



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
(магистерская диссертация)

На тему **Гидротехнические сооружения**
Кемского каскада ГЭС:
история освоения
и геоэкологические проблемы

Исполнитель **Сродников Кирилл Алексеевич**
(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

(ученая степень, ученое звание)

Исаев Дмитрий Игоревич
(фамилия, имя, отчество)

« 06 » **июня** 2023г.

Санкт-Петербург
2023

Содержание

	Стр.
Введение	3
1. Физико-географическая характеристика бассейна реки Кемь	5
1.1 Общие сведения	5
1.2 Геологическое строение и рельеф	6
1.3 Климатическая характеристика бассейна	8
1.4 Гидрологическая характеристика бассейна	14
1.4.1 Водосбор реки Кемь	14
1.4.2 Долина рек	14
1.4.3 Пойма	17
1.4.4 Водность реки	17
1.4.5 Питание	19
1.5 Почвенно-растительный покров	23
1.6 Хозяйственное использование рек	25
2. Гидротехнические сооружения Кемского каскада ГЭС	29
2.1 Характеристика Путкинской ГЭС	30
2.2 Характеристика Подужемской ГЭС	36
2.3 Характеристика Кривопорожской ГЭС	43
2.4 Характеристика Юшкозерского гидроузла	49
3. Влияние гидроэлектростанций на геоэкологическую обстановку	60
3.1 Краткая характеристика гидрологических постов	65
3.2 Оценка влияния гидроэлектростанций на геоэкологическую обстановку	66
3.3 Геоэкологические проблемы р.Кемь	70
Заключение	74
Список используемых источников	77
Приложения	80

ВВЕДЕНИЕ

Активная хозяйственная деятельность на реках, а особенно масштабное гидротехническое освоение может повлечь за собой непредвиденное отрицательное влияние на созданные инженерные сооружения, построенные в руслах рек и на окружающие ландшафты. Многие гидрологические объекты, находящиеся под влиянием все возрастающего антропогенного прессинга, требуют особого внимания и специального исследования по поводу прогнозного отрицательного воздействия на экосистему. В качестве объекта нашего исследования был выбран бассейн реки Кеми, в связи с гидротехническим освоением северной Карелии и созданием четырех действующих ГЭС для решения важных социально-экономических задач региона. Кемский каскад включает: Юшкозерскую, Кривопорожскую, Подужемскую и Путкинскую гидроэнергетические системы и входит в состав филиала «Карельский» ПАО «ТГК-1».

В последние десятилетия наблюдается ухудшение геоэкологической обстановки в Кемском бассейне вследствие интенсивной эксплуатации каскада ГЭС. Мониторинг по оптимизации водноэнергетического режима работы Кемского каскада ГЭС практически не ведется. Для начала разработки программ по оптимизации предложено рассмотрение ввода в работу программ мониторинга для уже эксплуатируемых гидроэлектростанций.

В связи с вышеизложенным, целью настоящего исследования является оценка влияния сооружений Кемского каскада ГЭС на гидроэкологический режим реки Кемь, геоэкологическую обстановку речной экосистемы, в частности, на изменение термического режима воды при начале строительства очередной ГЭС.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

а) рассмотреть природные особенности территории исследования и оценить влияние природных компонентов на строительство Кемского каскада ГЭС;

б) оценить изменение геоэкологической обстановки после завершения строительства очередной ГЭС;

в) установить термические изменения воды в результате строительства гидротехнического сооружения.

1. Физико-географическая характеристика бассейна реки Кемь

1.1 Общие сведения. В северных (Калевальском и Кемском) районах Республики Карелия находится бассейн реки Кемь. В физико-географическом отношении бассейн реки занимает часть территории соседнего государства Финляндии, располагается на севере Карелии включает бассейн озер Куйто, исток реки начинается из озера Нижнее Куйто, а впадает р. Кемь в Белое море. В своем течении Кемь протекает еще через несколько озер, крупнейшие из которых – Юлиярви и Хапъярви. Длина реки (от истока до устья) составляет 191 км, а площадь бассейна с учетом всех озер Куйто и их притоков составляет 27.7 тыс. км² [1]. На рисунке 1.1.1 представлен бассейн реки Кемь.

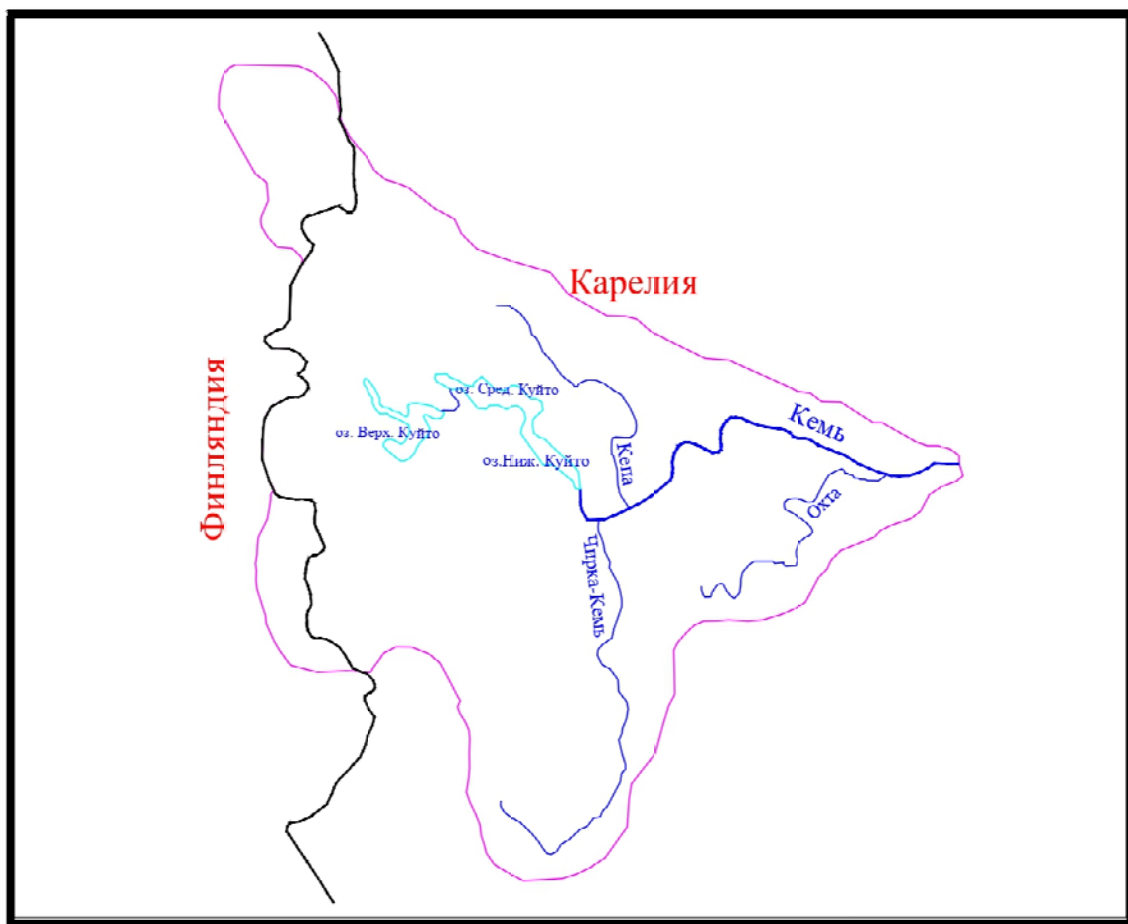


Рисунок 1.1.1 – Бассейн реки Кемь

Река Кемь имеет 22 притока. Крупнейшие из них реки: Кела, Кужатоя, Чирко-Кемь, Сопа, Авнерека, Нижняя Охта, Левис и др. Число правых и левых притоков примерно одинаково. Река Кемь судоходна на небольшом участке от города Кемь до устья, выше города начинаются пороги: Авни (разовый сброс около 4 метров), Мальвикия, Островной, Подужемский. На реке имеется каскад гидроэлектростанций из четырех существующих ГЭС: Юшкозерская, Кривопожская, Подужемская, Путкинская, перепад высоты между истоком и устьем – 101 м, что послужила благоприятным фактором для создания каскада. Годы строительства каскада ГЭС исчисляются от 1967 до 1991 года.

1.2 Геологическое строение и рельеф

Карелия в тектоническом плане является восточной частью Балтийского кристаллического щита и представляет собой область распространения преимущественно древнейших кристаллических пород архейско-протерозойского комплекса. Древнейшие архейские и протерозойские образования в Карелии представлены изверженными и обломочно-осадочными породами, метаморфизованными в толщу кристаллических сланцев. Они имеют преимущественно северо-западное простирание. Развиты по побережью Белого моря, в бассейнах рек Керети, Гридины, Поньгомы и в нижнем течении р. Кеми[1,2].

В западной части бассейна преобладают гранодиориты архея с фрагментами выхода железистых кварцитов и метавулканитов разного состава. Специфические черты природы обусловлены тектоническим строением: где рельеф представлен серией возвышенностей, являющихся мезозойско-палеогеновыми поверхностями выравнивания [6]. В районе западного и северо-восточного побережий озер Куйто, а также в нижнем и среднем течении реки Чирко-Кемь имеются небольшие по площади выходы гранитов и гранодиоритов. Карбонатные породы распространены в верхней части водосбора р. Чирко-Кемь. Среднее течение левого притока р. Кепы сложено перидотитами и габбро. В центральной части бассейна Кеми геологическое строение отличается большой пестротой: конгломераты, песчаники, кварциты, аркозы, сланцы, коматиитовые

базальты, а также расслоенные интрузии перидотитов, габбро, диоритов, пироксенитов. Изверженные и обломочно-осадочные породы, претерпели метаморфизацию и представлены толщей кристаллических сланцев, имеющих северо-западное простирание. Молодые архейские образования представлены огнейсованными гранитами, гранодиоритами и магматитами, объединенными под общим названием гнейсо-гранитов. Перечисленные породы перекрыты моренными отложениями, водно-ледниковыми и озерно-ледниковыми [1].

По побережью Белого моря, в бассейне р. Кеми древние кристаллические породы получили распространение повсеместно, в юго-западной части бассейна развиты сланцы и гнейсы, реже кварциты и конгломераты [5]. В пределах Прибеломорской низменности коренные породы перекрыты ледниковыми и морскими отложениями разного механического состава. Распространены преимущественно маломощные моренные отложения от 0 до 5-6 м, а также флювиогляциальные супесчаные, песчано-гравийные отложения.

Рельеф долины реки Кеми по широте бассейна может быть разделен на три орографических района в соответствии с генезисом, современными процессами и преобладающими абсолютными высотами. Верховья реки располагаются в пределах Западно-Карельской возвышенности с преобладающими высотами от 180 до 300 м, протягивающейся на севере от Куйтозерского понижения до озера Янисъярви на юге. Гнейсо-граниты и кварциты перекрыты местами плащом грубообломочной морены. В пределах возвышенности меридионально выделяются три цепи хребтов: западная, центральная и восточная. В морфоструктурном отношении это ступенчатая структурно-денудационная возвышенная равнина (низкогорье) в сочетании с глыбовыми денудационно-тектоническими грядами[2]. Колебания относительных высот достигают 100-200 м. Средняя часть бассейна реки Кемь представлена Топозерско-Кемской моренной равниной и относится к ландшафтам низменных платформенных равнин на кристаллических породах докембрийских щитов с ледниковой обработкой. В южной части района находится Куйтозерская впадина, представляю-

щая собой слегка вогнутую равнину в центре с высотами 100 – 120 м. Морфоструктура представлена грядовой и грядово-увалистой равниной, образованной вследствие препарирования складчатых структур Карельского комплекса под влиянием новейших движений и селективной денудации, сильно расчлененной эрозией [6]. Морфоскульптура: холмистые равнины, сформированные дизъюнктивными образованиями и дислокациями складчатых структур, а также плоские равнины, созданные комплексной денудацией. Преобладают друмлиновые равнины, гравийно-песчаные и холмистые морены, камовые поля, озерно-ледниковые и озерно-аккумулятивные равнины, местами морские аккумулятивные равнины, широкое распространение имеют болотные (биогенные) равнины. Для северного района характерна преимущественно широтная ориентация форм рельефа реже северо-восточная и северо-западная [3]. Рельеф определил особенности гидрографической сети верховьев Кемь. Так, на большей его части река протекает в направлении с северо-запада на юго-восток, большинство озер имеют ту же ориентировку.

Прибеломорская низменность вдоль Белого моря имеет ширину от 30 до 100 км. Абсолютные отметки повсеместно не превышают 100 м. Это заболоченная равнина, легко наклоненная в сторону Белого моря. Морфоструктура территории представлена плоской морской равниной поздне- и послеледникового времени. Проявления Беломорской линейной морфоструктуры представлены цокольными увалистыми равнинами древнего пенеппена с абразионной обработкой с абсолютными отметками 100-150 м. Морфоструктурные особенности проявились в виде морских и гляциоморских равнин, имеющих разные высоты от 0 до 100 м н.у.м. В характере четвертичных отложений преобладают современные и верхнечетвертичные морские глины, суглинки, пески – биогенные и гляциоморские [6].

1.3 Климатическая характеристика бассейна

Географическое положение бассейна реки Кемь: широта – $64^{\circ}52'44''$ с.ш.; долгота $-31^{\circ}56'21''$. Для указанной широты количество суммарной солнеч-

ной радиации изменяется примерно от 20 до 30 ккал/см²/ год. Окончательное количество тепла приходящееся на земную поверхность будет зависеть от затрат на испарение, альбедо и т.д. Значение годового радиационного баланса изменяется в пределах 28 -32 ккал/см² в северной Карелии и 32 – 35 ккал/см² на территории Северо-Запада, составляя 40 – 45% суммарной радиации. Период с положительным радиационным балансом длится от первой декады марта до второй декады октября [1, 2]. Наибольших значений радиационный баланс достигает в мае – июле, составляя 7,0 – 8,5 ккал/см², т. е. 50 – 60% суммарной радиации, наименьших – в декабре – январе – 0,5 – 1,2 ккал/см², Сумма отрицательного радиационного баланса в среднем равна 2 – 3 ккал/см².

Циркуляция атмосферы. В формировании климата Карелии в целом участвуют следующие центры действия атмосферы: Азорский максимум, Арктический максимум, континентальный воздух умеренных широт (формирующийся непосредственно над территорией суши), некоторые изменения в воздушных массах характерны для акватории Онежского и Ладожского озер. Каждый тип воздушных масс отличается своими качественными характеристиками. Воздушные массы поступающие в Атлантики (так называемый западный перенос) в зимний период отличаются теплом и содержанием большого количества влаги, приносят потепление и осадки; летом эти воздушные массы приходят с северной Атлантики, области формирования Азорского максимума, приносят понижение летних температур (похолодание) воздуха и осадки[6]. Арктический воздух как зимой так и летом не приносит влаги (за исключением формирования фронтальных условий), а что касается температур воздуха то оказывает охлаждающее влияние. Над территорией Карелии (на материке) формируются антициклональные условия. Над акваторией озер происходит частая смена перепадов давления, зависящая от многих факторов. На большей части территории Карелии в течение всего года преобладают ветры со скоростью от 0 до 5,0 м/сек. На открытых побережьях годовая скорость ветра увеличивается до 5-6 м/сек [5]. Максимальные скорости ветра наблюдаются в октябре – декабре (3-5

м/сек, а на озерах до 8,9 м/сек). Более низкие скорости наблюдаются в июле – августе (2-4 м/сек и до 5,0 м/сек – над большими водоемами). Самые низкие скорости наблюдаются в районах, где сказывается влияние леса; по мере приближения к крупным водоемам скорость ветра увеличивается, и ее наибольшие значения отмечаются на прибрежных и озерных станциях. На рассматриваемой территории в течение всего года преобладают ветры южного, юго-западного и западного направлений[1]. Повторяемость этих направлений, как правило, превышает 50%. В то же время они чаще всего наблюдаются в холодный период года. В летние месяцы частота ветров в юго-западной четверти несколько уменьшается, а в северной - увеличивается. В холодный период из-за близкого расположения зон высокого и низкого давления возникают большие горизонтальные градиенты давления. Следовательно, в это время ветры наиболее стабильны по направлению и наиболее сильны летом, из-за уменьшения тепловых контрастов барическое поле менее четко выражено, а градиенты давления незначительны. Ветры на поверхности земли ослабевают и становятся менее устойчивыми по направлению. Ветровой режим зависит от общей циркуляции атмосферы и тесно связан с особенностями распределения барических центров, расположенных по всему району.

От циркуляции атмосферы напрямую зависит количество поступающих осадков. Территория Карелии относится к зоне избыточного увлажнения. Это связано с относительно небольшим приходом тепла и хорошо развитой здесь циклонической активностью, которая активно проявляется во все сезоны года. На распределение осадков большое влияние оказывают орографические особенности рельефа и подстилающей поверхности, что приводит к нарушению плавного характера изменений осадков. Даже небольшие повышения вызывают перераспределение осадков: их увеличение на наветренных склонах возвышенностей и уменьшение на подветренных склонах и во впадинах. Количество осадков заметно уменьшается вблизи крупных водоемов, таких как Белое море. Следует констатировать, что отмечается неравномерное распределение осадков

внутри бассейна р. Кеми. В среднем на большей части ежегодно выпадает 500-550 мм осадков. В центральной части бассейна, в условиях депрессии рельефа в Куйтозерской котловине, а также в Прибеломорской низменности наблюдается наименьшее годовое количество осадков – 450 – 500 мм. Изменчивость месячного количества осадков из года в год особенно высока в теплый период. В некоторые годы в августе выпадает месячное количество осадков; на территории Карелии было зафиксировано 5-20 мм (1936, 1947) и 170-220 мм (1903, 1961) осадков, что составляет 10-15% и 300-350% от месячной нормы соответственно. Так, в июле 1965 года на территории Карелии в Пудожье выпало 95 мм осадков в сутки [2].

В холодный период (ноябрь-март) количество осадков составляет примерно 40-45% годового, что составляет 150-250 мм. В некоторые годы месячное количество осадков может значительно отклоняться в ту или иную сторону от долгосрочных значений. Например, в январе при среднем количестве осадков 40-60 мм на территории Карелии наблюдались месячные суммы в отдельные годы от 10-20 мм (1933, 1950, 1964) до 120 мм (1959, 1962). Максимальное количество осадков на большей части территории выпадает в июле – августе и лишь иногда в сентябре. В эти месяцы выпадает от 70 мм в северной части Карелии до 80-90 мм (на остальной территории)[5].

Температурные условия принято рассматривать по сезонам года: известно, что для северной Карелии характерна холодная и продолжительная зима и короткое и прохладное лето. В бассейне реки Кемь среднегодовая температура воздуха составляет от 0 до +1,5° и постепенно повышается к югу до +2, а в отдельные годы до 3,4-3,6°. В зависимости от характера циркуляции атмосферы температуры могут сильно отличаться и быть на 1-2° теплее или холоднее нормы [6].

Летний период времени в бассейне реки Кеми характеризуется самым теплым месяцем – июлем, со средней температурой воздуха 14-15°. Абсолют-

ная максимальная температура воздуха составляет 31-36° (31-32 на севере Карелии), на водоемах 28-31°.

За начало весны принимается устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через нулевую отметку. На севере Карелии" проводится в конце апреля, на юге в середине апреля. Период с положительными среднесуточными температурами составляет 175 – 190, 190 – 200 дней соответственно. Лето, за начало которого принимается переход среднесуточной температуры воздуха через 10° в самых северных районах Карелии наступает в середине июня. Средняя продолжительность лета на севере Карелии составляет менее 3 месяцев [1]. В начале лета еще возможны заморозки. Раньше всего заморозки прекращаются на побережьях озер и водохранилищ, в первой декаде мая. К концу мая они заканчиваются почти повсеместно и только на севере Карелии отмечаются даже в июле.

В Карелии зима не суровая, но длительная. Период со средними суточными температурами ниже минус 5° составляет 125 – 135 дней на севере и 115 – 125 дней на юге территории. Переход температуры воздуха через минус 5° осуществляется в середине ноября в северных и в конце ноября-в южных районах Карелии и длится до конца марта на севере. Период со средними суточными температурами ниже минус 10° непродолжительный и колеблется от 70 – 80 дней на севере, до 50 – 60 дней на юге Карелии. Устойчивого периода с температурами ниже минус 15° по Карелии не наблюдается. Для зимнего периода на севере Карелии самые холодные месяцы – январь и февраль. Среднемесячная температура в Карелии составляет минус 12 – минус 13° в северной части и минус 10° в южной. Температура февраля ниже январской примерно на 1°. Понижение температуры до минус 40° наблюдается 1-2 раза в 10 лет, в отдельные годы (1 раз в 80-100 лет) она может опускаться до минус 50° и более. Наиболее холодная зима присуща северо-западной части республики, расчлененной отрогами Маанселькя; в Прибеломорской низменности зима сравнительно мягкая, а лето – более прохладное. Наиболее благоприятные условия наблюдаются

южнее 63° с. ш., при этом самым мягким климатом отличаются юго-западные районы [14].

На севере Карелии первый снежный покров появляется в середине октября. В некоторые годы он может образоваться даже в третьей декаде сентября. По мере продвижения на юг выпадение снега откладывается до конца октября. Однако устойчивый снежный покров на севере Карелии устанавливается только 8-13 ноября. По мере продвижения на юго-запад формирование снежного покрова откладывается до второй декады декабря. В некоторые годы устойчивый снежный покров не держится до конца декабря на севере Карелии и до середины января на остальной территории (1930, 1933, 1949). В начале зимнего сезона высота снежного покрова невелика – менее 10 см. Он достигает своей максимальной мощности в третьей декаде февраля – второй декаде марта. Средняя высота снежного покрова в Карелии составляет от 35 до 55 см. На лесных полянах и в лесу под кронами деревьев средняя из самых высоких мощностей снежного покрова колеблется в пределах 60 см. Снежный покров держится 170-180 дней на севере Карелии. Таяние снега в Карелии начинается на севере в третьей декаде марта и длится в среднем 30-35 дней. По мере продвижения на север разрушение снежного покрова происходит с конца апреля, а на крайнем севере - до начала мая[4].

Запас воды в снегу распределяется по всей территории в соответствии с толщиной снежного покрова. Запасы снега достигают своих максимальных значений ко времени таяния снега. На большей части территории Карелии средний показатель наибольших запасов воды в снежном покрове составляет 110-160 мм на юго–западе территории, запас воды в снегу уменьшается и не превышает 70 мм. Значительное увеличение запаса воды в снегу наблюдается в лесистой и пересеченной местности. В лесу и на лесных полянах, среднее значение запасов влаги в снегу составляет 140-200 мм, и только в районах, прилегающих к крупным водоемам, эти значения снижаются до 90-110 мм.

1.4 Гидрологическая характеристика бассейна

1.4.1 Водосбор реки Кемь. Река Кемь, длина 198 км, средний уклон реки 0,520/00. Вытекает из оз. Нижнего Куйто. Впадает в Кемскую губу Белого моря у г. Кеми. Большая часть территории бассейна расположена в Северном озерном районе. Его западная, северо-западная, южная и юго-западная окраины находятся в пределах Северного возвышенного района и Западно-Карельской возвышенности, а восточная (нижняя) – на Прибеломорской низменности. В пределах Северного возвышенного района, Западно-Карельской возвышенности и на водоразделе между озерами Нюк и Нижнее Куйто рельеф крупнохолмистый. Цепи гряд высотой 70 – 100 м вытянуты в северо-западном направлении. Пространства между холмами и грядами заняты широкими ложбинами с каменистым дном, пониженные части их – озерами и болотами [22]. В Северном озерном районе множество озер, самые крупные из них Куйто, Нюк, Куйтозерская впадина, расположенная почти в центре водосбора, слабо вогнута. Прилегающие к ней с севера местность средне- и мелкохолмистая; с востока – равнина с обширными болотными массивами, полого переходящая в Прибеломорскую низменность, представляющая слегка волнистую заболоченную равнину, наклоненную в сторону Белого моря. Грунты представлены валунными песками и супесями, реже суглинками и глинами, в заболоченных местах – торфяниками, в основных грунтах часто вкраплены гравий, галька и валуны. В верхней и нижней частях бассейна имеются выходы коренных кристаллических пород. Территория бассейна покрыта хвойным лесом со значительной долей мелколиственных. Значительна доля заболоченных земель [8].

1.4.2 Долина реки. Долина реки V – образная. От истока из оз. Куроярви до устья р. Кепы и от устья р. Вискез-ои до 4 км выше с. Панозера она трапецеидальная, от впадения р. Кепы до р. Вискез-ои неясно выраженная. Преобладающая ширина 0,5 – 0,8 км, наибольшая – 5 км (оз. Куроярви), наименьшая 150 м (на пороге Вочаж). Склоны крутые и умеренно крутые, преимущественно выпуклые, реже вогнутые, умеренно рассечены, поросшие мел-

колиственным лесом и кустарником. Преобладающая высота из 13 – 15 м, наибольшая – 70 м (порог Кривой), наименьшая – 6 м (у оз. Юшкоярви). Грунты склонов в верхнем течении песчаные, песчано-каменистые, гравийные и галечниковые, в нижнем течении глинистые, местами скальные [22]. В таблице 1.4.2.1 представлены морфометрические характеристики порогов и перекатов реки Кемь.

Таблица 1.4.2.1 – Пороги и перекаты реки Кемь

Наименование порога, переката	Расположение	Характеристики				
		a, м	b, м	h, м	V _{max} , м/с	i, ‰
Порог Верхняя Юрегма	исток	252	120	2,0	2,5	2,06
Нижняя Юрегма	2,8 км от истока	251	130	2,5	2,5	3,19
Кинтизьям	4,9 км от истока	519	60	1,6	4,5	12,3
Хеути	3 км ниже с. Юшкозеро	44	80	3,0	3,0	10,5
Куара-кошки	0,8 км ниже оз. Куро-ярви	595	80	1,6	4,0	2,05
Мальвикия	3,5 км ниже устья р. Орчез-ои	360	140	2,0	1,2	0,78
Шурипая 2	5,5 км ниже устья Кужат-ои	192	100	2,2	2,3	0,94
Ламбилева	2,5 км ниже оз. Пано-рви	460	120	0,8	2,5	2,39

Таблица 1.4.2.1 – Пороги и перекаты реки Кемь (продолжение)

Белый	5 км выше устья р. Белой	1758	60	0,6	3,0	2,63
Шомба	пос. Шомба	612	70	1,4	3,0	1,63
Хомути	4,1 км ниже пос. Шомбе	191	90	1,8	3,0	3,14
Водопад Юмы	2,5 км ниже пгт Юмы	276	30	-	-	9,46
Порог Лени- вый	4,7 км ниже пгт Юмы	393	100	2,0	2,0	0,51
Сосновый	6,8 км ниже пгт Юмы	590	60	2,2	3,5	2,37
Рябинов	8.5 км ниже пгт Юмы	173	120	3,0	1,8	2,31
Погонялка	10,2 км ниже пгт Юмы	114	120	1,5	2,0	4,39
Кривой	р.п Кривом Пороге	2113	180	1,8	4,0	3,08
Пепельный	2.5 км выше р.п. Авнепо- рога	780	190	2,0	4,0	3,08
Водопад Во- чаж	2 км выше бывш. Поду- жемье	621	30	-	-	24
Порог Делго- не	бывш. Поду- жемье	262	120	3,0	2,0	1,14
Путка	4 км выше г. Кеми	1975	120	1,8	5,0	5,88

1.4.3 Пойма. Пойма прерывистая, двусторонняя, реже односторонняя; от оз. Паноярви до устья отсутствует, здесь встречаются только отдельные затопляемые участки. Преобладающая ширина поймы 80 м, наибольшая – 600 м (у устья р. Кепы); ниже оз. Паноярви ширина затопляемых участков не превышает 10 м и только у с. Подужемье достигает 80 м. Во время весеннего половодья озера Аланярви и Юшкоярви соединяются между собой и ширина затопления достигает 1,6 км. Чаще пойма преимущественно луговая, реже лесная, заболоченная. Поверхность ее ровная слабопересеченная. Грунт песчаный, торфянистый и суглинистый [4, 9].

1.4.4 Водность реки. Большое значение для водности реки имеет размещение озер на водосборе. По размещению более крупных озер на водосборе на территории Карелии можно выделить три основных типа рек:

1. верховой – крупные озера лежат в верхней части водосбора, замыкая собой от трети до половины всего бассейна (реки Кемь, Суна, Олонка и др.); 2. каскадный – наиболее крупные озера размещены цепочкой на протяжении всей реки (реки Ковда, Лендерка, Сума, Шалица и др.); 3. низовой – главное крупнейшее озеро лежит в нижней части бассейна и река, вытекая из него, представляет собой короткий сточный канал (р. Янисйоки). Водоразделы карельских рек в основном узкие, заболоченные, с большим количеством озер, которые не имеют видимого поверхностного стока. Это создает хорошие условия для переноса стока (бифуркации) в соседний бассейн во время весеннего половодья [7].

Озера. Карелия входит в зону так называемого «Озерного края» и уже это говорит об обилии здесь озер. В экономике края озера используются для целей транспорта, сплава леса, водоснабжения, рыбного хозяйства, энергетики и приобретают большое значение как водохранилища для регулирования стока малых и средних рек района. Распределение озер по территории Карелии неравномерное и обусловлено, геолого-геоморфологическим строением поверхности. Больше всего озер имеется в бассейнах рек: Кеми – 12,5 тыс., Ковды – 10,7

тыс., Выга – 9,1 тыс. Наибольшее количество крупных озер находится в бассейне р. Ковды, это озера: Топозеро, Пяозеро, Ковдозеро, Тикшозеро – каждое из них имеет площадь более 200 кв. км [10].

Происхождение озерных котловин тесно связано с тектоническими процессами, сформировавшими депрессии, в которых образовались многие озера, и с эрозионно – аккумулятивной деятельностью ледниковых потоков эпохи материкового оледенения [20]. В соответствии с этим выделяются два основных типа озер по происхождению их котловин: тектонические и моренные. Карельские озера в основном тектонического происхождения; их бассейны развиты в трещинах и сбросах, обычно вытянуты с северо-запада на юго-восток, состоят из длинного плеса и большого количества узких вытянутых заливов или имеют форму плавника. Тектонические впадины озер несут на себе ярко выраженные следы эрозионной активности ледника.

Четвертичное оледенение сыграло важную роль в формировании и последующем преобразовании озерных бассейнов. Одним из факторов, играющих значительную роль в формировании речного стока в бассейнах карельских рек, являются грунтовые воды. Эта территория характеризуется значительным развитием речной сети, которая активизирует подземный сток в зоне интенсивного водообмена. Пропускная способность зоны интенсивного водообмена определяется дренажной способностью рек, которая зависит от глубины эрозионного вреза речных долин, достигающая нескольких десятков метров [29].

Наряду с общим направлением подземного стока к Белому морю происходит перемещение грунтовых вод к крупным резервуарам, приуроченным к обширным котловинам тектонического происхождения. На направление стока грунтовых вод в некоторых районах влияют древние долины основных рек района. Бассейны озер и речные долины являются зонами разгрузки не только водоносных горизонтов зоны интенсивного водообмена, но и более глубоких напорных водоносных горизонтов. Помимо горизонта подземных вод четвертичных отложений и зоны трещиноватости кристаллического фундамента, на тер-

ритории Карелии развиты жильные воды, приуроченные к зонам тектонических нарушений и контакта интрузий. Подача грунтовых вод осуществляется за счет просачивания атмосферных осадков. Они сбрасываются в гидрографическую сеть, в море и вдоль южной границы территории в осадочные покровные породы Русской плиты, для которых Балтийский щит является региональной зоной питания [15].

Водообильность четвертичных отложений и зоны выветривания древних пород разная, преимущественно слабая; дебиты родников изменяются от тысячных долей до 5-7 л/сек, удельные дебиты скважин также колеблются в широких пределах от 0,0001 до 0,5-1,0 л/сек. Значительно более водообильны зоны тектонической трещиноватости, к которым приурочены восходящие родники с дебитами от 1 до 5-10 л/сек. По химическому составу подземные воды гидрокарбонатно-кальциевые и гидрокарбонатно-натриевые с минерализацией от 10-50 до 300-400 мг/л. Доля подземного стока от общего речного (коэффициент подземного питания реки) изменяется от нескольких до 30%, но обычно составляет 10 – 20%. Коэффициент подземного стока изменяется по территории в относительно небольших пределах (от 20 до 10% и менее) [16].

1.4.5 Питание реки. Река Кемь имеет дождевое и снеговое питание. В годовом режиме уровня воды четко выражены четыре фазы: ледоход, весеннее половодье, летняя межень, повышение уровня в осеннее время, ледостав и зимняя межень. Эти фазы более четко выражены на реке Кемь, поскольку здесь обилие озер. На реках с большим процентом озерности и в истоках озер гидрографические изображения имеют более сглаженный вид. На этих реках наблюдается относительно низкий продолжительный весенний паводок и нечетко выраженные дождевые паводки.

Распределение весеннего (снежного), дождевого и грунтового стока напрямую зависит от физико-географических факторов: рельефа, характера почв, водоразделов озер и расположения озер по длине реки [9]. Для рек с большим процентом озерных водосборных площадей и для участков рек, расположенных

в верховьях крупных озер, невозможно отделить долю наземного стока от озерных вод, накопленных озерами в предыдущий теплый период. Следовательно, для таких рек количество грунтового и озерного питания приводится суммарно. Весеннее половодье является наиболее многоводной фазой и составляет 40-50% годового стока. Весенний паводок в основном имеет один пик, за исключением лет, когда наблюдается значительное возвращение холодов, приводящее к временному снижению интенсивности таяния снега и снижению уровня воды с последующим усилением потепления. На некоторых участках рек, несущих ил, почти ежегодно наблюдаются два пика: первый – в результате вымывания ила в вышележащих районах, второй - в результате таяния снега. В некоторые годы двух- и даже трехпиковые паводки вызываются осадками, которые, накладываясь на спад весеннего половодья, вызывают повышение уровня [14].

Подъемы уровня снеготаяния начинаются в среднем: на севере территории в третьей декаде апреля, на юге – во второй декаде апреля; в ранние весны: на севере – в первой декаде апреля. Интенсивность подъема уровня воды в реках зависит от водности весны, естественной и искусственной зарегулированности и особенностей морфометрии русла. Для весеннего половодья на реках рассматриваемой территории характерен сначала медленный подъем уровня воды, 5 – 15 см/сутки, затем интенсивность его возрастает до 30 – 60 см/сутки. Подъем уровня в истоках и на небольших реках обычно проходит за 13 – 18 дней, а на более крупных реках и реках с большим процентом озерности – за 20 – 35 дней. Наивысших уровней половодье достигает преимущественно в первой декаде мая, за исключением больших рек и рек, вытекающих из озер, где пик половодья проходит во второй декаде мая. Пик половодья держится 1 – 3 дня, затем начинается медленный спад, который заканчивается в июне – августе в зависимости от характера реки. Спад обычно продолжается от 30 до 60 дней; это в 2 – 2,5 раза дольше, чем подъем. Общая продолжительность половодья в среднем от 40 до 100 дней. Превышение наивысшего уровня весеннего половодья над низшим летним за период наблюдений для больших рек составляет 3 –

5 м, а для средних и небольших рек а также рек с большим процентом озерности – 1,5 – 2 м. Наивысшие уровни весеннего половодья являются, как правило, наивысшими годовыми. За последние годы самые высокие половодья наблюдались в 1943, 1955, 1957, 1964, 1966 г., прохождении высоких половодий, в основном, существует синхронность по территории, однако высота половодий в различных ее частях может быть различной. Так, весной 1966 г. в бассейнах рек Кеми и Нижнего Выга, а также на других реках бассейна Белого моря, уровни половодья были катастрофическими и значительно превышали наивысшие из наблюдаемых, в то время как на реках остальной части территории они только приближались к ним [15].

Предпосылки к историческому половодью 1966 г. на реках северной части территории сложились следующие: снегозапасы к началу половодья (30/IV) были повсеместно выше нормы в 1,4 – 1,6 раза и составляли: на Беломорской низменности 210 – 250 мм, в бассейне р. Кеми 170 – 190 мм. Расходование снегозапасов происходило двумя этапами, между которыми было сильное похолодание (до -1° на севере территории). Это обусловило раздельное по времени и разное по интенсивности прохождение весеннего половодья. На реках северной части территории расход снежных запасов начался только при повторном сильном потеплении, которое вызвало быстрое таяние снега и интенсивный подъем уровня воды в ручьях и реках. Небольшие ручьи и реки превратились в бурные потоки, а болота, переполненные водой, стали похожи на огромные озера [17].

Это наводнение нанесло наибольший ущерб железнодорожным путям. Во многих местах железнодорожное полотно было полностью размыто, так как к моменту наводнения участок дренажных труб был частично, а иногда и полностью забит льдом. Прохождение родниковых вод по трубам оказалось практически невозможным. Даже там, где трубы удалось прочистить, они не смогли выдержать быстро увеличивающийся поток воды, поскольку отверстия труб рассчитаны на пропуск гораздо меньшего количества стока. Наводнение 1966

года также нанесло большой ущерб автомобильным дорогам и лесозаготовкам [8].

Летняя межень на большинстве рек начинается с окончанием паводкового периода и прерывается повышением уровня воды в результате дождей. Летняя межень четко прослеживается только на реках с небольшим процентом озерности (до 5%). На таких реках дождевые паводки проявляются более отчетливо. В некоторые годы подъемы уровня воды в результате дождей по своей величине приближаются к самым высоким уровням паводка. Из последних лет такие наводнения были в 1961 году. Самые низкие уровни летней осени наблюдаются в августе – сентябре. На ряде рек естественное течение уровня воды летом и даже во время спада паводка искажается из-за эксплуатации деревянных плотин. Уровень воды в реках, на которых расположены гидроэлектростанции, искажается из-за их работы в течение всего года. Особенно большое влияние оказывает плотина, расположенная в истоке реки, это Юшкозерская. Сбросы в летнюю межень настолько велики, что высота уровня в нижележащих районах превышает высоту весеннего половодья. Плотины на реке Кеми также оказывают большое влияние на ход уровня воды [18]. На некоторых малых и средних реках наблюдается зарастание русла водной растительностью, что создает резервный уровень воды.

Осенне – зимний период обычно начинается в конце сентября – начале октября с подъема уровня воды в результате дождей, превышающего летний минимум на 1 м. На многих реках с появлением ледяных образований образуются просветы. В отдельные годы подъемы уровня в зазорах достигают уровней весеннего половодья, а иногда и превышают их. Зима-осень характеризуется медленным снижением уровней, что характеризует высыхание стока. В некоторые зимы плавный ход уровня нарушается небольшим подъемом от этого и очень редко от зазоров. Продолжительность зимне-осеннего периода для большинства рек территории составляет 130-150 дней. Самые низкие зимние

уровни обычно приходится на конец марта и, как правило, являются самыми низкими за год [15].

1.5 Почвенно-растительный покров

Северная часть Прибеломорской низменности относится к Топозерско-Керетьскому флористическому району, а остальная часть к Беломорскому. Отличительная черта названных районов – большая заболоченность. Процент заболоченной площади доходит до 80 %. Среди болот преобладают олиготрофные грядово-мочажинные и грядово-озерные. В долине реки Кемь встречаются ельники, которые вырубались в течение длительного времени, в связи с соледобычей, судостроением и др. [1]. Бассейн реки Кемь расположен в пределах зоны северной тайги, представленной полосой воронично-лишайниково-зеленомошных хвойных лесов. Граница подзоны совпадает с границей почвенных подзон и проходит приблизительно по широте 63° с.ш. Только на крайнем северо-западе, в горах Маанселькя и Западно-Карельской возвышенности, встречаются тундровые и лесотундровые группировки. Вертикальный пояс растительности характеризуется чередованием растительных сообществ от основания возвышенностей к их вершинам: сосновые лишайниковые и зеленомошные леса: еловые зеленомошные; березово-еловые редколесья; тундровые с карликовой березой и кустарниками [6, 10].

Что касается бассейна Кеми, то в связи с низкими абсолютными отметками здесь высотная поясность не проявляется. Таежные комплексы представлены следующими типами растительности: еловые леса на возвышенно-выположенных участках с супесчаными и суглинистыми подзолистыми почвами, в долинах рек и ручьев и на окраинах сфагновых болот с торфяно-подзолистыми почвами; сосновые леса на водораздельных поверхностях с песчаными и песчано-каменисто-подзолистыми почвами, а на низменных участках с торфяно-болотными почвами; сфагновые торфяно – осоковые и кустарниковые болота полностью безлесны или с редкой сосной [2].

Доминирующим типом растительности являются леса, состоящие в основном из хвойных пород – сосны и ели. Облесенность отдельных речных водосборов не нарушенных рубками достигает 95%, в нарушенных в настоящее время лесистость составляет от 50 до 75%. Преобладание сосновых лесов объясняется широким распространением песчаных отложений и обнаженных коренных пород. Еловые леса преобладают на территориях, где подстилающими породами являются суглинистые и глинистые ледниковые отложения с характерным для них содержанием валунов, что наблюдается, главным образом, в южной части бассейна и в непосредственной близости к низовьям Кеми [1].

Среди лесов доминируют сосновые, елово-сосновые лишайниковые и зеленомошные северо-таежные леса в сочетании с еловыми и аапа-болотами. Субдоминирующими являются сосновые редкостойные лишайниковые и зеленомошные леса. Среди болот преобладают печеночно-лишайниково-сфагновые верховые с преобладанием грядово-озерковых комплексов. По долинам рек широкое распространение получили еловые леса с примесью березы и сосны, зеленомошные [5, 6].

Растительность болот, ее состав и распределение зависят от степени увлажнения, стока и химического состава питательной среды. На рассматриваемой территории преобладают болота с умеренным минеральным питанием (олиготрофные и мезотрофные), моховые и торфяно-моховые; болота с богатым минеральным питанием с хорошо развитой травянистой, кустарниковой и древесной растительностью (эвтрофные) встречаются реже. Болота наиболее распространены в нижних частях рельефа, где заболоченность отдельных речных водосборов достигает 60 %. К ним относятся Прибеломорская низменность, Куйтозерская котловина и многочисленные впадины в рельефе северной тайги в пределах Кемского бассейна. Болота служат гидроаккумуляторами, способствуют регулированию стока и в засушливые годы обеспечивают питание главной реки и притоков. Луга занимают незначительную часть водосбора и, в соответствии с особенностями рельефа, являются в основном низменными,

заболоченными и топкоопасными. Наибольшее распространение лугов наблюдается в долинах рек-притоков и по берегам озер. Хозяйственная деятельность человека проявляется в вырубке лесов и в создании на их месте возделываемых земель и лугов. Еловые леса на вырубках сменяются хвойно-мелколиственными (березовыми и осиновыми) лесами. Это особенно характерно для районов, где лесозаготовки велись в больших масштабах[5].

1.6 Хозяйственное использование рек и экологические проблемы

На берегах реки Кемь находятся следующие населенные пункты: Юшкозеро, Юряхмя, Шомба, Кривой Порог, Авнепорог, город Кемь, Вочаж, Панозеро и др. Для каждого из них возможно возникновение геоэкологических проблем, в связи с эксплуатацией существующих гидроэлектростанций.

В западной части бассейна интенсивно осваивается крупное железорудное месторождение, работает один из крупнейших в стране горнообогатительных комбинатов в г. Костомукше. Техногенные воды комбината, прежде всего попуски воды из хвостохранилища, оказывают негативное воздействие на озерно-речную систему р. Кенти, которая является частным водосбором Кеми[1, 6].

Перекрытие реки плотиной часто нарушало миграционные пути рыб, направляющихся на нерест – снижение количества вылавливаемой рыбы, что негативно сказалось на экономическом состоянии местного населения – возникновении социально-экономических проблем. В ряде случаев при постройке плотин, неизбежно переселение людей, что имеет место быть и в Кемском бассейне. Это экономическая угроза для данного региона, так как многие жители, живущие у речных массивов, зарабатывают на жизнь лесозаготовками, рыболовством и др.

В зону затопления, при создании водохранилищ, попали сельскохозяйственные угодья, месторождения полезных ископаемых, лесные массивы, места обитания редких животных и растений и т. д. Перед затоплением земель не всегда проводится лесочистка, поэтому оставшийся лес медленно разлагается,

образуя фенолы, тем самым, загрязняя водохранилище. В Кемском бассейне наиболее заселены и освоены прирусловые участки реки и районы в устьях притоков.

Среди природных ресурсов Карелии большое место занимают водные ресурсы. Их используют в нескольких направлениях: для выработки электроэнергии, судоходства, сплава древесины, водоснабжения, в качестве приемников дренажных систем и сточных вод, для рыболовства, а также в бальнеологических целях. Источниками потребления воды являются поверхностные и грунтовые воды, в большей степени поверхностные. В Кемском бассейне из общей протяженности разветвленной речной сети в 410 км длина судоходных участков из-за порогов рек не значительна, поэтому туристские маршруты не отличаются большой протяженностью.

Лесозаготовительная ценность карельских рек значительно превышает судоходную протяженность речных маршрутов, используемых для лесозаготовок в Карелии – 4000 км. Сплав древесины осуществляется молом, частично на плотках. Начало и окончание периода сплава определяется временем вскрытия и замерзания рек и озер [7].

Рыболовство в Карелии является одной из основных отраслей народного хозяйства. Все крупные и средние реки служат нерестилищами. Рыбалка осуществляется на озерах и водохранилищах. В настоящее время построен и строится рыбокомбинат для воспроизводства и разведения ценных видов рыб (лосось, горбуша, рябчик, сиг и т.д.). Ведутся работы по пополнению запасов Онежского и Ладожского озер. Реки и озера, а также подземные воды являются источниками водоснабжения городов, рабочих поселков и промышленности всего района [9].

Выводы по первой главе: Характер отложений по всей широтной протяженности бассейна реки Кеми отличается значительной дифференциацией в плане обеспеченности отложений влагой. В западной части, в пределах Запад-

но-Карельской возвышенности, преобладание выходов коренных пород и большая трещиноватость не способствует мощному накоплению и близкому залеганию грунтовых и подземных вод. Однако значительные абсолютные отметки в рельефе обеспечивают «перехват» влаги из Атлантических воздушных масс. Центральнo-Карельская приподнятая цокольная экзарационно-аккумулятивная равнина в тексте параграфа обозначенная как Топозерско-Кемская моренная равнина, приуроченная к центральной части бассейна реки Кемь отличается тем, что имеет значительную мощность рыхлых отложений, преимущественно ледниковых валунно-глинистых и суглинистых, способных удерживать влагу относительно близко к дневной поверхности. По площади здесь преобладают биогенные отложения (торфяные болотные) и значительные площади в долине реки морских отложений, что свидетельствует о лучшей обеспеченности грунтов поверхностными, грунтовыми и подземными водами. Наконец, четвертичные отложения Прибеломорской низменности отличаются тем, что здесь за редким исключением выхода коренных пород, вся остальная площадь низменности покрыта современными биогенными и верхнечетвертичными морскими отложениями, что позволяет утверждать, что имеющиеся грунты содержат большое количество влаги и способны поддерживать уровеньный режим грунтовых вод.

Учитывая, что в бассейне реки Кемь большие площади заняты естественными водными пространствами, а созданные водохранилища повышают влажность воздуха, изменяют ветровой режим прибрежной зоны, а также температурный и ледяной режим водотока. Над крупными водоемами влажность не опускается ниже 71 – 75%. Это приводит к изменению микроклиматических условий, что сказывается на жизни и хозяйственной деятельности населения, среде обитания животных и рыб. Степень влияния крупных водохранилищ на микроклимат различна для отдельных частей бассейна. Интегральное влияние, оказываемое акваторией на развитие растительности, зависит от зональных условий [3].

Реки Карелии имеют большое значение для энергетики. Гидроэнергоресурсы Карелии в последние годы стали основой электроснабжения Карелии. На реки Кемь, Ковду и Нижний Выг приходится почти 40% всех гидроэнергоресурсов Карелии. Из других рек выделяются по своей мощности Шуя (Онежская), Водла и Суна, на р. Нижний Выг создано семь водохранилищ: Сегозерское, Ондское, Выгозерское и приплотинные Палокоргское, Маткожненское, Выгостровское, Беломорское. На пяти из них сооружены гидроэлектростанции: Ондская, Палокоргская, Маткожвенская, Выгостровская, Беломорская. Гидроэлектростанции (кроме Ондской и Беломорской) построены с использованием инженерных сооружений Беломорско-Балтийского канала. На р. Ковде каскад состоит из трех гидроэлектростанций: Кумской, Иовской, Княжегубской. В 1967 г. пущена в эксплуатацию Путкинская ГЭС – одна из первых ГЭС Кемского каскада. Схемой использования р. Кеми намечено построить каскад из шести гидроузлов, которые создадут следующие водохранилища: Морское, Путкинское, Подужемское, Кривопорожское, Белопорожское, Юшкозерское [8].

Лесной почвенно-растительный покров исследуемого бассейна способствует аккумуляции влаги, функцию гидроаккумулятора влаги, в первую очередь, выполняют еловые плакорные и долинные леса с примесью мелколиственных на торфяно-болотных и торфяно-глеевых, в сочетании с подзолами иллювиально-гумусовыми суглинистыми и глинистыми, а также болотные комплексы: аапа болота, олиготрофные, мезотрофные, грядово-озерковые комплексы с болотными и торфяными почвами.

2. Гидротехнические сооружения Кемского каскада ГЭС

Кемский каскад гидроэлектростанций расположен на реке Кемь в северной части Республики Карелия и включает: Юшкозерскую, Кривопорожскую, Подужемскую и Путкинскую ГЭС. Строительство Белопорожская ГЭС продолжается. Суммарная действующая мощность каскада составляет 330 МВт (планировалась 460 МВт), среднегодовая выработка – 1,17 млрд кВт ч (планировалась 1,51 млрд кВт ч) [17].

Еще в 1912 году было обращено внимание на гидроэнергетический потенциал реки Кемь. Тогда Управление водных путей и сообщений начало первые изыскания, которые вскоре прекратились из-за начала военных действий. И спустя более чем пятьдесят лет, в конце 1961 года Карельский совнархоз принял постановление «Об утверждении» проектного задания и сметно-финансовых расчетов Путкинской ГЭС». Этот год так же считается годом основания Кемского каскада ГЭС. В 1962 году началось строительство силами гидростроителей, которые ранее вели работы по строительству каскада Выгских ГЭС. Строительство комплекса велось вплоть до 1999 года. В этом же году на последней ступени (Белопорожская ГЭС) строительство было заморожено [19].

Весь комплекс электростанций, кроме Белопорожской ГЭС, принадлежит компании ТГК-1. Белопорожская ГЭС принадлежит АО «Норд Гидро». Схема расположения гидроузлов и водохранилищ представлена на рисунке 2.1.

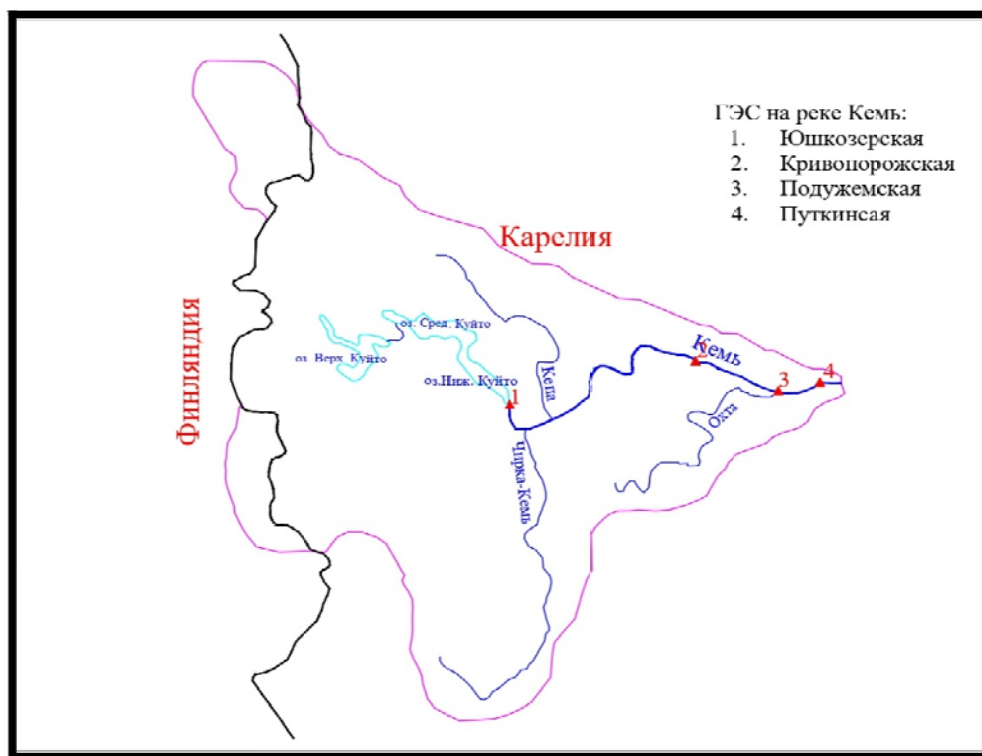


Рисунок 2.1 – Картограмма расположения гидроузлов и водохранилищ на р.Кемь [выполнено автором].

2.1 Характеристика Путкинской ГЭС

Путкинская ГЭС расположена на реке Кемь в Кемском районе Республики Карелия в 7,5 км от ее устья. Гидроэлектростанция входит в состав ПАО «ТГК–1» и является нижней по расположению и первой по времени создания ступенью Кемского каскада ГЭС. Основной задачей, которого является обеспечение электроэнергией горнообогатительного комбината в городе Костомукша. Внешний вид Путкинской ГЭС показан на рис. 2.1.1.



Рисунок 2.1.1 –Путкинская ГЭС.

Данные по расходам воды для Путкинской ГЭС были взяты в период с 1968 года по 2000 год по данным Гидрологического ежегодника. На рисунке 2.4.2 представлен ход среднегодовых расходов воды (приложение А).

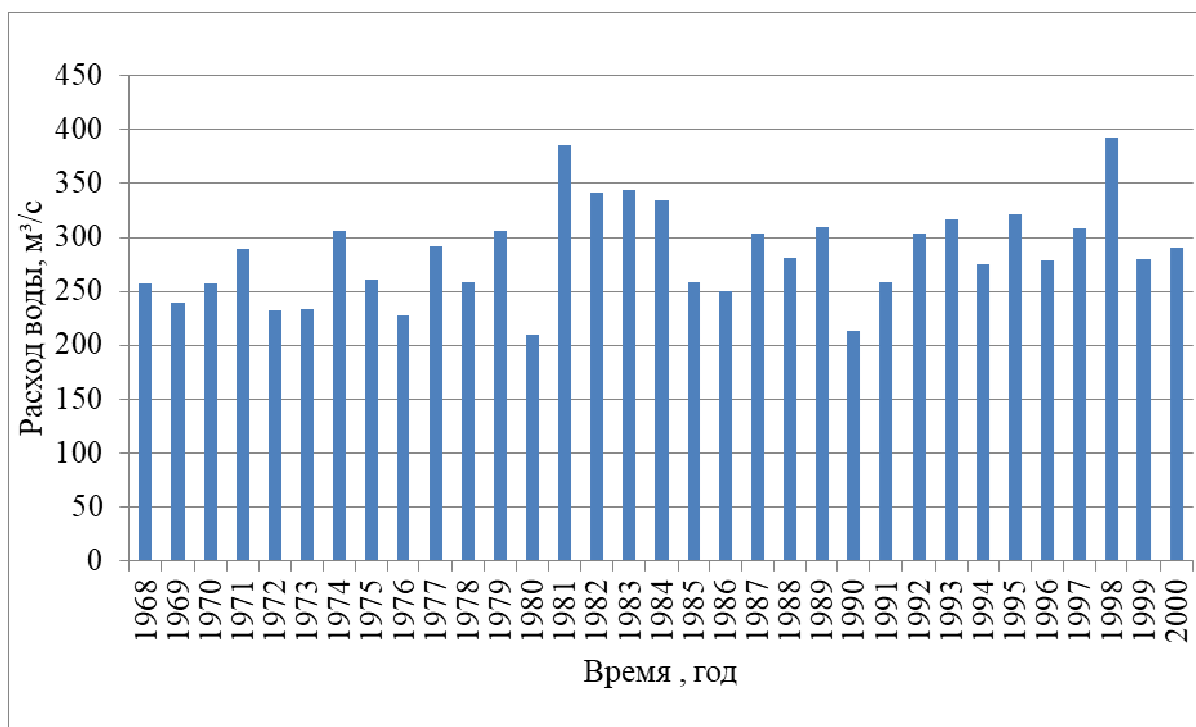


Рисунок 2.1.2 – Ход среднегодовых расходов водыПуткинской ГЭС.

В 1964 году началось строительство Путкинской гидроэлектростанции, которая положила начало использованию богатых энергоресурсов самой крупной карельской реки Кемь и развитию энергетики региона. 19 марта 1967 года станция была принята в промышленную эксплуатацию, а уже 25 марта был пущен первый гидроагрегат Путкинской ГЭС. В ходе строительства было выбрано более полумиллиона кубометров грунта и почти столько же скальных пород, построены земляная и водосбросная плотины, напорная дамба, подводящий и отводящий каналы. Путкинская ГЭС построена по плотинно-деривационной схеме. В состав сооружений ГЭС входят:

- 1) водосбросная бетонная плотина длиной 27 м;
- 2) земляная плотина длиной 227 м и наибольшей высотой 17,5 м;
- 3) лесосплавной лоток;
- 4) подводящий канал длиной 1451 м;
- 5) отводящий канал длиной 171 м;
- 6) здание ГЭС деривационного типа длиной 75,45 м.

Напорные сооружения ГЭС (длина напорного фронта 1,22 км) образуют Путкинское водохранилище. Площадь водохранилища 6,4 км², полная и полезная ёмкость 49,97 и 3,2 млн м³. При создании водохранилища было затоплено 61 га сельхозугодий, перенесено 53 строения [23].

Гидротехнические сооружения гидроузла Путкинского водохранилища отнесены к сооружениям III класса – гидротехнические сооружения средней опасности. Головным узлом является земляная плотина. Русловая, однородная, отсыпана мореной. Отметка гребня 29,50 м, длина по гребню 227 м, ширина по гребню 5,2–22,8 м, наибольшая высота 17,5 м. Максимальный напор на плотину 16 м. Откосы закреплены каменной наброской по гравийной подготовке. Дренажное устройство – каменный банкет, с обратным фильтром из песчано-гравийного грунта с низовой стороны плотины. Плотина сопрягается с левобережным устоем водосливной плотины с помощью шпунтовой диафрагмы длиной 16,35 м, и с коренным берегом [19].

Напорная дамба I – земляная насыпная из моренного грунта. Отметка гребня 29,50 м, длина по гребню 232 м, ширина гребня 4,6 – 5 м, наибольшая высота 15,5 м. Максимальный напор 14 м. Откосы закреплены каменной наброской по гравийной подготовке. Дренажное устройство – каменный банкет с обратным фильтром из песчано-гравийного грунта по всей длине дамбы. В качестве противофильтрационной защиты при пересечении ручья устроена бетонная шпора. Сопряжение дамбы с водосбросом осуществляется с помощью конусов, облицованных монолитным бетоном, на правобережном участке она примыкает к гранитному целику [26].

Напорная дамба II – земляная насыпная из моренного грунта. Отметка гребня 29,50 м, длина по гребню 622 м, ширина гребня 4 – 6 м, максимальная высота 13,5 м. Максимальный напор при НПУ 12 м. Откосы закреплены каменной наброской по гравийной подготовке. Дренажное устройство дамбы – каменный банкет с обратным фильтром из песчано-гравийного грунта по всей длине дамбы. В качестве противофильтрационной защиты при пересечении ручья по оси дамбы устроена бетонная шпора. Дамба сопрягается с коренными берегами [21].

Водосброс представлен в виде бетонной водосливной плотины с водосливом практического профиля из монолитного бетона и сборного железобетона. Количество поверхностных отверстий – 2 штуки. Гасители энергии не предусмотрены проектом. Отметка гребня 21,50 м, длина по гребню 27 м, наибольшая высота 14,5 м, ширина по гребню 30 м, максимальный напор 13 м, отметка порога водослива 20,50 м, размер отверстия 12,75 м. Пропускная способность одного пролета при НПУ – 592 м³/с, при ФПУ 650 м³/с. Механическое оборудование: – основной сегментный затвор – 2 штуки, пролет в свету 12 м; высота отверстия 7,5 м; расчетный напор 7,5 м; обслуживается канатным механизмом грузоподъемностью 2,40 т; – затвор ремонтный плоский скользящий секционный – 1 штука (3 секции); пролет в свету 12 м, высота отверстия 9,35 м, расчетный напор 9,15 м; обслуживается тельфером грузоподъемностью 2,10 т. Водос-

сброс сопрягается с земляной плотиной с помощью бетонной диафрагмы и с напорной дамбой I – конусами, облицованными монолитным бетоном [32]. Основные характеристики ГЭС представлены в таблице 2.1.1.

Таблица 2.1.1 – Основные характеристики Путкинской ГЭС

Наименование ГЭС	Путкинская ГЭС
Класс капитальности плотины	III
Напор максимальный статический	24,1 м
Напор минимальный	18,8 м
Напор расчетный по мощности	20,1
Расход через водосбор при НПУ	1480 м ³ /с
Установленная мощность ГЭС	84 МВт

Отводящий канал водосброса открытого типа в скальной выемке. Длина 80,5 м ширина по дну 28 – 27 м. Заложение откосов 5:1, уклон – 0,015. Расчетный расход сооружения – 1184 м³/с. Дно и откосы канала не облицованы.

Подводящий канал ГЭС открытого типа, трапецеидального сечения, в полувыемке – полунасыпи, откосы закреплены каменной наброской. Длина 1451 м, отметка дна в начале 20,00 м, в конце – 19,54 м, ширина по дну – 32 м, заложение откосов в морене 1:2,5; в скале – 5:1, уклон 0,00025. Расчетный расход сооружения – 486 м³/с. Аванкамера открытого типа образована подпорными стенками из монолитного бетона и приканальными дамбами. Правобережная подпорная стенка обжатого сечения максимальной высотой 9,5 м. Левобережная подпорная стенка гравитационного типа максимальной высотой 13,3 м. Длина аванкамеры 54 м, ширина по дну в начале 32 м, в конце 49,1 м, уклон дна 0,25, отметка дна в начале 19,54 м, в конце – 6,00 м. Противофильтрационное

устройство – металлическая шпунтовая диафрагма. Аванкамера является продолжением подводящего канала.

Дамбы подводящего канала отсыпаны насухо моренным грунтом, высота дамб 5 – 9 м. Верховой откос закреплен каменной наброской, низовой – каменной наброской по песчано–гравийному слою. Дренажное устройство – каменный банкет с обратным фильтром по верховому откосу. Правобережная дамба: отметка гребня 29,50 м, длина по гребню 1535 м, ширина гребня 5,7 – 6,2 м, наибольшая высота 9 м. Левобережная дамба: отметка гребня 29,50 м, длина по гребню 1495 м, ширина гребня 5,5 – 6,2 м, наибольшая высота 7 м.

Сопряжение дамб со зданием ГЭС выполнено с помощью бетонных подпорных стенок. Здание ГЭС деривационного типа совмещено со щитовым помещением. Подводная часть – из монолитного железобетона, в глубокой скальной выемке, разрезана на 3 блока. Длина 72,6 м, ширина 44 м, высота 37,6 м. В подводной части щитового помещения – турбинные водоводы, в массиве подводной части здания размещены спиральные камеры, шахта откачки дренажных вод. Конструкции водобоя и рисбермы – отсутствуют. Надводная часть здания ГЭС состоит из машинного зала, щитового помещения и монтажной площадки. Гидротурбинное оборудование: – тип турбин ПЛ 661–ВБ–500; количество агрегатов 3 штуки, диаметр рабочего колеса 5 м, установленная мощность при расчетном напоре 84 МВт. Напоры на гидротурбины: максимальный 24,1 м, расчетный 20,1 м, минимальный 18,8 м. Расчетный расход (суммарный) – 486 м³/с. – тип гидрогенератора ВГС 800/110–52. Механическое оборудование: – затвор водоприемника ремонтный плоский скользящий секционный – 2 штуки (по 4 секции); пролет в свету 6 м, высота отверстия 11,9 м, расчетный напор 22,47 м; – затвор водоприемника аварийно–ремонтный плоский скользящий секционный – 6 штук (по 3 секции); пролет в свету 6 м, высота отверстия 11,9 м, расчетный напор 24,53 м. Обслуживаются канатным механизмом грузоподъемностью 2,50 т, 6 штук; краном мостовым грузоподъемностью 50/15 т, 1 штука; – затвор ремонтный отсасывающих труб плоский скользящий секцион-

ный – 4 штуки; пролет в свету 5,5 м, высота отверстия 3,16 м, расчетный напор 11,18 м; обслуживается подвесной тележкой грузоподъемностью 2,5 т, 1 штука.

Длина 171 м, ширина по дну 50,2 – 80 м. Расчетный расход 486 м³/с. Допустимая максимальная скорость воды 1,28 м/с. Заложение откосов от 6:1 до 2:1, дно и откосы канала не облицованы. Сброс воды через водосбросные сооружения производится с соблюдением правил маневрирования затворами, обеспечивающих сохранность гидротехнических сооружений и примыкающих участков территории: в период наполнения водохранилища до НПУ весь сток, поступающий в нижний бьеф должен пропускаться через турбины ГЭС. Открытие водосброса при уровнях ниже НПУ допускается только для предотвращения аварийных ситуаций; после заполнения водохранилища до НПУ при притоке, превышающем пропускную способность ГЭС, необходимо открывать водосбросные отверстия в соответствии с интенсивностью нарастания притока; при пропуске высоких половодий (паводков) превышение нормального подпорного уровня (НПУ) верхнего бьефа гидроузла допускается при полном открытии водопропускных отверстий до свободного перелива и работе гидроагрегатов с полной нагрузкой.

Правила маневрирования затворами и основные эксплуатационные ограничения при пропуске воды через водосброс: распределение сбрасываемой воды по возможно большему фронту сооружения; затворы водопропускных отверстий должны открываться постепенно, ступенями во избежание образования высоких волн в нижнем бьефе; большая часть сбросного потока воды должна направляться на участки русла и берегов, наименее подверженных размыву; не допускать возникновения сбойности потоков воды, текущих из разных отверстий, во избежание размывов русла в местах слияния струй [19].

2.2. Характеристика Подужемской ГЭС

Подужемская ГЭС расположена на реке Кемь в Кемском районе Республики Карелия в 20,5 км от ее устья и входит в состав ПАО «ТГК-1» является

четвертой ступенью. Строительство Подужемской ГЭС началось в 1968 году после завершения основных работ по сооружению Путкинской ГЭС. Накопленный строителями опыт позволил добиться высоких темпов сооружения новой станции. В январе 1970 году дирекция строящихся Путкинской и Палакоргской ГЭС была преобразована в предприятие «Каскад Кемских ГЭС» с исполнением функций заказчика по строительству. Оба гидроагрегата Подужемской ГЭС были пущены в декабре 1971 года: 21 декабря – гидроагрегат № 1, и 29 декабря – гидроагрегат № 2 [13]. Внешний вид Подужемской ГЭС представлен на рис. 2.2.1.



Рисунок 2.2.1 – Подужемская ГЭС.

Данные по расходам воды для Подужемской ГЭС были приняты в период с 1983 года по 2000 год по данным Гидрологического ежегодника. На рисунке 2.2.2 представлен ход среднегодовых расходов воды (приложение В).

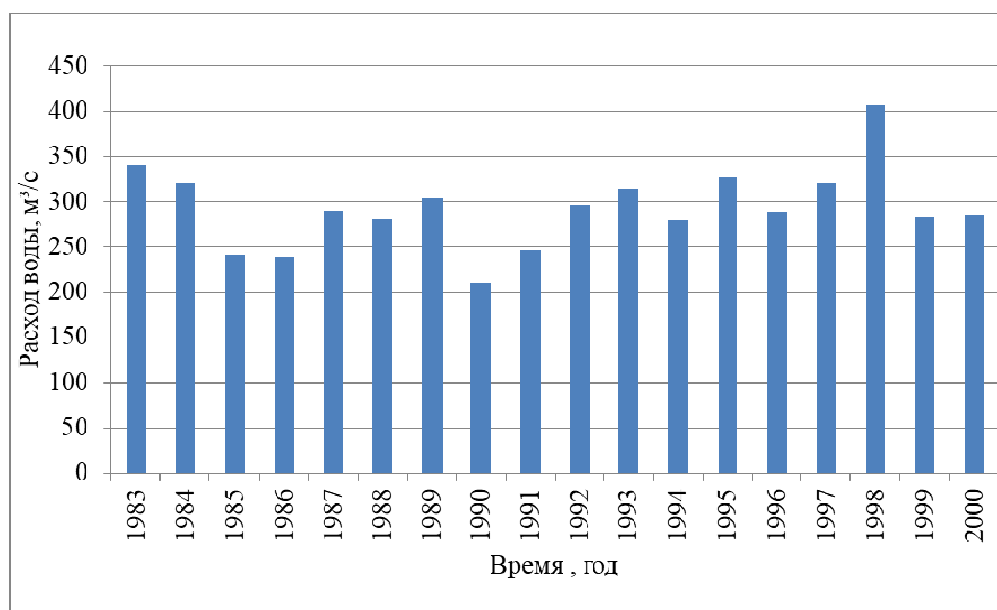


Рисунок 2.2.2 –Ход среднегодовых расходов воды
Подужемской ГЭС.

Подужемская ГЭС представляет собой низконапорную русловую гидроэлектростанцию. Сооружения гидроузла включают земляную плотину, левобережную противофильтрационную бетонную стенку, водосбросную плотину, здание ГЭС, правобережную бетонную стенку, отводящий канал. Земляная плотина длиной 420,0 м и максимальной высотой 11,5 м отсыпана из моренного грунта. Слева к плотине примыкает противофильтрационная бетонная стенка длиной 287,68 м и максимальной высотой 11,5 м. Справа – водосбросная бетонная плотина длиной 31,0 м и высотой 14,5 м с двумя водосливными пролетами шириной по 12,0 м, перекрываемыми сегментными затворами. Пропускная способность водосбросной плотины 1470 м³/с при НПУ[21].

Слева к водосбросной плотине примыкает здание ГЭС руслового типа, в котором размещены 2 гидроагрегата мощностью по 24 МВт с поворотно-лопастными турбинами, работающими при расчетном напоре 10,7 м. Отработавшая в турбинах вода сбрасывается в отводящий канал длиной 230,7 м. Слева от здания ГЭС находится правобережная бетонная стенка длиной 76,56 м и наибольшей высотой 21,2 м. Выдача электроэнергии Подужемской ГЭС в энерго-

систему производится с ОРУ 220 кВ. Среднегодовая выработка электроэнергии составляет 227 млн кВт·ч[18].

Водохранилище Подужемской ГЭС образовано в пределах существующей долины р. Кеми. Тип водохранилища по генезису котловины – русловое долинное, по степени регулирования стока – суточного регулирования. Гидротехническое сооружение гидроузлов Подужемского водохранилища отнесены к сооружениям III класса – гидротехнические сооружения средней опасности. Основные характеристики ГЭС представлены в таблице 2.2.1.

Таблица 2.2.1 – Основные характеристики Подужемской ГЭС

Наименование ГЭС	Подужемская ГЭС
Класс капитальности плотины	III
Напор максимальный статический	12,5м
Напор минимальный	10.7м
Напор расчетный по мощности	10.7м
Расход через водосбор при НПУ	1480м ³ /с
Установленная мощность ГЭС	48МВт

1. Земляная плотина.

Пойменно-русловая однородная земляная насыпная из супесчаного моренного грунта. Отметка гребня 71,50 м, длина по гребню 1275 м, ширина гребня 6 – 8 м, наибольшая высота 31,5 м. Максимальный напор на плотину при НПУ – 29 м. Верховой откос до отметки 65,00 м закреплен каменной наброской по гравийно-песчаному слою. Низовой откос защищен слоем песчано-гравийного грунта. Дренажное устройство – каменный банкет с обратным фильтром с низовой стороны. В земляную плотину встроены бетонные сооружения (здание водоприемника ГЭС, глухая бетонная плотина и водосброс) [23].

2. Глухая бетонная плотина.

Гравитационная контрфорсная (5 контрфорсов) плотина выполнена в виде железобетонной стенки, разделенной на 2 секции. Отметка гребня 71,50 м, длина по гребню 30,93 м, ширина по гребню 2,5 м, ширина по подошве 18 м, наибольшая высота 22 м. Максимальный напор при НПУ – 19,5 м. Заложение граней: верховая вертикально, низовая 1:0,7. Дренаж плотины - вертикальный трубчатый, вода собирается в потерне и отводится в нижний бьеф ГЭС. Возведена между водоприемником ГЭС и водосбросом для предотвращения попадания сбросных вод в отводящий канал ГЭС [12].

3. Подводящий канал.

В плане имеет криволинейное очертание, сечение трапецеидальное. Длина 377 м, ширина по дну 27 м, глубина 8 м. Проходит частично в рыхлых отложениях, частично в скальной выемке. Использовался для пропуска строительных расходов.

4. Водосброс с отводящим каналом.

Железобетонная плотина с водосливом практического профиля. Длина по гребню 30 м, ширина по гребню 6,6 м, наибольшая высота 25 м, максимальный напор при НПУ – 23 м, количество пролетов – 2, размер отверстий 12,5 м, отметка гребня 71,50 м, отметка порога поверхностного водослива 61,45 м. Максимальная водопропускная способность одного пролета при НПУ – 470 м³/с. Водосброс заглублен в скалу на 3,15 м. В нижнем бьефе по скальному грунту устроена бетонная плита длиной 36,1 м, специальных гасителей энергии не предусмотрено [23].

Механическое оборудование:

– два сегментных основных затвора пролетом в свету 12 м; высота отверстий 7,5 м, расчетный напор 7,5 м; обслуживаются двумя канатными механизмами грузоподъемностью 2,40 т;

– один плоский скользящий секционный ремонтный затвор пролетом в свету 12 м, высота отверстия 9 м, расчетный напор 9 м; обслуживается козловым краном грузоподъемностью 2,50 т, пролет 4 м.

Отводящий канал водосброса открытый длиной 300 м, шириной по дну от 27,5 м в начале до 10 м в конце. Крепление откосов и дна не предусмотрено. Расчетный расход канала 940 м³/с. Правобережный устой водосброса сопрягается с бетонной глухой плотиной, левобережный устой - с подпорными стенками (верховой и низовой) [21].

5. Здание ГЭС с водоприемником.

Приплотинное с короткими водоводами, заглублено в скалу на 30 м, включает в себя здание машинного зала, водоприемника и помещения над турбинными водоводами. Водоприемник открытый с надводным зданием из железобетона, входит в состав напорного фронта гидроузла. Пропускная способность при НПУ – 776 м³/с. Количество напорных камер 8 штук. Длина напорной части (камер) 71 м, длина полная 97 м, ширина 12,75 м, высота 24,5 м. Железобетонные турбинные водоводы напорные прямоугольного сечения, 8 ниток длиной по 25 м, полностью врезаны в скальный массив; внутренний размер: ширина 6 м, высота 8,13 м. Расчетный расход 92 м³/с. Расчетный напор статический 37,12 м, при сбросах нагрузки 44,5 м. Здание ГЭС железобетонное. Длина 99,2 м, ширина 58,5 м (с водоприемником), высота 25,05 м. Подводная часть здания ГЭС из железобетона разрезана на три секции. В двух секциях размещены агрегаты, в третьей – блок монтажной площадки водоприемника и машинного зала. Надводная часть включает щитовое отделение, помещение над водоводами, машинный зал [19].

Механическое оборудование:

– затвор водоприемника ремонтный плоский скользящий секционный – 2 штуки (по 5 секций); пролет в свету 6,5 м, высота отверстия 14,6 м;

– затвор водоприемника аварийно-ремонтный плоский скользящий секционный – 8 штук (по 5 секций); пролет в свету 6 м, высота отверстия

13,92 м. Обслуживаются канатным механизмом 2,50 т, 8 штук и мостовым краном грузоподъемностью 80/16 т;

– затвор отсасывающих труб ремонтный плоский скользящий – 4 штуки (на 2 агрегата); пролет в свету 6 м, высота отверстия 6,812 м; обслуживается козловым краном грузоподъемностью 50 т, 1 штука.

Гидротурбинное оборудование:

– тип турбины ПЛ 30-В-500, расход турбины 194 м³/с, диаметр рабочего колеса 5 м, мощность одного агрегата 45 МВт, количество агрегатов – 4 штуки; напоры: максимальный 29,9 м, расчетный 26 м, минимальный 25,3 м;

– тип генератора СВ 903/106-44УХЛ4; число оборотов в минуту 136,4. Водоприемник ГЭС входит в состав напорного фронта гидроузла. Здание ГЭС сопряжено с глухой бетонной плотиной и с земляной плотиной (с помощью бетонной диафрагмы).

6. Отводящий канал ГЭС.

Открытого типа, трапецеидального сечения, проходит в выемке. Длина канала 730,5 м, ширина по дну 20 м (у здания ГЭС – 70 м), глубина 13 м, уклон дна 0,0007. Расчетный расход 776 м³/с. Крутизна откосов в скале 5:1, в моренных грунтах 1:2,5. Пропускная способность 776 м³/с. Стенки выполнены без облицовки и крепления, за исключением двух проблемных участков, закрепленных железобетоном.

Сброс воды через водосбросные сооружения Пожужемского гидроузла должен производиться с соблюдением правил маневрирования затворами, обеспечивающих сохранность гидротехнических сооружений и примыкающих участков территории:

– в период наполнения водохранилища до НПУ весь сток, поступающий в нижний бьеф должен пропускаться через турбины ГЭС. Открытие водосброса при уровнях ниже НПУ допускается только для предотвращения аварийных ситуаций;

- после заполнения водохранилища до НПУ при притоке, превышающем пропускную способность ГЭС, необходимо открывать водосбросные отверстия в соответствии с интенсивностью нарастания притока;

- при пропуске высоких половодий (паводков) превышение нормального подпорного уровня (НПУ) верхнего бьефа гидроузла допускается только при полностью открытых затворах всех водосбросных отверстий и при обязательном использовании всех гидротурбин.

Правила маневрирования затворами и основные эксплуатационные ограничения при пропуске воды через водосбросные сооружения:

- распределение сбрасываемой воды по возможно большему фронту сооружения;

- затворы водопропускных отверстий открывать постепенно, ступенями, чтобы избежать высоких волн в нижнем бьефе;

- направлять большую часть сбросного потока воды на участки реки и берегов, наименее подверженных размыву;

- не допускать возникновения сбойности потоков воды, текущих из разных отверстий, во избежание размывов русла в местах слияния струй.

2.3. Характеристика Кривопорожской ГЭС

Кривопорожская ГЭС расположена на реке Кемь в Кемском районе Республики Карелия в 55 км от устья, входит в состав ПАО «ТГК-1» и является второй и наиболее мощной ступенью Кемского каскада ГЭС.

На рисунке 2.3.1 представлено фото Кривопорожской ГЭС.



Рисунок 2.3.1 – Кривопорожская ГЭС.

Данные по расходам воды для Кривопорожской ГЭС были получены в период с 1991 года по 2000 год по данным Гидрологического ежегодника. На рисунке 2.3.2 представлен ход среднегодовых расходов воды (приложение Г).

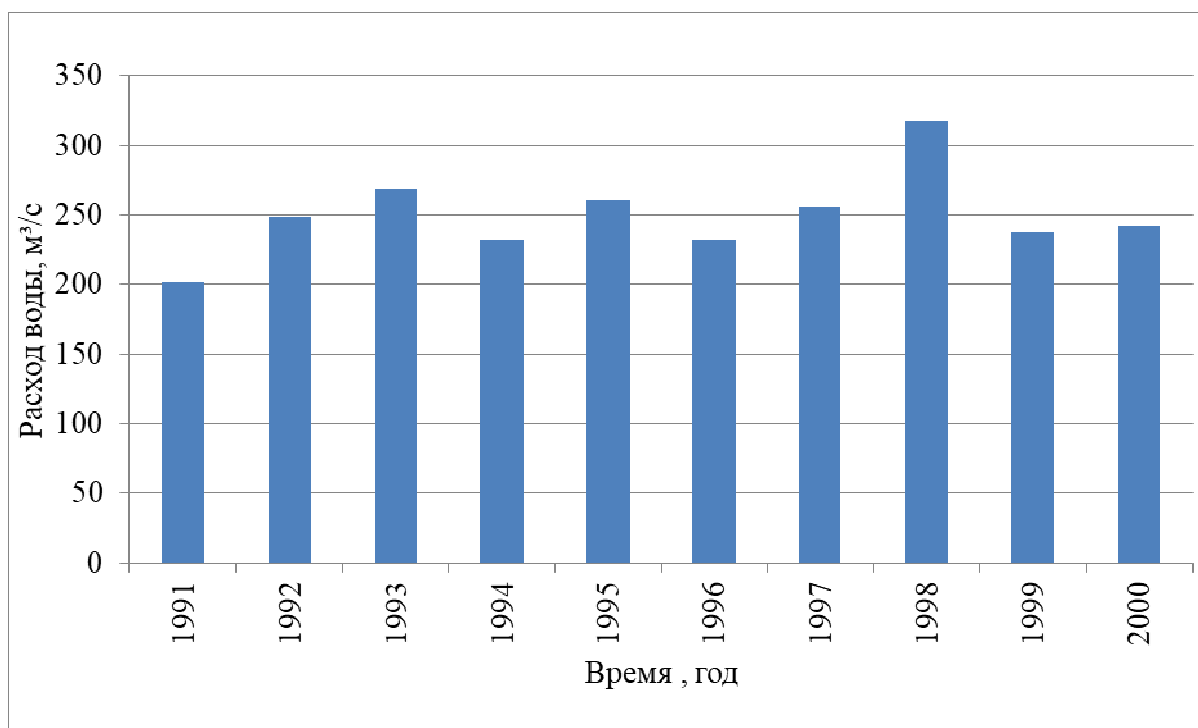


Рисунок 2.3.2 – Ход среднегодовых расходов воды
Кривопорожской ГЭС

Подготовительные работы по возведению Кривопорожской ГЭС начались в 1974 году, а уже 30 июня 1990 года был пущен первый гидроагрегат Кривопорожской ГЭС, последний – 27 сентября 1991 года. Кривопорожская ГЭС является крупнейшей в Кемском каскаде, её мощность превышает мощность всех остальных действующих станций каскада вместе взятых. ГЭС обеспечивает энергоснабжение Костомукшского горно-обогатительного комбината, а также работает в пиковой части графика нагрузок [19]. Водохранилище Кривопорожской ГЭС создано в русле реки Кемь. Тип водохранилища по генезису котловины – русловое долинное, по степени регулирования стока – суточного и недельного регулирования. Относится к сооружениям III класса – гидротехнические сооружения средней опасности [21].

Кривопорожская ГЭС представляет собой плотинную русловую гидроэлектростанцию. Сооружения гидроузла включают в себя земляную, глухую бетонную и водосбросную плотины, здание ГЭС, отводящие каналы ГЭС и водосброса. Земляная плотина отсыпана из моренных суглинков, имеет длину 1275,0 м и максимальную высоту 30,5 м. Состоит из двух участков (правобережного и левобережного), между которыми расположены бетонные сооружения гидроузла. Водосбросная бетонная плотина имеет длину 30,0 м и высоту 25,5 м. Плотина оборудована двумя водосливными пролетами шириной по 12,0 м, перекрываемыми сегментными затворами. Пропускная способность водосбросной плотины 940 м³/с при НПУ. Между водосбросной плотиной и зданием ГЭС расположена глухая бетонная плотина длиной 30,9 м [20].

В здании ГЭС руслового типа размещены 4 гидроагрегата мощностью по 45 МВт с поворотно-лопастными турбинами, работающими при расчётном напоре 26,0 м. Отработавшая в турбинах вода сбрасывается в отводящий канал длиной 730,5 м. Выдача электроэнергии Кривопорожской ГЭС в энергосистему производится с ОРУ 35 и 220 кВ.

Земляная плотина пойменно-русловая однородная из супесчаного моренного грунта. Отметка гребня 71,50 м, длина по гребню 1275 м, ширина гребня 6

– 8 м, наибольшая высота 31,5 м. Максимальный напор на плотину при НПУ – 29 м. Верховой откос до отметки 65,00 м закреплен каменной наброской по гравийно-песчаному слою. Низовой откос защищен слоем песчано-гравийного грунта. Дренажное устройство – каменный банкет с обратным фильтром с низовой стороны. В земляную плотину встроены бетонные сооружения (здание водоприемника ГЭС, глухая бетонная плотина и водосброс) [26]. Глухая бетонная плотина гравитационная контрфорсная (5 контрфорсов) плотина выполнена в виде железобетонной стенки, разделенной на 2 секции. Отметка гребня 71,50 м, длина по гребню 30,93 м, ширина по гребню 2,5 м, ширина по подошве 18 м, наибольшая высота 22 м. Максимальный напор при НПУ – 19,5 м. Заложение граней: верховая вертикально, низовая 1:0,7. Возведена между водоприемником ГЭС и водосбросом для предотвращения попадания сбросных вод в отводящий канал ГЭС [23].

Подводящий канал в плане имеет криволинейное очертание, сечение трапецеидальное. Длина 377 м, ширина по дну 27 м, глубина 8 м. Проходит частично в рыхлых отложениях, частично в скальной выемке. Использовался для пропуска строительных расходов [12]. Водосброс с отводящим каналом железобетонная плотина с водосливом практического профиля. Длина по гребню 30 м, ширина по гребню 6,6 м, наибольшая высота 25 м, максимальный напор при НПУ – 23 м, количество пролетов – 2, размер отверстий 12,5 м, отметка гребня 71,50 м, отметка порога поверхностного водослива 61,45 м. Максимальная водопропускная способность одного пролета при НПУ – 470 м³/с. Водосброс заглублен в скалу на 3,15 м. В нижнем бьефе по скальному грунту устроена бетонная плита длиной 36,1 м, специальных гасителей энергии не предусмотрено [25].

Механическое оборудование: два сегментных основных затвора пролетом в свету 12 м; высота отверстий 7,5 м, расчетный напор 7,5 м; обслуживаются двумя канатными механизмами грузоподъемностью 2,40 т; один плоский скользящий секционный ремонтный затвор пролетом в свету 12 м, высота от-

верстия 9 м, расчетный напор 9 м; обслуживается козловым краном грузоподъемностью 2,50 т, пролет 4 м.

Отводящий канал водосброса открытый длиной 300 м, шириной по дну от 27,5 м в начале до 10 м в конце. Крепление откосов и дна не предусмотрено. Расчетный расход канала 940 м³/с. Правобережный устой водосброса сопрягается с бетонной глухой плотиной, левобережный устой – с подпорными стенками (верховой и низовой) [28].

Здание ГЭС с водоприемником приплотинное с короткими водоводами, заглублено в скалу на 30 м, включает в себя здание машинного зала, водоприемника и помещения над турбинными водоводами. Водоприемник открытый с надводным зданием из железобетона, входит в состав напорного фронта гидроузла. Пропускная способность при НПУ – 776 м³/с. Количество напорных камер 8 штук. Длина напорной части (камер) 71 м, длина полная 97 м, ширина 12,75 м, высота 24,5 м. Железобетонные турбинные водоводы напорные прямоугольного сечения, 8 ниток длиной по 25 м, полностью врезаны в скальный массив; внутренний размер: ширина 6 м, высота 8,13 м. Расчетный расход 92 м³/с. Расчетный напор статический 37,12 м, при сбросах нагрузки 44,5 м. Здание ГЭС железобетонное. Длина 99,2 м, ширина 58,5 м (с водоприемником), высота 25,05 м. Подводная часть здания ГЭС из железобетона разрезана на три секции. В двух секциях размещены агрегаты, в третьей - блок монтажной площадки водоприемника и машинного зала. Надводная часть включает щитовое отделение, помещение над водоводами, машинный зал [19]. Основные характеристики ГЭС представлены в таблице 2.2.1.

Таблица 2.3.1 – Основные характеристики Кривопорожской ГЭС

Наименование ГЭС	Кривопорожская ГЭС
Класс капитальности плотины	III/II
Напор максимальный статический	29,9м
Напор минимальный	25.3м

Таблица 2.3.1 – Основные характеристики Кривопорожской ГЭС (продолжение)

Наименование ГЭС	Кривопорожская ГЭС
Напор расчетный по мощности	26,0м
Расход через водосбор при НПУ	1430м ³ /с
Установленная мощность ГЭС	180МВт

Механическое оборудование: затвор водоприемника ремонтный плоский скользящий секционный – 2 штуки (по 5 секций); пролет в свету 6,5 м, высота отверстия 14,6 м; затвор водоприемника аварийно-ремонтный плоский скользящий секционный - 8 штук (по 5 секций); пролет в свету 6 м, высота отверстия 13,92 м. Обслуживаются канатным механизмом 2,50 т, 8 штук и мостовым краном грузоподъемностью 80/16 т; затвор отсасывающих труб ремонтный плоский скользящий – 4 штуки (на 2 агрегата); пролет в свету 6 м, высота отверстия 6,812 м; обслуживается козловым краном грузоподъемностью 50 т, 1 штука.

Гидротурбинное оборудование: тип турбины ПЛ 30-В-500, расход турбины 194 м³/с, диаметр рабочего колеса 5 м, мощность одного агрегата 45 МВт, количество агрегатов – 4 штуки; напоры: максимальный 29,9 м, расчетный 26 м, минимальный 25,3 м; - тип генератора СВ 903/106-44УХЛ4; число оборотов в минуту 136,4. Водоприемник ГЭС входит в состав напорного фронта гидроузла. Здание ГЭС сопряжено с глухой бетонной плотиной и с земляной плотиной (с помощью бетонной диафрагмы) [12].

Отводящий канал ГЭС открытого типа, трапецеидального сечения, проходит в выемке. Длина канала 730,5 м, ширина по дну 20 м (у здания ГЭС – 70 м), глубина 13 м, уклон дна 0,0007. Расчетный расход 776 м³/с. Крутизна откосов в скале 5:1, в моренных грунтах 1:2,5. Пропускная способность

776 м³/с. Стенки выполнены без облицовки и крепления, за исключением двух проблемных участков, закрепленных железобетоном [19].

Сброс воды через водосбросные сооружения Кривопорожского гидроузла должен производиться с соблюдением правил маневрирования затворами, обеспечивающих сохранность гидротехнических сооружений и примыкающих участков территории:

- в период наполнения водохранилища до НПУ весь сток, поступающий в нижний бьеф должен пропускаться через турбины ГЭС. Открытие водосброса при уровнях ниже НПУ допускается только для предотвращения аварийных ситуаций;

- после заполнения водохранилища до НПУ при притоке, превышающем пропускную способность ГЭС, необходимо открывать водосбросные отверстия в соответствии с интенсивностью нарастания притока.

- при пропуске высоких половодий (паводков) превышение нормального подпорного уровня (НПУ) верхнего бьефа гидроузла допускается только при полностью открытых затворах всех водосбросных отверстий и при обязательном использовании всех гидротурбин.

Правила маневрирования затворами и основные эксплуатационные ограничения при пропуске воды через водосбросные сооружения: распределение сбрасываемой воды по возможно большему фронту сооружения; затворы водопропускных отверстий открывать постепенно, ступенями, чтобы избежать высоких волн в нижнем бьефе; направлять большую часть сбросного потока воды на участки реки и берегов, наименее подверженных размыву; не допускать возникновения сбойности потоков воды, текущих из разных отверстий, во избежание размывов русла в местах слияния струй [31].

2.4. Характеристика Юшкозерского гидроузла

Юшкозерская ГЭС расположена на реке Кемь в Калевальском районе Республики Карелия в 189 км от устья, входит в состав ПАО «ТГК-1» и является

регулирующей ступенью Кемского каскада ГЭС, наименее мощная станция каскада [21].

Водохранилище Юшкозерской ГЭС размещается в чашах озер Нижнее и Среднее Куйто и относится к типу зарегулированных озер-водохранилищ, осуществляет сезонное регулирование стока с наполнением до нормального подпорного уровня в средние по водности и в многоводные годы. Водохранилище Юшкозерской ГЭС используется для аккумуляции воды с целью выработки электроэнергии и ограничения сбросов воды в нижний бьеф в период половодья и паводков для уменьшения затоплений и подтоплений деревни Юшкозеро во время прохождения паводка на р. Чирко-Кемь, а также для водоснабжения населения. Созданный в весенний паводок запас воды служит для работы нижележащих ГЭС в меженный период[29]. На рис. 2.4.1. показано фото внешнего вида здания и плотины Юшкозерской ГЭС.



Рисунок 2.4.1 Юшкозерская ГЭС.

Данные по расходам воды для Юшкозерской ГЭС были приняты в период с 1982 года по 2000 год по данным Гидрологического ежегодника. На рисунке 2.4.2 представлен ход среднегодовых расходов воды(приложение Б) [10].

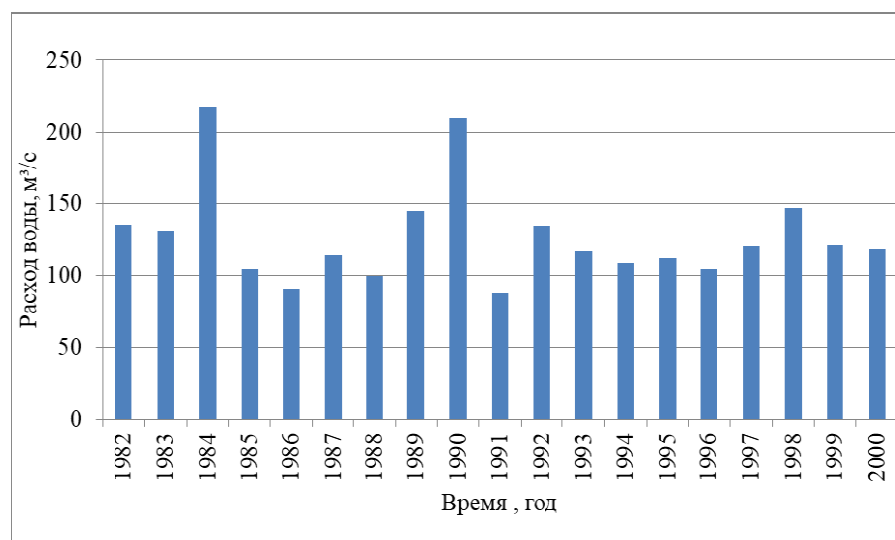


Рисунок 2.4.2 – Ход среднегодовых расходов воды Юшкозерской ГЭС.

Подготовительные работы на строительстве Юшкозерской ГЭС начались в 1971 г., земляные работы на основных сооружениях стартовали в июне 1972 г. Гидроагрегат № 1 Юшкозерской ГЭС был введен в эксплуатацию 17 марта 1980 г., гидроагрегат № 2 – 24 августа 1980 года. При Юшкозерской ГЭС создано крупное водохранилище, включившее в себя озера Верхнее, Среднее и Нижнее Куйто. При этом была затоплена действовавшая с 1950-х гг. лесосплавная Юряхминская ряжевая плотина, в обход сооружений которой был проложен канал длиной 470,0 м и шириной 45,0 м. Юшкозерская ГЭС ведет регулирование стока в интересах всего Кемского каскада ГЭС, повышая выработку электроэнергии на нижележащих станциях [18]. Строительство Юшкозерской ГЭС оказало значительное влияние на развитие Калевальского района – населенные пункты района получили надежное энергоснабжение, была построена автодорога Калевала-Юшкозеро. Юшкозерская ГЭС представляет собой низконапорную гидроэлектростанцию с русловым зданием ГЭС. Сооружения гидроузла включают в себя:

- 1) земляную, водосбросную и водораздельную плотины;
- 2) подводящий канал с дамбами;
- 3) здание ГЭС;

- 4) отводящий канал;
- 5) канал энергорасчисток.

Земляная плотина перекрывает русло реки Кемь, находится на расстоянии около 500,0 м от здания ГЭС. Плотина отсыпана из камня и моренных суглинков, имеет длину 133,0 м и максимальную высоту 11,5 м [30].

Водосбросная бетонная плотина примыкает к зданию ГЭС, имеет длину 25,1 м и высоту 6,2 м. Плотина оборудована двумя водосливными пролетами шириной по 10,0 м, перекрываемыми сегментными затворами. Пропускная способность водосбросной плотины 494 м³/с при НПУ, 520 м³/с при ФПУ.

В здании ГЭС руслового типа размещены 2 гидроагрегата мощностью по 9 МВт с поворотно-лопастными турбинами, работающими при расчетном напоре 8,50 м. Вода к зданию ГЭС поступает по подводящему каналу длиной 480,0 м, Отработавшая в турбинах вода сбрасывается в отводящий канал длиной 180,0 м [26]. Выдача электроэнергии Юшкозерской ГЭС в энергосистему производится с ОРУ 110 кВ. Среднегодовая выработка электроэнергии составляет 85 млн кВт·ч. Головным узлом является земляная плотина. Русловая однородная насыпная из местного моренного грунта. Отметка гребня 104,50 м, длина по гребню 133 м, ширина гребня 12,98 м, наибольшая высота 11,5 м. Максимальный напор 10 м. Верховой откос закреплен каменной наброской по слою песчано-гравийной подготовки, низовой откос – пригружен песчано-гравийной смесью. Дренажное устройство – каменный банкет по всей длине плотины на низовом клине. Перекрывает русло р. Юряхма[23].

Водораздельная плотина грунтовая однородная насыпная из местного моренного грунта. Отметка гребня 104,50 м, длина по гребню 141 м; ширина гребня 8 м; наибольшая высота 4 м. Максимальный напор на плотину 1 м. Крепление напорного откоса – каменная наброска по слою песчано-гравийного грунта. Дренажное устройство – наклонный дренаж на низовом откосе. На водоразделе левого берега[27]. Подводящий канал открытого типа, трапецеидального сечения. Общая длина 480 м, ширина по дну 39,9 м, заложение откосов

1:3. Отметка дна в начале 97,00 м, в конце 89,00 м, уклон по трассе 0,00014%. Расчетный расход 242 м³/с. Крепление откосов – каменная наброска, толщиной 0,7 м. Направляет воду к водоприемнику ГЭС и водосбросу [32].

Дамбы подводящего канала отсыпаны из местного моренного грунта. Откосы и гребень закреплены песчано-гравийной смесью. Дренажное устройство – каменный банкет с обратным фильтром по верховому откосу. Между дамбами и подводящим каналом выполнены отвалы грунта до отметки 103,50 м. Правобережная дамба: отметка гребня 104,50 м, длина по гребню 172 м, ширина гребня 6 м, наибольшая высота 9 м. Максимальный напор 7,5 м. Левобережная дамба: отметка гребня 104,5 м, длина по гребню 202,5 м, ширина гребня 6 м, наибольшая высота 7 м. Максимальный напор 5,5 м. Дамбы сопрягаются с бетонными сооружениями [13]. Канал энергорасчисток открытый, трапецеидального сечения. Длина 470 м, ширина по дну 45 м, заложение откосов 1:3, отметка дна в пределах 96,90 – 97,00 м. Крепление откосов скальным грунтом на высоту 0,6 м от поверхности дна, дно канала крепится в примыкании к откосам полосой 5 м., находится в зоне водохранилища. Проложен в обход старой лесосплавной плотины в 2,5 км выше створа грунтовой плотины ГЭС. При снижении отметок озера Среднее Куйто до 101,00 м (по водомерному посту в поселке Калевала) вводится ограничение мощности гидроагрегатов Юшкозерской ГЭС до 5 МВт из-за низкой пропускной способности канала энергорасчисток [28].

Водосброс монолитная железобетонная гравитационная водосливная двухпролетная плотина с широким порогом со сливной гранью практического профиля. Отметка гребня 104,50 м, длина по гребню 25,1 м, ширина по гребню 18,32 м, наибольшая высота 6,2 м, отметка порога водослива 97,20 м. Максимальный напор на водосброс 11 м. Количество поверхностных отверстий – 2 штуки, размер отверстий 10,58 м. Пропускная способность одного отверстия при НПУ – 247 м³/с, при форсированном подпорном уровне – 260 м³/с. Плотина врезана в скальные породы на глубину 4 – 8 м. Дно за плотиной укреплено бетонной плитой на длине 10,6 м (водобой) и на длине 20,25 м (рисберма). Гасители энергии не предусмотрены проектом [26].

Механическое оборудование:

– 2 основных сегментных затвора: пролет в свету 10 м, высота 6,35 м, расчетный напор 5,8 м; обслуживается канатным механизмом грузоподъемностью 2,20 т;

– 1 ремонтный плоский скользящий двухсекционный затвор: пролет в свету 10 м, высота 6 м, расчетный напор 5,8 м; обслуживается подвесной тележкой грузоподъемностью 2,5 т[25].

Водосброс сопрягается со зданием ГЭС с помощью температурно-осадочного шва и с правобережной дамбой деривационного канала. Основные характеристики ГЭС представлены в таблице 2.4.1

Таблица 2.4.1 – Основные характеристики Юшкозерской ГЭС

Наименование ГЭС	Юшкозерская ГЭС
Класс капитальности плотины	IV
Напор максимальный статический	12,5м
Напор минимальный	8,2м
Напор расчетный по мощности	8,5м
Расход через водосбор при НПУ	448м ³ /с
Установленная мощность ГЭС	18,00 МВт

Здание ГЭС с водоприемником деривационного типа, совмещенно с водоприемником, в глубокой скальной выемке. Водобой и рисберма отсутствуют. Максимальный напор 12,7 м. Пропускная способность при НПУ – 242 м³/с. Подводная часть здания ГЭС – монолитная железобетонная, здесь размещены спиральные камеры, отсасывающие трубы. В подводной части щитового помещения (водоприемника) расположены турбинные водоводы, отметка порога водоприемных отверстий 89,00 м. Основные размеры: длина – 51 м (с монтажной

площадкой), ширина 38,85 м (с водоприемником), высота 42 м (с машинным залом). Надводная часть здания ГЭС состоит из машинного зала, щитового помещения (водоприемника) и монтажной площадки. Машинный зал расположен на отметке 104,80 м [19].

Механическое оборудование водоприемника:

– затвор аварийно-ремонтный плоский скользящий 4 штуки (по 3 секции): пролет в свету 6 м, высота 9 м, расчетный напор 14 м; обслуживается канатным механизмом (4 штуки) грузоподъемностью 2,25 т;

– затвор ремонтный плоский скользящий трехсекционный (2 штуки): пролет в свету 6 м, высота 9 м, расчетный напор 14 м; обслуживается грейфером плоскочелюстным типа "Полип" и мостовым краном грузоподъемностью 50/16 т [31].

Механическое оборудование отсасывающих труб: затвор ремонтный плоский скользящий – 2 штуки, пролет в свету 6 м, высота 4 м, расчетный напор 9 м; обслуживается подвесной тележкой грузоподъемностью 2,5 т и захватной балкой грузоподъемностью 10 т. Гидротурбинное оборудование: тип турбины ПЛ 20/811-В-500, расход турбины 125 м³/с, диаметр рабочего колеса турбины 5 м, мощность одного агрегата 9 МВт, количество агрегатов – 2 штуки. Напоры: максимальный – 12,7 м, расчетный – 8,5 м, минимальный – 8,2 м. Тип генератора 2/ВГС 700/69-64, число оборотов в минуту 88,2. Здание ГЭС сопрягается справа с устоем водосброса, с левого берега – с левобережной дамбой [24].

Отводящий канал здания ГЭС и водосброса открытый, трапецеидального сечения, в скальной выемке. Длина 180 м, ширина по дну: в начале 57 м, в конце 65 м. Отметки дна в начале 83,35 м, в конце 89,90 м. Уклон дна в канале ГЭС 0,00175, в канале водосброса 0,0262. Пропускная способность – 736 м³/с.

Сброс воды через водосбросные сооружения производится с соблюдением правил маневрирования затворами, обеспечивающих сохранность гидротехнических сооружений и примыкающих участков территории:

– в период наполнения водохранилища до НПУ весь сток, поступающий в нижний бьеф должен пропускаться через турбины ГЭС. Открытие водосброса при уровнях ниже НПУ допускается только для предотвращения аварийных ситуаций;

– после заполнения водохранилища до НПУ при притоке, превышающем пропускную способность ГЭС, необходимо открывать водосбросные отверстия в соответствии с интенсивностью нарастания притока;

– при пропуске высоких половодий (паводков) превышение НПУ верхнего бьефа гидроузла допускается только при полностью открытых затворах всех водосбросных отверстий, при обязательном использовании всех гидротурбин и при постоянном контроле за уровнем у д. Юшкозеро.

Правила маневрирования затворами и основные эксплуатационные ограничения при пропуске воды через водосбросные сооружения:

– затворы водопропускных отверстий открывать по всему фронту постепенно, ступенями, для равномерного распределения потока и избежания высоких волн в нижнем бьефе;

– направлять большую часть сбросного потока воды на участки русла и берегов, наименее подверженных размыву;

– не допускать возникновения сбоя потоков воды, текущих из разных отверстий, включая ГЭС, во избежание образования в местах слияния струй водоворотов и размывов русла [19].

Комплекс сооружений инженерной защиты находится в поселке Калевала, расположен на берегу Юшкозерского водохранилища, которое отнесено к сооружению III класса – гидротехнические сооружения средней опасности.

В состав инженерной защиты входят: верхняя плотина на р. Ухта, нижняя плотина на р. Ухта, отводящий канал р. Ухты с приканальными дамбами, водопропускная труба под отводящим каналом, естественная дрена, открытая дрена по цепи озер, нагорный канал-дрена, насосная станция, защитные молы N1 и N2, берегоукрепление бухты, берегоукрепление озера Среднее Куйто [20].

Общая длина напорного фронта составляет 2885,8 м. Состав и описание сооружений инженерной защиты поселка Калевала:

1. Верхняя плотина на р. Ухта. Земляная насыпная глухая из моренных и песчано-гравийных грунтов. Отметка гребня 105,00 м, длина по гребню 120 м, ширина по гребню 6 м, максимальная высота 7 м. Крепление откосов и гребня не предусмотрено. Отметка уровня воды 5% обеспеченности в верхнем бьефе 103,82 м. Уровень нижнего бьефа поддерживается на отметке 100,00 м. Предназначена для перекрытия стока р. Ухты и направления его в отводящий канал. Примыкает к левосторонней дамбе отводящего канала. Створ плотины находится на расстоянии 1900 м от устья р. Ухты [29].

2. Нижняя плотина на р. Ухта. Земляная насыпная глухая из моренных и песчано-гравийных грунтов. Отметка гребня плотины 104,50 м, длина по гребню 125,8 м, ширина по гребню 20 м, максимальная высота 7 м. Крепление верхового откоса – каменная наброска, низовой откос не закреплен. Катастрофический подпорный уровень 103,50 м, НПУ 103,00 м, уровень нижнего бьефа 100,00 м, уровень сработки 99,50 м. Предназначена для отсечения устьевое участка р. Ухты от Юшкозерского водохранилища [27].

3. Отводящий канал р. Ухты. Общая протяженность 1900 м с водооградительными дамбами высотой до 5 м; начальный и концевой участок проходят в выемке, а остальные 1,32 км – в насыпи. Отметка дна канала – 101,00 м. Расход 5% обеспеченности 78 м³/с. Приканальные дамбы: общая длина 13202 м, отметка гребня 105,00 м, высота 4 – 5 м, ширина по гребню 6 м, заложение откосов 1:3. Предназначен для отвода стока р. Ухты в озеро Среднее Куйто, расположен на правосторонней пойме р. Ухты [12].

4. Водопропускная труба под отводящим каналом. Труба из сборных железобетонных звеньев длиной по 5 м, внутренний диаметр 1,2 м, длина 85 м, общая протяженность водопропускной трубы с оголовками 96,24 м. Труба уложена с нулевым уклоном, отметка лотка 97,90 м. Пропускная способность 3 – 4 м³/с. Для перекрытия трубы на период осмотра, прочистки, ремонта предусмотре-

рены шандоры. Предназначена для пропуска дренажных и поверхностных вод из открытой дрены, соединяющей систему озер и проток, в отсеченную часть р. Ухты к насосной станции перекачки.

5. Естественная дрена. Отсеченная часть р. Ухты протяженностью 1860 м. Проектные уровни воды в дрене должны поддерживаются насосной станцией в интервале отметок 99,50 – 100,00 м (на 3-3,5 м ниже НПУ Юшкозерского водохранилища – 103,00 м). Создана путем углубления русла р. Ухты между верхней и нижней плотинами [25].

6. Открытая дрена по цепи озер. Протяженность дрены 2681 м, с учетом расстояния до выпуска в углубленное русло р. Ухты 3282 м. Проектные уровни воды в дрене должны быть на тех же отметках, что и в отсеченном участке р. Ухты (99,50 – 100,00 м). Ширина по дну 3 м, по верху 10 м, глубина 1 м. Проходит по правому берегу р. Ухты в районе озера Пото-Ламби.

7. Нагорный канал-дрена. Глубина канала до 2,5 м, протяженность 1143 м; ширина по дну около 2,0 м, глубина воды 1 м. Откосы задернованы и заросли древесно-кустарниковой растительностью. Предназначен для перехвата поверхностного и грунтового стока со стороны коренного склона. Трасса нагорного канала берет начало от улицы Карельской и заканчивается выпуском в ручей Купаное [32].

8. Насосная станция. Производительность 3240 м³/час; Станция имеет три насоса 2Д2000-21а, расход 1620 м³/час, напор 5,5 м. Два насоса – рабочие, один – резервный. Работа насоса автоматизирована: при повышении уровня до отметки 100,75 м включается первый насос, при отметке 100,85 м – второй насос. Отключение насосов происходит при снижении уровня до отметки 100,35 м. Предназначена для откачки избыточных поверхностных и грунтовых вод, поступающих с защищаемой территории в отсеченную часть р. Ухты на участке между верхней и нижней плотинами. Станция находится на правом берегу р. Ухты у нижней плотины. Водоприемником для дренажной насосной станции является водохранилище Юшкозерской ГЭС [25].

9. Защитные молы N1 и N2. Молы бухты в районе старого устья р. Ухты высотой до 5 м и общей протяженностью 123 м (мола N1 – 83 м, мола N2 – 40 м) отсыпаны из валунов вскрыши моренного карьера. Отметка гребня 104,50 м. Ширина поверху – 4,0 м. Ширина прохода для судов между головами молов 34 м при отметке водохранилища 103,0 м. Предназначены для защиты бухты в устье р. Ухты от ветровых волн со стороны водохранилища. Бухта используется для отстоя судов во время шторма[28].

10. Берегоукрепление бухты в устье реки Ухты. Выполнено мощением из валунника на участке 228 м. Отметка верха крепления 104,50 м.

11. Берегоукрепление озера Среднее Куйто. В виде каменной наброски с заложением откоса 1:3, протяженностью 913 м. Отметка верха крепления 104,50 м. В районе населенного пункта выполнено в пределах зоны десятилетней переработки берегов [31].

3. Влияние гидроэлектростанций на геоэкологическую ситуацию

Производство энергии, которое является необходимым средством для существования и развития человечества, оказывает воздействие на природу и окружающую человека среду. С одной стороны, тепло и электричество настолько прочно вошли в жизнь и производственную деятельность человека, что человек даже не представляет своего существования без них и потребляет неисчерпаемые ресурсы как нечто само собой разумеющееся. С другой стороны, люди все больше и больше уделяют внимания экономическому аспекту энергетики и требуют экологически чистого производства энергии. При рассмотрении воздействия гидроэнергетических объектов на окружающую среду необходимо проводить различие между периодом строительства гидроэнергетических объектов и периодом их эксплуатации [25].

Первый период относительно короток – несколько лет. В это время в районе строительства нарушается природный ландшафт. Вода, используемая для различных строительных работ, возвращается в реку с механическими примесями – частицами песка, глины и т.д. Возможно загрязнение воды городскими сточными водами строящегося поселка. Подъем уровня воды в верховьях обычно начинается в период строительства. В результате результирующего заполнения резервуара изменяются затраты и уровень воды в нижнем бьефе. Строительство плотин гидроэлектростанций приводит к подъему уровня воды в верховьях и образованию водохранилищ. Плотины, перегораживающие реки, затрудняют проход рыбы к естественным нерестилищам в верховьях рек [28].

3.1 Краткая характеристика гидрологических постов

Объектом исследования в данной работе является река Кемь. На реке было выбрано два гидрологических поста: 1) р.Кемь-с.Юшкозеро; 2) р.Кемь-п.Шомба. Схема бассейна реки Кемь с гидропостами представлена на рисунке 3.1.1.

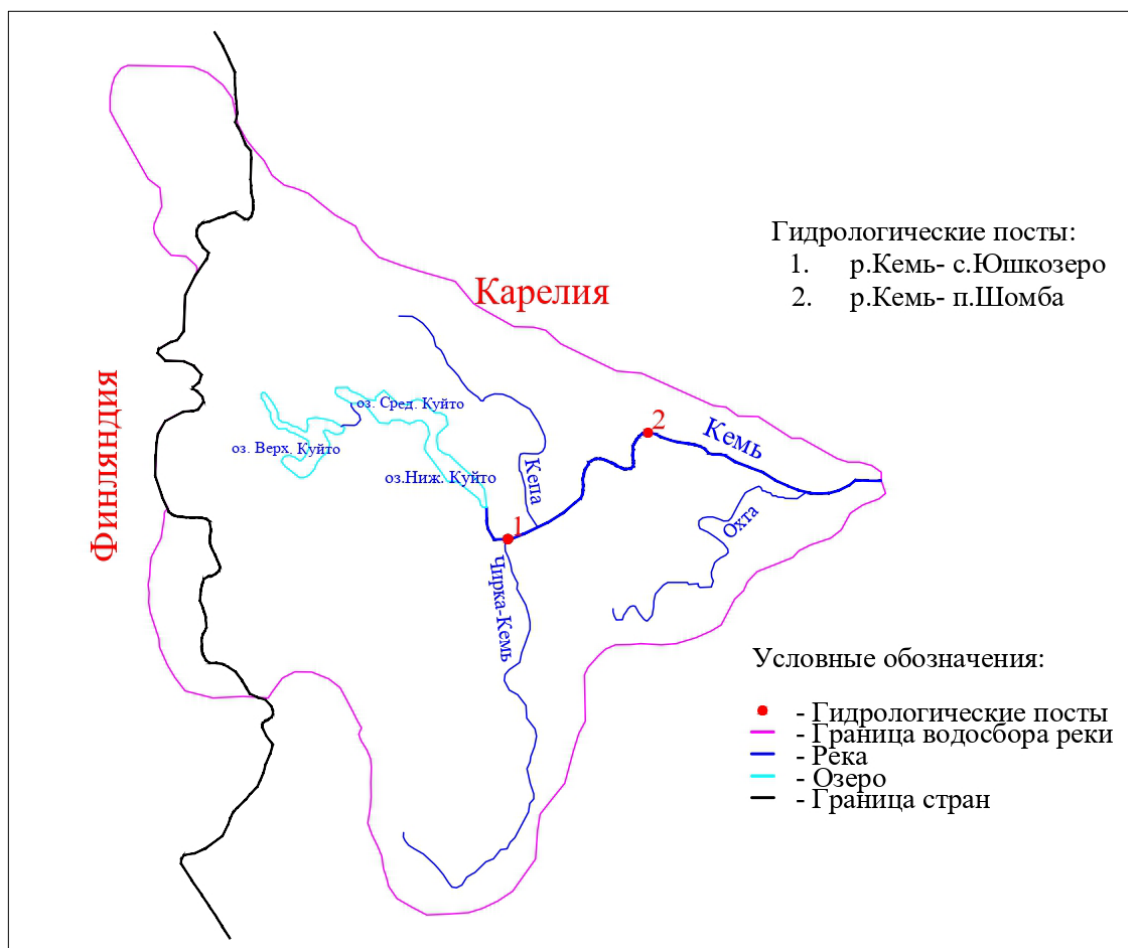


Рисунок 3.1.1 – Схема бассейна реки Кемь с гидропостами

Пост р.Кемь-с.Юшкозеро расположен в 1 км от истока реки из оз. Юшкозеро, в 3 км ниже села. Водомерный пост находится на правом берегу, состоит из свай и 2 железо-бетонных реперов: основной репер №10 СЗУГМС 1956 г. с высотой 90,610 м БС в 2,5 м к ЮВ от репера №38 УГМС КФССР 1953г. в 22 м от уреза воды и репер №38 УГМС КФССР 1953 г. с высотой 91,78 м БС в створе водомерного поста на правом берегу. Дер. Репер №8 УГМС КФССР из оборудования водомерного поста исключен. Высоты реперам в 1954 г. переданы нивелировкой IV кл. протяжением 2 км. от потайной мет. Марки №0344 с высотой 93,881 м БС, расположенной под курганчиком у с. Юшкозера около риги, рядом с дорогой в д. Лукиннаволоок. Высота репера № 0344 равна 93,910 м абс., дана неверно. Высота нуля графика 88,11 м БС. Уклонные водпосты располо-

жены в 293 м выше и 285 м ниже основного водпоста. Гидроствор №1 совпадает со створом основного водпоста[15].

По данному гидрологическому посту были получены данные по температуре воды, расходам и уровням воды с 1950 по 1987 год. Полученные значения были обработаны и были построены графики по каждому из параметров [11].

На рисунке 3.1.2 – 3.1.4 представлен ход среднегодовых значений по температуре воды, расходам воды и уровню воды (приложение Д).

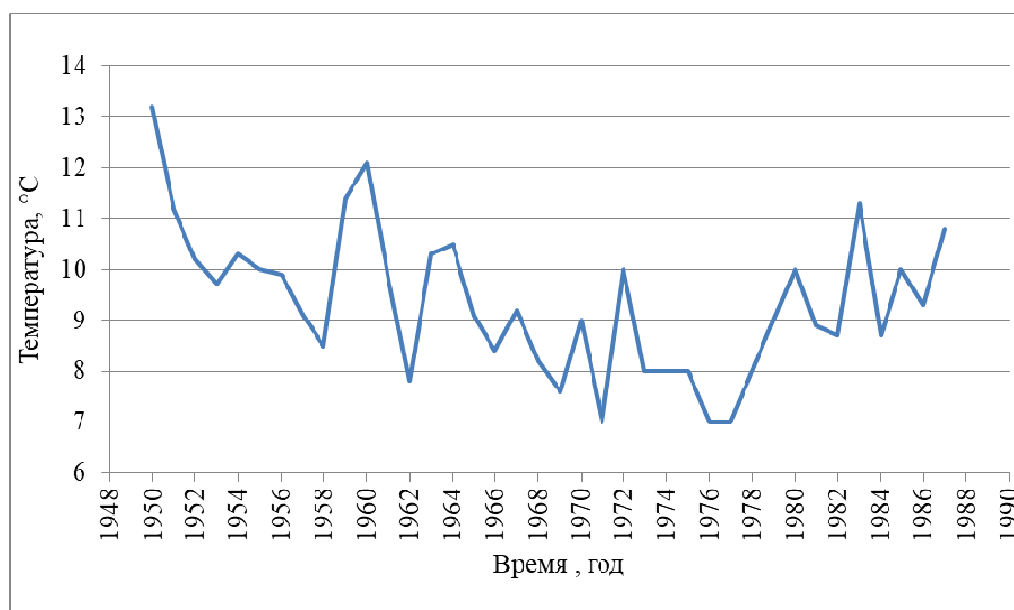


Рисунок 3.1.2 – Ход среднегодовых значений температуры воды, р.Кемь-с.Юшкозеро.

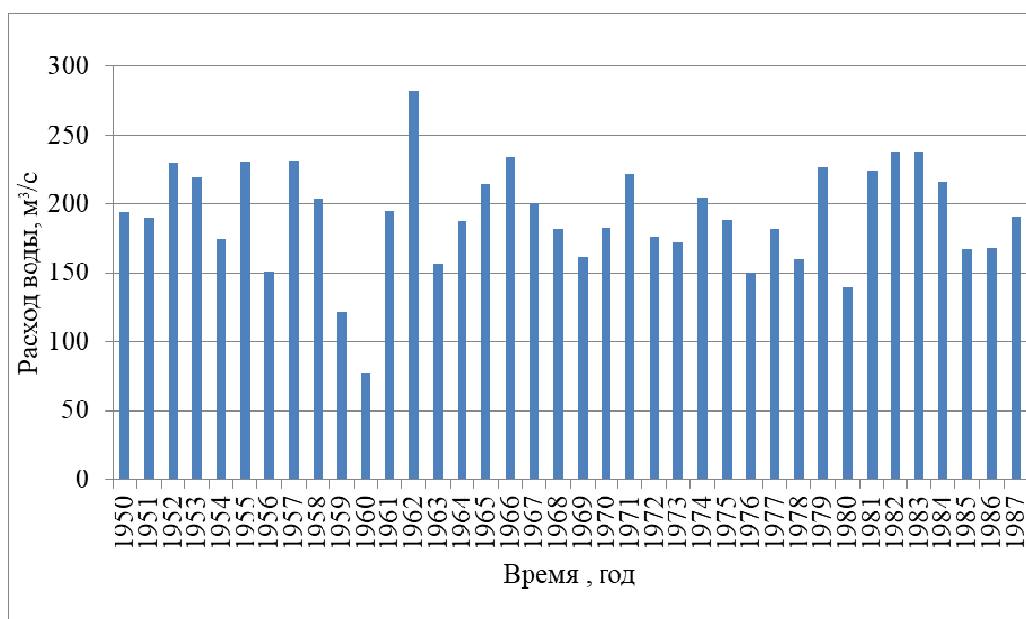


Рисунок 3.1.3 – Ход среднегодовых значений расходов воды, р.Кемь-с.Юшкозеро.

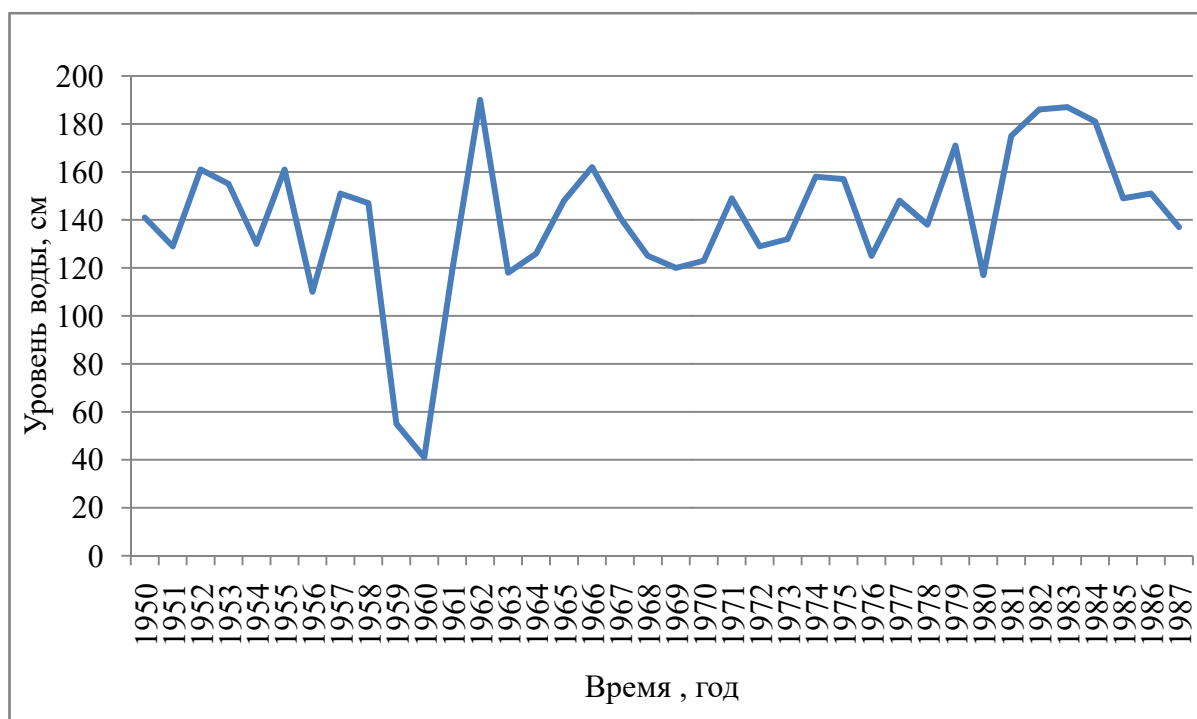


Рисунок 3.1.4 – Ход среднегодовых значений уровней воды, р.Кемь-с.Юшкозеро.

Пост р.Кемь-д.Шомба расположен в 2,7 км. ниже впадения р.Шомба. Водомерный пост находится на левом берегу и состоит из свай и 2 железобетонных реперов в одном створе: основной репер №1 СЗУГМС 1960 г. с высотой 61,53 м БС и репер №2 СЗУГМС 1960 г. с высотой 61,07 м БС. Высоты реперам в 1960 г. переданы нивелировкой IV кл. от ст. репера №2934 с высотой 74,11 м БС на 82,5 км тракта г. Кемь – с. Ухта, между телеграфными столбами 151/26 и 152/26 на внешнем отскоке дорожной канавы, в валуне; длина связующего хода 1,5 км, невязка 0,00 м. Высота нуля графика 55,50 м БС. Уклонных водомерных постов нет. Гидроствор №1 совпадает со створом основного водомерного поста. В период скопления шуги в русле на гидростворе №1 измерения расхода производится на временном гидростворе в 400-450 м ниже основного водомерного поста. Площадь водосбора и расстояние от устья приведены по данным “ Водноэнергетического кадастра Карельской АССР ”, 1960 [16].

По данному гидрологическому посту были получены данные по температуре воды, расходам и уровням воды с 1960 по 1986 год. Полученные значения были обработаны и построены графики по каждому из параметров [11].

На рисунках 3.1.5 – 3.1.7 представлен ход среднегодовых значений температуры воды, расходам и уровням воды (приложение Е).

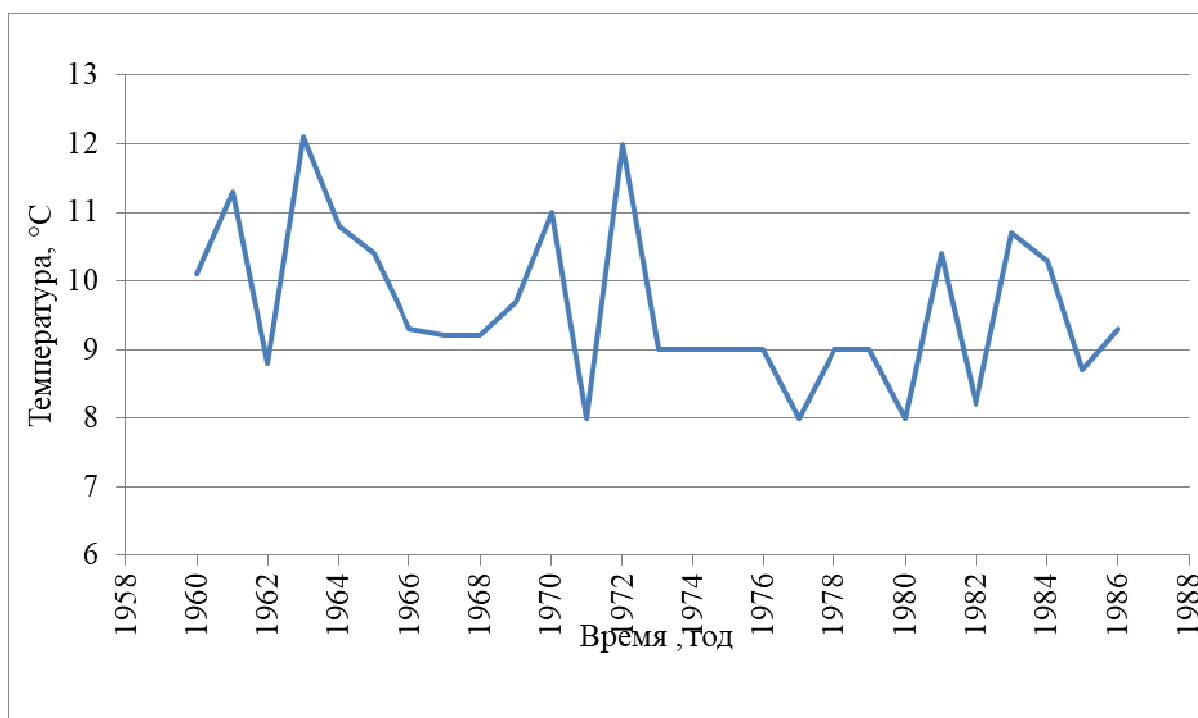


Рисунок 3.1.5 – Ход среднегодовых значений температуры воды, р.Кемь-д.Шомба.

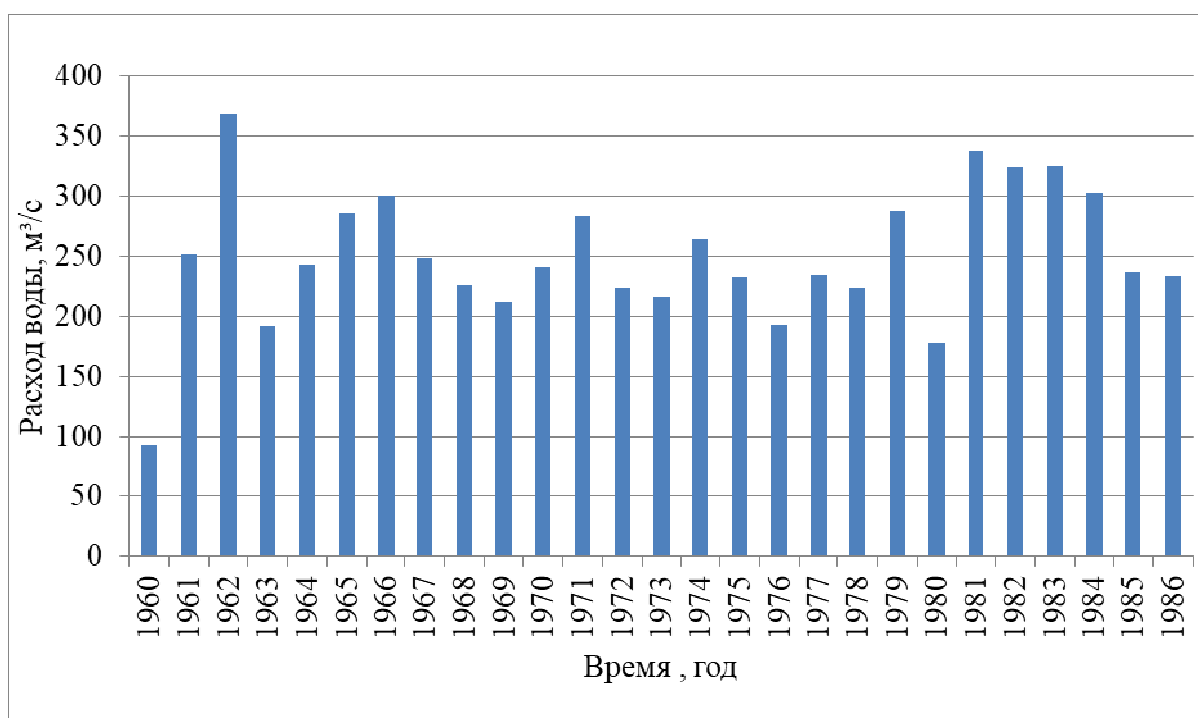


Рисунок 3.1.6 – Ход среднегодовых значений расходов воды, р.Кемь-д.Шомба.

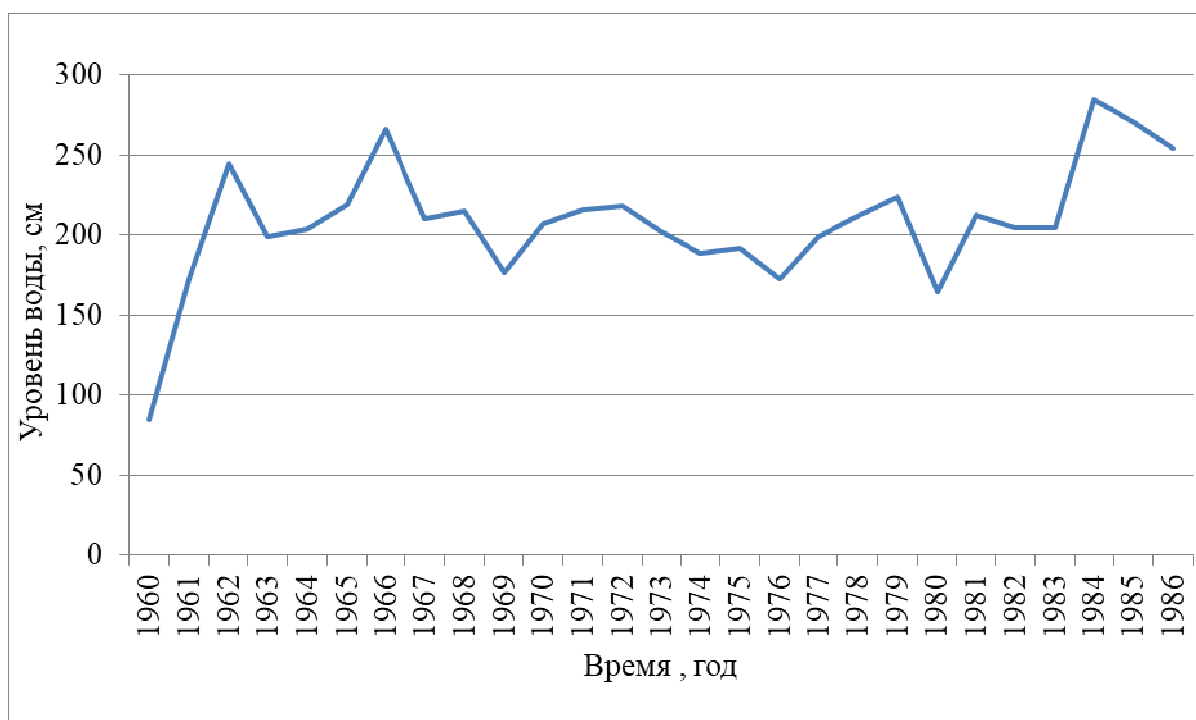


Рисунок 3.1.6 – Ход среднегодовых значений уровней воды,
р.Кемь-д.Шомба.

3.2 Оценка влияния гидроэлектростанций на геоэкологическую обстановку

Для того чтобы оценить влияние построек ГЭС на реку Кемь, необходимо ввести систему мониторинга за температурой воды. Для этого изначально надо рассмотреть, что происходило с термическим режимом реки во время строительства каскада Кемских ГЭС. Для этого были взяты данные температуры воды по двум гидрологическим постам в период с 1960 года по 1986 год. Данные по температуре воды для постов р.Кемь-с.Юшкозеро и р.Кемь-с.Шомба были приняты по данным Гидрологического ежегодника [10]. На рисунке 3.2.1. представлен ход среднегодовых температур воды в период с 1960 года по 1986 год (приложение Д, Е).

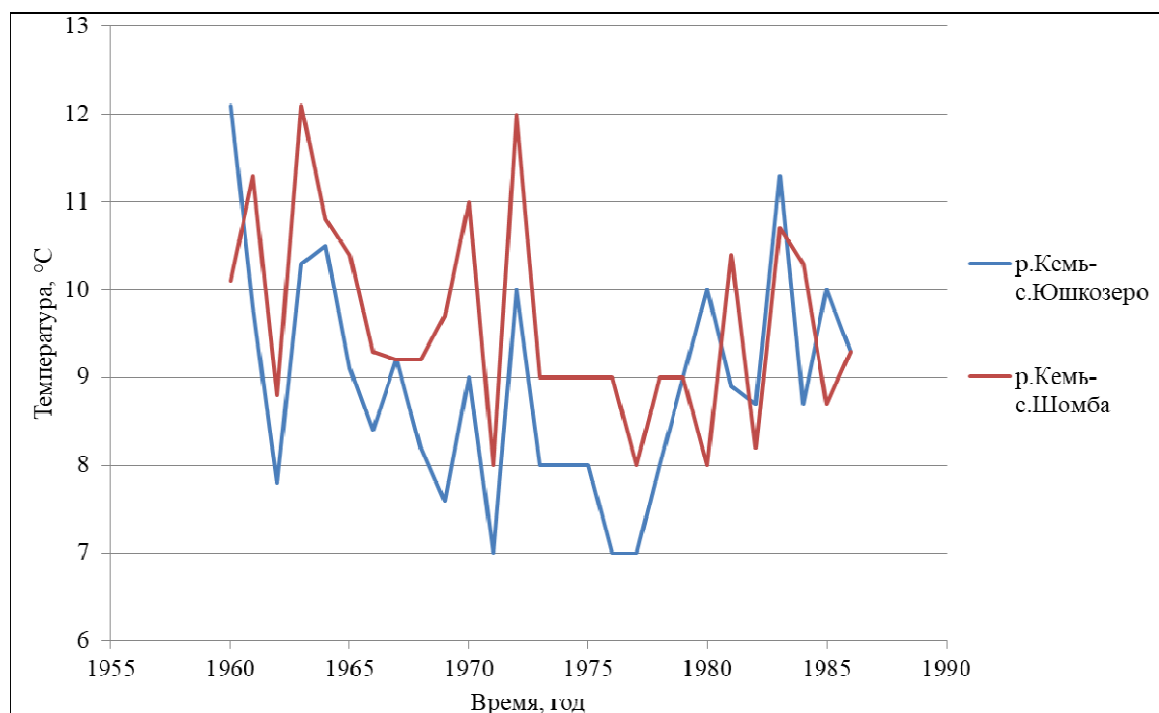


Рисунок 3.2.1 – Ход среднегодовых температур воды
в период с 1960 года по 1986 год.

Данный график можно условно разделить четыре части:

- 1) период с 1960 года по 1967 год;
- 2) период с 1968 года по 1971 год;
- 3) период с 1972 года по 1981 год;
- 4) период с 1982 года по 1986 год.

В начале периода 1960 – 1967 гг. колебания температур воды схожи, в 1963 году происходит резкий скачок значений на посту р.Кемь-с.Шомба. Разница температур составляет практически 2°C. На это могло повлиять начало постройки Путкинской ГЭС. При сооружении ГЭС происходит перераспределение стока реки, изменяется ее уровень, а так же волновой, термический и ледовый режимы. Изменяется тепловой режим в нижнем бьефе водохранилища в осенне-зимний период за счет поступления из верхнего бьефа более теплой воды, нагретой в водохранилище за лето. Эти отклонения от естественных условий распространяются на сотни километров от плотины ГЭС. Могут также на-

блюдаться существенные изменения гидрохимического и гидробиологического режимов водных масс. К концу периода значения температур нормализуются, резких колебаний не наблюдалось.

В период с 1968 года по 1971 год происходит снова резкий скачок температур воды на посту р.Кемь-с.Шомба. Разница всё так же составляет 2°C , наблюдается тенденция увеличения значений. Данный факт может быть связан с запуском Путкинской ГЭС и началом стройки Подужемской ГЭС. Происходит перераспределение стока и поднятие грунтовых вод.

В период с 1972 года по 1981 год разница значений уменьшается и составляет уже 1°C . Также в этот период начинается строительство Юшкозерской ГЭС. Появляется тепловое загрязнение реки в результате сброса через турбину ГЭС.

В период с 1982 года по 1986 год не наблюдаются характерные скачки, значения температур воды колеблется в одном диапазоне. Это связано с урегулирование речного стока после построек на реке Кемь трех ГЭС.

Такие резкие скачки значений температур воды могли быть следствием влияния изменения климатических условий. Поэтому было решено произвести оценку влияния климата на распределение температур воды по году.

Для расчёта были взяты данные по среднемесячным осадкам в период с 1966 года по 2000 год по двум метеорологическим станциям: Калевала и Кемь-порт. Данные были приняты в соответствии с данными ВНИИГМИ-МЦД.

Данные прошли предварительный анализ: построены хронологические графики и оценена значимость линейного тренда. Далее была проведена проверка однородности ряда по дисперсии (критерий Фишера) и по среднему значению (критерий Стьюдента), а также были построены интегральные кривые. Интегральные кривые представлены на рисунках 3.2.2 и 3.2.3 (приложение Ё, Ж).

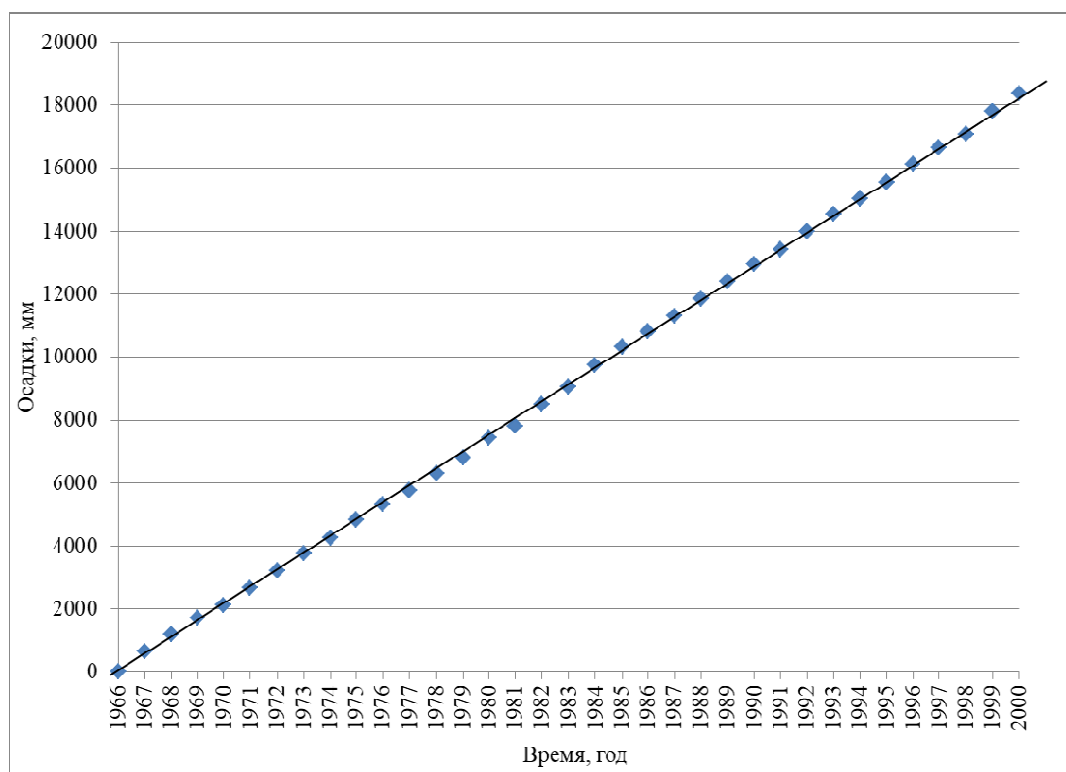


Рисунок 3.2.2 – Интегральная кривая метеостанции Калевала.

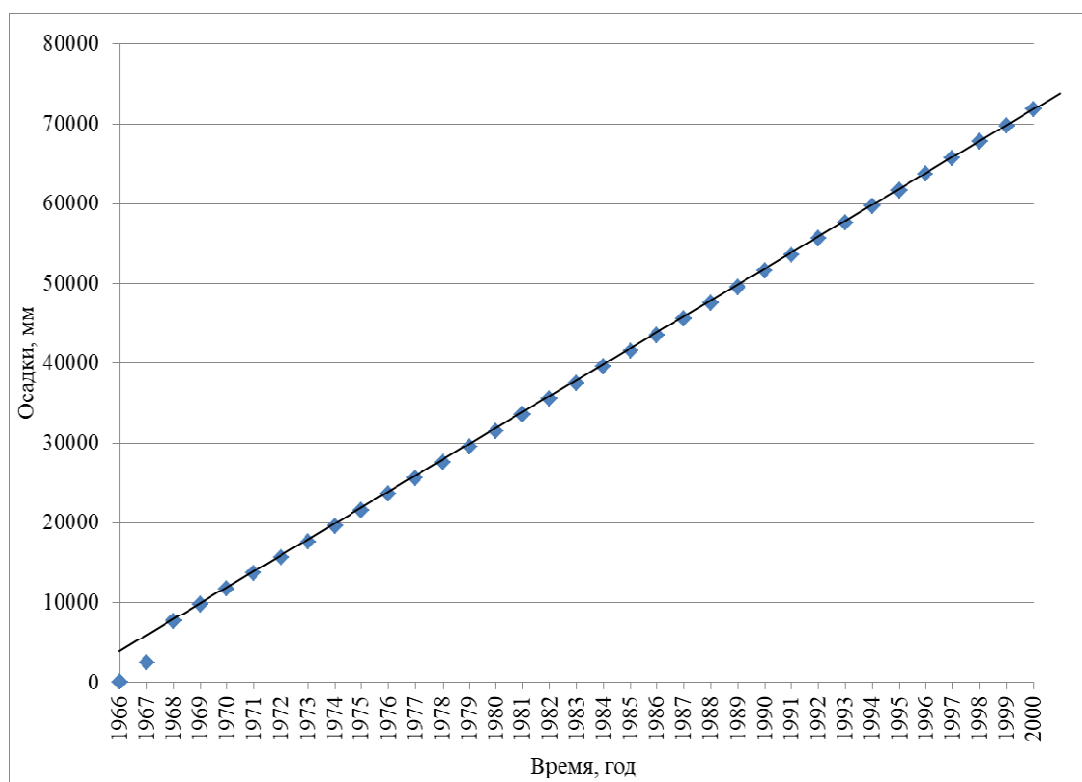


Рисунок 3.2.3 – Интегральная кривая метеостанции Кемь-порт.

По итогам оценки было выявлено, что изменений климатических условий не наблюдалось. Следовательно, на такие резкие скачки значений температур воды оказало влияние именно постройка и начало эксплуатации ГЭС. Вследствие чего становится ясно, что именно показатели температуры воды могут служить сигналом к ухудшению гидроэкологической обстановки.

3.3. Геоэкологические проблемы р. Кемь

Развитие энергетики оказывает непосредственное влияние на экологическую обстановку региона. Постройка и введение в эксплуатацию гидроэлектростанций может иметь следующие влияния:

1. Затопление в верхнем бьефе. Создание водохранилищ приводит к затоплению территории. В зону подтопления могут попасть промышленные и строительные сооружения, древние памятники, дороги, леса, места постоянного обитания животных и растений. Наиболее населены и развиты приречные участки и районы в устьях притоков. На склонах гор обычно нет промышленных объектов. Поэтому создание водоёмов в горных условиях наносит гораздо меньший ущерб, чем на равнинах [27].

2. Подтопление. Затопление прилегающих к водохранилищу земель происходит из-за повышения уровня грунтовых вод. В зоне избыточного увлажнения затопление влечет за собой негативные последствия заболачивания корней растений и их гибели. При изменении водно-воздушного режима почвы могут происходить заболачивание и расчистка почв, что ухудшает качество почвы и снижает её продуктивность. В засушливых районах наводнение улучшает условия роста растений на соответствующих глубинах почвенных вод. В неблагоприятных условиях может происходить засоление почвы [28].

3. Переработка берегов. Из-за подъема и снижения уровня воды в водохранилище при регулировании стока и волновых явлений происходит обработка берегов водохранилища. Она заключается в эрозии и обрушении крутых

склонов, разделке головных угодий и кос. Размер обработки берегов зависит от их геологического строения, режима уровней воды и глубины водохранилища, конфигурации берегов, преобладающих ветров. Относительная стабилизация берегов происходит через 5-20 лет после заполнения водохранилища [28].

4. Качество воды. Из-за уменьшения скорости течения и уменьшения перемещения воды по глубине физико-химические характеристики воды по отношению к условиям обитания в реке значительно изменяются еще до создания водохранилища. На качество воды в водохранилище по годам влияют численность населения зоны затопления, видовой и возрастной состав леса, подлесок и лесная подстилка, наличие притоков, режим и глубина водохранилища. Сточные воды промышленных, горнодобывающих и животноводческих комплексов, муниципальные сточные воды и вывоз удобрений с сельскохозяйственных угодий ухудшают качество воды. Для южных регионов неприятным последствием перенасыщения воды в водоемах органическими и биогенными веществами (в основном ионами азота и фосфора) является быстрое развитие сине-зеленых водорослей в теплой воде. При создании водохранилищ необходимо тщательно изучить совокупное влияние всех факторов, принимая во внимание перспективы [26].

После введения в эксплуатацию в 1967 году Путкинской ГЭС отмечалось ускорение социально-экономического развития города Кеми, началось строительство жилья, заводов, а также был сооружен новый водозабор из подводящего канала ГЭС. Но, несмотря на это постройка ГЭС оказала достаточно негативное влияние. Так, в 1963 году произошло наводнение. Тогда местными жителями отмечалось размытие Подужемского кладбища и затопления близ расположенных деревень, связанных со строительством водохранилища. Данный факт подтверждается резким скачком значений в 1963 году на графике 3.2.1. Такие отклонения от естественных условия связывают с изменением теплового режима при строительстве.

Также в последние десятилетия наблюдается усиление береговой эрозии, то есть размывание берега в районе ГЭС. Следовательно, появляется необходимость переселения жителей того района, что экономически не выгодно.

Из-за изменения термического режима рыба перестала нереститься в этих местах, что привело к вынужденному строительству форелевых заводов. До строительства Путкинской ГЭС река Кемь была способна обеспечивать красной рыбой всю Карелию.

При строительстве Подужемской ГЭС приоритетно было сохранить естественные гидрологические условия Вочажского мыса. Энергетиками была проделана работа по укреплению берега скальной отсыпкой, что позволило бы защитить его от интенсивного размыва, и помогло бы в сохранении уникальных природных особенностей реки. В итоге последствием строительства стало перекрытие хода семги в оз. Куйто для нерестилища, а сплав леса поспособствовал уничтожению жемчужниц.

Запуск первого гидроагрегата Юшкозерской ГЭС дал первый ток предприятиям и населению Калевальского района Карелии. Также началось развитие инфраструктуры района: постройка домов, мостов и автодороги Калевала-Юшкозеро. Имел место и негативный фактор. При проектировании новой ГЭС планировалось затопить ближайшие сёла, что расценивалось, как уничтожение исторических культурных памятников.

Кривопорожская ГЭС является самой крупной и мощной в Кемском каскаде, обеспечивая энергоснабжение Костомукшского горно-обогатительного комбината. Также ГЭС работает в пиковой части графика нагрузок. Несмотря на это у Кривопорожской ГЭС отмечается дефект в зоне сопряжения грунтовой плотины с основанием.

При строительстве часть земель в русле реки Кемь была затоплена, образовав водохранилище. Вследствие чего были эвакуированы 58 хозяйств, а также был закрыт сплав леса, что сказалось на сокращении рабочих мест в ближайших посёлках, занимавшихся лесозаготовкой.

При пуске в эксплуатацию Кривопорожской ГЭС произошло изменение режима реки, поскольку для ведения работ по разбору перемычки отводящего канала необходимо открыть шандоры водосброса Подужемской ГЭС и перекрыть затворы водосбора Кривопорожской ГЭС. Для наполнения водохранилища и аванкамеры верхнего бьефа необходимо перекрыть шандоры верхнего водосброса Юшкозерской ГЭС, что так же имеет ощутимое влияние.

Таким образом, несмотря на оказание положительного влияния, строительство и эксплуатация гидроэлектростанций для выработки чистой энергии в условиях глобального потепления и увеличения продолжительности стока приносит существенный урон как экологический, так и экономический. Возможным решением, для снижения рисков развития негативных гидроэкологических ситуаций, может послужить разработка программ мониторинга по уже построенным станциям, а также переоценка условий эксплуатации существующих и проектируемых гидроузлов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе была произведена оценка влияния сооружений Кемского каскада ГЭС на гидроэкологический режим реки Кемь, в частности, на изменение термического режима воды при начале строительства очередной ГЭС в период с 1950 года по 2000 год.

Установлено, что происходило с термическим режимом реки во время строительства каскада Кемских ГЭС. Для анализа были взяты данные температуры воды по двум гидрологическим постам: р.Кемь-с.Юшкозеро и р.Кемь-с.Шомба, в период с 1960 года по 1986 год.

Полученный график был условно разделен на четыре периода: 1) период с 1960 года по 1967 год; 2) период с 1968 года по 1971 год; 3) период с 1972 года по 1981 год; 4) период с 1982 года по 1986 год.

В начале периода 1960 – 1967 гг. колебания температур воды схожи, в 1963 году происходит резкий скачок значений на посту р.Кемь-с.Шомба. Разница температур составил практически 2°C . К концу периода значения температур нормализуются, резких колебаний не наблюдалось. В период с 1968 года по 1971 год происходит снова резкий скачок температур воды на посту р.Кемь-с.Шомба. Разница всё так же составляет 2°C , наблюдается тенденция увеличения значений. В период с 1972 года по 1981 год разница значений уменьшается и составляет уже 1°C . Также в этот период начинается строительство Юшкозерской ГЭС. В период с 1982 года по 1986 год не наблюдаются характерные скачки, значения температур воды колеблется в одном диапазоне. На такие резкие скачки значений температур воды оказало влияние именно постройка и начало эксплуатации ГЭС.

После введения в эксплуатацию в 1967 году Путкинской ГЭС отмечалось ускорение социально-экономического развития города Кеми, но, несмотря на это постройка ГЭС оказала негативное влияние в некоторых сферах: экологических и социально-экономических. В 1963 году произошло наводнение –

размылось Подужемское кладбище и были затоплены деревни, расположенные в непосредственной близости к ГЭС. Констатируется размывание берега в районе ГЭС. Из-за изменения термического режима рыба перестала нереститься в этих местах, что привело к строительству форелевых заводов по всей республике. До строительства Путкинской ГЭС река Кемь была способна обеспечить красной рыбой население Карелии.

При строительстве Подужемской ГЭС приоритетно было сохранить естественные гидрологические условия Вочажского мыса. Энергетиками была проделана работа по укреплению берега скальной отсыпкой. В итоге последствием строительства стало перекрытие хода семги в оз. Куйто для нерестилища, а сплав леса поспособствовал уничтожению жемчужниц.

Запуск первого гидроагрегата Юшкозерской ГЭС дал первый ток предприятиям и населению Калевальского района Карелии. Однако при этом проявился негативный фактор: при проектировании новой ГЭС планировалось затопить ближайшие сёла, что расценивалось, как уничтожение историко-культурных памятников.

Кривопорожская ГЭС является самой крупной и мощной в Кемском каскаде, обеспечивая энергоснабжение Костомукшского горно-обогатительного комбината. Также ГЭС работает в пиковой части графика нагрузок. Несмотря на это у Кривопорожской ГЭС отмечается дефект в зоне сопряжения грунтовой плотины с основанием. При строительстве часть земель в русле реки Кемь была затоплена, образовав водохранилище. Вследствие чего были эвакуированы 58 хозяйств, а так же был закрыт сплав леса, что сказалось на сокращение рабочих мест в ближайших посёлках, занимавшихся лесозаготовкой. При пуске в эксплуатацию Кривопорожской ГЭС произошло изменение режима реки, поскольку для ведения работ по разбору перемычки отводящего канала необходимо открыть шандоры водосброса Подужемской ГЭС и перекрыть затворы водосбора Кривопорожской ГЭС. Для наполнения водохранилища и аванкамеры верхнего

бьефа необходимо перекрыть шандоры верхнего водосброса Юшкозерской ГЭС, что так же имеет ощутимое влияние.

Таким образом, несмотря на оказание положительного влияния, строительство и эксплуатация гидроэлектростанций для выработки чистой энергии в условиях глобального потепления и увеличения продолжительности стока приносит существенный урон как геоэкологический, так и социально-экономический. Возможным решением, для снижения рисков развития негативных гидроэкологических ситуаций, может послужить разработка программы мониторинга по уже построенным станциям, а также переоценка условий эксплуатации существующих и проектируемых гидроузлов

В процессе проведенного исследования нами были решены следующие задачи:

а) рассмотрены природные особенности территории исследования и оценено влияние природных компонентов на строительство Кемского каскада ГЭС;

б) в результате строительства гидротехнического сооружения установлены термические изменения воды;

в) после завершения строительства очередной ГЭС констатированы и установлены изменения геоэкологической обстановки в районе исследования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас Республики Карелия / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Федеральный исследовательский центр «Карельский научный центр РАН», Институт Водных проблем Севера, ВОО «Русское географическое общество»; редакционная коллегия: Филатов Н. Н. (председатель) и [др.]. – Петрозаводск:Версо, 2021. – 48 с.
2. Агроклиматический справочник по Карельской АССР. Л. Гидрометеонздат, 1959. – 45 с.
3. Авакян А.Б. [и др.] Водохранилища. М.: Мысль, 1987. 325 с.
4. Андрижиевский А.А., Володин В.И. «Энергосбережение и энергетический менеджмент». – Мн: «Вышейшая школа» 2005г. – 19 с.
5. Атлас Карельской АССР / Ред. колл.: Трофимов А. Н., Селиверстов Ю.П. – М.: ГУГК, 1989. – 40 с.
6. Вампилова Л.Б. Региональный историко-географический анализ. Книга 1. Ландшафты Карелии. – СПб.: изд-во РГГМУ, 1999. – 240 с.
7. Володин В.В., Хазановский П.М. «Энергия, век двадцать первый: Научно-художественная литература». – М.: Дет. лит., 2009г. – 55с.
8. Государственный водный кадастр. Основные гидрологические характеристики. Т.2. ч.1. Карелия и Северо-Запад. – Л.: Гидрометеонздат, 1966. – 96 с.
9. Государственный водный кадастр. Основные гидрологические характеристики. Т.2. ч.2. Карелия и Северо-Запад. – Л.: Гидрометеонздат, 1971. – 23 с.
10. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Том I, РСФСР, Бассейн западного побережья Белого моря. Вып. 7. – Л.: Гидрометеонздат, 1987. – 58 с.
11. Гидрологический ежегодник. //Том 0 Выпуск 1 Бассейн Белого моря. Петрозаводск-Ленинград 1970-1980 г. – 33 с.
12. Кларк Р.С. «Гидроэнергетика» - М.: Энергоиздат, 2004г. – 82 с.

13. Проект Правил использования водохранилищ на реке Кемь (Юшкозерского, Кривопорожского, Подужемского, Путкинского). СПб. Ленводпроект, 2016. 281 с.
14. 13. Ресурсы поверхностных вод СССР, Т.2. Карелия и Северо - Запад. Часть 1, 2. Л.: Гидрометеиздат, 1965. – 23 с.
15. Ресурсы поверхностных вод СССР, Т.2. Карелия и Северо -Запад. Часть 3. Гидрографические описания рек и озер. Л.; Гидрометеиздат, 1972. – 152 с.
16. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 3. Северо-Запад Ч. 1 / под ред. И.М. Жила, Н.М. Алёшиной.-Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 213 с.
17. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики Том 2. Карелия и Северо-Запад. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 159 с.
18. Современное состояние водных объектов республики Карелия. По результатам мониторинга в 1992-1997 гг./ Под. ред. Лозовика П.А. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1998. – 36 с.
19. Смирнова Л.Я., Белковский Особенности разработки правил использования озерных каскадов водохранилищ // Водоохранилища Российской Федерации: современные экологические проблемы, состояние, управление. – Санкт-Петербург: ООО «Ленводпроект», 2019. – С. 121-127.
20. Состояние водных объектов республики Карелия. По результатам мониторинга в 1998–2006 гг./ Под. ред. Лозовика П.А. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2007. – 51 с.
21. Щавелев Ю. С. и др. – «Основы энергетики» 2-е изд. – Л.: Энергоиздат, 1991г. – 26 с.
22. Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации. – СПб.: Гидрометеиздат, 2005. – 61 с.
23. Ассоциация " Гидроэнергетика России": сайт. – URL: <https://www.hydropower.ru/> (дата обращения: 09.06.2023)

24. Библиофонд: сайт. – URL: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=794795> (дата обращения: 04.06.2023)
25. Био-мир: сайт. – URL: <https://bioso.ru/eko-problemy/smeshannye-i-shirokolistvennyye-lesa-rasteniya.html> (дата обращения: 04.06.2023)
26. Влияние гидроэнергетики на окружающую среду: сайт. – URL: <https://www.referat911.ru/Fizika/vliyanie-gidrojenergetiki-na-okruzhajushhuju-sredu/134438-2075839-place1.html> (дата обращения: 09.06.2023)
27. ВОПРОСЫ ЛЕСНОЙ НАУКИ/FOREST SCIENCE ISSUES: сайт. – URL: <https://jfsi.ru/3-2-2020-ershov/> (дата обращения: 04.06.2023)
28. Все реки: сайт. – URL: <http://vsereki.ru/severnyj-ledovityj-ocean/bassejn-belogo-morya/kem> (дата обращения: 21.05.2023)
29. Гарант.ру: сайт. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/56846645/> (дата обращения: 09.06.2023)
30. Река Кемь: сайт. – URL: <https://russiaregions.ru/kemskij-rajon/kemskyrivers/reka-kem-kareliya> (дата обращения: 04.06.2023)
31. Санкт петербургский государственный университет факультет географии и геоэкологии: сайт. – URL: <https://lit-yaz.ru/geografiya/98035/index.html?page=5> (дата обращения: 01.06.2023)
32. Системный оператор Единой энергетической системы: сайт. – URL: <https://www.so-ups.ru/about/> (дата обращения: 09.06.2023)

ПРИЛОЖЕНИЕ

Приложение А – Исходные данные

А – Исходные данные расходов воды на р.Кемь,Путкинская ГЭС

№ п/п	Год	Q, м³/с	№ п/п	Год	Q, м³/с
1	1968	257	18	1985	259
2	1969	239	19	1986	250
3	1970	257	20	1987	303
4	1971	289	21	1988	281
5	1972	233	22	1989	310
6	1973	234	23	1990	213
7	1974	306	24	1991	258
8	1975	261	25	1992	303
9	1976	228	26	1993	317
10	1977	292	27	1994	275
11	1978	259	28	1995	321
12	1979	306	29	1996	279
13	1980	210	30	1997	308
14	1981	386	31	1998	392
15	1982	341	32	1999	280
16	1983	344	33	2000	291
17	1984	334			

Б – Исходные данные расходов воды на р.Кемь,Юшкозерской ГЭС

№ п/п	Год	Q м³/с	№ п/п	Год	Q м³/с
1	1982	135	11	1992	134
2	1983	131	12	1993	117
3	1984	217	13	1994	109
4	1985	104	14	1995	112
5	1986	89.9	15	1996	104
6	1987	114	16	1997	120
7	1988	99.3	17	1998	147
8	1989	145	18	1999	121
9	1990	210	19	2000	118
10	1991	87.6			

В – Исходные данные расходов воды на р.Кемь, Подужемской ГЭС

№ п/п	Год	Q м3/с	№ п/п	Год	Q м3/с
1	1983	341	10	1992	296
2	1984	321	11	1993	315
3	1985	241	12	1994	280
4	1986	239	13	1995	327
5	1987	290	14	1996	289
6	1988	281	15	1997	321
7	1989	304	16	1998	407
8	1990	211	17	1999	284
9	1991	246	18	2000	285

Г – Исходные данные расходов воды на р. Кемь,Кривопорожской ГЭС

№	Год	Q м3/с
1	1991	202
2	1992	249
3	1993	269
4	1994	232
5	1995	261
6	1996	232
7	1997	256
8	1998	318
9	1999	238
10	2000	242

Д – Исходные данные уровней воды, температуры воды и расходов воды
на р.Кемь-с.Юшкозеро

№ п/п	Год	Н, см	Т, °С	Q м³/с	№ п/п	Год	Н, см	Т, °С	Q м³/с
1	1950	141	13.2	194	20	1969	120	7.6	162
2	1951	129	11.2	190	21	1970	123	9	183
3	1952	161	10.2	230	22	1971	149	7	222
4	1953	155	9.7	220	23	1972	129	10	177
5	1954	130	10.3	175	24	1973	132	8	173
6	1955	161	10	231	25	1974	158	8	205
7	1956	110	9.9	151	26	1975	157	8	189
8	1957	151	9.1	232	27	1976	125	7	150
9	1958	147	8.5	204	28	1977	148	7	182
10	1959	55	11.4	122	29	1978	138	8	161
11	1960	41	12.1	77.3	30	1979	171	9	227
12	1961	119	9.8	195	31	1980	117	10	140
13	1962	190	7.8	282	32	1981	175	8.9	225
14	1963	118	10.3	157	33	1982	186	8.7	238
15	1964	126	10.5	188	34	1983	187	11.3	238
16	1965	148	9.1	215	35	1984	181	8.7	217
17	1966	162	8.4	234	36	1985	149	10	168
18	1967	141	9.2	201	37	1986	151	9.3	169
19	1968	125	8.2	182	38	1987	137	10.8	191

Е – Исходные данные уровней воды, температуры воды и расходов воды нар.Кемь-с.Шомба

№ п/п	Год	Н, см	Т, °С	Q м³/с	№ п/п	Год	Н, см	Т, °С	Q м³/с
1	1960	85	10.1	93	15	1974	189	9	264
2	1961	173	11.3	252	16	1975	192	9	232
3	1962	245	8.8	369	17	1976	173	9	193
4	1963	199	12.1	192	18	1977	199	8	235
5	1964	204	10.8	243	19	1978	212	9	224
6	1965	219	10.4	286	20	1979	224	9	288
7	1966	266	9.3	301	21	1980	165	8	178
8	1967	210	9.2	248	22	1981	213	10.4	338
9	1968	215	9.2	226	23	1982	205	8.2	324
10	1969	177	9.7	212	24	1983	205	10.7	325
11	1970	207	11	241	25	1984	285	10.3	303
12	1971	216	8	284	26	1985	271	8.7	237
13	1972	218	12	224	27	1986	254	9.3	233
14	1973	202	9	216					

Ё – Исходные данные осадков, метеостанция Калевала

№п/п	Год	Месяц												Σ год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	1966	20.6	44	53.2	29.9	51.4	44.8	101.4	82.2	66.1	86	41.8	41.9	663
2	1967	27.5	23.3	26.8	28.7	59.1	62	66.5	50.4	41.4	87.8	40	25.9	539
3	1968	22.9	27.2	38.8	29.9	54.9	94.2	22.3	43.8	49.4	73.5	41.4	19.2	518
4	1969	16.2	17.7	12.8	26.4	13.4	29	45.7	60.2	64.7	29.5	59.3	15.9	391
5	1970	20.7	29.1	17.5	79.8	49.1	30.9	97.1	47.2	88.2	26.9	32.4	43.8	563
6	1971	44.2	26.6	30.2	28.6	39.7	34.1	45.9	90.4	64.4	73.5	48.4	21.8	548
7	1972	14.9	16	19.4	49.5	30.4	50.3	61.3	92.3	62.1	34.2	80.9	35.1	546
8	1973	41.4	19.8	15.3	40.6	36.6	60.4	36.2	83.7	52.6	50.6	32.2	29.9	499
9	1974	44.3	60	6.5	10.6	23.7	67.9	102.6	79.1	60.6	29.2	49.6	39.4	574
10	1975	25.9	22.7	28.6	48.5	33.9	33.3	49.6	69.7	76.6	39.9	21.9	40.7	491
11	1976	18.3	10.4	29.4	17.9	21.8	82.7	52.1	41.2	59.9	17.6	51.6	33.3	436
12	1977	37.3	23.8	29.4	44	51.5	41	94.8	37.8	71.9	51.9	53.1	9.1	546
13	1978	31	7.6	32.8	34.2	4.2	34.3	92.6	81.1	69.1	45.2	45.4	17.4	495
14	1979	27	26.3	26.1	17.2	84.1	83.2	76.8	69.7	95.5	51.4	40.7	32.2	630
15	1980	19.2	24	11	22.1	20.3	33.5	6.8	33	40	80	32.4	43.2	366
16	1981	30.3	16.4	30.6	14	34.6	113.8	132.9	130.4	31.1	61.7	32	79.3	707
17	1982	13.3	9.3	31.3	49.4	56.5	66.9	37.3	108.8	34.9	29.4	74.1	29.1	540
18	1983	53.1	5.6	29.2	45.3	100.2	71	68.4	62.6	69	96	38.8	49.2	688
19	1984	29.6	18.1	30.4	28.9	35.9	34.7	97.4	77.5	51.6	111.8	42.2	31.4	590
20	1985	13	8.1	35.8	21.4	50.8	36.4	28.1	94.2	67.9	67.6	33.4	32.7	489

Ё– Исходные данные осадков, метеостанция Калевала(продолжение)

№п/п	Год	Месяц												Σ год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
21	1986	26.4	12.4	19.3	24	75.8	29	75.7	87.9	54.3	26.3	53.9	11.2	496
22	1987	8.7	67.4	21.2	11	37.4	99.9	108.1	77	54.8	19.6	23.3	24.2	553
23	1988	32.3	37.3	35.3	16.6	27.5	70.2	25.3	100.3	85.7	25.8	26.9	46.4	530
24	1989	55.7	41.5	46.1	37.7	36.7	80.3	43	58.8	78.1	31.4	35.1	26.8	571
25	1990	46.2	30.1	29	20.2	15.4	48.4	57.7	78	9.9	29.2	33.4	44.7	442
26	1991	27.2	10.9	36.7	25.5	70.8	93.1	93.1	49.2	38	61.5	52.9	31	590
27	1992	22.7	23	28.6	35	28.5	63.9	78.8	87.5	64.2	28.1	53.7	40.7	555
28	1993	29	15.9	31.2	33.2	18	56	73.9	70.9	76.9	36.2	3.4	27.1	472
29	1994	30.9	7.7	17.4	48.5	44.5	37.3	71	36.7	65.4	73	61.2	26.6	520
30	1995	27.4	37	19.5	19.5	30.5	92.4	61.8	90.7	56.8	71.6	56.9	12.8	577
31	1996	7.2	20.6	13.5	22.6	78.3	61.7	70.9	29.9	26.3	38.9	91.4	59.2	521
32	1997	29.3	34.5	40.8	28.1	40.7	38.2	65.6	21.4	65.4	42.5	30.3	15.6	452
33	1998	61.6	66.3	30.5	17	49.3	63.9	108	78.6	51	102.9	34.4	34.8	698
34	1999	43.3	28.8	12.6	24.8	68.7	61.3	50.7	79.1	44.9	63.5	59.9	58.1	596
35	2000	39.5	42.3	30.9	33.1	35.5	51.2	110.4	58.5	46.6	51.4	48.6	47.3	595

Ж– Исходные данные осадков, метеостанция Кемь-порт

№	Год	Месяц												Σ год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	1966	14.8	25.7	34.3	35.1	37.1	49.6	62.1	103.4	51.7	49.6	37.6	30	531
2	1967	15.6	19.7	21.8	28.6	38.3	31.5	49.1	45.5	36.6	71.6	21.9	29.2	409
3	1968	13	17.6	25.3	24.5	27.2	72.8	52.6	70.5	45.1	59.7	25.5	24.7	459
4	1969	11.3	9.4	11.1	37.5	14.7	21.6	65.5	67.2	74.3	45.7	46	18.2	423
5	1970	23.5	16.7	4.8	60.1	29.2	27	53	66.5	137.9	49.9	20.5	29	518
6	1971	23	18	16	23	62	68	46	92	23	52	45	15	483
7	1972	8	13.7	15	40.7	29.8	66.5	55.5	67.3	51.1	44.7	46.6	19.6	459
8	1973	29.4	28.5	14.4	20.2	18.7	24.8	3.2	54.9	38.8	68.9	34.6	36.4	373
9	1974	29.9	28.5	8.4	4.8	27.5	75.3	24.4	59.3	46.1	49.6	53.5	35.5	443
10	1975	16.5	12.4	33.3	39.5	29.3	18.5	31.8	56.6	34	41.8	19.4	30.6	364
11	1976	27	4	20	18	23	109	68	89	82	21	65	48	574
12	1977	24.7	18.9	20	15	50	45	55	103	85	57	45	13	532
13	1978	25	9	18	35	37	13	80	80	68	61	32	30	488
14	1979	24.3	24	4	13	64	23	74	43	43	43.1	28		383
15	1980	23	18	10	34	15	22	8	43	27	43	55	37	335
16	1981	29	16	30	34	52	125	110	118	74	86	39	60	773
17	1982	19	10	20	31	35	70	27	64	30	41	66	23	436
18	1983	39	5	41	26	97	57	50	46	86	69	47	35	598
19	1984	39.9	5.7	44.9	18.5	27.9	20.6	86.7	81.7	19.6	91	25.1	16.5	478
20	1985	15.5	6	16	21.6	39.5	43.4	33.1	54.8	45.7	56.3	23.7	45.7	401

Ж– Исходные данные осадков, метеостанция Кемь-порт (продолжение)

№	Год	Месяц												Σ год
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
21	1986	19.4	5.2	8.9	22.9	40.8	11.7	30.2	67.9	105.2	39	53.5	16.8	422
22	1987	6.2	34.3	10.7	9.8	18	74.6	95.2	65.3	24.6	6.2	19.2	24.5	389
23	1988	11.3	29.5	22.7	47.3	43.8	29.2	51.2	87.1	42.3	27.4	28	52.6	472
24	1989	29.6	21.7	28.4	30	19	18.6	38.7	72.9	87.3	81.4	30.3	37	495
25	1990	42.5	26.1	24	21.9	18.9	57	100	28	21.2	34.7	40.9	32.7	448
26	1991	25.9	11.2	19.9	47.9	57.5	73.3	28.9	31.8	31.9	66.6	50.4	28	473
27	1992	9.8	21.4	33.6	45.8	30.8	24.9	68.7	64.3	64.6	51			415
28	1993	17.5	12	15.1	22	25.1	103.8	55.7	60.3	60.6	33.8	9.2	25.8	441
29	1994	30.8	9.3	25.1	46.7	84.6	55.5	12.2	52.2	110.7	67.2	51.1	27.6	573
30	1995	45.4	23.1	16.1	29.6	59.4	41.6	62.3	75.2	109.6	48.3	53.2	1.7	566
31	1996	7.9	13	7.6	19.9	63.2	54	101.1	15.1	17.2	28.7	48.4	72	448
32	1997	29.9	30.4	37.7	17.8	65.1	58.9	27.6	54.7	47.6	49.9	20.6	9.1	449
33	1998	35.5	34.7	22	10.1	53	91.8	62.8	50.7	62.5	74.2	43.4	21.1	562
34	1999	25.8	15	14.3	20.8	28.8	61	60.2	30.3	24	76.6	36.5	30.3	424
35	2000	36.9	20.5	27.5	21.8	23.8	51.1	44.9	38.6	41.4	46.6	30.3	22.6	406