, играющих значимую роль в энергоснабжении Республики Карелия и всего Северо-Западного региона России [24].

Таблица 4 – Морфометрические характеристики Кемских ГЭС [8,24]

ГЭС	Юшкозерская	Белопорожская	Кривопорожская	Подужемская	Путкинская
Длина водосборной бетонной плотины, м	25,1	33	31,3	31	27
Длина русловой плотины, м	133	2710	1275	420	227
Наибольшая высота русловой плотины, м	11,5	25	30,5	11,5	17,5
Длина правобережной дамбы, м	160	-	-	76,6	232
Длина левобережной дамбы, м	185	-	-	287,7	622
Длина подводящего канала, м	480	-	377	-	1451
Длина отводящего канала, м	108	-	730,5	230,7	170
Длина здания ГЭС, м	72	1140,4	99,2	66,8	75,45
Площадь водосбора, км^2	10780	23500	25350	28400	28400
Среднемноголетний сток, км^3	3,25	7,25	7,6	8,4	8,4
Длина напорного фронта, м	270	2,82	1,43	0,8	1,22
Максимальный статический напор, м	13	21,5	30	12,5	24,1
Среднемноголетний расход стока, м^3/с	107	450	249	275	275
Расчетный максимальный сбросной расход, м^3/с	448	1300	1430	1500	1480

Создание Юшкозерского водохранилища привело к подпору уровня воды в Нижнем, Среднем и Верхнем Куйто через систему соединяющих их проток. Таким образом, два озера системы Куйто были объединены в единое Юшкозерское водохранилище. Общая площадь затопленных земель составила около 100-120 км^2, из них около 60-70 км^2 занимали леса, 30-40 км^2 – болота и луга. Затопление лесов привело к гибели древостоев, разложению древесины в воде, поступлению в водную среду больших количеств органического вещества, гумусовых кислот, биогенных элементов. В течение первых 10-15 лет после заполнения водохранилища наблюдалось ухудшение качества воды – увеличение цветности, перманганатной окисляемости, содержания железа и марганца [9].

Переработка берегов водохранилища волнами и течениями привела к формированию новой береговой линии, размыву рыхлых четвертичных отложений, образованию абразионных уступов и аккумулятивных террас. Ширина зоны активной переработки берегов достигла 20-50 м, объем размытого материала оценивается в несколько миллионов кубических метров. Размытый материал частично откладывался вдоль берегов, формируя пляжи и подводные отмели, частично транспортировался течениями и оседал в глубоководных частях водохранилища, увеличивая скорость заиления. Скорость заиления Юшкозерского водохранилища оценивается в 2-3 мм в год, за прошедшие 60 лет эксплуатации толщина техногенных илов достигла 10-20 см [9].

Таблица 5. Морфометрические характеристики Кемских водохранилищ [8,24]

Водохранилища	Юшкозерская	Белопорожская	Кривопорожская	Подужемская	Путкинская
Длина водохранилища, км	110	85	42	33,9	13
Ширина водохранилища, км	13	10	4	0,65	0,54
Максимальная глубина водохранилища, км	35	24	27	17	10,4
Нормальный подпорный уровень (НПУ), м	103	89,5	69	40	28
Площадь зеркала водохранилища при НПУ, км^2	655	210	70,4	12	6,4
Уровень метвого объема (УМО), м	100,3	81	68	39	27,5
Площадь зеркала водохранилища при УМО, км^2	408	-	64,4	10,2	6,3
Форсированный подпорный уровень (ФПУ), м	103,15	-	69	40	28,5
Площадь зеркала водохранилища при ФПУ, км^2	669	-	70,4	12	6,6
Объем полный, млн. м^3	1566	620	566	23,8	49
Объем полезный, млн. м^3	1254	390	67	11	3,2

Режим работы ГЭС Кемского каскада определяется графиком электрических нагрузок энергосистемы Республики Карелия и характеризуется суточной неравномерностью: в часы максимальных нагрузок расходы воды через турбины увеличиваются, уровень воды в водохранилищах снижается, а в часы минимальных нагрузок расходы уменьшаются и уровень воды повышается. Сезонный режим характеризуется увеличением расходов воды и выработки в период весеннего половодья и летне-осенних паводков, тогда как зимой расходы минимальны, а уровень воды снижается на 1,0-1,5 м. Многолетнее регулирование стока практически не осуществляется из-за малого полезного объема водохранилищ [32].

Гидротехнические сооружения эксплуатируются более 50-60 лет, что требует капитальных ремонтов и реконструкции из-за физического и морального износа оборудования, ведутся работы по модернизации. Влияние каскада на

гидрологический режим реки Кемь и озер Куйто многосторонне: изменилось внутригодовое распределение расходов воды, уменьшились максимальные расходы половодья, увеличились минимальные меженные расходы, появились искусственные суточные и недельные колебания уровня. Изменился термический режим (летом вода холоднее, зимой теплее), ледовый режим (ледостав задерживается на 1-2 недели, образуются полыньи) [34]. Гидрохимический режим водохранилищ отличается от естественного: снижение скорости течения увеличило время водообмена, усилило осаждение взвешенных веществ и аккумуляцию биогенов в донных отложениях. Разложение затопленной растительности вызвало рост цветности, окисляемости, содержания железа и марганца, которые сейчас стабилизировались на уровне, превышающем естественный фон на 10-20%. Кислородный режим удовлетворителен, кроме придонных слоев зимой (снижение кислорода до 40-50% насыщения) [9]. Таким образом, создание каскада ГЭС привело к существенной трансформации гидрологического режима, изменению морфометрических, гидрохимических и гидробиологических характеристик, что обусловило негативные экологические последствия, требующие компенсационных мероприятий.

Анализ временного ряда среднегодовых уровней за период с 1956 по 2023 год свидетельствует об их повышении (рисунок 20). Наиболее выраженные изменения зафиксированы для озёр Среднее Куйто и Нижнее Куйто, что напрямую связано с их трансформацией в водохранилища после ввода в эксплуатацию Юшкозерской ГЭС (1980 год). В результате уровни этих озёр возросли, а речной сток стал зарегулированным. Использованы данные по среднегодовым уровням на 6 гидропостах в Приложение В.

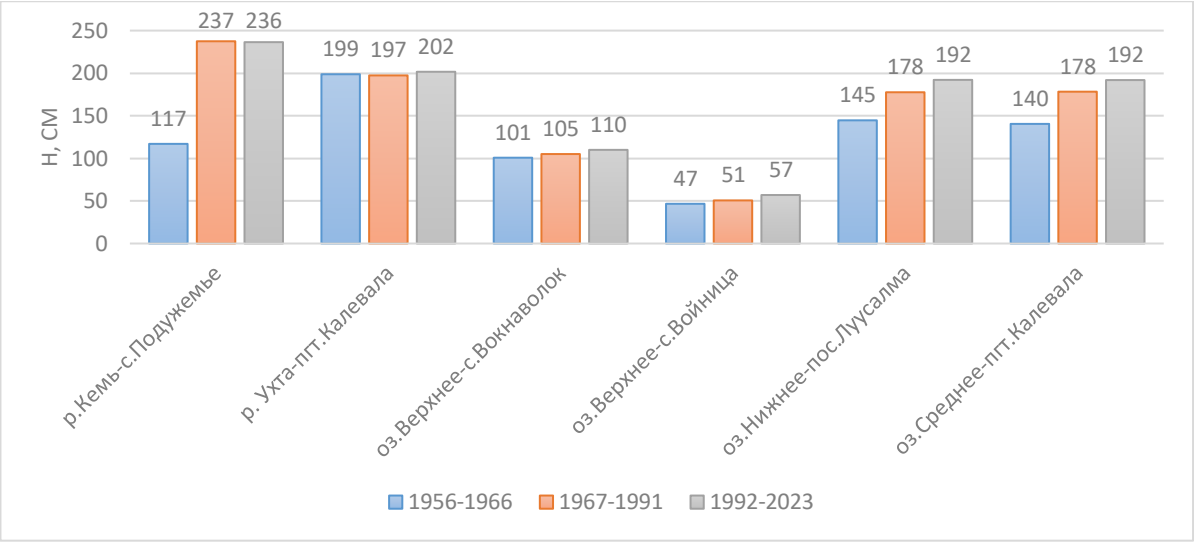


Рисунок 20 – Динамика среднегодовых уровней озер и рек 1956–2023 гг. [12]

В период до 1956 года озёра Среднее и Нижнее Куйто характеризовались незначительными различиями в уровнях. Однако после строительства первой ГЭС (1967 год) их уровни практически совпали, наложившись друг на друга на графике. При построении графиков данные трёх гидропостов были приведены к единому нулю графика, что обеспечило корректность визуального сравнения динамики уровней озёр (рисунок 21). В отличие от них, для озера Верхнее Куйто характерна стабильная динамика уровней без резких спадов и подъёмов. Напротив, на режим Среднего и Нижнего Куйто существенно влияют притоки: в периоды обильного выпадения осадков они приносят значительные объёмы воды, что вызывает заметные колебания уровней.

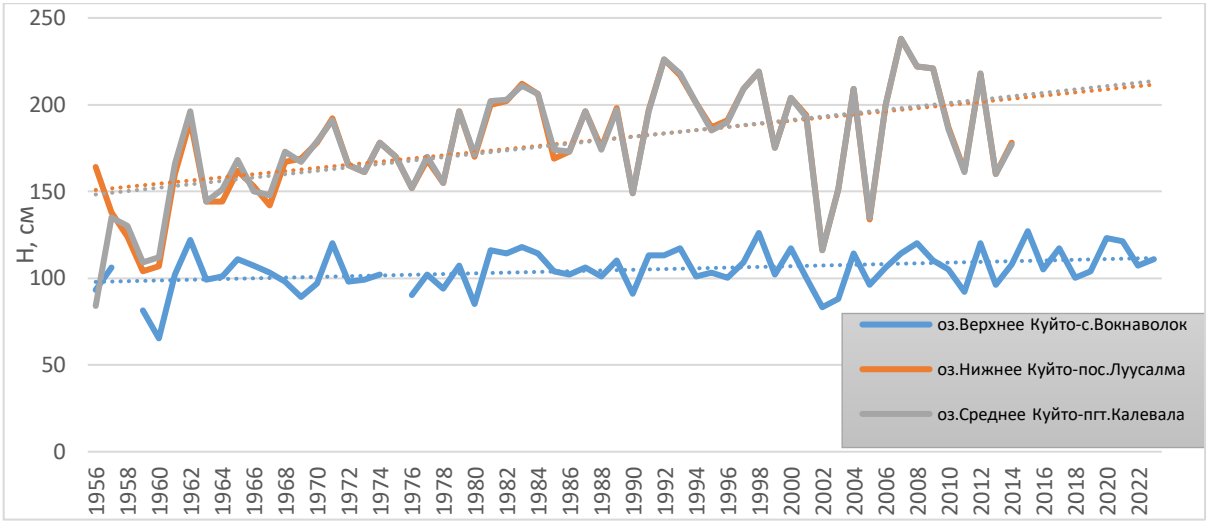


Рисунок 21 – Совмещённые графики многолетнего хода среднегодовых уровней озёр Верхнее, Среднее и Нижнее Куйто за период 1956–2023 гг. (данные трёх гидропостов приведены к единому нулю графика)[12]

2.2. Общая характеристика промышленного освоения

Промышленное освоение бассейна озёр Куйто имеет длительную историю. Наиболее масштабное воздействие оказало развитие горнодобывающей промышленности во второй половине XX века (Костомукшское месторождение железных руд). Также осуществляются лесозаготовки, добыча стройматериалов, работают объекты транспорта. Совокупное воздействие проявляется в загрязнении воздуха, вод, почв, нарушении земель, трансформации флоры и фауны [13].

Лесная промышленность является традиционной отраслью экономики Карелии и играет важную роль в хозяйственном освоении бассейна озер Куйто. Лесозаготовки ведутся с начала XX века, наиболее интенсивно в 1950–1980-е гг. (500–700 тыс. м³/год). Сплав древесины по рекам и озерам осуществлялся до 1990-х гг. Воздействие лесозаготовок на природную среду проявляется в изменении структуры лесного покрова, снижении биологического разнообразия, нарушении гидрологического режима водосборов, развитии эрозионных процессов. Добыча стройматериалов (песок, гравий, щебень) ведётся на

месторождениях водно-ледниковых и моренных отложений, расположенных в бассейне озер Куйто. Добыча осуществляется открытым способом с применением экскаваторов и автосамосвалов. Воздействие на природную среду включает нарушение земель, изменение рельефа, загрязнение воздуха пылью при разработке и транспортировке материалов [39].

Транспортная инфраструктура бассейна озер Куйто представлена автомобильными дорогами, лесовозными дорогами, железнодорожной веткой к Костомукшскому ГОКу (конец 1970-х гг.). Основная автодорога – трасса Петрозаводск – Костомукша – проходит по восточной окраине бассейна Верхнего Куйто. Воздействие транспортной инфраструктуры на природную среду включает нарушение земель при строительстве дорог, изменение гидрологического режима при пересечении водотоков, загрязнение придорожной полосы выхлопными газами автотранспорта, нефтепродуктами, противогололедными реагентами [10]. Крупнейший г. Костомукша (около 30 тыс.чел.), расположен на водоразделе между озером Среднее Куйто и водосборами рек, впадающих в озеро Каменное. Значительное воздействие на все компоненты природы оказывает Костомукшский ГОК (строительство с 1977 г., пуск в 1982 г.). Проектная мощность — 32 млн т руды в год, концентрата — около 10 млн т/год. Технология: открытая добыча, дробление, магнитная сепарация, складирование хвостов. Карьер: глубина до 500 м, длина ~3 км, ширина ~1 км. Отвалы вскрышных пород — около 30 км². Корпангское хвостохранилище (долина р. Корпанга, в 15 км от Костомукши): площадь ~30 км², высота дамб до 50 м, объём хвостов >500 млн м³, ежегодно поступает ~25 млн т, содержащих остаточные железо, тяжёлые металлы, флотационные реагенты [13]. Таким образом, промышленное освоение бассейна озер Куйто, особенно деятельность Костомукшского ГОКа, оказывает существенное воздействие на все компоненты природной среды региона – атмосферу, гидросферу, литосферу, почвенный покров, растительный и животный мир.

2.3. Костомукшский ГОК и Корпангское хвостохранилище

Костомукшский горно-обогатительный комбинат является крупнейшим промышленным предприятием, функционирующим в бассейне системы озер Куйто, и оказывает значительное воздействие на геоэкологическое состояние региона (рисунок 19). Комбинат был построен в 1982 году для разработки Костомукшского месторождения железистых кварцитов, расположенного в северо-западной части Карелии вблизи границы с Финляндией. Строительство предприятия осуществлялось совместными усилиями СССР и Финляндии в рамках масштабного международного проекта, что определило применение передовых технологий и оборудования. Комбинат создавался как предприятие полного цикла, включающее добычу руды открытым способом, ее обогащение методом магнитной сепарации и производство железорудного концентрата с высоким содержанием железа для металлургических предприятий [10].



Рисунок 19 – Картосхема местоположения Костомукшского ГОК и Корпангского хвостохранилища

Костомукшское месторождение железных руд относится к типу железисто-кремнистых формаций докембрия, широко распространенных на Балтийском щите. Месторождение приурочено к зеленокаменному поясу архейского возраста и представлено магнетитовыми кварцитами – метаморфическими породами, состоящими преимущественно из кварца и магнетита. Запасы руды в месторождении оцениваются в несколько миллиардов тонн, что обеспечивает работу предприятия на десятилетия вперед. Разработка месторождения ведется открытым способом в карьере глубиной до 500 м. Технологический процесс обогащения руды на Костомукшском ГОКе включает несколько стадий. На первой стадии руда дробится в щековых и конусных дробилках до 20–30 мм. На второй – измельчается в мельницах с добавлением воды до частиц 0,1–0,2 мм с образованием пульпы. На третьей – пульпа поступает на магнитные сепараторы, где магнетит отделяется от немагнитных минералов. Полученный концентрат транспортируется на склад и отгружается потребителям по железной дороге [14].

Отходы обогащения (хвосты) – пульпа из воды и тонкодисперсных частиц кварца, силикатов, остаточного магнетита и других минералов содержат твердого вещества – 30–40% по массе. Хвосты содержат около 10–15% железа, а также следовые количества меди, никеля, хрома, цинка, свинца, мышьяка. Для их хранения создано Корпангское хвостохранилище – одно из крупнейших техногенных водоемов России. Корпангское хвостохранилище расположено в долине реки Корпанга, которая является притоком реки Кенти, впадающей в озеро Среднее Куйто. Расстояние от хвостохранилища до озера составляет около 30 км по прямой и около 50 км по руслу рек. Для создания хвостохранилища в долине реки Корпанга была построена система ограждающих дамб, сооруженых из местных грунтовых материалов – суглинков, супесей, песка, гравия. В основании дамб устроен противофильтрационный экран из глинистых материалов для предотвращения фильтрации воды из хвостохранилища в окружающие грунты и поверхностные водотоки [10].

Площадь зеркала хвостохранилища составляет около 30 км^2, глубина достигает 40-50 м в приплотинной части. Объем накопленных хвостов превышает 500 млн. м^3, объем воды в чаше хвостохранилища составляет около 150 млн. м^3. Ежегодно в хвостохранилище поступает около 25 млн. тонн твердых отходов обогащения и около 30 млн. м^3 воды, содержащейся в пульпе хвостов. Для поддержания водного баланса и предотвращения переполнения чаши хвостохранилища избыточная вода сбрасывается через специальные водосбросные сооружения в реку Корпанга ниже по течению от плотины. Объем сбрасываемой воды составляет около 25-30 млн.м^3/год [28]. Сбрасываемая вода проходит очистку в системе прудов-отстойников, где происходит осаждение взвешенных веществ, затем поступает в реку Корпанга. Несмотря на очистку, сбросные воды содержат повышенные концентрации взвешенных веществ по сравнению с фоновыми природными водами. Фильтрация воды из чаши хвостохранилища через тело дамб и ложе хвостохранилища приводит к загрязнению подземных вод прилегающей территории. Несмотря на наличие противофильтрационных устройств, полностью предотвратить фильтрацию невозможно из-за трещиноватости коренных пород и неоднородности грунтов. Загрязненные подземные воды могут разгружаться в поверхностные водотоки, усиливая их загрязнение.

Воздействие Корпангского хвостохранилища распространяется далеко за пределы локальной зоны: по течению реки Корпанга, через озеро Среднее Куйто и на всю систему озер Куйто. Загрязняющие вещества переносятся речным стоком и накапливаются в донных отложениях, особенно у загрязненных притоков. Атмосферный перенос пыли переносится на радиус 10 км от комбината, зона умеренного загрязнения – до 30-50 км. В итоге формируются аномальные геохимические поля в донных отложениях и воде озер Куйто (подробнее — в главе 3). Мониторинг за состоянием природной среды в районе Костомукшского ГОКа ведут предприятия, природоохранные органы и научные организации. Программа охватывает слежение за состоянием воздуха, воды,

почв, растительности и комплекса водных экосистем. Результаты показывают превышение ПДК в отдельных компонентах среды, особенно в зоне влияния предприятия. При этом предприятие проводит природоохранные мероприятия: снижает выбросы и сбросы, рекультивирует земли, обеспечивает безопасность хвостохранилища [7].

Важнейшей задачей является обеспечение долгосрочной безопасности Корпангского хвостохранилища после прекращения эксплуатации Костомукшского ГОКа. Срок службы предприятия оценивается в несколько десятилетий, после чего встанет вопрос о консервации хвостохранилища и предотвращении его негативного воздействия на окружающую среду в течение столетий. Международный опыт показывает, что рекультивация хвостохранилищ является сложной и дорогостоящей задачей, требующей применения специальных технологий – покрытия поверхности хвостов инертными материалами, создания растительного покрова, обеспечения долгосрочной стабильности дамб, контроля качества сбросных и фильтрационных вод [14].

Таким образом, Костомукшский ГОК и Корпангское хвостохранилище являются главными источниками антропогенного воздействия на геоэкологическое состояние системы озер Куйто. Масштабы и интенсивность воздействия определяют необходимость детального изучения состояния водных экосистем, оценки степени загрязнения донных отложений и водной массы озер, разработки мероприятий по снижению негативного влияния промышленных объектов и обеспечению экологической безопасности региона.

3. Современное состояние геосистемы озер Куйто в результате антропогенного воздействия

3.1 Экологическое состояние донных отложений озер Куйто

Ввиду сложной пространственной структуры гидрографической системы озер Куйто, включающей три крупных водоема (Верхнее, Среднее и Нижнее), анализ антропогенной трансформации донных отложений представляется не простой задачей. Настоящее исследование базируется на наиболее репрезентативных и верифицированных данных, что обусловило необходимость фокусировки внимания именно на озере Верхнее Куйто.

Данный выбор продиктован не случайным фактором, а существующей информационной асимметрией: в отличие от Верхнего Куйто, для Среднего и Нижнего Куйто на сегодняшний день отсутствуют систематизированные и достаточные сведения о гранулометрическом составе, геохимии и характере распределения загрязнителей в толще донных осадков. Имеющиеся фрагментарные данные по этим двум водоемам не позволяют построить достоверные пространственно-временные ряды и провести корректную оценку многолетней аккумуляции поллютантов.

Таким образом, в рамках данного раздела детальному рассмотрению подвергнуто экологическое состояние донных отложений Верхнего Куйто как наиболее изученного звена системы, аккумулирующего техногенную нагрузку на начальном этапе антропогенного воздействия на водосборной территории. Именно на этом объекте удалось проследить ключевые закономерности накопления загрязняющих веществ, связанные с деятельностью горно-промышленного комплекса и лесозаготовительной инфраструктуры, тогда как оценка состояния Среднего и Нижнего Куйто требует дальнейших целевых полевых исследований. Донные отложения служат интегральным индикатором состояния водных экосистем, накапливая загрязнители из атмосферы, речного стока, эрозии и биохимических процессов. Их изучение позволяет оценить

антропогенную нагрузку, выявить источники загрязнения и проследить динамику по вертикальному распределению веществ. Верхнее Куйто, наиболее удалённое от промышленных источников, позволяет использовать его донные отложения для оценки фонового состояния и влияния атмосферного переноса от Костомукшского ГОКа и других источников. Донные отложения Верхнего Куйто представлены преимущественно илами – тонкодисперсными осадками, состоящими из минеральных частиц размером менее 0,01 мм, органического вещества, воды. Содержание органического вещества в илах варьирует от 5 до 20% в зависимости от глубины водоема, удаленности от берегов, интенсивности биологических процессов. В прибрежной зоне на глубинах до 5-10 м распространены песчаные и песчано-илистые отложения, формирующиеся в результате переработки берегов волнами и поступления обломочного материала с водосбора. В глубоководных котловинах озера на глубинах более 15-20 м накапливаются тонкодисперсные илы с повышенным содержанием органического вещества [7].

В таблице 6 представлено наибольшее превышение концентраций: для кадмия – в 2 раза, наименьшее – для марганца – в 1,2 раза. Средние концентрации железа, меди, никеля, хрома, цинка, свинца превышают фон в 1,3-1,5 раза. Превышение фоновых концентраций свидетельствует о наличии антропогенного загрязнения донных отложений Верхнего Куйто, несмотря на удаленность озера от основных промышленных источников. Анализ вертикального распределения тяжелых металлов в колонках донных отложений показал увеличение концентраций в верхних слоях по сравнению с нижними. Концентрации меди, никеля, хрома, цинка, свинца в слое 0-5 см на 20-40% выше, чем в слое 20-30 см. Концентрации кадмия в верхнем слое в 2-3 раза выше, чем в нижнем. Такое распределение свидетельствует о возрастании антропогенной нагрузки на озеро в последние 40-летний период, что соответствует периоду функционирования Костомукшского ГОКа с начала 1980-х годов [9,17,27].

Таблица 6 – Показатели качества воды по данным гидрохимического мониторинга [15,21]

Элемент	Диапазон концентраций, мг/кг	Среднее значение, мг/кг	Фоновое значение, мг/кг	Превышение фона, раз
Железо	18000–35000	25000	20000	1,25
Марганец	400–900	600	500	1,2
Медь	15–45	28	20	1,4
Никель	30–80	52	35	1,5
Хром	50–120	80	60	1,3
Цинк	40–100	65	50	1,3
Свинец	10–30	18	12	1,5
Кадмий	0,2–0,8	0,4	0,2	2
Кобальт	10–25	16	12	1,3

Сравнение полученных концентраций тяжелых металлов в донных отложениях Верхнего Куйто с предельно допустимыми концентрациями, установленными для почв и грунтов согласно СанПиН 1.2.3685-21 [25], показало, что ни по одному из определяемых элементов ПДК не превышены. Концентрации меди составляют 30-50% от ПДК, никеля – 20-40%, хрома – 10-20%, цинка – 20-30%, свинца – 10-20%, кадмия – 20-40% от ПДК. Это свидетельствует о том, что степень загрязнения донных отложений Верхнего Куйто в настоящее время является умеренной и не представляет прямой угрозы для водных экосистем и здоровья населения. Основным источником поступления тяжелых металлов в донные отложения Верхнего Куйто является атмосферный перенос пылевых частиц от Костомукшского ГОКа и Корпангского хвостохранилища. Моделирование рассеивания атмосферных выбросов показывает, что территория бассейна Верхнего Куйто находится в зоне влияния западных и юго-западных ветров, переносящих загрязняющие вещества с промышленных объектов Костомукши. Вторым источником поступления тяжелых металлов является речной сток с водосбора, который приносит растворенные и взвешенные формы металлов, вымываемые из почв и горных пород. Естественное содержание металлов в породах водосбора Верхнего Куйто,

особенно в зеленокаменных комплексах архея, повышенное, что определяет фоновые концентрации элементов в водах и донных отложениях. Кроме того, антропогенное воздействие на водосбор – вырубка лесов, эрозия почв, атмосферное загрязнение – усиливает вынос металлов с поверхностным стоком [10]. Таким образом, экологическое состояние донных отложений Верхнего Куйто характеризуется умеренным загрязнением тяжелыми металлами, где превышение фоновых концентраций составляет 1,2-2,0 раза для различных элементов. Основным источником загрязнения является атмосферный перенос от Костомукшского ГОКа. Степень загрязнения не достигает уровня, представляющего прямую опасность для водных экосистем, однако продолжающееся поступление загрязняющих веществ может привести к дальнейшему ухудшению экологической обстановки.

3.2. Состояние атмосферного воздуха в районе исследования

Атмосферное воздействие на систему озер Куйто осуществляется через выпадение с атмосферными осадками загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу от промышленных предприятий, транспорта, объектов теплоэнергетики, а также в результате трансграничного переноса загрязнений с территорий соседних государств. Основным источником атмосферного загрязнения в регионе является Костомукшский горно-обогатительный комбинат, выбросы которого включают пылевые частицы минерального состава, содержащие соединения железа, тяжелых металлов, кремния, а также газообразные загрязняющие вещества – оксиды серы, азота, углерода. Атмосферный перенос обеспечивает распространение загрязняющих веществ на значительные расстояния от источника выбросов, в зависимости от направления и скорости ветра, высоты выброса, размера частиц и других метеорологических факторов [19].

Костомукшский ГОК является крупнейшим стационарным источником выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в северо-западной части

Республики Карелия. Комбинат поставляет около 30-40 тысяч тонн загрязняющих веществ. Основной вклад в массу выбросов вносит пыль неорганическая с содержанием кремния более 20% – около 25-30 тыс. тонн/г. Выбросы оксида углерода составляют 2-3 тыс. тонн/г, оксидов азота – 1-2 тыс. тонн/год, оксида серы – 0,5-1,0 тыс. тонн/год [21]. Основные источники выбросов пыли на комбинате – карьер при взрывных работах и транспортировке горной массы, дробильно-измельчительное отделение обогатительной фабрики, конвейерный транспорт, склады руды и концентрата, отвалы вскрышных пород, Корпангское хвостохранилище при ветровой эрозии поверхности [14]. Выбросы газообразных загрязняющих веществ происходят при сжигании топлива в котельных, двигателях транспортных средств и технологического оборудования. Высота источников выбросов варьирует от 0 до 50 м, большинство источников являются неорганизованными, что затрудняет контроль выбросов и их снижение [29]. Рассеивание выбросов Костомукшского ГОКа зависит от розы ветров. Преобладание южных и юго-западных ветров переносит загрязнения на север и северо-восток. Бассейн озёр Куйто находится к востоку и юго-востоку от комбината, поэтому загрязнения поступают сюда при западных и северо-западных ветрах (повторяемость 20–30%). Расстояние от ГОКа до водосбора Среднего Куйто — 10–15 км, до Верхнего Куйто — 30–50 км [33].

Пылевые частицы выпадают на поверхность под действием силы тяжести (сухое осаждение) или с осадками (мокрое осаждение). Скорость сухого осаждения зависит от размера частиц: крупные (более 10 мкм) оседают быстро и вблизи источника, мелкие (менее 1 мкм) переносятся далеко. Мокрое осаждение эффективнее для удаления мелких частиц. Для региона озёр Куйто с высоким количеством осадков преобладает мокрое осаждение [38]. Измерение фактических выпадений пылевых частиц на территории бассейна озер Куйто проводилось с использованием снегомерных съемок в конце зимнего сезона. Снежный покров эффективно аккумулирует атмосферные выпадения в течение всего холодного периода года, что позволяет оценить суммарное поступление

загрязняющих веществ за 5-6 месяцев. Пробы снега отбирались по профилям, проходящим с запада на восток от Костомукшского ГОКа через водосборы Среднего и Верхнего Куйто. Точки отбора проб располагались на расстояниях 5, 10, 20, 30, 50, 70 километров от комбината. В каждой точке отбиралась колонка снега на всю его толщину с площадки размером 0,5 на 0,5 метра [38].

Расчет годового поступления тяжелых металлов на акваторию озера Верхнее Куйто с атмосферными выпадениями проводился с учетом площади зеркала озера – 240 км^2, средней массы пылевых выпадений – 8 килограммов на гектар в год, концентраций металлов в пыли [27]. Результаты расчетов представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Годовое поступление тяжелых металлов на акваторию Верхнего Куйто с атмосферными выпадениями [15,21]

Элемент	Концентрация в пыли, мг/кг	Годовое поступление на озеро, кг/год	Доля от общего поступления в озеро, %
Железо	150000	44400	30
Медь	45	13,3	35
Никель	90	26,6	40
Хром	150	44,4	45
Цинк	75	22,2	30
Свинец	22	6,5	40

Атмосферные выпадения обеспечивают 30–45% поступления тяжёлых металлов в озеро Верхнее Куйто, особенно для хрома, никеля и свинца (40–45%). Остальное поступает с речным стоком. Помимо твёрдых частиц, с осадками выпадают растворённые вещества (сульфаты, нитраты, органические кислоты), образующиеся из газообразных выбросов. pH осадков в Карелии — 4,5–5,5 (слабокислая реакция). Концентрации: сульфаты — 2–5 мг/л, нитраты — 1–3 мг/л, хлориды — 1–2 мг/л. Годовое поступление на акваторию Верхнего Куйто: сульфаты — 40–80 т, нитраты — 20–50 т, хлориды — 20–40 т, что сопоставимо

с речным стоком. Таким образом, атмосферное воздействие — важный фактор загрязнения озёр Куйто (металлы, донные отложения, вода, биота). Снижение выбросов Костомукшского ГОКа — приоритет природоохранной деятельности.

3.3. Воздействие горнотехнического и гидротехнического освоения на водную среду

Воздействие на водную среду системы озёр Куйто осуществляется через речной сток, атмосферные выпадения осадков, береговую эрозию и изменение гидрологического режима из-за каскада ГЭС. Это приводит к трансформации гидрохимических и гидробиологических характеристик, ухудшению качества воды, изменению трофического статуса озёр, снижению рыбопродуктивности. Оценка состояния базируется на данных мониторинга Карельского ЦГМС (Северо-Западное УГМС) и исследованиях Института водных проблем Севера КарНЦ РАН [15].

Гидрохимический режим озёр Куйто характеризуется низкой минерализацией (35–55 мг/л): от 35–45 мг/л в Верхнем, 40–50 мг/л в Среднем до 45–55 мг/л в Нижнем Куйто, что обусловлено накоплением растворённых веществ по течению. Воды гидрокарбонатные кальциевые. Содержание основных ионов (мг/л): гидрокарбонаты — 20–30, кальций — 4–6, магний — 2–3, натрий — 2–4, сульфаты — 5–8, хлориды — 2–4 [20].

Цветность воды в озёрах Куйто повышенная (40–80 градусов) из-за гумусовых веществ с заболоченных водосборов, что снижает прозрачность, ограничивает свет и влияет на фотосинтез. Прозрачность по диску Секки составляет: Верхнее Куйто — 1,5–2,5 м, Среднее — 1,2–2,0 м, Нижнее — 1,0–1,8 м, что уменьшается вниз по течению из-за роста цветности и взвешенных веществ [38].

Кислородный режим озёр Куйто в целом благоприятный. Весной, летом и осенью содержание кислорода в поверхностном слое составляет 9–11 мг/л (80–

100% насыщения). Зимой подо льдом оно снижается до 7–9 мг/л (60–80% насыщения) в поверхностном слое и до 5–7 мг/л (40–60%) в придонном (таблица 8). Такие концентрации достаточны для большинства гидробионтов, но отдельные виды рыб могут испытывать дискомфорт [33].

Таблица 8 – Концентрации тяжелых металлов в воде озер Куйто [15, 21]

Элемент	Верхнее Куйто, мкг/л	Среднее Куйто, мкг/л	Нижнее Куйто, мкг/л	ПДК для рыбохозяйственных водоемов, мкг/л	Превышение ПДК
Железо общее	150-300	200-400	250-450	100	1,5-4,5
Марганец	10-20	15-30	20-40	10	1,0-4,0
Медь	1,5-3,0	2,0-4,0	2,5-5,0	1,0	1,5-5,0
Никель	2,0-4,0	3,0-6,0	4,0-8,0	10	нет
Хром	1,0-2,0	1,5-3,0	2,0-4,0	70	нет
Цинк	5-10	8-15	10-20	10	1,0-2,0
Свинец	0,5-1,5	1,0-2,5	1,5-3,0	6	нет

Превышение ПДК по железу составляет от 1,5 до 4,5 раз, по марганцу – до 4 раз, по меди – от 1,5 до 5 раз, по цинку – до 2 раз. Концентрации никеля, хрома и свинца не превышают нормативные значения. Наибольшие концентрации металлов наблюдаются в Нижнем Куйто, наименьшие – в Верхнем Куйто, что отражает накопление загрязнений вниз по течению. Превышение ПДК по железу обусловлено как природными факторами – повышенным естественным содержанием железа в породах водосбора и болотных водах, так и антропогенным загрязнением от Костомукшского ГОКа. Железо в воде находится преимущественно в виде коллоидных и взвешенных форм, связанных с гумусовыми веществами и минеральными частицами. Высокие концентрации железа придают воде желто-коричневую окраску, снижают прозрачность, ухудшают органолептические свойства. Превышение ПДК по меди связано с

поступлением этого элемента с атмосферными выпадениями и речным стоком с водосборов, подверженных промышленному загрязнению [15].

Создание водохранилищ на основе системы озёр Куйто привело к негативным последствиям. Подъём уровня воды на 1,5–2,5 м вызвал затопление прибрежной полосы, гибель растительности, размыв берегов, нарушение нереста. Суточные и недельные колебания уровня из-за работы ГЭС препятствуют развитию литорали, снижают биоразнообразие. Заиление (2–3 мм/год) за 60 лет дало слой техногенных илов 10–20 см, что ухудшает качество воды и условия обитания донных организмов. Прогнозируется дальнейшее заиление, что потребует дноуглубления или снижения объёма водохранилища [38].

Таким образом, современное состояние водной среды системы озер Куйто характеризуется умеренным загрязнением, обусловленным комплексным антропогенным воздействием гидротехнических сооружений и промышленных объектов. Концентрации ряда загрязняющих веществ превышают нормативные значения, качество воды ухудшилось по сравнению с фоновым периодом. Необходима разработка и реализация природоохранных мероприятий по снижению антропогенной нагрузки, восстановлению водных экосистем, обеспечению устойчивого функционирования озерной системы Куйто.

Заключение

Выполненное исследование позволило провести комплексную оценку геоэкологического состояния системы озер Куйто в условиях многолетнего антропогенного воздействия гидротехнических сооружений и промышленных объектов.

Выявлена роль каждого компонента природы в водной обеспеченности озерно-речной системы Куйто–Кемь. Установлено, что тектонико-геологическое строение (кристаллический щит, разломы) определило форму котловин, а четвертичные ледниково-озерные отложения создали естественные емкости для аккумуляции влаги. Климатические условия (умеренно холодный, избыточно влажный климат) с преобладанием атлантических воздушных масс обеспечивают до 500–600 мм осадков в год. Почвенно-растительный покров (подзолы, болота, хвойные леса) выполняет ключевую буферную функцию: регулирует поверхностный сток, переводит его в подземный и формирует гидрохимический состав вод (высокая цветность, природное содержание железа и марганца).

Проведена сравнительная характеристика климатических и гидрологических условий до и после хозяйственного освоения. Сравнительный анализ данных метеостанций Калевала и Кемь-Порт (1936–2025 гг.) выявил устойчивый климатический сдвиг 1998–1999 гг.: среднегодовая температура воздуха перешла через нулевую отметку, что привело к увеличению годовых сумм осадков на 15–20%. Гидрологический анализ показал, что до строительства ГЭС (1929–1966 гг.) наблюдалась прямая синхронная связь между осадками и расходами воды. После создания каскада ГЭС (1967–2023 гг.) эта связь нарушилась: пики расходов воды перестали соответствовать пикам осадков, что является прямым следствием зарегулирования стока водохранилищами. При этом среднегодовые расходы воды устойчиво выросли на 23% за весь период наблюдений.

Установлены негативные последствия хозяйственного освоения:

- Гидротехническое воздействие: подпор уровня воды на 1,5–2,5 м при создании Юшкозерского водохранилища привел к затоплению 100–120 км² земель, гибели лесов, разложению древесины и ухудшению качества воды (рост цветности, железа, марганца). Суточные и недельные колебания уровня из-за работы ГЭС нарушили литоральные экосистемы и нерест рыб. Скорость заиления составляет 2–3 мм/год, накопленная толща техногенных илов достигла 10–20 см.
- Горнопромышленное воздействие: деятельность Костомукшского ГОКа (с 1982 г.) и Корпангского хвостохранилища привела к загрязнению донных отложений Верхнего Куйто тяжелыми металлами с превышением фоновых значений в 1,2–2,0 раза, причем концентрации в верхнем (современном) слое на 20–40% выше, чем в нижнем. В водной среде зафиксировано превышение ПДК по железу в 1,5–4,5 раза, по марганцу — до 4 раз, по меди — в 1,5–5 раз. Атмосферный перенос обеспечивает 30–45% поступления тяжелых металлов в акваторию озер.

Таким образом, система озер Куйто представляет собой пример комплексной техногенной трансформации природной среды, где гидротехническое и горнопромышленное освоение привели к изменению гидрологического, климатического режимов, накоплению загрязняющих веществ и ухудшению качества вод. Полученные результаты обосновывают необходимость разработки природоохранных мероприятий в рамках национальных проектов экологической безопасности и рационального природопользования.

Список используемой литературы

1. Ассоциация «Гидроэнергетика России»: сайт. – URL: https://hydropower.ru/stations/detail.php?ELEMENT_ID=1986 (дата обращения: 05.04.2026).
2. Атлас Карельской АССР /А. Н. Трофимов, пред. ред. коллегии; спец. содерж. разраб. канд. геогр. наук Л.П. Альтман [и др.]; консультанты Э.Ф. Андреев; разраб. НИИ географии ЛГУ, – Москва: ГУГК, 1989. – 40 с.
3. Атлас Республики Карелия/ Министерство науки и высшего образования Российской федерации, Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр Российской академии наук», Институт водных проблем Севера, Всероссийская общественная организация «Русское географическое общество»; пред. ред. коллегия: Н.Н.Филатов и [др.] – Петрозаводск: 2021. – 48 с.
4. Бискэ Г.С., Горюнова Н.Н., Лак Г.Ц. Голоцен Карелии // Материалы по геологии Карелии, выпуск XI, 1959г. – С. 28–82.
5. Бородулина Г.С. Климат Карелии: изменчивость и влияние на природные экосистемы / Г.С. Бородулина, В.И. Кухарев. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2019. – 224 с.
6. Вампилова Л. Б. Региональный историко-географический анализ. Книга 1. Ландшафты Карелии. — СПб: Изд. РГГМУ, 1999. — 240 с.
7. Галахина Н.Е., Лозовик П.А. Изменение химического состава воды системы р. Кенти в результате техногенного влияния// Труды Карельского научного центра РАН. 2017. №3. – С. 21–34.
8. Гарант.ру. [Электронный курс]. URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/56846645/ (дата обращения: 13.05.2026)
9. Геохимия донных отложений малых озер: палеоэкологические реконструкции / Под ред. Д.А. Субетто. – СПб.: РГПУ им. А.И. Герцена, 2012. – 307 с.

10. Горьковец В.Я., Максимович Л.А., Раевская М.Б. Костомукшское месторождение – крупнейший комплексный рудный объект Республики Карелия // Геология Карелии от архея до наших дней. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2011. – С. 188-196.
11. Государственный водный кадастр. Основные гидрологические характеристики. Т.2. ч.3. Карелия и Северо-Запад. – Л.: Гидрометеоиздат, 1966. – 553 с.
12. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши 1981-2020 / Бассейн рек западного побережья Белого моря – Том 1. Выпуск 7. – Ленинград: Государственный водный кадастр, 1983-2008.
13. История Карельского окатыша – «Северсталь». [Электронный курс]. URL: https://severstal.com/rus/about/structure/businesses/karelskiy-okatysh/history/ (дата обращения: 20.05.2026)
14. Карельский окатыш – «Республика». [Электронный курс]. URL: https://rk.karelia.ru/special-projects/100-simvolov-karelii/karelskij-okatysh/ (дата обращения: 20.05.2026)
15. Карельский центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – Филиал федерального государственного бюджетного учреждения. [Электронный курс]. URL: https://www.kareliameteo.ru/monitoring/kachestvo.html (дата обращения: 01.06.2026)
16. Каталог озер и рек Карелии / Под ред. Н.Н. Филатова, А.В. Литвиненко. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2001. – 290 с.
17. Киселев Г.П., Яковлев Е.Ю., Дружинин С.В., Киселева И.М. / Естественная и техногенная радиоактивность донных отложений озер северо-запада России // успехи современного естествознания. 2017. № 12. с. 152-157;
18. Комплексная оценка воздействия каскада ГЭС на речные экосистемы Севера / Д.С. Павлов, А.Э. Бобров, Л.В. Ильмаст и др. // Водные ресурсы. – 2018. – Т. 45. – № 6. – С. 628-637

19. Кухарев В.И., Калинкина Н.М., Дубровина Л.В., Рябинкин А.В., Власова Л.И., Морозов А.К., Лозовик П.А., Комплексная оценка эколого-техногенной нагрузки (Костомукшский ГОК) на водные системы (р. Кенти)// Инженерная экология, №6 1998. – С. 33–41.
20. Литвиненко А.В. Оценка экологического состояния озер Карелии по гидрохимическим показателям // Известия РАН. Серия географическая. – 2019. – № 5. – С. 93-105.
21. Лозовик П.А., Потапова И.Ю. Гидрохимический режим водоёмов в зоне влияния Костомукшского горно-обогатительного комбината // Водные ресурсы. — 2006. — Т. 33, № 5. — С. 576–585.
22. Моисеенко Т.И. Водная экотоксикология: теоретические и прикладные аспекты / Т.И. Моисеенко. – М.: Наука, 2009. – 400 с.
23. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Выпуск 3. Карельская АССР. Многолетние данные. Части 1 – 6. Ленинград Гидрометеоиздат, 1988. – 102 с.
24. Новоженин В.Д., Невский В.Е. Гидроэлектростанции России – Москва: Проектно-изыскательское и научно-производственное акционерное общество «Институт гидропроект, 1998г.–467 с.
25. Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. [Электронный курс]. URL: https://sudact.ru/law/print/postanovlenie-glavnogo-gosudarstvennogo-sanitarnogo-vracha-rf-ot_1430/sanpin-1.2.3685-21/iv/tablitsa-4.1/ (дата обращения: 01.06.2026)
26. Озера Карелии [Электронный ресурс] : справочник / ВОО "Рус. геогр. о-во", отд-ние РГО в Респ. Карелии, Ин-т вод. проблем Севера КарНЦ РАН. - Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013 (2015). - 463 с.
27. Опекунова А.Ю. Опекунова М.Г. С.Ю. Кукушкина, С.Ю. Янсона, И.Ю. / Минералого-геохимическая характеристика снежного покрова в районах горнорудного производства. – Санкт-Петербург: СПбГУ, 2021. – С. 659-672.

28. П12115-07.01 ИОС7. [Электронный курс]. URL: https://ovos.ecom.su/bitstream/handle/123456789/457/П12115-07.01-ИОС7.pdf?sequence=15&isAllowed= (дата обращения: 01.06.2026)
29. Погодные сервисы. [Электронный курс]. URL: https://pogoda—service.ru/ (дата обращения: 25.02.2026).
30. Подзолистые почвы [Электронный курс]. URL: https://soil-db.ru/soilatlas/razdel-3-pochvy-rossiyskoy-federacii/podzolistye-pochvy (дата обращения 01.05.2026)
31. Раменская М.Л., Шубин В.И. Природное районирование в связи с вопросами лесовосстановления. В сб. “Лесовосстановление в Карельской АССР и Мурманской области. – Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1975г. – С. 180-204.
32. Регулирование речного стока: экологические последствия / Под ред. И.Л. Калюжного. – М.: Научный мир, 2005. – 272 с.
33. Ресурсы поверхностных вод СССР : Основные гидрологические характеристики : (За 1971–1975 гг. и весь период наблюдений) : в 26 т. – Ленинград : Гидрометеоиздат, 1978–1981. – (Государственный водный кадастр / Главное управление гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР).
34. СП 131.13330.2020. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*. – М.: Минстрой России, 2020. – 235 с.
35. Справочно—информационный портал "Погода и климат". [Электронный курс]. URL: https://www.pogodaiklimat.ru/ (дата обращения: 25.02.2026).
36. Степанов П. М., Вампилова Л. Б. Строительство ГЭС и изменение климатических параметров в бассейне реки Кемь // Моря и воды суши в теории и практике. Сборник материалов Межрегиональной молодежной научно—практической конференции/ науч. ред. Е. В. Гайдукова, А. А. Соколова. СПб.: РГГМУ, 2024. С.71–78.

37. ТГК-1. [Электронный курс]. URL: https://www.tgc1.ru/production/complex/karelia-branch/kem-cascade (дата обращения: 05.04.2026).
38. Чмыхалова С.В., Сметанин А.И., Анализ основных источников загрязнения окружающей среды в условия ОАО «Карельский окатыш», Москва.:МГГУ,1999. – С.105–106.
39. Экология Костомукши / Под ред. В.В. Никонова. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1990. – 224 с.

П р и л о ж е н и е

Приложение А

Таблица А1. Исходные данные температур воздуха на метеостанции Калевала

№ п/п	Год	Месяц												Ср. год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII	
1	1936	-12,2	-19	-8,3	0,3	8	16,3	16,5	14,4	7,7	0,4	-0,4	-2,2	1,8
2	1937	-8,9	-12,8	-6,2	2,3	7,3	15,3	15,1	16,8	7,9	3,2	-1	-9,6	2,5
3	1938	-9,3	-4,5	-4,5	-1,3	5,4	11,9	19	15,1	10,1	3,4	0,2	-5,7	3,3
4	1939	-11	-8,9	-7,1	-3,1	4,3	12,5	14,8	15,2	5,1	0	-0,9	-9	1
5	1940	-17,5	-17	-12,8	-2,4	7,6	12,4	15,2	14,1	8,5	1,3	-3,6	-11,3	-0,5
6	1941	-17,7	-14,6	-13,1	-3,9	3	9,7	19	12,4	7,1	1,4	-4,9	-10,6	-1,0
7	1942													
8	1943													
9	1944													
10	1945													
11	1946													
12	1947	-11,5	-17,7	-13	-0,7	6,2	15,7	15,2	13,7	9,7	1,2	-4,5	-9,2	0,4
13	1948	-14,1	-10,5	-7,1	1,3	8,3	13,8	13,6	11,2	8,2	2,5	-2,4	-5,5	1,6
14	1949	-6,4	-6,1	-7,7	0,7	7,8	9,1	13,4	12,2	10,3	1,4	-2	-5,9	2,2
15	1950	-14,7	-9,9	-5,9	2,3	6,5	12,5	13,3	13,7	8,5	4,2	-2,5	-6,3	1,8
16	1951	-14,1	-10,7	-8,9	1,5	3	11,1	13,5	16	7,9	4,5	-6,3	-6,6	0,9
17	1952	-6,8	-7,4	-10,9	-0,4	3,3	12,4	15,5	11	6,1	-1,3	-4,4	-8,5	0,7
18	1953	-11,7	-17,1	-5,6	1,8	5,5	16	13,9	14,1	5,6	2,5	-1,4	-3,7	1,7
19	1954	-9,8	-15,1	-4,4	-0,9	8,2	12,3	17,7	13,1	8,8	1	-4,6	-2,5	2,0
20	1955	-12,9	-15,3	-12	-3,7	3,6	9,4	14,7	14,3	9,1	1,3	-8,5	-19,7	-1,6
21	1956	-13,4	-17,1	-7,9	-4,9	6,8	14,4	13,1	10,9	5,9	-0,1	-10,8	-7,1	-0,9
22	1957	-7,1	-7,4	-11,7	-1,1	6,1	9,8	17,4	14,1	7,7	2,5	-3,5	-10,1	1,4
23	1958	-15,8	-12,4	-10,5	-2,5	3,5	11,5	13,6	13,8	6,5	2,2	-0,8	-14,5	-0,5
24	1959	-11,5	-6,30	-2,5	-1,5	6,7	14,2	15,7	15,1	5,7	0,6	-4,7	-12,5	1,6

№ п/п	Год	Месяц												Ср. год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII	
25	1960	-14,6	-14,4	-6,7	1,3	9,1	13,1	19,4	14,4	7,5	-3	-6	-6,7	1,1
26	1961	-8,5	-6,8	-4,6	-2,7	4,5	14,8	17	13,1	7	7	-2	-11,8	2,3
27	1962	-10,1	-9,5	-13,7	2	6,5	10,3	12,6	10,9	7	2,6	-0,6	-13,4	0,4
28	1963	-15	-14,8	-15,1	0,4	11,3	10,6	14,6	13,7	10,2	2,5	-3,9	-10,8	0,3
29	1964	-6,9	-13,2	-10,7	-1,8	6,4	11,8	15,8	13,1	6,6	4,3	-6,5	-7,7	0,9
30	1965	-8,9	-13,6	-7,6	-0,7	3,3	12,3	13,1	12,2	8,6	1	-8,4	-10,1	0,1
31	1966	-23,2	-21,8	-14,6	-4,3	5,3	12,7	15,3	11,6	5,3	-0,3	-0,9	-10,6	-2,1
32	1967	-16,6	-9,2	-1,3	1,4	5	11,2	15,1	16	8,5	3,1	0,5	-17	1,4
33	1968	-22,2	-13,8	-5,7	-1,5	3,9	13,3	11,8	12,5	5,4	-3	-5	-5,9	-0,9
34	1969	-17,1	-18,3	-9,7	-2,1	2,4	10,9	14,7	13,2	6,6	2	-3,2	-12,4	-1,1
35	1970	-13,7	-18,1	-4,9	-2,8	4	14,8	16,6	13,1	7,8	1,1	-6,9	-9,1	0,2
36	1971	-9,2	-14,1	-10,8	-3	4,1	10,9	14,2	13,3	6,1	-0,3	-8,4	-10	-0,6
37	1972	-12,8	-10,9	-6,8	-0,7	4,1	14,6	18,8	14,6	6,7	1,8	-6	-1,3	1,8
38	1973	-9,5	-11,2	-6,5	-0,4	6,6	13,8	18,4	12	4,2	-1,8	-8,4	-13,3	0,3
39	1974	-11,6	-5	-4,6	-1,3	3,2	13,8	16,7	13,2	10,2	2,2	-4,3	-2,4	2,5
40	1975	-8,7	-8,9	-2,2	-0,7	8,2	11,8	15,1	10,8	9,2	1	-2,9	-9	2,0
41	1976	-16,1	-13,4	-9,8	-0,8	6,6	8,9	13,9	12,2	4,6	-2,6	-5,1	-8	-0,8
42	1977	-12,3	-12,8	-6,7	-1	5,9	12,1	15,4	11,3	5,8	-0,7	-3,2	-10,3	0,3
43	1978	-12,9	-18,8	-6,5	-3	5,6	10,7	13,7	10,7	6,5	0,1	-3,8	-20,8	-1,5
44	1979	-15,8	-14,5	-5,6	-4,5	7,6	12,6	14,6	13,3	7,6	-0,9	-3,2	-7,5	0,3
45	1980	-13,3	-14,1	-10,5	-0,1	5,2	16,1	14,9	11,8	6,9	1,1	-9,7	-13	-0,4
46	1981	-8,8	-14,4	-12,1	-2	6,7	10,9	15,9	11,9	7	3,1	-3,8	-11,4	0,3
47	1982	-20,4	-9	-4,5	-0,2	5,9	8	15,3	11,5	7,1	1,2	-0,3	-5,7	0,7
48	1983	-8,4	-12,6	-6,6	0,9	6,7	11,6	16,2	11,4	9,2	2,1	-10,3	-11,7	0,7

№ п/п	Год	Месяц												Ср. год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII	
49	1984	-12,1	-7,9	-7,6	0,7	10,5	12,5	14,7	11,3	6,7	1,7	-4,4	-9,1	1,4
50	1985	-25,1	-21	-5,2	-3,3	3,4	12,1	14,3	13,4	8,1	2,9	-5,8	-16,9	-1,9
51	1986	-17,5	-15,6	-2,5	-1,3	6,1	15,6	15,1	10	4,6	2,7	-0,1	-15,5	0,1
52	1987	-19,4	-14,4	-9,9	-1,7	5,7	11,2	12,9	10,4	7	5,7	-8,7	-13,9	-1,3
53	1988	-12	-10,6	-6,8	-2,8	7	13,5	18	12,8	8,6	2	-8,8	-12,9	0,7
54	1989	-8	-6	-1,7	2,2	8,5	15,6	15,4	13,3	8,4	0,7	-3,5	-11,6	2,8
55	1990	-14,5	-1,2	-4,5	1,6	5,5	10,5	14,2	13	5,6	0,9	-8,5	-5,4	1,4
56	1991	-12,5	-12,5	-9	0	4,1	11,4	15,3	13,4	5,8	2,9	-0,1	-7,6	0,9
57	1992	-9	-6,9	-2,1	-4,8	8,1	13,6	13,5	10,9	10,1	-6,3	-8,6	-3	1,3
58	1993	-9,2	-7,6	-4,4	-2,3	7,3	9,8	14,7	11,9	3,4	-1,3	-6,6	-10,5	0,4
59	1994	-13,1	-15,9	-6,8	1,8	4,4	12,6	16	12,6	7,1	1,3	-6	-5,2	0,7
60	1995	-7,1	-6,6	-3	-0,3	5,8	14,4	13,5	12,6	7	3,4	-8,9	-14,1	1,4
61	1996	-8,9	-14,5	-7	-1,2	3,9	11,3	13,4	14,9	6,1	2,9	-0,8	-9,7	0,9
62	1997	-12,8	-10,8	-5,5	-3,3	4,5	13,6	16	14,6	8,2	0	-5,3	-9,6	0,8
63	1998	-10,3	-19,8	-9,6	-3,7	5,8	11,4	16,2	11,3	7,7	2,5	-7,7	-9,5	-0,5
64	1999	-15,7	-13,4	-6,4	1,9	2,4	16,3	16	11	9,2	3,7	-4,1	-9,7	0,9
65	2000	-9,7	-8,8	-4,5	1,3	7,2	12,9	16,2	12,4	7,4	5,5	-1,1	-6,9	2,7
66	2001	-6,6	-12,7	-10,2	1,4	4,9	13,9	17,1	12,2	8,9	1,8	-6,8	-13	0,9
67	2002	-12,5	-7,5	-5,4	0,9	7,6	14,4	17,4	13,5	6,9	-1,6	-8,9	-15,4	0,8
68	2003	-18,6	-7,1	-2,7	-0,9	7,9	9,6	18,8	13,5	8,8	1,8	-2,2	-7,5	1,8
69	2004	-11,8	-12	-5,1	-0,6	6,1	12,2	16,7	13,1	9,4	2,2	-4,8	-6,2	1,6
70	2005	-6,7	-10,6	-9,5	0,9	6	13,1	17,7	15,1	9,6	4,5	1,8	-7,8	2,8
71	2006	-9,7	-16	-12,8	1,4	7,2	15,1	15,1	13,9	8,6	1,3	-4,6	-2,9	1,4
72	2007	-9,7	-17,5	-0,4	1,2	7	12	15,1	15,3	7,4	4,4	-4,1	-2,4	2,4

№ п/п	Год	Месяц												Ср. год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII	
73	2008	-7,7	-6,2	-6,5	-0,6	4,5	11,9	14,3	11	6,3	4	-1,7	-2,8	2,2
74	2009	-10,9	-11,6	-6,3	-1,3	8,9	12	14,7	13,9	10,3	-0,4	-1,2	-10,6	1,5
75	2010	-17	-14,5	-8,1	2,2	9,4	11,5	19,2	13,6	8,6	3,1	-6,7	-15,8	0,5
76	2011	-12,3	-18,1	-5,2	2,9	7,8	14,9	18	13,5	9,5	4,3	-0,9	-1,6	2,7
77	2012	-12,2	-14,5	-5,2	-1	7,6	12,5	16	12,6	8,7	2,2	-1,9	-15,8	0,8
78	2013	-9,1	-5,9	-13,1	0	9,2	15,5	15,9	14,8	9,3	2,1	-1,9	-5,7	2,6
79	2014	-12,4	-3,5	-1,7	0,8	7,7	10,7	17,7	14,8	9,3	-0,7	-3,1	-7,9	2,6
80	2015	-10,2	-5,2	-1,2	1,1	8	11,4	12,6	14,1	10,4	2,9	-0,7	-6,1	3,1
81	2016	-16,9	-4,4	-2,7	2,6	10,7	12,7	18	14,1	8,7	3,1	-5,1	-6	2,9
82	2017	-8,6	-9,3	-3,5	-2,3	3,1	10,8	14,9	13,4	7,6	2,1	-1,9	-5,3	1,8
83	2018	-7,7	-12,6	-10,2	0,6	10,8	11,6	19	15	9,6	2,5	0,2	-6,8	2,7
84	2019	-13,2	-8,1	-5,4	2,8	6,1	13,6	13,1	12,9	8,2	0,8	-4,1	-3,8	1,9
85	2020	-5,4	-5,7	-3,4	-0,6	5,8	15,9	15,3	13,3	9,1	4,4	0,4	-4,3	3,7
86	2021	-12,7	-17,1	-5,9	1,6	7	16,6	18	12,9	6,5	3,4	-3,8	-9,8	1,4
87	2022	-10,2	-8	-4,2	0,2	6,6	14,5	17,7	15,6	7,6	3,8	-3,1	-6,7	2,8
88	2023	-5,5	-8,3	-8,5	-0,9	8,9	13,7	14,6	15,7	11,9	0	-6,8	-10,2	2,1
89	2024	-15,8	-10	-2,8	-1,9	7,9	15,9	17,1	15,6	12,7	3,6	-1,5	-7,1	2,8
90	2025	-11,9	-11,2	-6,1	-0,4	6,5	12,7	15,8	12,9	7,7	1,7	-4,3	-8,8	1,2

Таблица А2. Исходные данные температур воздуха на станции Кемь-Порт

№	Год	Месяц												Ср. год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	1936	-10,10	-16,70	-6,20	-0,70	5,90	12,90	15,70	14,30	8,20	1,20	0,20	-1,60	1,9
2	1937	−7,4	−10,9	−5,3	1,9	4,9	14,6	12,8	15,1	8,9	4	0,3	−8,7	2,5
3	1938	−9,3	−4,3	−3,3	−0,3	5,1	9,9	18	15,3	10,9	4	0,8	−5,6	3,4
4	1939	−9,6	−7,8	−5,2	−2,3	3,1	11,2	13	14,9	5,9	0,8	−0,3	−7,6	1,3
5	1940	−16,2	−15,2	−11,5	−1,6	5	10,3	15	14,7	9,2	2	−2,4	−8,6	0,1
6	1941	−15,1	−13,0	−13,1	−4,4	1,3	7,1	16,6	12,5	6	−0,4	−4,7	−15,7	−1,9
7	1942	−14,5	−12,2	−12,3	−1,0	3	9	12,3	13,1	8,2	2,7	−4,8	−7,5	−0,3
8	1943	−12,9	−5,0	−2,8	0,9	6,4	12,6	15,4	13,6	8,5	2,9	0	−3,5	3
9	1944	−6,2	−7,8	−5,7	−2,7	3,9	7,9	12,5	13,3	9,6	4,8	−0,6	−4,3	2,1
10	1945	−9,9	−9,6	−8,7	−1,4	1,9	8,5	11,9	14,1	7,7	−1,4	−4,0	−12,3	−0,3
11	1946	−9,0	−14,2	−8,9	−1,1	3,7	11,1	14,1	12,8	9,6	0,3	−4,4	−2,3	1
12	1947	−10,3	−17,0	−11,5	−0,4	4,4	13,1	13,3	13	10,2	2,3	−2,4	−8,1	0,6
13	1948	−12,1	−10,1	−6,5	1,2	7,7	13	11,9	11,6	9,2	3,4	−1,2	−4,3	2
14	1949	−4,4	−6,0	−6,5	1,4	7,5	7,9	12,1	12,6	10,3	2,1	−1,5	−4,6	2,6
15	1950	−12,4	−8,8	−4,2	2,4	6,1	9,5	10,1	12,7	9,5	5,1	−1,4	−5,0	2
16	1951	−12,1	−9,4	−7,4	1,8	2,7	10,6	13,2	15,9	8,8	5	−4,5	−4,8	1,7
17	1952	−5,9	−7,0	−10,5	−0,6	2,4	10,5	15,7	12,1	7,4	0	−3,2	−7,3	1,1
18	1953	−9,4	−15,7	−4,1	1,8	4,8	12,9	13,1	13,9	6,5	3	−0,9	−3,0	1,9
19	1954	−8,4	−12,7	−3,7	−0,8	5,2	12,3	15,9	13,1	9,4	2,3	−2,9	−2,5	2,3
20	1955	−10,7	−13,3	−11,5	−3,6	2,7	8,4	13,1	13,7	9,2	2,6	−7,0	−16,1	−1,0
21	1956	-12,4	-15,8	-5,6	-5,2	5,8	13,5	10,4	10,9	6,4	1	-7,3	-5,5	-0,32
22	1957	-6,9	-5,9	-11,3	-1	4,5	9,6	15,1	13,7	8,7	3,4	-1,7	-7,4	1,73
23	1958	-12,6	-10,4	-9,9	-2,7	1,8	8,3	12,4	12,4	7,2	2,9	-0,3	-12,4	-0,28

№	Год	Месяц												Ср. год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
24	1959	-10,2	-5,2	-1,1	-1,7	5,7	13,6	14,3	15,3	6,5	1,1	-2,7	-9,6	2,17
25	1960	-12,8	-12,8	-6,5	0,8	5,1	9,9	17,1	13,8	8,3	-1	-4,2	-5,2	1,04
26	1961	-7,4	-5,5	-3,5	-2,8	2,5	13,4	15,1	12,5	8,1	7,1	-2	-8,4	2,43
27	1962	-7,7	-7,6	-11,5	2	6	8,9	12,1	11,7	8,2	2,8	0	-10	1,24
28	1963	-13,4	-13,4	-12,8	0,1	9,2	8,3	14,7	13,1	10,9	3,5	-3,1	-8,2	0,74
29	1964	-6,3	-10,8	-8,8	-2	4,5	11,6	15,1	13,2	7,8	4,4	-4,8	-6,4	1,46
30	1965	-8,9	-13	-6,2	-0,8	2,4	12,1	12,9	12,4	9,6	2,2	-5,9	-6,9	0,83
31	1966	-19,2	-20,1	-14	-5	4,7	9,4	14,1	12	6,1	0,6	-0,3	-9,6	-1,78
32	1967	-14	-8,8	-0,2	1,9	4,6	10,7	15,1	15,3	9,8	4,3	1	-13,3	2,20
33	1968	-20,7	-10,5	-4,5	-1,4	4,1	12,8	11,1	12,5	6,5	-1,4	-3,9	-5	-0,03
34	1969	-16,3	-15,5	-8,7	-2,4	0,5	7,5	13,2	12,4	8	3,2	-2,1	-9,4	-0,80
35	1970	-10,8	-15,9	-4,2	-2	3,3	13,5	15,7	13,5	9,2	2,9	-4,9	-7,2	1,09
36	1971	-6,7	-12,2	-9,2	-2,4	3,1	7,6	13,4	13,5	7,4	0,3	-6	-7,8	0,08
37	1972	-11,3	-9	-4,9	-0,6	3,3	11,1	17,2	16,1	8,1	3	-4,2	-0,6	2,35
38	1973	-9,1	-9,6	-5,5	0,6	6,5	13,8	15,6	13,4	5,9	-0,3	-6,4	-10,2	1,23
39	1974	-10,7	-4,7	-2,7	-0,4	2,9	12,5	16,9	14,4	11,6	3,6	-2,9	-1,3	3,27
40	1975	-6,7	-7,8	-1,3	0,8	8,4	12,2	14,6	11,6	10,5	1,7	-1,6	-7,2	2,93
41	1976	-14,4	-11,7	-7,4	0,2	4,9	7,2	12,8	12	6,4	-1,4	-3,1	-6	-0,04
42	1977	-11,4	-11,5	-6	0	5,9	12,3	14,7	12,1	7,4	0,6	-1,2	-8,7	1,18
43	1978	-10,6	-15,4	-5,8	-3	3,1	7,3	12	10,9	7,5	1,2	-2,8	-16,6	-1,02
44	1979	-13,2	-13	-4,9	-5	7,8	10,8	12,9	13	8,7	0,7	-2	-6,2	0,80
45	1980	-12	-11,9	-8,3	-1,2	4,1	13,9	12,8	11,2	8,3	2,6	-7,6	-10,3	0,13
46	1981	-7,1	-11,4	-9,8	-2,1	4,6	10,9	15,2	12,6	8,2	4,8	-2	-8,3	1,30
47	1982	-16,6	-7,2	-4,5	0,4	6	7,2	15,3	11,7	8,3	2	0,1	-4,7	1,50

№	Год	Месяц												Ср. год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
48	1983	-6,6	-10,6	-6	0,1	4,6	10,5	14,7	12,1	9,3	3,2	-6,9	-9	1,28
49	1984	-9,8	-6,9	-6,1	0,6	8,8	12,1	14,4	11,7	8,1	2,8	-2,9	-7,6	2,10
50	1985	-20,9	-19,9	-4,8	-2,4	2	9	11,7	13,9	9	3,5	-4,2	-14,8	-1,49
51	1986	-14,6	-14,2	-1,9	-0,4	5,2	13,4	13,9	10,9	5,7	3,4	0,6	-12,4	0,80
52	1987	-16,5	-12,8	-9	-1,9	4,4	9,6	12,1	9,9	8	6	-7,1	-12,3	-0,80
53	1988	-10,5	-9,3	-5,7	-2,8	5	10,3	15,8	13,3	9,6	3,2	-7,1	-10,6	0,93
54	1989	-7	-5,2	-0,8	1,7	9	15	15,6	13,3	9,5	1,7	-2,3	-9,2	3,44
55	1990	-13,4	-0,9	-3,3	1,3	4,8	8,9	13,4	13	6,6	2,2	-6,8	-4,6	1,77
56	1991	-10,3	-10	-8,6	0	3,5	10,8	14	13,2	7	4,4	0,6	-5,9	1,56
57	1992	-7,8	-5,2	-1,4	-4,1	7,5	11,6	13,2	11,7	10,6	-3,3	-6,7	-1,5	2,05
58	1993	-7,3	-6,7	-3,8	-1,8	6,1	9,5	13,2	12,2	5	0,4	-6,9	-9,4	0,88
59	1994	-10,7	-13	-5,8	2,2	3,4	11,8	13,6	12,8	8,5	2,6	-4,2	-5	1,35
60	1995	-5,7	-6	-2,5	0,6	5,5	12	13,9	13,2	8,7	4,3	-6,2	-11,9	2,16
61	1996	-8,1	-11,9	-5,8	-0,8	3,7	9,7	13	15,6	7,7	3,7	1,1	-6,7	1,77
62	1997	-11,2	-8,8	-4,5	-2,4	3,4	11,3	14	15	9,1	1	-4	-8,3	1,22
63	1998	-8,4	-18,1	-7,9	-3,7	4,5	9,5	13,8	11,7	8,4	3,6	-5,6	-7,7	0,01
64	1999	-13,4	-12,1	-6	1,3	0,3	13,3	15,5	12,1	10,2	5	-3,8	-6,6	1,32
65	2000	-8,8	-7,6	-4	1,9	6,5	12,4	15	13,1	8,7	6,6	-0,5	-5,2	3,18
66	2001	-4,9	-11,4	-10,2	1,1	4,2	10,9	16,6	12,6	10	2,4	-5,6	-11	1,23
67	2002	-10,2	-6	-4,7	0,6	4,9	11,2	16,3	12,6	7,6	-0,2	-6,4	-11,4	1,19
68	2003	-17	-6,2	-2,4	-1,2	7	7,1	16,8	14,3	10	3,1	-0,7	-5,7	2,09
69	2004	-10,1	-10,3	-4,6	-0,9	4,5	10,5	15,5	13,5	9,8	3,2	-3,8	-5,4	1,83
70	2005	-5,7	-9,1	-8,5	0,4	5,8	10,8	15,1	15,5	10,3	5,3	2,8	-6,4	3,03
71	2006	-9,5	-13,5	-9,7	0,8	5,8	14,5	14,2	12,5	9,4	2,7	-2,6	-1,9	1,89

№	Год	Месяц												Ср. год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
72	2007	-6,9	-15,6	0,3	1,7	6,2	10,4	14,2	15,9	9,1	5,3	-2,5	-1,2	3,08
73	2008	-5,6	-4,8	-5,8	0,2	3,1	10,6	13,6	11,3	7,6	4,9	-0,3	-2,1	2,73
74	2009	-9,3	-10,2	-5,4	-1,1	7	10,7	13,9	13,3	11,3	1,5	-0,9	-8,3	1,88
75	2010	-14	-12,8	-6,8	1,9	5,9	10,8	18,4	14,1	9,7	3,6	-4,5	-12,9	1,12
76	2011	-11,3	-15,8	-4,1	2,7	7,2	12,9	16,2	13,4	10,1	5,3	-0,5	-0,8	2,94
77	2012	-9,3	-13,6	-4,8	-0,3	8	11,1	15,5	12,9	9,6	3,5	-0,5	-12,5	1,63
78	2013	-7,9	-5,1	-11,5	0,2	7	13,2	15,5	15,2	10,4	2,9	-0,6	-3,7	2,97
79	2014	-9,3	-3,3	-1	1,4	5,9	9,6	15,4	15,6	10,5	1,2	-1,8	-5,6	3,22
80	2015	-7,9	-4,3	-0,2	1,2	8,1	11,9	11,3	13,6	11,4	3,7	-0,5	-4,3	3,67
81	2016	-14,9	-3,6	-2	1,8	9	12	17,1	14,8	9,4	4,1	-3,1	-4,5	3,34
82	2017	-6,1	-7,3	-2,1	-1,5	3	7,9	14,4	14,3	8,6	3,5	-0,2	-3,6	2,58
83	2018	-5,8	-9,5	-9,4	0,7	9,1	11,5	16,1	15,8	10,6	3,4	0,8	-6,1	3,10
84	2019	-10	-6,4	-3,9	2,6	5,8	12,5	11,4	12,5	9,1	1,9	-2	-2,5	2,58
85	2020	-4,7	-4,1	-2	-0,1	5,7	13,7	15,3	13,7	10,5	5,3	1	-3,8	4,21
86	2021	-9,7	-16	-4,9	2,5	6,5	15,5	16,7	13,7	7,8	4,6	-2	-7,6	2,26
87	2022	-7,8	-5,9	-2,7	0,4	5,3	12,7	17,6	17,1	8,8	4,6	-2	-5,6	3,54
88	2023	-4,4	-6,9	-6	-0,2	9,8	11,4	13,7	15,3	13	1,7	-4,6	-8,5	2,86
89	2024	-11,6	-8,4	-1,9	-1,8	6,2	13,3	15,6	15,2	13,5	4,7	-0,5	-5	3,28
90	2025	-7,9	-5,4	-2,3	1,2	6,2	11,3	15,2	14,7	12,4	5,8	-0,9	-3,2	3,93

Таблица А3. Исходные данные месячных и годовых суммы выпавших осадков в Калевале

№ п/п	Год	Месяц												∑ год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII	
1	1936	34	14	33	13	35	54	128	49	33	20	22	20	455
2	1937	19	20	31	18	70	29	42	32	94	25	47	12	439
3	1938	33	16	41	23	33	147	56	38	50	30	64	13	542
4	1939	19	36	15	26	24	46	85	37	65	10	65	27	454
5	1940	22	14	9	21	8	64	113	86	57	20	55	14	482
6	1941	14	32	20	15	36	63	33	77	63	50	44	33	480
7	1942													
8	1943													
9	1944													
10	1945													
11	1946													
12	1947	18	9	17	31	7	22	56	10	38	46	24	30	308
13	1948	23	13	10	40	54	84	32	104	69	62	45	24	560
14	1949	24	10	7	32	42	80	83	115	59	82	24	37	595
15	1950	7	23	28	64	52	57	78	28	48	32	58	29	504
16	1951	19	25	26	34	26	115	82	29	86	13	63	70	588
17	1952	57	30	26	16	51	46	97	70	63	21	25	49	551
18	1953	29	29	37	29	55	30	90	94	25	62	30	30	540
19	1954	22	3	43	11	12	91	84	57	74	65	32	66	560
20	1955	40	41	36	37	39	49	51	44	110	83	45	15	590
21	1956	39	15	15	12	24	65	41	89	41	58	23	40	462
22	1957	30	52	5	22	55	123	40	54	62	66	36	76	621
23	1958	28	34	23	32	75	63	80	35	56	60	43	42	571

№ п/п	Год	Месяц												∑ год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII	
24	1959	69	24	28	30	22	12	61	75	26	30	25	25	427
25	1960	61	41	5	11	12	79	60	31	26	21	58	31	436
26	1961	51	44	50	16	50	73	91	115	40	56	63	38	687
27	1962	67	29	16	38	55	57	107	121	52	44	42	30	658
28	1963	28	21	10	17	26	65	44	63	99	53	83	27	536
29	1964	31	26	4	62	44	62	26	61	104	14	32	26	492
30	1965	37	30	36	3	22	46	78	118	96	57	32	50	605
31	1966	21	44	53	30	51	45	101	82	66	86	42	42	663
32	1967	28	23	27	29	59	62	67	50	41	88	40	26	539
33	1968	23	27	39	30	55	94	22	44	49	74	41	19	518
34	1969	16	18	13	26	13	29	46	60	65	30	59	16	391
35	1970	21	29	18	80	49	31	97	47	88	27	32	44	563
36	1971	44	27	30	29	40	34	46	90	64	74	48	22	548
37	1972	15	16	19	50	30	50	61	92	62	34	81	35	546
38	1973	41	20	15	41	37	60	36	84	53	51	32	30	499
39	1974	44	60	7	11	24	68	103	79	61	29	50	39	574
40	1975	26	23	29	49	34	33	50	70	77	40	22	41	491
41	1976	18	10	29	18	22	83	52	41	60	18	52	33	436
42	1977	37	24	29	44	52	41	95	38	72	52	53	9	546
43	1978	31	8	33	34	4	34	93	81	69	45	45	17	495
44	1979	27	26	26	17	84	83	77	70	96	51	41	32	630
45	1980	19	24	11	22	20	34	7	33	40	80	32	43	366
46	1981	30	16	31	14	35	114	133	130	31	62	32	79	707
47	1982	13	9	31	49	57	67	37	109	35	29	74	29	540

№ п/п	Год	Месяц												∑ год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII	
48	1983	53	6	29	45	100	71	68	63	69	96	39	49	688
49	1984	30	18	30	29	36	35	97	78	52	112	42	31	590
50	1985	13	8	36	21	51	36	28	94	68	68	33	33	489
51	1986	26	12	19	24	76	29	76	88	54	26	54	11	496
52	1987	9	67	21	11	37	100	108	77	55	20	23	24	553
53	1988	32	37	35	17	28	70	25	100	86	26	27	46	530
54	1989	56	42	46	38	37	80	43	59	78	31	35	27	571
55	1990	46	30	29	20	15	48	58	78	10	29	33	45	442
56	1991	27	11	37	26	71	93	93	49	38	62	53	31	590
57	1992	23	23	29	35	29	64	79	88	64	28	54	41	555
58	1993	29	16	31	33	18	56	74	71	77	36	3	27	472
59	1994	31	8	17	49	45	37	71	37	65	73	61	27	520
60	1995	27	37	20	20	31	92	62	91	57	72	57	13	577
61	1996	7	21	14	23	78	62	71	30	26	39	91	59	521
62	1997	29	35	41	28	41	38	66	21	65	43	30	16	452
63	1998	62	66	31	17	49	64	108	79	51	103	34	35	698
64	1999	43	29	13	25	69	61	51	79	45	64	60	58	596
65	2000	40	42	31	33	36	51	110	59	47	51	49	47	595
66	2001	26	38	38	39	65	39	71	34	52	41	41	15	499
67	2002	47	55	36	11	19	37	84	57	55	16	32	31	480
68	2003	50	18	21	8	47	30	50	73	28	53	44	42	464
69	2004	34	40	33	7	81	81	107	120	99	23	41	24	690
70	2005	34	14	15	32	64	35	44	54	63	19	89	60	523
71	2006	35	18	23	25	70	33	82	37	89	75	33	70	590

№ п/п	Год	Месяц												∑ год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII	
72	2007	46	17	30	30	74	54	77	38	69	23	41	50	549
73	2008	46	44	42	50	41	26	94	96	33	117	86	51	726
74	2009	42	36	19	18	33	65	206	96	55	30	47	52	699
75	2010	13	40	51	34	70	49	58	74	87	36	39	16	567
76	2011	53	33	17	19	52	63	64	45	53	38	23	59	519
77	2012	46	21	25	56	83	111	86	98	69	72	41	39	747
78	2013	32	26	27	22	26	76	62	70	40	72	56	73	582
79	2014	30	31	25	16	70	62	64	83	52	40	67	54	594
80	2015	61	43	32	54	42	122	88	107	76	44	54	62	785
81	2016	35	44	23	24	23	89	65	66	54	21	33	35	512
82	2017	15	11	25	47	50	64	125	139	123	48	48	71	766
83	2018	42	10	30	45	20	72	9	77	89	75	22	37	528
84	2019	40	64	36	9	86	93	55	48	26	102	92	67	718
85	2020	54	52	36	27	23	45	96	68	66	93	70	48	678
86	2021	61	21	28	28	67	84	34	134	65	76	56	59	713
87	2022	44	64	17	35	36	32	77	43	53	51	41	47	540
88	2023	64	22	60	29	38	14	103	64	76	75	48	56	649
89	2024	42	48	28	75	28	77	86	64	23	55	42	44	612
90	2025	35	29	27	29	46	61	73	73	59	52	47	40	571

Таблица А4. Исходные данные месячных и годовых сумм выпавших осадков в Кемь-Порт

№	Год	Месяц												Σ год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	1936	22	7	13	15	27	44	124	18	41	51	14	6	381
2	1937	5	9	14	4	62	33	31	35	50	39	14	9	306
3	1938	9	11	27	14	16	88	65	24	33	14	53	13	367
4	1939	23	6	13	14	32	35	71	22	84	26	30	16	372
5	1940	13	12	9	19	3	64	72	60	46	10	30	22	359
6	1941	11	11	13	16	11	84	16	94	28	26	5	8	322
7	1942	16	8	9	7	17	25	48	58	44	62	13	15	321
8	1943	10	13	3	19	31	47	27	77	39	26	18	7	317
9	1944	9	7	5	6	41	19	26	54	81	31	29	12	319
10	1945	8	10	18	15	13	62	21	72	43	43	15	12	333
11	1946	7	9	4	13	16	33	32	64	56	44	21	4	303
12	1947	5	4	9	18	8	27	94	18	26	17	18	31	273
13	1948	12	6	6	23	30	72	24	94	56	60	15	12	410
14	1949	17	13	9	18	25	87	36	120	15	68	13	10	432
15	1950	7	7	14	39	49	63	47	31	47	42	39	21	405
16	1951	6	11	17	15	50	77	78	35	78	10	30	24	430
17	1952	19	14	10	3	37	6	47	70	72	16	17	17	330
18	1953	11	3	12	9	33	28	91	113	35	34	13	10	391
19	1954	10	1	13	7	17	104	32	34	56	41	10	20	344
20	1955	13	13	9	19	41	40	48	5	59	51	19	3	318
21	1956	8	1	6	27	7	36	81	58	31	31	35	17	338
22	1957	22	36	8	23	52	70	32	94	69	83	27	39	555
23	1958	27	29	10	11	34	43	52	31	54	39	20	15	365

№	Год	Месяц												Σ год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
24	1959	32	12	10	14	16	22	36	44	83	35	7	14	325
25	1960	29	27	3	1	22	106	43	17	97	20	30	9	404
26	1961	23	30	21	9	39	72	65	87	62	35	33	21	497
27	1962	23	13	11	55	29	71	84	52	36	36	29	21	460
28	1963	28	7	2	23	30	35	49	70	42	29	37	18	370
29	1964	17	15	2	18	39	48	53	36	49	16	28	22	343
30	1965	12	19	22	2	12	20	84	93	63	62	57	38	484
31	1966	15	26	34	35	37	50	62	103	52	50	38	30	531
32	1967	16	20	22	29	38	32	49	46	37	72	22	29	409
33	1968	13	18	25	25	27	73	53	71	45	60	26	25	459
34	1969	11	9	11	38	15	22	66	67	74	46	46	18	423
35	1970	24	17	5	60	29	27	53	67	138	50	21	29	518
36	1971	23	18	16	23	62	68	46	92	23	52	45	15	483
37	1972	8	14	15	41	30	67	56	67	51	45	47	20	459
38	1973	29	29	14	20	19	25	3	55	39	69	35	36	373
39	1974	30	29	8	5	28	75	24	59	46	50	54	36	443
40	1975	17	12	33	40	29	19	32	57	34	42	19	31	364
41	1976	27	4	20	18	23	109	68	89	82	21	65	48	574
42	1977	25	19	20	15	50	45	55	103	85	57	45	13	532
43	1978	25	9	18	35	37	13	80	80	68	61	32	30	488
44	1979	24	24	4	13	64	23	74	43	43	43	28	28	411
45	1980	23	18	10	34	15	22	8	43	27	43	55	37	335
46	1981	29	16	30	34	52	125	110	118	74	86	39	60	773
47	1982	19	10	20	31	35	70	27	64	30	41	66	23	436

№	Год	Месяц												Σ год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
48	1983	39	5	41	26	97	57	50	46	86	69	47	35	598
49	1984	40	6	45	19	28	21	87	82	20	91	25	17	478
50	1985	16	6	16	22	40	43	33	55	46	56	24	46	401
51	1986	19	5	9	23	41	12	30	68	105	39	54	17	422
52	1987	6	34	11	10	18	75	95	65	25	6	19	25	389
53	1988	11	30	23	47	44	29	51	87	42	27	28	53	472
54	1989	30	22	28	30	19	19	39	73	87	81	30	37	495
55	1990	43	26	24	22	19	57	100	28	21	35	41	33	448
56	1991	26	11	20	48	58	73	29	32	32	67	50	28	473
57	1992	10	21	34	46	31	25	69	64	65	51	34	18	467
58	1993	18	12	15	22	25	104	56	60	61	34	9	26	441
59	1994	31	9	25	47	85	56	12	52	111	67	51	28	573
60	1995	45	23	16	30	59	42	62	75	110	48	53	2	566
61	1996	8	13	8	20	63	54	101	15	17	29	48	72	448
62	1997	30	30	38	18	65	59	28	55	48	50	21	9	449
63	1998	36	35	22	10	53	92	63	51	63	74	43	21	562
64	1999	26	15	14	21	29	61	60	30	24	77	37	30	424
65	2000	37	21	28	22	24	51	45	39	41	47	30	23	406
66	2001	12	31	34	21	92	21	92	21	22	28	32	19	425
67	2002	37	37	20	22	68	23	44	44	30	42	42	32	441
68	2003	36	9	13	11	69	11	107	107	48	78	36	48	573
69	2004	30	20	23	8	50	8	91	91	52	24	27	19	443
70	2005	19	5	5	39	48	39	82	82	31	23	76	43	492
71	2006	22	7	31	26	44	26	61	61	124	68	63	42	575

№	Год	Месяц												Σ год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
72	2007	21	14	25	31	54	31	115	115	66	9	43	34	558
73	2008	43	29	17	28	63	28	137	137	23	83	73	25	686
74	2009	34	26	17	17	16	17	46	46	21	57	40	50	387
75	2010	11	28	38	22	39	22	32	32	81	59	46	29	439
76	2011	26	27	12	20	41	20	65	65	43	52	17	32	420
77	2012	28	25	16	43	84	43	190	190	48	90	43	30	830
78	2013	19	27	22	23	24	23	57	57	35	58	32	43	420
79	2014	30	28	34	14	56	14	40	40	57	40	45	51	449
80	2015	41	35	12	44	38	44	75	75	26	66	30	34	520
81	2016	31	28	16	30	8	30	90	90	34	18	49	36	460
82	2017	20	9	16	49	30	49	99	99	85	64	35	40	595
83	2018	38	15	19	26	13	26	69	69	95	72	15	25	482
84	2019	37	40	32	9	85	9	57	57	39	170	38	37	610
85	2020	26	38	31	37	11	37	105	105	58	72	45	29	594
86	2021	50	15	18	34	43	34	64	64	43	54	55	73	547
87	2022	43	43	23	26	40	26	40	40	60	24	32	45	442
88	2023	38	17	41	37	27	37	61	61	50	52	54	32	507
89	2024	23	28	15	94	21	94	34	34	11	36	46	33	469
90	2025	27	20	22	26	43	57	59	54	52	54	41	33	488

Приложение Б

Таблица Б1. Исходные данные расходов воды р. Кемь – ст. Юшкозеро

р. Кемь – ст. Юшкозеро	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср. годовой
1929	158	112	85,4	65,4	275	414	253	204	282	285	297	254	224
1930	217	202	141	140	237	295	179	139	146	150	154	147	179
1931	112	87,2	65,5	64,1	322	536	501	347	358	307	271	214	265
1932	157	116	95,2	102	410	410	337	237	256	393	375	301	266
1933	204	155	116	111	251	377	399	345	213	170	192	165	225
1934	118	91	83	86,4	432	405	319	213	156	183	275	240	217
1935	176	131	102	108	250	475	285	207	208	380	408	285	251
1936	203	200	165	147	454	404	268	212	173	129	120	101	215
1937	96,8	83,7	82,7	107	297	307	170	114	103	127	132	107	144
1938	92,5	84,9	81	87,5	328	480	481	259	166	138	140	146	207
1939	115	99,1	87,8	70,3	148	216	186	157	121	114	101	76,9	124
1940	70,8	67,7	62,7	58,3	206	264	201	184	215	209	107	82,3	144
1941	75,3	53,2	46,8	41,1	103	275	218	133	150	133	94,7	68,7	116
1942	51,7	45,9	43,3	51,8	132	200	166	125	109	142	147	145	113
1943													233
1944													205
1945	147	122	103	95,7	297	517	438	227	225	195	156	134	221
1946	105	90,9	84,6	83,3	394	446	300	178	133	109	91,5	97,5	176
1947	90,1	84,2	78,6	80,8	243	220	154	107	82,6	75,3	65,8	65,2	112
1948	66,7	67,6	65,4	93,3	253	245	171	119	122	186	204	163	146
1949	123	109	100	136	378	358	335	299	314	295	347	248	254
1950	168	122	82	154	379	367	330	209	140	153	139	122	197

р. Кемь – ст. Юшкозеро	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср. годовой
1951	111	91,7	84,2	110	390	412	341	235	155	143	105	103	190
1952	113	107	98,3	107	372	526	345	273	282	259	160	114	230
1953	90,5	78,2	56,9	102	354	387	279	345	308	266	212	167	220
1954	126	95,7	75,4	73,8	164	181	187	195	197	262	310	235	175
1955	183	150	117	105	302	548	381	241	171	180	210	180	231
1956	136	102	84,5	61,5	138	169	190	189	186	209	198	154	151
1957	126	93	61,2	52,7	308	479	399	275	256	262	273	202	232
1958	147	117	103	86,2	180	499	405	285	187	151	157	132	204
1959	107	96	74,7	57,1	222	223	195	144	115	88,6	75,3	63,3	122
1960	48,9	27,6	35,1	55,9	104	130	162	128	75	64,9	51,2	44,8	77,3
1961	42,4	44,1	44,9	45,9	234	411	355	285	324	245	197	108	195
1962	103	126	115	195	410	398	448	422	383	306	265	210	282
1963	148	116	85,6	83,9	229	240	199	114	121	176	188	180	157
1964	130	102	72,3	10,1	360	506	329	183	136	144	122	107	188
1965	92,9	72,2	76,1	77,4	215	278	284	289	257	363	322	248	215
1966	178	120	92,2	82,7	303	503	388	299	218	229	226	172	234
1967	140	108	86,7	102	284	400	293	200	189	164	250	193	201
1968	138	90,3	77,3	62,1	264	362	336	258	200	170	127	94,8	182
1969	106	79,4	78,5	79,9	221	262	208	171	161	252	184	144	162
1970	116	99	85,7	66,1	328	484	285	209	148	139	95,1	141	183
1971	111	85.6	104	127	350	458	307	229	192	218	250	187	218
1972	159	118	91	78.8	214	320	238	216	173	156	150	163	173
1973	157	141	91.9	91.3	294	443	259	151	132	115	108	97.6	173
1974	83.6	80.7	70	65.8	178	342	358	342	304	249	204	186	205
1975	179	144	120	110	417	355	216	156	123	136	125	118	183

р. Кемь – ст. Юшкозеро	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср. годовой
1976	97.7	81.4	65.8	69.7	150	238	269	252	199	163	115	101	150
1977	92	85.7	74.2	67.4	268	312	221	236	188	195	242	198	182
1978	133	88.6	79.9	74.6	149	212	176	184	214	243	212	175	162
1979	131	107	95.7	70.7	301	346	290	255	202	213	253	170	203
1980	108	86.3	100	174	246	246	171	170	172	85.9	69.9	55.6	140
1981	53.3	75.2	62.6	67.3	189	392	405	346	370	347	219	173	225
1982	162	195	131	152	431	473	307	244	255	153	111	244	238
1983	159	156	133	187	391	554	325	216	195	165	214	166	238
1984	153	185	167	183	331	248	189	231	200	191	281	246	217
1985	191	147	130	108	184	204	203	203	192	167	160	131	168
1986	119	127	129	95.5	172	222	191	199	210	183	200	182	169
1987	177	174	151	115	149	188	284	311	358	320	233	140	125

Таблица Б2. Исходные данные расходов воды на р. Кемь – г. Кемь

р. Кемь – г.Кемь	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср. годовой
1929	206	172	121	93	509	565	311	245	371	389	362	269	301
1930	251	275	178	205	376	370	215	171	206	202	224	179	238
1931	145	110	69	68	580	745	639	437	472	392	357	261	356
1932	211	144	115	155	668	514	373	265	310	523	433	353	339
1933	229	172	138	146	476	526	500	420	254	238	308	231	303
1934	149	118	97	95	779	519	378	263	199	285	368	283	294
1935	189	141	107	118	427	714	345	249	274	558	545	370	336
1936	264	239	176	152	699	480	320	249	193	156	150	110	266
1937	95,4	85,4	84,4	168	428	403	220	158	133	189	185	132	190
1938	108	87,5	82,7	109	582	634	661	307	205	179	193	213	280
1939	148	122	107	91,1	267	282	230	198	170	174	160	147	175
1940	113	103	73,9	52,1	258	246	238	250	319	278	127	96	180
1941	107	81,2	69	59,5	202	438	271	173	191	168	119	93,5	164
1942	79	58,2	43,9	89,9	268	330	225	167	152	194	211	178	166
1943	145	126	108	196	943	670	350	269	234	254	248	204	312
1944	149	137	123	111	508	647	369	243	278	277	249	193	274
1945	155	147	128	117	490	726	583	280	282	272	26	155	280
1946	143	118	104	107	699	583	370	239	186	168	146	121	249
1947	102	89,9	80,3	110	412	280	186	141	117	107	91,9	65,3	149
1948	61,1	55,7	50,5	151	429	319	210	151	176	306	296	263	206
1949	183	133	112	223	561	462	403	430	410	399	432	263	334
1950	189	129	102	286	561	550	429	251	178	207	196	172	271
1951	140	116	86,3	220	644	583	468	292	201	196	159	142	271

р. Кемь – г.Кемь	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср. годовой
1952	160	152	131	156	695	746	420	317	360	343	227	174	323
1953	132	108	96,6	243	600	504	329	514	425	344	260	189	312
1954	155	94,6	76,6	101	324	275	266	245	257	354	409	282	237
1955	220	166	130	112	587	789	458	289	219	241	303	169	307
1956	123	70,5	24,3	46,1	258	215	235	232	260	293	192	72,4	168
1957	81,6	83,8	66	76,4	577	592	505	324	363	407	316	162	296
1958	105	125	122	101	397	734	497	340	224	198	188	144	265
1959	145	128	101	75,9	382	269	220	147	128	124	90,9	62,8	156
1960	67,8	39,2	35,1	110	179	198	218	158	115	85,2	52,6	45,1	109
1961	31,6	38,5	46,1	48,6	418	609	470	430	469	337	278	127	275
1962	156	171	157	346	667	515	647	589	512	383	354	236	394
1963	157	159	119	117	349	253	207	126	138	228	200	198	188
1964	157	159	119	117	349	253	207	126	138	228	200	198	188
1965	113	88,9	91,1	140	365	371	407	427	377	497	413	336	302
1966	226	149	107	96	489	643	429	350	278	326	302	214	301
1967	164	126	105	95,17	407	494	336	240	228	226	399	252	256
1968	182	120	102	94,3	507	469	421	364	270	236	194	128	257
1969	141	121	97,4	101	448	408	262	203	229	366	283	210	239
1970	169	136	115	90,2	647	617	325	231	210	227	155	167	257
1972	199	144	111	129	424	460	283	234	197	198	186	235	233
1973	204	181	133	162	590	546	294	168	149	141	121	234	244
1974	102	96,9	94,2	97,1	445	582	533	474	401	335	269	246	306
1975	236	199	166	176	797	481	257	182	156	187	161	261	272
1976	126	104	90,8	141	263	380	422	325	297	252	178	162	228
1977	146	130	115	160	533	483	310	339	312	333	379	267	292

р. Кемь – г.Кемь	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср. годовой
1978	214	153	125	118	315	339	275	247	346	362	339	260	258
1979	202	159	136	216	626	526	399	322	281	314	348	240	314
1980	170	139	136	216	520	371	229	198	208	119	105	210	218
1981	109	109	90,8	103	459	720	748	588	623	511	327	244	386
1982	230	222	164	221	866	654	379	286	322	232	210	307	341
1983	206	207	174	357	676	783	406	255	238	276	295	258	344
1984	226	245	211	326	689	340	268	316	293	359	398	339	334
1985	259	215	170	161	473	359	267	252	250	267	232	198	259
1986	170	157	156	173	373	334	245	232	285	287	321	267	250
1987	232	208	186	162	331	301	441	487	489	347	238	210	303
1988	180	165	140	149	532	423	287	305	290	356	290	252	281
1989	206	179	200	386	866	449	286	173	195	251	294	238	310
1990	199	167	150	322	341	250	242	241	203	138	164	133	213
1991	115	92,5	69,1	254	390	375	380	301	221	228	265	266	246
1992	255	244	263	265	543	363	255	244	333	309	279	292	304
1993	263	212	174	190	575	460	379	332	420	303	263	238	317
1994	223	187	161	311	491	391	289	210	199	306	267	262	275
1995	238	237	203	317	567	515	370	253	289	328	301	234	321
1996	230	188	178	130	482	452	468	291	183	178	262	307	279
1997	264	227	249	195	720	490	357	248	216	270	244	221	308
1998	215	189	147	116	706	577	425	405	424	553	590	353	392
1999	327	268	227	385	413	379	282	185	160	227	246	263	280
2000	229	209	182	440	646	372	280	246	211	176	241	254	291

Таблица Б3. Исходные данные расходов воды на р. Ухта – пгт. Калевала

р. Ухта – пгт. Калевала	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср. годовой
1953	2,35	1,74	1,48	3,71	14,1	5,99	5,29	5,8	5,81	4,69	3	2,56	4,71
1954	2,16	2,03	1,62	1,65	6,43	3,38	3,86	3,61	4,23	5,2	3,1	3,18	3,37
1955	2,57	2,33	1,61	1,61	14,7	9,45	4,23	2,2	2,21	5,1	4,35	2,54	4,41
1956	1,34	0,82	0,75	1,86	9,53	5,33	2,53	3,01	3,7	4,6	1,96	1,98	3,11
1957	2,15	2,53	2,26	2,16	11,4	6,77	5,06	2,58	2,45	3,54	3,52	2,11	3,88
1958	1,89	1,32	1,75	1,98	10,6	12,4	6,7	5,04	2,64	4,61	5,43	3,23	4,8
1959	2,86	2,97	1,81	1,67	12,9	3,26	2,41	1,95	2,42	2,58	2,86	1,69	3,28
1960	1,55	1,22	2,06	3,84	5,32	3,46	2,62	1,62	1,01	1,95	1,69	1,41	2,31
1961	1,44	3,44	0,79	1,24	11,2	6,79	5,75	8,03	5,49	4,71	4,82	3,7	4,78
1962	2,93	3,41	1,87	6,01	14,1	5,35	5,87	7,73	7	4,76	5,91	3,77	5,73
1963	3,07	1,63	0,43	2,04	8,86	3,43	2,87	1,66	4,15	6,56	3,54	3,07	3,44
1964	3,3	2,66	2,04	1,98	18,6	7,77	3,2	2,44	3,89	3,66	3,02	2,37	4,58
1965	2,41	1,5	1,57	2,45	10,3	4,34	4,91	7,27	8,06	6,03	5,38	3,24	4,79
1966	2,44	2,27	1,08	1,06	15,1	6,37	5,09	4,22	4,41	5,9	4,55	2,83	4,61
1967	1,68	1,3	1,45	3,89	12,2	4,79	3,24	2,67	2,79	3,73	6,5	2,69	3,91
1968	2,09	1,99	1,2	1,32	12,1	8,29	5,76	3,02	2,66	3,05	2,63	2,33	3,87
1969	1,88	2,82	1,73	1,44	10,1	6,68	2,49	1,57	2,59	3,9	3,05	3,02	3,44
1970	2,16	2,04	1,63	1,32	14,6	6,16	3,39	2,66	3,93	4,55	2,83	2,42	3,97
1971													5,53
1972	2,47	2,44	2,59	2,46	11,1	6,71	2,53	2,65	3,84	3,89	3,35	4,21	4,02
1973	2,58	2,49	2,05	2,79	17,7	5,42	2,87	1,93	2,51	3,13	2,68	1,91	4,01
1974	2,19	1,91	1,91	1,81	11	8,49	7,46	5,24	4,31	4,2	3,27	2,89	4,56

р. Ухта – пгт. Калевала	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср. годовой
1975	3,22	2,42	2,3	2,32	16,2	4,78	2,19	2,02	2,29	3,96	2,68	2,23	3,88
1976	1,95	1,48	1,61	2,26	9,8	5,37	3,75	2,5	2,82	1,99	2,06	2,44	3,17
1977	1,97	1,52	1,3	1,73	15,6	4,66	5,06	4,03	3,79	4,31	5,39	3,28	4,39
1978	1,65	1,49	1,28	1,57	8,08	4,34	3,32	2,65	6,35	5,4	4,85	2,96	3,66
1979	2,13	2,1	1,67	1,51	17,8	6,56	5,76	4,81	5,47	4,87	3,5	3,92	5,01
1980	2,64	1,88	1,43	1,92	12	3,88	2,24	1,62	1,71	2,8	2,28	1,94	3,03
1981	2,14	2,08	1,85	1,48	12,6	11,4	6,73	7,78	7,09	5,62	4,22	4,41	5,62
1982	2,27	2,12	1,92	2,58	21,8	6,91	3,82	5,16	5,17	4,05	5,66	5,81	5,61
1983	3,17	2,84	2,29	6,47	17,2	8,68	4,19	3,58	3,05	6,07	5,77	3,56	5,57
1984	2,67	2,85	2,34	3,6	16,8	3,84	3,97	5,17	5,41	7,43	7,93	4,17	5,52
1985	2,62	1,67	1,74	1,99	12,8	5,87	2,9	3,04	3,57	5,21	4,72	2,05	4,02
1986	2,47	1,91	1,69	1,71	11,3	7,46	4,25	3,01	4,48	4,95	5,18	7,18	4,63
1987	3,57	2,22	2	1,77	11,7	6,37	6,42	5,98	6,7	4,61	3,51	2,61	4,79
1988	2,63	1,87	2,12	1,85	11,1	5,4	2,55	4,36	4,99	6,59	4,51	2,67	4,22
1989	3,05	2,67	2,2	5,37	19,4	5,43	3,06	2,17	3,15	3,3	5,15	3,38	4,06
1990	2,35	2,29	2,1	5,89	7,49	3,8	3,55	3,49	2,4	2,78	2,26	1,82	3,35
1991	1,94	2,17	2,17	4,98	11	7,99	5,96	4	2,72	4,77	5,98	4,97	4,9
1992	3,27	2,5	2,28	2,42	14,9	4,6	4,2	5,06	5,86	4,42	3,48	3,59	4,72
1993	2,61	2,37	2,47	2,52	20,2	6,74	5,6	4,84	7,14	5,34	3,37	2,64	5,48
1994	2,37	1,69	2,01	4,59	20,5	13,9	4,22	3,34	3,66	5,49	5,04	3,12	5,82
1995	3,07	2,84	2,74	4,37	11,2	7,29	4,98	4,18	6,22	7,63	6,76	4,14	5,46
1996	2,59	2,17	2,01	1,67	10,9	9,75	7,66	3,77	2,68	2,85	6,07	4,81	4,74
1997	2,98	2,54	2,97	2,76	16,9	8,19	4,1	3,38	4,9	4,88	4	2,55	5,02

р. Ухта – пгт. Калевала	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср. годовой
1998	2,13	1,97	2,25	2,55	20,6	8,54	4,49	6,55	6,13	9,95	7,66	4,13	6,41
1999	4,02	2,17	2,51	3,99	6,28	7,04	3,48	3,16	3,15	6,51	5,53	4,61	4,37
2000	3,01	2,54	2,63	7,09	14,2	5,66	4,26	4,89	4,86	4,61	7,28	5,13	5,52
2001													
2002													
2003													
2004													
2005													
2006													
2007													
2008													
2009													
2010	3,18	2,85	2,97	6,01	16	7,14	4,08	4,95	4,68	5,45	5,21	3,38	5,49
2011	3,72	3,77	2,6	7,79	8,62	4,13	3,19	3,13	2,45	3,77	3,58	3,07	4,15
2012	2,83	1,81	2,16	2,23	20,5	6,69	6,37	7,23	5,49	8,75	5,86	4,06	6,17
2013	3,55	2,76	2,63	8,75	9,65	4,69	4,31	3,17	3,41	6,05	7,46	5,13	5,13
2014	5,11	3,79	3,87	6,54	13,3	6,89	4,11	4,62	5,2	5,73	8,01	4,95	6,01
2015	4,03	3,94	3,47	5,55	19,1	9,48	7,43	7,43	7,4	7,44	6,13	7,56	7,41
2016	3,36	3,76	3,37	8,6	11,3	5,42	4,95	5,47	5,71	4,71	4,68	4,27	5,47
2017	2,82	2,38	2,24	2,3	9,17	9,52	7,66	6,68	13,6	8,26	6,66	5,44	6,39
2018	4,48	3,41	2,94	4,14	13,2	4,57	3,39	2,92	3,6	6,4	4,77	3,35	4,77
2019	3	3,42	3,3	6,84	11,3	6,79	5,38	3,84	3,54	5,99	6,4	5,14	5,42

Таблица Б4. Исходные данные расходов воды р. Войница – ст. Войница

р.Войница – ст. Войница	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср. годовое
1959					45	7,78	3,03	3,22	3,83	3,06	2,88	2,32	7,43
1960	2,3	2	2,3	10	21	8,87	3,84	2,72	2,81	2,83	2,11	2,29	5,26
1961	2,21	2,3	2,09	1,09	42,1	19,3	8,09	21	9,84	9,12	12,5	6,6	11,4
1962	3,72	2,72	2,43	15,6	46,8	12,9	14,3	17,5	19,4	9,44	12,6	4,76	13,5
1963	2,66	2,05	1,65	2,82	28,4	14,3	9,51	3,58	20	15	8,7	5,24	9,49
1964	2,98	2,4	2,02	2,41	52,2	19	4,95	3,91	12,5	9,38	5,78	4,48	10,2
1965	3,92	3,39	3,15	7,64	38,6	12,9	14,4	16,5	29	16,3	13,5	5,24	13,7
1966	3,09	2,43	2,42	2,73	42	17,5	12,2	11,1	10,6	12,3	11,8	5,41	11,1
1967	3,76	2,95	2,95	6,46	40,1	17,5	8,12	6,47	11,8	13,2	20,3	5,58	11,6
1968	2,75	2,81	2,57	2,07	33,1	29,4	17,1	5,21	4,93	6,04	4,92	4,37	9,61
1969	3,03	2,09	1,87	1,96	32,6	21,7	5,33	3,4	3,54	9	7,6	5,78	8,16
1970	3,89	2,93	2,65	2,69	42,4	18,6	5,99	4,27	7,74	9,95	5,93	4,47	9,29
1971	4,14	3,64	2,93	2,76	39,9	26,8	6,56	10,7	17,2	17,8	11,8	6,17	12,5
1972	3,31	2,53	2,1	3,92	30,7	19	5,85	4,56	8,67	8,87	7,72	11,1	9,03
1973	6,58	4,6	3,47	4,68	54,4	16,5	6,2	3,75	4,03	6,6	4,66	3,24	9,89
1975	6,37	4,92	4,17	4,14	55,9	13,5	4,52	3,74	6,18	10,7	6,34	5,09	10,5
1976	3,67	3,04	2,77	3,97	31,7	13	7,39	5,58	3,94	3,57	4,38	4,1	7,26
1977	3,21	2,88	2,79	4,2	49,9	11,5	7,25	10,2	5	6,12	9,56	5,41	9,84
1978	3,23	2,36	2,3	2,48	22,5	11,2	5,87	5,67	16,1	11,9	9,38	4,44	8,12
1979	2,71	2,34	2,08	2,13	44,9	16,6	10,4	9,26	14	11,7	7,22	4,74	10,7
1980	3,98	3,08	2,71	2,85	32,8	9,94	4,26	3,01	3,48	6,5	5,48	3,53	6,8

р.Войница – ст. Войница	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср. годовое
1981	2,99	2,56	2,27	2,49	40,1	27,9	14,1	11,5	11,7	11	10	7,05	12
1982	4,03	2,83	2,98	3,95	60	18,5	8,46	7,7	9,53	6,61	9,31	8,56	11,9
1983	5,13	4,04	3,55	13,4	56	24	7,7	5,01	4,29	13,2	10,7	5,45	12,7
1984	3,88	3,36	2,98	6,42	47,6	7,73	7,68	12,6	8,07	17,1	18,8	7,23	12
1985	3,42	2,43	2,59	2,74	19,6	18,3	6,21	6,66	13,2	16,4	9,23	4,12	8,74
1986	2,73	2,35	2,43	2,41	30,5	20,5	6,32	4,86	7,83				11,6
1987					14,6	15,3	12,6	11,8	10,6	5,86	3,57		11,8
1988	3,02	2,55	2,3	2,54	33	13,1	5,87	13,8	14,6	15,1	6,61	4,52	9,75
1989	4,06	3,51	3,53	20,9	56,8	11,3	6,12	4,79	6,71	6,57	13,6	5,88	12
1990	3,32	3,14	3,11	18,9	22,5	9,29	10,4	7,12	4,33	4,59	3,98	3,4	7,84
1991	3,09	2,75	2,64	9,61	33,3	22	17,1	17,5	6,64	17,9	20,3	12,5	13,8
1992	5,53	4,06	3,83	4,14	40,7	8,91	7,96	14,2	16,3	10,8	7,74	6,82	10,9
1993	5,22	4,21	3,6	5,36	59,6	10,1	9,66	7,26	15,1	9,94	5,59	3,89	11,6
1994	2,99	2,41	2,46	9,08	60,2	16,8	8,95	6,64	5,2	7,28	9,79	6,21	11,5
1995	4,5	4,04	3,64	6,18	45	58,1	22,8	8,38	8,43	12,8	13,2	5,37	16
1996													11,78
1997													12,1
1998													14,0
1999													9,63
2000													14,1
2001													
2002													
2003													

р.Войница – ст. Войница	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср. годовое
2004													
2005													
2006													
2007													
2008													
2009													
2010									11,2	10,3	5,22		
2011	3,73	3,14	2,78	18,9	26,9	9,19	8,92	11,4	6,42	12	11	7,35	10,1
2012	5,17	4,16	2,74	4,87	56,6	14,6	13,9	18,8	10,8	11	11,5	8,97	13,6
2013	5,41	4,21	3,83	8,07	27,2	16,8	11,2	4,03	2,81	3,17	7,47	7,24	8,45
2014	7,63	4,9	4,52	7,88	25,9	12,7	6,48	3,34	3,3	7,66	14	8,63	8,91
2015	4,96	3,94	3,65	8,04	60,9	19,7	12,1	10,5	8,16	10,1	9,86	10,1	13,5
2016	6,57	4,35	3,9	24,5	48,9	8,54	5,93	4,78	6,9	5,94	5,86	5,74	11
2017	4,87	4,29	3,88	3,87	31,3	27,6	10,3	9,57	27,2	16,4	13,1	9,34	13,5
2018	7,37	5,15	4,06	4,71	55,9	11,6	4,2	2,7	5,16	11,5	11,7	5,64	10,8
2019	3,54	2,87	2,7	13,8	39,7	14,9	9,76	6,49	5,25	8,15	14,7	11,4	11,1
2020	8,28	7,72	6,58	7,44	48,8	18,5	9,96	7,27	8,51	16,9	29,4	12,4	15,2
2021	8,87	6,79	4,9	15,6	54	17,7	7,63	15,6	13,2	10,8	18,7	9,88	15,4
2022	6,83	5,59	4,42	10,3	53,5	20,2	12,4	9,97	6,55	7,62	8,84	6,94	12,8

Исходные данные по расходам воды р. Чирко – Кемь – ст. Юшкозеро

р.Чирко-Кемь – ст. Юшкозеро	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср. годовое
1946	36	31	24	28	241	213	70	76	48	46	36	38	73,9
1947	33	29	28	29	145	117	71	35	21	25	31	40	50,3
1948	25	21	16	39	168	116	46	37	106	95	131	46	70,5
1949	48	35	32	55	231	163	116	150	128	117	147	57	107
1950	58	33	30	70	209	184	126	69	13	56	52	42	78,5
1951	31	24	15	54	219	190	142	84	58	53	44	32	78,8
1952	50	23	27	40	240	241	89	91	126	98	60	26	92,6
1953	35	27	24	60	240	159	125	192	138	98	85	33	101
1954	39	28	29	27	121	97	102	68	85	103	108	48	71,3
1955	59	54,5	43	37,3	176	258	108	62,3	41,8	62,7	82,1	62	87,2
1956	44,4	30,9	26,2	21,7	77,2	64,6	60	60,4	64,9	86,1	74,3	53,4	55,3
1957	44,3	37,7	35,7	34	196	198	131	89,8	105	134	112	81,4	99,9
1958	61,4	44,6	33,3	29,1	107	218	140	82,4	51	48,7	55,5	49,3	76,7
1959	38,8	34,8	29,2	30,4	122	82,7	63,2	36,2	32,2	31,1	31,6	22,9	46,3
1960	15,4	17,6	17,3	34,2	56,6	65,9	84,5	48	33,1	28,5	21,8	20,9	37
1961	17,6	20,1	19,4	21,2	145	191	143	131	151	95,3	91,1	69	91,2
1962	52,3	42,9	31,2	86,6	219	157	229	199	151	111	95	68,3	120
1963	47,3	35,5	29,4	35,9	134	105	69,3	39,3	32,8	58,4	73,9	54,2	59,6
1964	42,3	32,5	27,1	32,9	174	157	93	46,6	38,3	52,5	46,7	40	65,2
1965	32,5	27,1	24,1	40,8	127	115	99,5	99,9	106	136	129	79,1	84,7
1966	52,9	29,5	29,1	31,3	204	246	140	88	80,5	86,6	82,3	52,4	93,6
1967	46,1	37,5	33,4	63,7	188	164	92,5	61,7	76,3	76,1	142	84,5	88,8

р.Чирко-Кемь – ст. Юшкозеро	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср. годовое
1968	50,4	34	29,3	33,3	203	158	109	73,8	56,4	58,5	68,2	57,3	77,6
1969	42,8	27,7	24,9	27,3	140	146	68,7	42,2	58,6	148	114	99,9	78,3
1970	58,2	41,4	34,1	34,2	232	179	65,9	49,3	39,4	68,6	70,3	54,2	77,2
1971	45,4	44,4	38,7	39,5	178	202	77,6	58,8	53,4	71,6	89,9	71,5	80,9
1972	50,9	37,4	30,4	43	150	155	78,9	39,8	41	41	46,2	79,7	66,1
1973	76	52,9	40,9	58,6	167	148	71,8	37,9	33,5	38,3	38,8	32,5	66,4
1974	29,5	28	30,1	32	137	188	148	133	103	91,8	79,1	66,4	88,8
1975	62,6	56,2	48,1	50,4	237	128	58,6	35,1	43,3	54,4	48,9	37	71,6
1976	31,8	24,3	22,7	31,9	89,1	119	127	74,3	69,8	78,8	59,6	51,1	65
1977	41,4	33	30,8	36,1	166	121	61,3	61	60,1	86,2	116	82,1	74,6
1978	54,6	35,4	29,6	32,6	98,9	121	82,7	60,1	83,6	98,9	107	80,9	73,8
1979	51,5	38,2	31,1	27,8	194	160	92,8	62,3	77,2	117	107	66,6	85,5
1980	55,5	43,2	33	31,9	177	121	57,9	47	39,4	28,7	31,3	32,6	58,2
1981	31,1	30,3	25,1	25,8	153	310	231	176	211	140	102	81,6	126
1982	69,4	45,6	39,4	56	293	217	126	85,4	95	77,9	86,5	104	108
1983	66,7	50,8	40,6	97,3	267	261	120	61,3	64,8	120	113	89,4	113
1984	62,2	49,8	38,7	77,1	285	146	90,2	85,5	78,4	116	146	81,9	105
1985	54,4	40,5	30,5	33	157	167	88,3	78,9	77,8	77	69,9	51,8	77,2
1986	40,4	32,9	27,3	31,9	161	146	81,6	60,1	108	142	132	105	89
1987	63,9	43,8	35,3	32,8	122	127	146	164	171	124	69	53,7	96
1988	40,3	32,9	30,5	37	202	194	127	127	119	116	77,3	56,8	96,7
1989	49,5	42,2	40,2	113	328	142	63,4	41,8	48,4	63,9	79,2	48,2	88,3
1990	36	35	34	82	162	102	84	96	58	46	38	34	67,3

р.Чирко-Кемь – ст. Юшкозеро	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср. годовое
1991	29	27	24	68	149	152	126	87	63	81	101	110	84,8
1992	72	54	46	47	192	126	81	77	104	91	85	80	87,9
1993	69	51	38	35	246	178	128	115	127	118	89	60	105
1994	48	33	27	52	178	153	84	44	52	128	103	73	81,3
1995	61	54	44	59	217	246	181	91	71	79	75	68	104
1996	52	42	35	27	137	177	171	100	61	46	56	83	82,3
1997	76	62	56	44	215	207	144	105	72	85	78	59	100
1998	49	46	36	27	236	241	155	141	149	156	174	120	128
1999	64	57	56	95	156	134	81	47	38	62	60	55	75,4
2000	50	44	40	116	235	127	82	48	44	43	49	59	78,1
2001													
2002													
2003													
2004													
2005													
2006													
2007													
2008	68,1	77,7	65,1	64,3	227	243	193	140	125	116	174	158	138
2009	115	106	86	83,7	134	102	92,7	129	86,5	97,2	56,9	77,6	97,2
2010	81,4	73,1	54,3	93,3	186	159	102	76,9	56,5	46,3	51,5	43,9	85,4
2011	48,3	49,7	43,6	85,6	181	121	68,9	60,3	69,3	51,4	40,9	40,1	71,7
2012	38,9	41,8	39,6	63,6	260	185	138	211	163	126	115	89,1	123
2013	87,5	74,8	66,1	80,2	190	113	76,9	81,5	65,5	52,8	58,3	70,5	84,7

р.Чирко-Кемь – ст. Юшкозеро	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср. годовое
2014	81,6	80,4	71,6	70,7	124	144	117	60,8	61,5	53,2	47,9	51,6	80,4
2015	54,9	60,1	53,3	101	260	264	155	169	104	86,5	73,1	92,7	123
2016	97,1	64,3	55,9	100	149	88,2	68,6	55,7	54,2	51,1	45,7	48,9	73,2
2017	48	37,3	31,9	36,5	155	204	126	178	267	183	128	103	125
2018	72,5	81,4	60,6	62,5	232	148	90	50,2	50,5	58,2	49,6	43,5	83,3
2019	41,4	44,1	40,6	60,5	204	120	74,5	67,4	57,2	55,4	65,6	67,8	74,9
2020	72,9	70,3	66,5	68,4	195	149	67	60,7	61	99,3	159	134	100
2021	82,7	59,3	50,5	108	202	144	68,2	60,4	80,3	75,9	104	83,7	93,4
2022	53,9	45,7	48,1	77,7	224	151	83,6	56,9	58,9	57,4	77,2	71,8	84,1

Приложение В

Таблица В1. Исходные данные по уровням воды р. Кемь – г. Кемь

р.Кемь-г. Кемь	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII	Ср. годовое
1956	110	82	39	-1	111	100	105	105	116	140	139	91	95
1957	69	47	9	0	229	233	195	138	51	165	152	154	128
1958	118	88	64	31	150	266	207	152	102	95	95	91	122
1959	69	46	17	-8	164	120	101	63	61	40	30	4	59
1960	-10	-45	-42	15	76	83	99	80	65	6	-24	-38	22
1961	-45	-43	-42	-39	141	245	207	184	185	142	131	92	96
1962	74	78	65	141	252	214	269	226	195	157	152	147	164
1963	117	78	53	49	158	134	110	50	59	104	113	110	95
1964	76	58	19	-1	244	258	183	96	65	78	76	57	101
1965	36	16	10	34	152	154	165	172	190	255	242	247	139
1966	389	363	305	275	353	297	228	199	168	189	179	248	266
1967													
1968								243	207	192	205	237	
1969	335	288	229	205	280	253	205	173	191	256	218	226	238
1970	285	275	213	168	318	318	236	198	180	207	169	217	232
1971	237	206	220	206	326	319	248	210	184	224	268	247	241
1972	318	282	200	156	268	280	210	190	171	186	175	214	220
1973	255	270	223	154	313	302	214	159	137	134	141	189	208
1974	160	149	135	102	242	294	289	279	256	240	218	204	214
1975	226	235	191	161	365	284	204	168	150	165	162	190	208
1976	259	184	165	160	205	260	264	229	212	191	167	162	205

р.Кемь-г. Кемь	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII	Ср. годовое
1977	211	211	171	139	298	281	220	232	225	224	255	269	228
1978	325	318	211	137	210	232	203	194	233	236	257	309	239
1979	336	299	215	177	340	296	247	222	206	210	229	233	251
1980	210	264	220	229	288	238	180	164	168	95	107	144	192
1981	141	157	145	131	249	351	356	320	338	304	239	263	250
1982	321	312	239	236	397	342	257	221	239	198	182	260	267
1983	254	294	244	255	354	381	270	210	202	224	261	295	270
1984	355	345	289	278							326	327	320
1985	380	409	320	270	337	242	213	199	201	208	219	294	274
1986	306	240	227	200	245	223	191	184	216	216	230	253	228
1987	333	358	311	200	225	214	266	285	286	239	220	229	264
1988	295	285	239	174	294	265	212	224	218	241	246	277	248
1989	314	241	208	248	379	279	215	166	172	198	228	255	242
1990	283	215	179	224	232	201	195	193	179	161	174	190	202
1991	204	207	162	229	258	252	243	218	199	194	234	248	221
1992	285	244	229	211	303	238	198	196	220	220	222	245	234
1993	274	276	214	182	338	271	244	228	262	221	251	255	251
1994	274	321	254	246	281	247	211	176	168	193	212	213	233
1995	222	261	184	218	312	265	248	194	207	226	244	262	237
1996	268	275	271	180	284	278	278	211	167	172	198	263	237
1997	318	335	268	201	319	265	238	197	179	203	201	227	246
1998	215	259	212	166	322	288	254	251	269	304	304	266	259
1999	255	263	238	242	246	232	201	165	153	167	172	207	212
2000	234	244	205	263	353	235	198	175	161	154	186	224	219

Таблица В2. Исходные данные по уровням воды р. Ухта – пгт. Калевала

р. Ухта-пгт. Калевала	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср. годовое
1956	149	140	138	136	164	218	231	214	201	197	164	181	180
1957	164	155	161	171	243	335	323	271	230	219	230	229	228
1958	214	199	187	176	210	220	201	192	180	194	199	185	196
1959													
1960													
1961													
1962	192	193	192	198	237	199	202	212	208	195	202	191	202
1963	212	194	181	177	216	186	182	172	191	206	187	185	191
1964	189	190	178	178	249	214	186	181	190	190	185	180	192
1965	184	204	196	181	229	194	198	213	215	206	201	188	201
1966	206	222	175	178	240	207	199	194	194	205	196	186	200
1967	201	209	176	192	236	197	187	181	182	189	208	188	196
1968	210	215	202	173	228	218	203	187	184	185	183	182	198
1969	195	203	184	183	219	208	183	174	183	193	187	195	192
1970	192	201	190	174	236	205	190	184	192	197	184	183	194
1971	191	206	204	181	233	214	186	197	197	206	202	192	201
1972	199	205	192	183	228	209	182	182	192	193	189	195	196
1973	191	190	185	185	250	202	185	176	182	188	186	184	192
1974	192	180	178	178	224	218	213	201	195	194	189	186	196
1975	188	191	182	181	245	198	179	178	179	194	184	183	190
1976	181	184	180	179	221	202	191	182	184	177	179	186	187
1977	182	180	175	174	246	197	198	193	192	196	203	193	194

р. Ухта-пгт. Калевала	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ср. годовое
1978	187	197	183	177	209	196	188	183	208	203	207	211	196
1979	190	192	184	176	249	209	204	199	203	199	190	192	199
1980	191	190	181	178	230	193	180	175	176	185	188	191	188
1981	189	190	187	184	226	232	210	215	212	204	195	202	204
1982	209	197	181	183	260	211	192	200	201	194	204	211	204
1983	200	192	189	204	253	219	195	191	187	207	240	213	208
1984	189	188	189	192	248	193	194	201	203	213	231	213	204
1985	198	185	185	184	228	205	186	187	191	202	215	237	200
1986	193	187	182	178	231	213	196	187	197	200	202	273	203
1987	196	188	190	183	231	208	209	206	210	198	201	185	200
1988	188	190	188	190	226	203	183	196	200	210	219	191	199
1989	196	191	183	204	254	203	187	180	188	189	212	216	200
1990	187	189	186	204	212	193	191	191	182	185	188	183	191
1991	201	188	186	200	230	217	206	193	185	199	206	211	202
1992	192	184	183	186	240	193	191	196	201	193	203	203	197
1993	195	191	186	190	255	206	199	195	208	198	196	192	201
1994	194	196	186	194	264	239	191	186	188	199	205	200	204
1995	198	185	188	195	229	209	196	191	203	211	219	208	203
1996	188	186	184	176	224	223	211	188	182	183	205	263	201
1997	218	203	189	183	240	214	190	186	195	195	190	193	200
1998	190	190	188	182	257	216	193	205	203	223	245	221	209
1999	206	194	189	190	203	208	187	185	185	205	204	225	198
2000	192	187	186	203	240	200	192	195	195	194	209	228	202

Таблица В3. Исходные данные по уровням воды оз. Верхнее Куйто – с. Вокнаволок

оз.Верхнее Куйто-с.Вокнаволок	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII	Ср. годовое
1956	87	76	66	60	107	146	108	94	103	105	102	86	95
1957	76	71	66	61	153	176	145	107	97	108	122	109	108
1958													
1959													83,4
1960													67,2
1961													104
1962	94	86	77	86	180	151	145	154	152	123	120	117	124
1963	94	81	71	64	133	123	110	86	105	125	121	104	101
1964	93	84	72	67	160	175	119	87	87	104	96	87	103
1965	81	76	71	70	146	137	125	125	142	144	132	109	113
1966	90	77	69	65	129	177	133	115	108	118	121	106	109
1967	88	75	69	75	149	158	117	95	95	96	136	112	105
1968	87	73	64	62	128	164	149	110	92	92	92	86	100
1969	77	69	62	57	107	158	113	81	75	96	98	98	91
1970	83	72	65	62	135	181	117	91	82	102	103	90	99
1971	82	79	73	68	132	184	124	108	121	133	131	112	122
1972	92	78	68	68	122	170	118	90	92	97	98	109	100
1973	111	93	80	79	167	170	118	84	74	79	82	76	101
1974	100	95	85	81	188	156	105	82	77	98	95	90	104
1975													
1976	82	73	65	65	125	147	125	100	83	79	75	80	92
1977	74	69	63	62	165	154	117	122	103	102	113	103	104
1978	84	71	63	60	86	133	105	94	108	124	119	104	96
1979	84	73	65	60	145	170	140	119	112	125	114	100	109

оз.Верхнее Куйто-с.Вокнаволок	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII	Ср. годовое
1980	89	80	73	66	129	139	100	77	62	66	86	80	87
1981	75	70	63	59	122	196	168	150	150	132	120	111	118
1982	99	84	74	73	196	177	137	112	109	102	106	121	116
1983	104	92	80	91	198	194	137	106	90	113	128	109	120
1984	98	87	77	77	178	137	108	119	111	130	154	121	116
1985	94	78	67	63	130	158	119	102	108	123	121	103	106
1986	84	73	65	60	127	167	121	95	105	111	115	126	104
1987	93	76	64	57	123	147	141	137	139	127	105	88	108
1988	78	70	65	61	113	147	109	103	132	135	114	97	103
1989	87	82	78	89	219	165	125	96	97	95	106	105	112
1990	83	75	72	83	145	122	113	113	91	76	75	70	93
1991	67	63	59	79	140	162	159	149	113	116	132	143	115
1992	130	107	87	83	155	139	109	113	127	121	107	101	115
1993	96	86	77	73	186	152	136	137	143	124	123	98	119
1994	81	72	63	71	169	147	122	112	90	97	110	104	103
1995	90	76	70	76	153	174	122	92	81	102	117	101	105
1996	86	68	55	50	113	171	161	132	98	80	93	118	102
1997	101	87	80	77	143	186	148	122	101	103	100	89	111
1998	77	73	76	65	170	179	141	143	145	155	176	141	128
1999	109	87	73	81	140	148	114	88	79	97	117	111	104
2000	97	88	83	93	188	149	134	121	119	104	121	127	119
2001	110	92	82	79	181	150	113	92	78	83	88	79	102
2002	69	66	65	67	164	123	99	84	77	74	70	66	85
2003	63	62	58	60	141	152	114	85	73	82	94	95	90
2004	83	75	69	67	144	161	146	134	138	147	125	107	116

оз.Верхнее Куйто-с.Вокнаволок	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII	Ср. годовое
2005	90	83	74	77	135	138	101	82	80	91	101	119	98
2006	102	88	76	73	159	154	106	82	80	110	110	151	108
2007	141	110	87	89	164	149	135	118	96	101	101	100	116
2008	97	88	81	84	173	158	127	116	123	128	155	138	122
2009	119	101	85	76	163	134	119	130	114	105	97	101	112
2010	91	79	73	94	176	158	126	97	93	100	101	90	107
2011	77	72	64	79	136	119	106	98	91	99	100	92	94
2012	91	81	72	69	183	156	150	161	128	1258	124	115	122
2013	95	83	76	82	156	119	111	87	75	76	106	107	98
2014	110	96	90	95	158	144	113	90	89	96	123	115	110
2015													129
2016													107
2017													119
2018													102
2019													106
2020													125
2021													123
2022													109
2023													113

Таблица В4. Исходные данные по уровням воды оз. Верхнее Куйто – с. Войница

оз.Верхнее Куйто – с.Войница	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII	Ср. годовое
1956	34	23	14	7	59	97	60	46	53	55	50	33	44
1957	22	17	13	8	100	122	90	52	42	53	68	53	53
1958													45
1959	32	23	17	14	101	75	39	15	16	14	15	14	31
1960	9	5	2	5	67	55	36	15	3	-5	-4	1	16
1961	2	3	2	2	61	118	74	73	86	60	64	52	50
1962	40	32	23	33	125	99	92	101	98	71	68	63	71
1963	40	27	18	11	79	69	57	34	53	72	68	51	48
1964	39	29	18	13	106	123	66	33	32	51	42	33	49
1965	27	22	17	17	93	84	72	71	88	90	79	55	50
1966	36	23	16	12	78	127	80	61	54	64	68	52	56
1967	34	21	16	22	96	104	63	43	42	44	81	58	52
1968	33	20	13	10	75	112	95	57	38	39	39	33	47
1969	25	16	9	4	54	105	60	29	21	44	45	46	38
1970	30	20	13	10	81	128	65	39	28	50	50	37	46
1971	29	27	21	16	79	131	70	52	67	80	78	58	59
1972	39	26	15	14	69	118	65	38	39	46	47	54	48
1973	60	41	28	26	114	118	65	31	21	26	30	25	49
1974	47	41	32	28	136	103	52	29	25	45	42	37	51
1975													40
1976	29	20	13	13	72	94	72	47	30	27	23	27	39
1977	22	17	12	10	112	101	65	69	50	48	61	51	52

оз.Верхнее Куйто – с.Войница	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII	Ср. годовое
1978	32	19	9	7	31	77	50	38	54	68	63	48	41
1979	28	18	10	6	88	114	84	64	57	59	58	45	53
1980	35	26	19	12	75	85	46	23	8	12	31	27	33
1981	20	16	10	6	69	143	115	97	97	79	66	57	65
1982	45	30	20	19	142	121	81	57	55	48	52	68	62
1983	51	38	26	37	144	141	84	53	36	59	74	56	67
1984	43	32	22	23	124	81	53	63	55	74	98	65	61
1985	39	23	14	10	77	103	64	48	54	68	67	48	51
1986	30	19	12	7	73	113	67	42	51	58	61	71	50
1987	39	22	11	5	70	94	87	83	86				54
1988													49
1989													58
1990													39
1991													61
1992													61
1993													65
1994													49
1995													51
1996													48
1997													57
1998													74
1999													50

Таблица В4. Исходные данные по уровням воды оз. Нижнее Куйто – с. Луусалма

оз.Нижнее Куйто-с. Луусалма	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII	Ср. годовое
1956	136	118	104	94	123	208	225	207	195	190	189	174	164
1957	157	146	153	165	230	329	315	265					138
1958	117	103	90	79	91	212	207	172	131	100	94	92	124
1959	86	76	70	75	139	193	170	130	97	75	67	65	104
1960	64	75	88	98	138	167	161	129	102	86	81	91	107
1961	102	113	122	131	154	221	207	176	180	164	164	186	160
1962	206	194	172	149	204	223	208	208	208	189	171	157	191
1963	138	113	99	91	122	229	213	168	142	138	144	134	144
1964	133	120	112	117	178	249	207	147	120	117	116	110	144
1965	104	104	101	100	158	207	196	176	196	216	204	177	162
1966													153
1967	119	103	93	103	170	232	200	152	127	115	143	153	142
1968	134	122	115	113	167	249	251	214	171	147	151	171	167
1969													169
1970	168	158	148	144	185	278	241	182	144	143	169	181	178
1971	173	181	184	161	168	273	245	197	170	174	185	188	192
1972	164	142	124	120	157	251	251	197	154	139	137	142	165
1973	145	139	129	139	205	277	233	180	140	122	114	110	161
1974	105	103	100	94	122	238	264	253	236	215	208	195	178
1975	177	164	153	143	205	261	224	174	140	134	134	132	170
1976	127	118	109	105	139	213	243	219	165	141	126	123	152
1977	118	113	106	104	175	265	242	211	182	165	169	170	168
1978	153	136	121	113	122	174	191	174	156	162	175	182	155
1979	167	150	132	116	164	263	266	232	198	225	224	215	196

оз.Нижнее Куйто-с. Луусалма	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII	Ср. годовое
1980	214	215	208	161	164	250	241	195	118	82	86	100	170
1981	108	106	101	94	123	281	296	288	285	254	227	240	200
1982	222	187	141	106	205	287	267	241	200	178	198	198	202
1983	196	179	148	121	226	310	272	236	175	184	239	253	212
1984	240	192	129	67	160	258	249	235	204	211	271	255	206
1985	203	138	92	42	84	230	249	222	189	182	199	198	169
1986	177	142	94	49	95	227	253	213	171	191	223	241	173
1987	223	179	111	58	91	200	248	267	265	261	241	202	196
1988	157	120	85	57	98	215	239	212	232	254	234	195	175
1989	158	135	104	65	238	319	282	244	233	220	200	180	198
1990	147	116	94	66	155	220	217	230	210	153	103	77	149
1991	70	60	56	62	146	268	305	304	261	244	284	307	197
1992	299	267	207	139	165	260	245	238	248	241	217	187	226
1993	149	113	90	76	169	290	295	298	288	296	289	256	217
1994	207	159	112	80	173	284	280	254	217	211	221	219	201
1995	185	140	91	64	142	288	281	244	208	188	205	204	187
1996	176	124	75	46	91	232	302	295	262	236	221	227	191
1997	207	178	133	72	112	288	308	285	261	242	229	195	209
1998	146	92	55	46	141	305	307	295	295	309	328	307	219
1999	258	190	126	82	158	218	225	190	157	151	170	174	175
2000	154	132	109	78	215	297	287	257	237	224	223	233	204
2001	228	192	137	78	185	289	271	242	212	183	166	142	194
2002	105	77	52	42	154	227	194	154	111	90	91	94	116
2003	93	81	64	54	122	248	258	219	176	157	167	167	151
2004	161	134	96	64	136	278	302	282	269	282	268	239	209

оз.Нижнее Куйто-с. Луусалма	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII	Ср. годовое
2005	180	135	100	65	105	192	176	153	122	109	119	155	134
2006	176	147	99	60	122	249	267	248	235	249	262	289	200
2007	303	265	207	138	215	292	285	271	219	214	226	218	238
2008	207	161	112	69	158	294	278	257	266	279	294	290	222
2009	271	238	164	95	155	252	257	284	264	231	217	216	221
2010	187	142	90	72	203	293	277	238	199	186	186	170	187
2011	152	125	88	65	146	206	227	221	176	173	182	179	162
2012	176	148	113	79	181	300	301	305	270	260	245	235	218
2013	201	159	99	69	154	209	207	172	160	140	160	188	160
2014	201	188	133	106	175	246	226	190	163	140	167	200	178

Таблица В5. Исходные данные по уровням воды оз. Среднее Куйто-пгт. Калевала

оз.Среднее Куйто-пгт.Калевала	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII	Ср. годовое
1956	54	46	38	29	47	126	141	123	110	105	103	89	84
1957	71	61	69	79	145	243	230	181	139	127	138	137	135
1958	124	108	95	84	96	220	214	178	134	107	100	99	130
1959	92	82	76	81	144	199	176	135	100	79	73	71	109
1960	69	80	93	103	145	174	169	136	107	90	87	96	112
1961	107	118	127	136	161	229	215	182	186	171	169	192	166
1962	211	200	176	154	210	227	214	215	214	195	178	162	196
1963	145	128	113	103	148	178	163	145	136	152	165	157	144
1964	140	128	118	124	185	257	215	154	126	123	121	117	151
1965	110	110	107	107	164	214	203	182	202	222	211	184	168
1966	146	120	105	96	127	236	221	174	147	143	150	141	150
1967	125	110	100	108	176	238	206	159	132	121	148	159	148
1968	141	129	122	118	174	255	257	220	177	152	158	177	173
1969	174	159	147	132	144	228	233	187	148	142	146	166	167
1970	168	158	148	144	189	280	243	183	143	143	169	180	179
1971	172	181	182	160	168	272	244	195	171	173	185	189	191
1972	164	142	124	121	159	251	251	197	153	138	137	142	165
1973	146	140	131	140	207	277	232	180	139	120	113	110	161
1974	105	104	100	94	123	237	264	252	235	215	207	195	178
1975	177	163	151	142	207	260	222	173	139	134	134	132	170
1976	126	117	108	105	139	213	243	218	164	140	128	124	152
1977	119	112	107	105	178	264	243	212	185	169	174	173	170
1978	154	136	121	113	122	175	191	172	155	160	175	182	155
1979	168	150	132	116	165	263	264	233	198	225	224	216	196

оз.Среднее Куйто-пгт.Калевала	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII	Ср. годовое
1980	216	216	209	162	167	252	246	196	119	84	88	102	171
1981	110	109	103	97	128	283	298	291	286	253	226	238	202
1982	220	186	141	106	208	288	268	242	200	178	198	198	203
1983	197	179	149	123	228	309	270	233	175	183	235	252	211
1984	240	193	129	68	161	256	247	233	203	210	269	257	206
1985	205	140	96	44	84	229	247	219	187	179	198	195	174
1986	177	144	95	53	93	226	251	213	170	189	222	240	173
1987	144	140	130	127	144	157	158	179	176	161	146	139	196
1988	157	119	84	57	97	214	238	212	232	253	232	195	174
1989	158	135	103	66	237	318	280	242	231	217	198	181	197
1990	147	115	94	68	154	220	216	230	209	153	103	76	149
1991	66	55	53	62	146	266	304	304	262	243	283	307	196
1992	299	265	206	140	164	262	246	238	247	241	218	187	226
1993	149	113	90	75	171	291	296	300	288	295	289	254	218
1994	207	156	109	79	173	285	281	255	217	209	220	217	201
1995	184	137	90	62	141	286	279	242	207	187	204	204	185
1996	175	124	76	45	90	231	302	294	262	236	222	227	190
1997	208	179	133	72	113	288	307	285	260	241	228	195	209
1998	146	92	55	45	140	305	308	296	295	309	329	307	219
1999	257	190	126	81	157	218	224	190	158	151	169	174	175
2000	154	132	110	78	215	297	286	257	237	224	222	233	204
2001	228	191	137	77	185	289	271	242	212	183	165	141	193
2002	106	77	52	43	155	226	194	153	111	90	90	94	116
2003	94	83	65	56	122	247	257	218	176	157	166	167	151
2004	161	134	96	64	136	277	302	281	269	281	268	239	209

оз.Среднее Куйто-пгт.Калевала	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IV	X	XI	XII	Ср. годовое
2005	180	135	99	66	105	192	176	153	123	110	119	156	135
2006	175	147	98	59	121	248	267	248	235	248	262	289	200
2007	304	265	207	138	215	292	286	271	220	215	226	218	238
2008	208	162	112	70	157	294	278	257	266	279	294	291	222
2009	271	237	165	94	154	251	257	284	265	232	217	215	221
2010	186	141	89	71	202	292	276	237	198	185	185	171	186
2011	154	125	88	64	145	205	226	220	176	172	181	181	161
2012	176	147	112	79	181	300	301	304	270	260	245	235	218
2013	202	158	98	69	154	209	207	172	159	140	160	187	160
2014	199	186	132	105	174	244	225	189	162	139	166	198	177

Приложение Г

Таблица Г. Технологические характеристики ГЭС

ГЭС	Юшкозерская	Белопорожская	Кривопорожская	Подужемская	Путкинская
Среднегодовая выработка, млн. кВт*ч	79	336	492	217	396
Установленная мощность при расчетном напоре ГЭС, МВт	18	130	180	48	84
Количество гидроагрегатов	2	4	4	2	3
Обеспеченная мощность, МВт	9	28	35,7	15,2	34
Расчетный напор, м	8,5	17,9	26	10,7	20,1
Тип турбин	Поворотно-лопастные	поворотно-лопастные	поворотно-лопастные	поворотно-лопастные	поворотно-лопастные
Марка турбин	2*ПЛ 20/661-В-500	4*ПЛ 20-В-630	4*ПЛ 48/587-500	2*ПЛ 15-В-650	3*ПЛ 661-ВБ-500
Расход через турбины	2*125м3/с	4*267 м3/с	4*194 м3/с	2*270 м3/с	3*162 м3/с
Напряжение распределительного устройства (ОРУ)	110кВ	220Кв	220Кв	220Кв	110Кв
Тип электростанции	деривационная	плотиновая русловая	плотиновая русловая	русловая	плотино-деривационная