



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

Кафедра Гидрологии суши

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему **Расчет годового притока
к Хижозерскому водохранилищу**

Исполнитель Сорокоумова Надежда Германовна

Руководитель кандидат географических наук, доцент
Сакович Владимир Михайлович

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

к.г.н., доцент
Сикан Александр Владимирович

«20» *июня* 2017 г.

Санкт-Петербург
2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. Назначение и характеристика гидроузла	4
1.1 Местоположение и целевое назначение водохранилища	4
1.2 Общее описание состава гидроузла и параметры водохранилища	6
2. Характеристика бассейна Хижозерского водохранилища	8
2.1 Физико-географическое описание	8
2.1.1 Рельеф и геологическое строение	9
2.1.2 Климат	11
2.1.3 Почвенный и растительный покровы	17
2.2 Гидрография и гидрологическая изученность	18
2.3 Характеристика гидрологического режима	23
3. Расчет годового притока к водохранилищу	28
3.1 Методика расчета притока	28
3.2 Исходные данные	29
3.3 Расчет значений годового притока	30
3.4 Оценка и учет величины фильтрационных расходов	36
3.5 Восстановление пропусков и удлинение ряда годового притока	40
4. Характеристика годового притока к водохранилищу	44
4.1 Анализ многолетних колебаний и статистической структуры стока	44
4.2 Оценка статистических параметров и расчетных значений годового притока	47
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	49
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	51
ПРИЛОЖЕНИЯ	53

ВВЕДЕНИЕ

Объектом исследования является озеро Хижозеро, перестроенное в начале 30-х годов в резервное водохранилище сезонного регулирования. Водоохранилище Хижозеро расположено в центральной части Республики Карелия и в засушливые годы служит для подпитки водой водораздельного бьефа Беломоро-Балтийского канала. Целью данной бакалаврской работы являлись расчеты годового притока к водохранилищу и характеристика как обязательная часть проектных разработок по созданию Правил использования водных ресурсов.

На водохранилище ведутся наблюдения за уровнем воды в верхнем и нижнем бьефах, а также измеряются расходы отдачи воды через водоспуск [8].

Исходные данные на гидрологическом посту Хижозеро ограничены периодом с 1947 по 2012 и имеют пропуски.

В работе были поставлены и решены задачи по формированию ряда годового притока к водохранилищу, удлинению и восстановлению пропусков, статистической обработке, анализу и определению расчетных величин притока воды к водохранилищу.

В первых двух главах работы дана общая характеристика гидроузла, а также физико-географическое описание бассейна Хижозерского водохранилища.

В третьей главе с использованием метода водного баланса рассчитан объем годового притока воды к водохранилищу. В процессе расчетов для повышения их точности был предложен метод оценки величин фильтрационных расходов воды в нижний бьеф.

В четвертой главе приводятся результаты статистического анализа восстановленного ряда и сделан расчет величин годового притока к Хижозерскому водохранилищу.

1. Назначение и характеристика гидроузла

1.1 Местоположение и целевое назначение водохранилища

Хижозерское водохранилище – одно из двух водохранилищ (второе - Верхнее Волозерское) водораздельного бьефа Беломоро-Балтийского канала. На гидроузле Хижозеро на границе с оз. Салмозеро расположена дамба с водоспуском из документов Беломоро-Онежского бассейнового управления водных путей и судоходства [14].

Основной задачей Хижозерского водохранилища является создание дополнительных запасов воды для обеспечения работы шлюзов, находящихся на выходе из водораздельного водохранилища Нижнее Волозеро и покрытия недостатка воды в маловодные годы [15].

Через водоспуск вода попадает в озеро Салмозеро и дальше протокой соединяется с водораздельным озером Нижнее Волозеро [14].

На рисунке 1.1 представлена водная система Беломоро-Балтийского канала.



Рисунок 1.1 – Схема расположения водохранилищ в системе Беломоро-Балтийского канала

Озеро Нижнее Волозеро (или Волозеро, Воло) – небольшой по площади водоем (около 35.3 км²) с сильно изрезанной береговой линией, множеством островов. Само озеро является зарегулированным водохранилищем, подпор воды в котором на южном онежском склоне создается шлюзом №7, а на северном беломорском склоне шлюзом №8. Озеро Воло находится на 195 км трассы Беломоро-Балтийского канала (от Белого моря) и занимает самое высокое положение на продольном профиле, через Повенчаскую лестницу шлюзов №7-1, представленную на рисунке 1.2, высотой около 70 м, водоток преодолевает расстояние в 10 км и достигает Онежского озера [15].

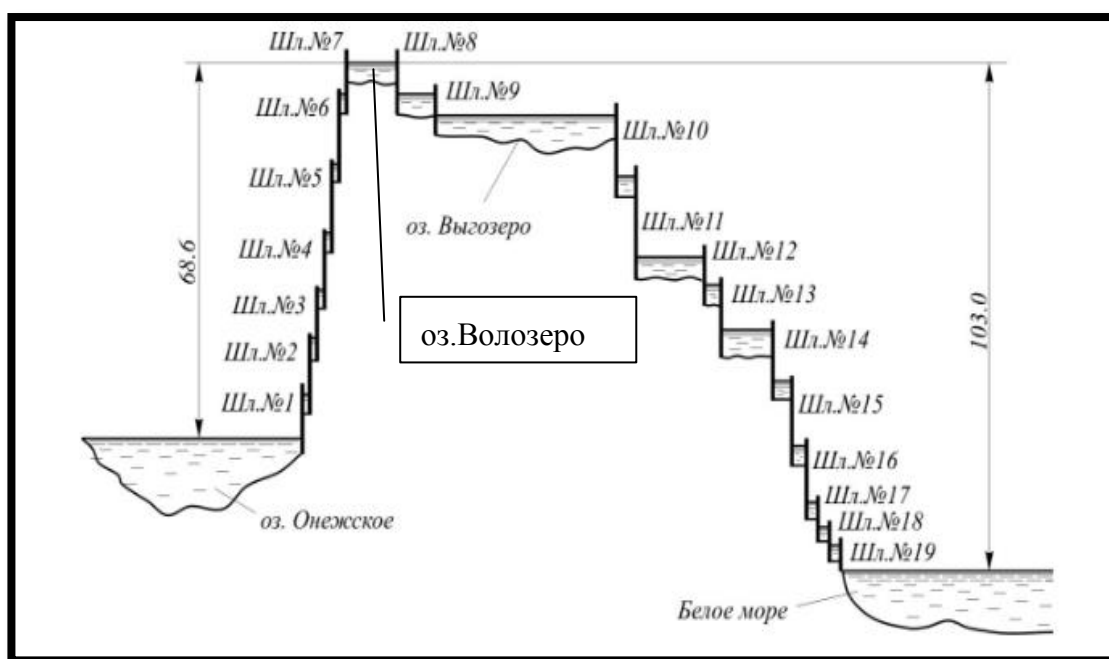


Рисунок 1.2 – Продольный профиль Беломоро-Балтийского канала

Берега водораздельного бьефа преимущественно низкие, местами заболоченные, покрыты смешанным лесом, кое-где встречаются холмистые участки. Острова на озерах имеют отлогие каменистые или песчаные берега, покрытые мелколесьем. Судовой ход на водораздельном бьефе до водораздельного канала частично проходит по прорезям. Минимальная ширина судового хода 60м [9].

1.2 Общее описание состава гидроузла и параметры водохранилища

В строении гидроузла Хижозерского водохранилища входят: дамба №81, водоспуск №141, представленные на рисунке 1.3. Гидроузел относится к III классу гидротехнических сооружений [8].

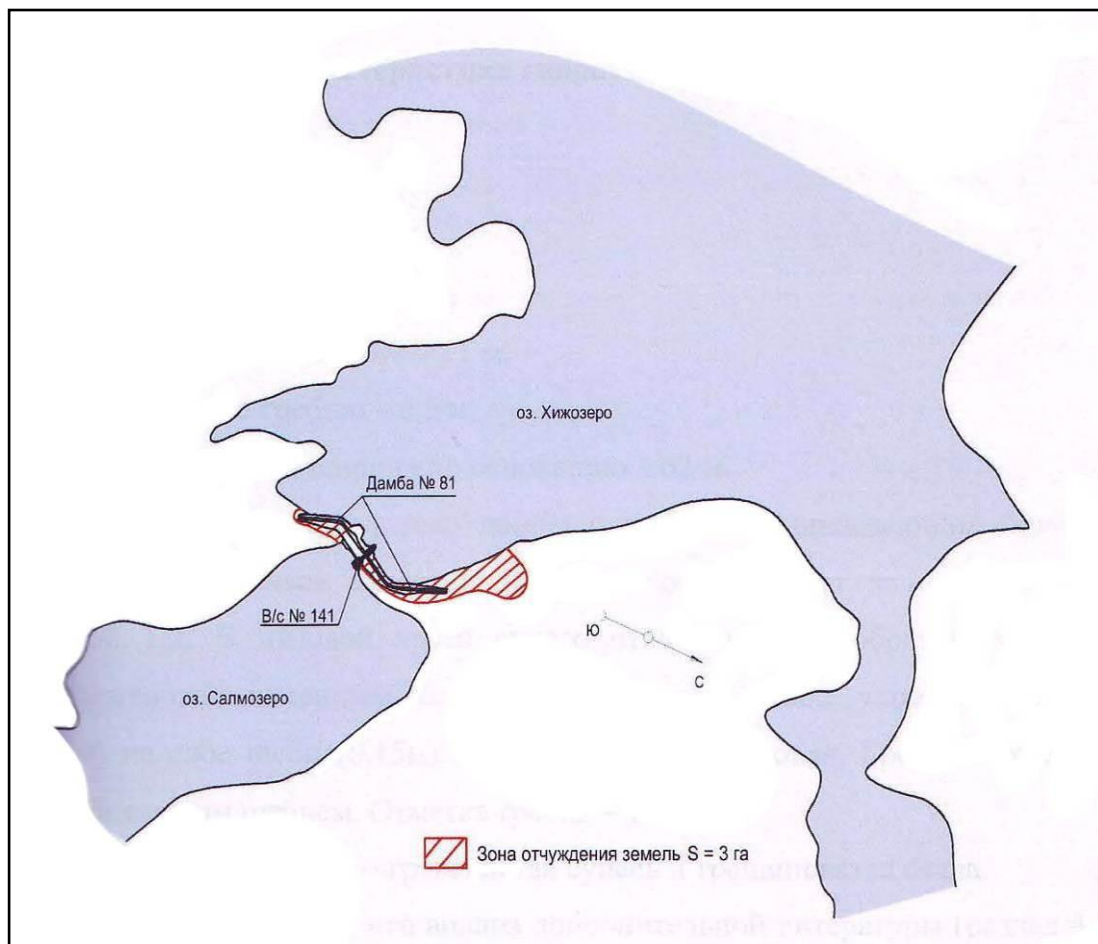


Рисунок 1.3 – Схема Хижозерского водохранилища

Дамба создана для поддержания уровня воды в Хижозерском водохранилище. По типу она является грунтовой ограждающей дамбой, отсыпанной из оплывающих илистых супесей с торфяным экраном [8].

Водоспуск сделан из бетона, имеются два глубинных водопропускных отверстия, расположенных в теле дамбы. Создан для регулирования уровней воды в Хижозерском водохранилище и пополнения водораздельного бьефа. Максимальный напор около 7 м. На водоспуске имеются два глубинных затвора и ремонтный затвор [8].

Гидроузел Хижозерского водохранилища осуществляет подпитку электроэнергии от трансформаторной подстанции мачтового типа, подключенным линиям электропередач от двух независимых источников электроснабжения. Гидроэлектростанция в структуре гидроузла отсутствует [8].

Хижозерское водохранилище по генезису котловины относится к озерному типу ледникового происхождения. Водоохранилище небольшое по объему (при НПУ $89.7 \cdot 10^6 \text{ м}^3$) и площади зеркала, неглубокое (средняя глубина водохранилища около 4.6 м). По степени регулирования стока характеризуется сезонным регулированием. В водохранилище небольшая скорость водообмена (1.07 года) [8]. Основные характеристики гидроузла Хижозерского водохранилища приводятся в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Основные параметры характеристики гидроузла

Характеристика	Единицы измерения	Величина значения
Длина дамбы	м	683
Ширина дамбы	м	6.50
Высота дамбы	м	11.0
Нормальный подпорный уровень (НПУ)	м Бс	114.30
Минимальный зимний уровень	м Бс	111.50
Минимальный допустимый уровень (УМО)	м Бс	110.00
Полная статическая емкость водохранилища при НПУ	млн. м^3	89.7
Размеры водопропускных отверстий	м	2.6x1.0
Максимальная пропускная способность водоспуска	$\text{м}^3/\text{сек}$	38
Средний напор	м	7.10

2. Характеристика бассейна Хижозерского водохранилища

2.1 Физико-географическое описание

Хижозерское водохранилище расположено в Медвежьегорском районе в центральной части Республики Карелия. Принадлежит к центральной провинции, располагающейся на южной окраине северной тайги, в средней агроклиматической зоне Карелии. Географические координаты исследуемого водного объекта $63^{\circ}1'41''$ с.ш., $34^{\circ}43'51''$ в.д. [14].

Местоположение озера – исток протоки без названия №1573. Хижозеро находится почти у самой границы Беломоро-Балтийского водораздела в балтийском бассейновом округе. Входит в состав речного бассейна р. Нева (включая бассейны Онежского и Ладожского озера) и подбассейна р. Свирь (включая бассейны Онежского озера) [16].

На рисунке 2.1 представлена схема расположения водной системы Беломоро-Балтийского канала и указан объект исследования – Хижозерское водохранилище.

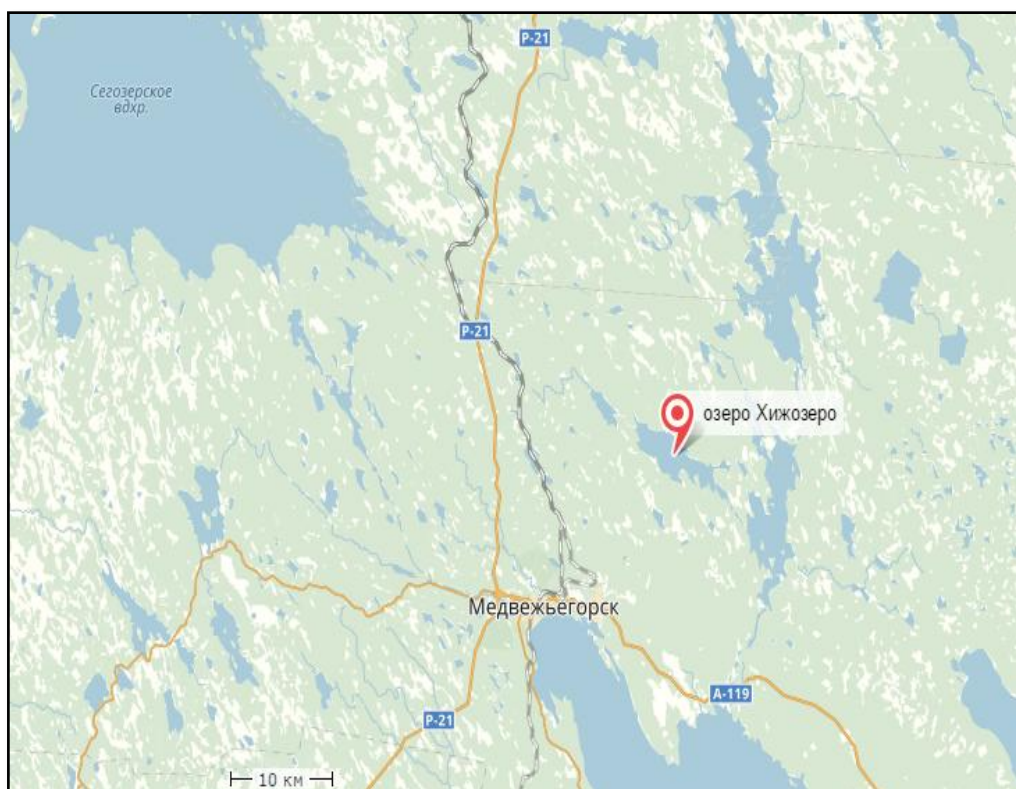


Рисунок 2.1 – Местоположение Хижозерского водохранилища на карте

2.1.1 Рельеф и геологическое строение

В рельефе Карелии присутствует огромное количество живописных озер, создающих характерное своеобразие в ландшафте. Они распространены по всей территории среди скалистых холмов и равнин. В свою очередь в формировании рельефа принимают участие стремительные и порожистые реки. Отличительной чертой природы этого края является выход кристаллических пород фундамента, продолжительной денудацией, к тому же у ледников характерна аккумулятивная деятельность [5].

Рельеф Карелии достаточно плоский. Высотные отметки местности могут колебаться до 250 метров, в частности распространены высоты 100–120 м над уровнем моря. Самые низменные участки находятся у побережья Ладожского и Онежского озер, а также у берегов Белого моря [5].

В северной части Карелии расположен обширный озерный край с озерами денудационно-тектонического происхождения (Пяозеро, Ковдозеро и др.). По высоте местности преобладают отметки 250–280 м, при прохождении с запада на восток отметки уменьшаются до 200 м. В южной части этого района расположена Куйтозерская впадина с отметками 100–120 м, здесь преимущественно водно-ледниковые аккумулятивные формы рельефа [5].

Рельеф на границах водораздельных пространств между Онежским озером и Белым морем, в целом, достаточно спокойный, слабо расчлененный, с несущественно высокими колебаниями относительных высот (за исключением северо-восточной части Онежско-Беломорского водораздела, т.к. здесь протягивается часть кряжа Ветренный пояс с редкими возвышенностями до 200 м) [1].

Небольшая расчлененность рельефа в пределах низменных участков характеризует слабую мощность зоны интенсивного водообмена и при низких уклонах поверхности земли и зеркала грунтовых вод уменьшается динамичность подземного стока, что приводит к резкому изменению его по территории [5].

На рисунке 2.2 представлена схема высотных отметок в пределах исследуемой территории Хижозерского водохранилища.

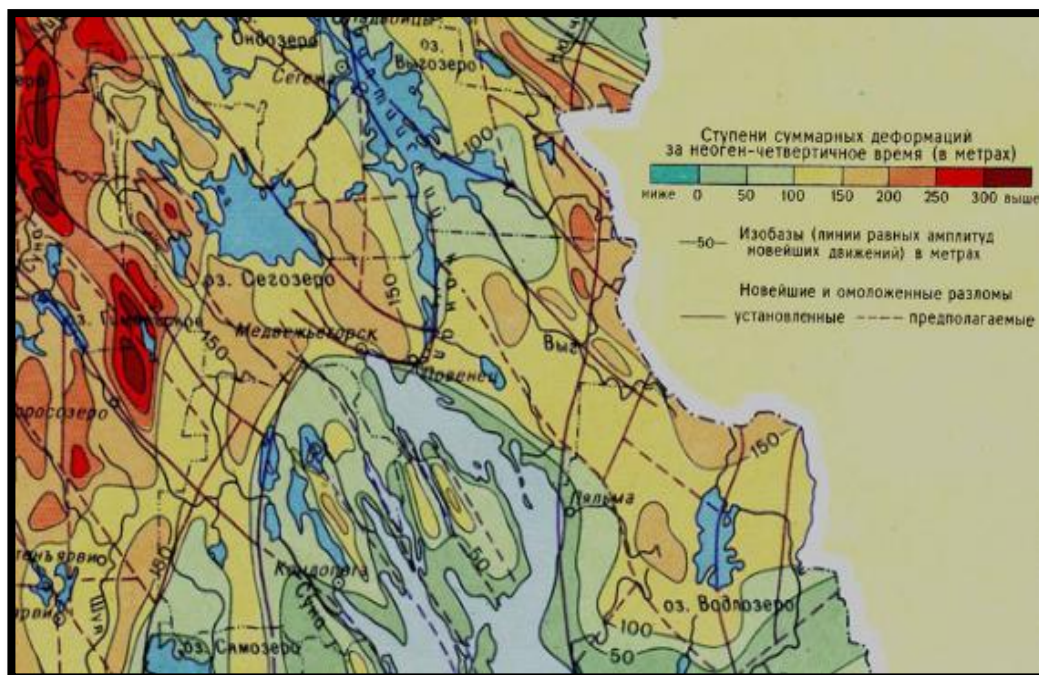


Рисунок 2.2 – Карта рельефа территории Карелии

По геологическому строению территория Карелии является восточной частью Балтийского и Фенноскандинавского кристаллического щита и представляет собой область распространения древнейших кристаллических пород архейско-протерозойского комплекса [1].

В западном и отчасти центральном районе Карелии выделены по структуре архейские и протерозойские образования, представленные изверженными и обломочно-осадочными породами. В свою очередь породы протерозоя распространены к северо-западу от Онежского озера и протягиваются до озер Куйто. В его составе выделяются нижняя, имеющая в составе разнообразные сланцы (измененные эффузивы и туфы), и верхняя подгруппы. Архейские образования сложены гнейсо-гранитами, среди которых наблюдаются узкие полосы сильно метаморфизованного древнего кристаллического сланца. Следующая по возрастному признаку формация архейского времени показана зеленокаменными породами, они и заканчивают весь комплекс пород архея [1].

Протерозойские отложения более разнообразны по своему составу и представлены кварцитами, кристаллическими сланцами, разнообразными песчаниками и мрамором [1].

Хижозерское водохранилище располагается в пределах южной части Балтийского щита, здесь характерны небольшие глубины залегания кристаллического фундамента. Территория водосборного бассейна озера относится к четвертому типу тектонической зоны Карелии – главная синклиновая зона карелид [1].

2.1.2 Климат

Климатические условия республики Карелии достаточно мягкие, нежели в других субъектах страны, имеющих такое же северное положение. Это обуславливается соседством с Белым, Баренцевым и Балтийским морями, равно как и влиянием Онежского и Ладожского озер. Большое воздействие на климат оказывает Северная Атлантика и Арктика. Здесь господствует западно-восточное перемещение воздушных масс. В зимнее время циклоны вызывают оттепели, в летнее – снижение температуры и сильные осадки [6].

Самым холодным месяцем считается январь, хотя здесь температура выше на 10–12 градусов (в январе 2003 года температура опустилась до -36.9 °С, а средняя за месяц составила 16 °С [18]), чем на близлежащих территориях южнее на 10° . Под влиянием крупных озер на их прибрежных территориях происходит понижение весенних и повышение осенних температур. Большая пересеченность рельефа зачастую характеризует температурные инверсии, в связи с этим на примыкающих склонах и возвышенность теплее, чем в котловине [5].

В центральной части и на юге территории зима начинается с первой половины ноября и длится до апреля. Продолжительность зимы в среднем 150 дней. Снежный покров отличается своим неравномерным залеганием по территории с сильно пересеченным рельефом [5].

Под конец апреля дневные температуры воздуха переходят через нуль градусов. В этот же период начинают вскрываться реки, озера – в мае. Май характерен вторжением арктических воздушных масс, приводящих к заморозкам. По количеству осадков май уступает летнему сезону [5].

На рисунке 2.3 представлена климатическая карта республики Карелия, построенная институтом водных проблем Севера КарНЦ РАН по 32 метеостанциям за период 30 лет по средним значениям многолетних температур.

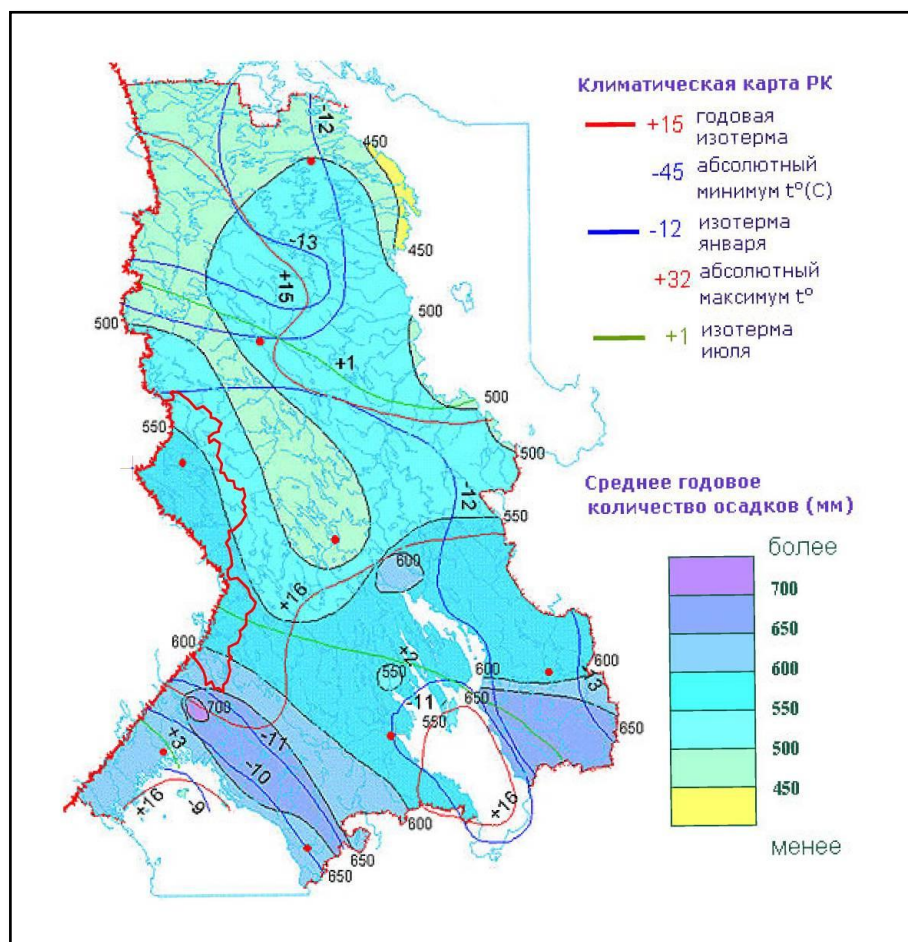


Рисунок 2.3 – Карта климата Карелии

Лето в центральной части территории наступает в начале июня, когда среднесуточная температура переходит через 10 °С. При достаточно длинной продолжительности дня (более 20 часов) и высокому положению солнца лето в Карелии умеренно теплое со среднемесячными температурами до 16 °С. Самые высокие температуры достигают 34 °С, а на водоемах – до 31 °С. Иногда

температура может опускаться до 0 °С, а в некоторых частях территории, имеющих низменное понижение рельефа и ниже 0 °С. Продолжительность лета 3.5 месяца, из которых на безморозный период приходится около 90 дней. Август характерен самым большим количеством осадков, относительная влажность воздуха снижается [5].

Осень наступает с середины сентября. Дни укорачиваются, становится пасмурнее, уменьшается светлая часть суток. Переход к холодному периоду происходит довольно быстро, но по территории похолодание распространяется довольно медленно [1].

Весна продолжительная, но заморозки могут удерживаться до начала июля. Основными особенностями являются нередкие возвращения холодов, а также установление снежного покрова на короткие интервалы [1].

Территория Карелии находится в зоне с избыточным увлажнением, что характеризуется относительной малым притоком тепла и достаточно развитой здесь циклонической деятельностью, ярко себя проявляющей во всех сезонах года [1].

В таблице 2.1 приведена осредненная многолетняя температура воздуха по близлежащей метеостанции Паданы, находящаяся в открытом доступе на сайте всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации [18]. На рисунке 2.4 отображен годовой ход температур.

Таблица 2.1 – Многолетняя среднемесячная температура воздуха на метеостанции Паданы (за период 1961–2015гг.)

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
T °C*	-11.0	-10.5	-5.48	0.39	6.77	12.8	16.1	14.0	9.04	3.06	-2.76	-7.75
*Примечание – температура воздуха в градусах Цельсия												

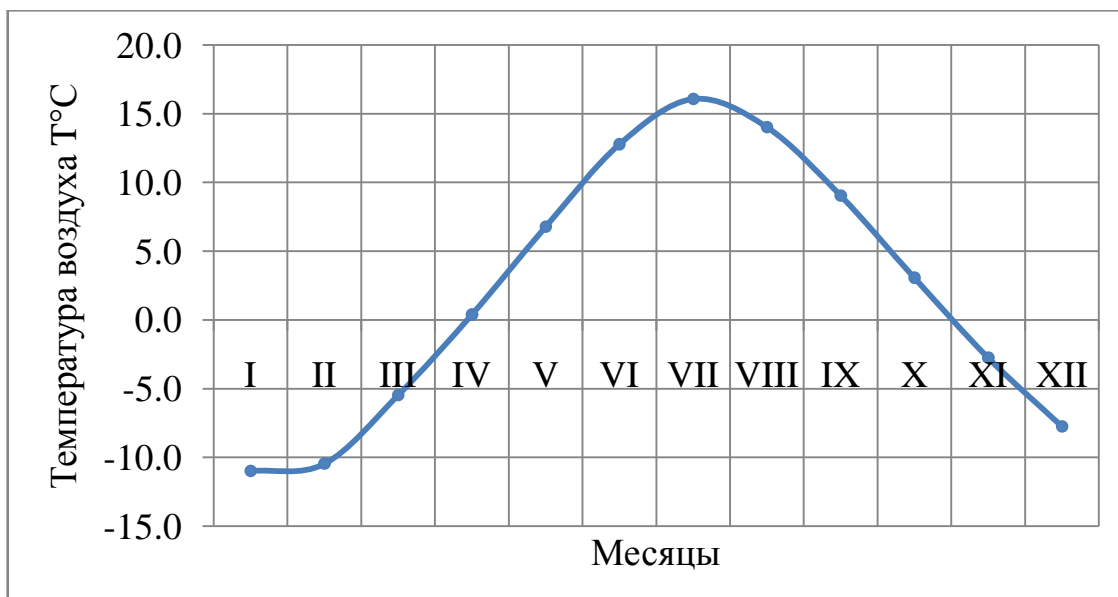


Рисунок 2.4 – Многолетняя среднемесячная температура воздуха по метеостанции Паданы (за период 1966–2015гг.)

В удалении от морей скорость ветра находится в некой зависимости от условий рельефа территории и достигает 4–5 м/сек, что значительно ниже значений 7–8 м/сек на побережьях Кольского полуострова. В сужениях долин присутствуют местные ветры, которые направлены вдоль ущелий и долин. Средняя скорость здесь преимущественно зависит от орографических условий. В годовом ходе присутствует два минимума – летом и зимой, а также два максимума – в переходные сезоны. Максимальная скорость ветра приходится на зимний период [6].

На рисунке 2.5 построена осредненная по многолетним данным [17] роза ветров для метеостанции г.Медвежьегорск (за период 2002–2012гг.). На ней видно характерное преобладание западного и юго-восточного направления ветра в зимний период, имеющее примерно равное процентное соотношение в районе 24%. Также значительное место занимает северо-западный ветер в летний период.

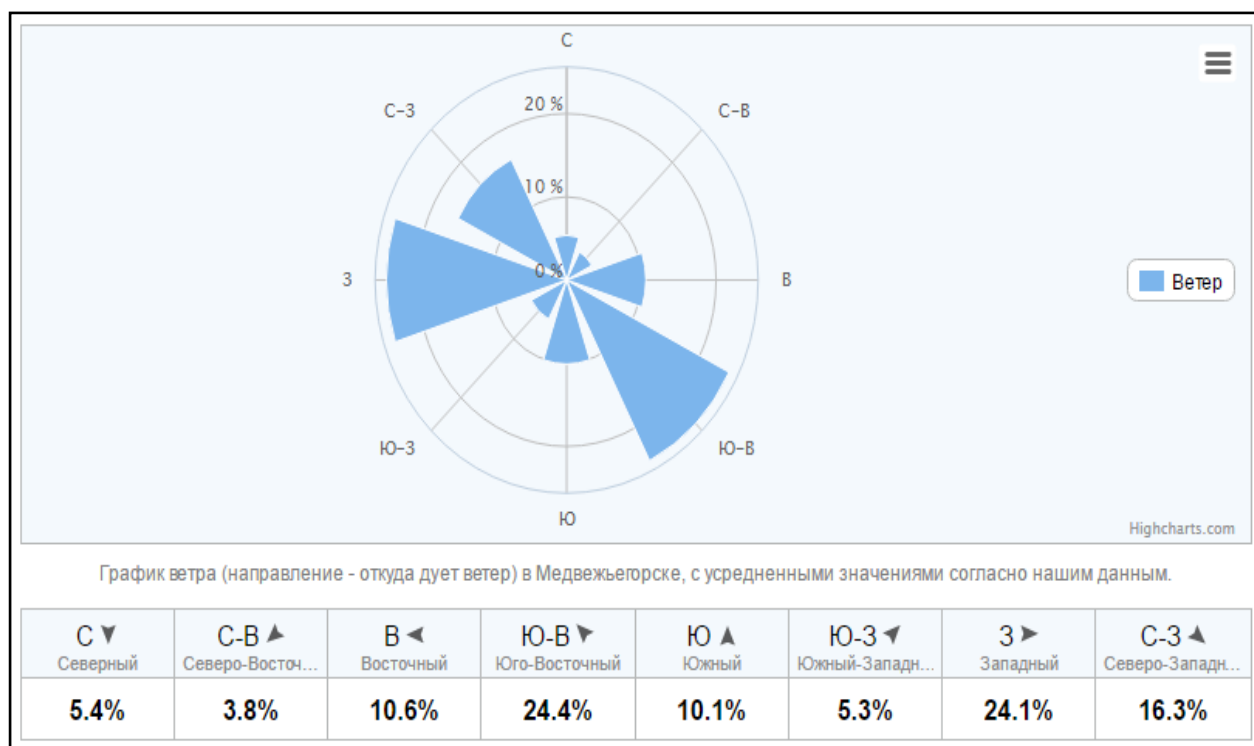


Рисунок 2.5 – Роза ветров по метеостанции г.Медвежьегорск
(за период 2002–2012гг.)

На территории Карелии характерно выпадение осадков в виде обложных дождей. В южном и центральном районах годовая сумма осадков примерно составляет 500–600 мм. Максимальное количество осадков выпадает в летний период, минимальное приходится на зиму. В общей сложности за теплый сезон выпадает от 45 до 75% всех осадков. И как следствие, подземные воды в основном получают питание путем инфильтрации в грунт осадков за теплый период года [6].

Осадки зимой выпадают главным образом в виде снега. Устойчивый снежный покров образуется к началу ноября. Высота его постоянно увеличивается в течение зимы, единственными подвижками служат оттепели при низовых метелях [6].

Максимальные высоты снежного покрова по данным наблюдений прослеживается в конце марта и достигает 60 см и более в отдельные годы. В апреле начинаются радиационные оттепели и снег уплотняется, что способствует уменьшению его высоты до 25 см. На залесенной территории и

при большом количестве болотистых мест снег тает более медленно и сохраняет запасы влаги в почве. В мае происходит окончательный сход снежного покрова [6].

Ввиду низких температур и повышенной (80%) относительной влажности воздуха испарение выпавших осадков незначительно. Отличительной чертой является широтная зональность. В центральной части Карелии на испарение уходит 220–240 мм, а на юге 260–280 мм. Максимальное испарение преимущественно приходится на летние месяцы июнь и июль. В августе увеличивается количество осадков и ослабляется приток солнечного тепла к поверхности. Минимальные значения испарения наблюдаются в зимние месяцы (декабрь – март) [6].

В таблице 2.2 приведены осредненные многолетние сведения [3], [4] по количеству испарения испаромером ГГИ–3000 с водной поверхности на метеостанциях, расположенных вблизи Хижозерского водохранилища. В среднем на территории водохранилища испаряется около 280 мм осадков в год.

Таблица 2.2 – Многолетние осредненные значения испарения с водной поверхности

Годы	Пост	Испарение E, мм						Сумма, мм
		V	VI	VII	VIII	IX	X	
1966-1981	Надвоицы	–	66	65	53	32	11	227
1953-1980	Паданы	–	84	81	64	39	15	283
1954-1980	Кондопога	44	90	85	63	35	14	331

2.1.3 Почвенный и растительный покровы

На территории Карелии преобладают почвы подзолистого типа, развиты глеево-подзолистые и подзолисто-болотные. К почвообразующим породам относятся рыхлые породы четвертичного периода: пески мореных отложений, супеси и суглинки, а также песчано-галечные наносы водно-ледникового происхождения. В почвенной структуре обычно высокое содержание не выветрившихся механических включений [5].

В южных районах Карелии процесс почвообразования при относительно благоприятных условиях достигает глубины 60–85 см, что в несколько раз больше, чем в северной части. На участках, лишенных древесного полога из хвойных пород, выделяются среднеподзолистые, а также дерново-подзолистые почвы, имеющие перегнойно-аккумулятивный (гумусовый) горизонт, мощность которого может достигать до 25 см, а также менее развитые иллювиальные горизонты. Из-за суровости климатических условий, почвы обладают слабым плодородием, и как следствие, появляется разреженность лесов и низкорослость растений [1].

В почвенном покрове региона под еловыми лесами преобладают слабые по мощности супесчаные подзолы, характеризующиеся развитием небольшого слоя полуторфянистой моховой подстилки в 3–5 см мощности, и непосредственно под которой залегает обычно столь же маломощный и часто даже не сплошной белесый подзолистый горизонт [7].

Территория Карелии относится к таежной зоне, где отличительной чертой является лес из хвойных пород (сосны, ели). Основной образующей породой в сосновых лесах считается сосна обыкновенная, произрастающая как на сухих грунтах, так и на избыточно увлажненных. Они делятся на сосняки лишайниковые и сосняки сфагновые. В наземном покрове присутствуют кустарнички: вереск, брусника, черника, голубика. Еловые леса слабо распространены и приурочены к речным долинам, где почвы более богаты минеральными веществами [5].

2.2 Гидрография и гидрологическая изученность

Хижозерское водохранилище (или Хижозеро) – один из важных водных объектов в системе Беломоро-Балтийского канала. По данным ресурсов поверхностных вод площадь зеркала водной поверхности 17.6 км^2 , площадь водосбора с учетом площади зеркала составляет 322 км^2 [2].

Значение в основных гидрологических характеристиках [2] не совпадает с Правилами использования водных ресурсов Хижозера [8]. Была проделана работа по измерению площади водосбора. Для этого на топографической карте [14] масштаба 1:200'000 была проведена линия границы водосбора Хижозера и подсчитаны размеры водосбора.

На рисунке 2.6 приводится соответствующая карта с Хижозером и его водосбором.

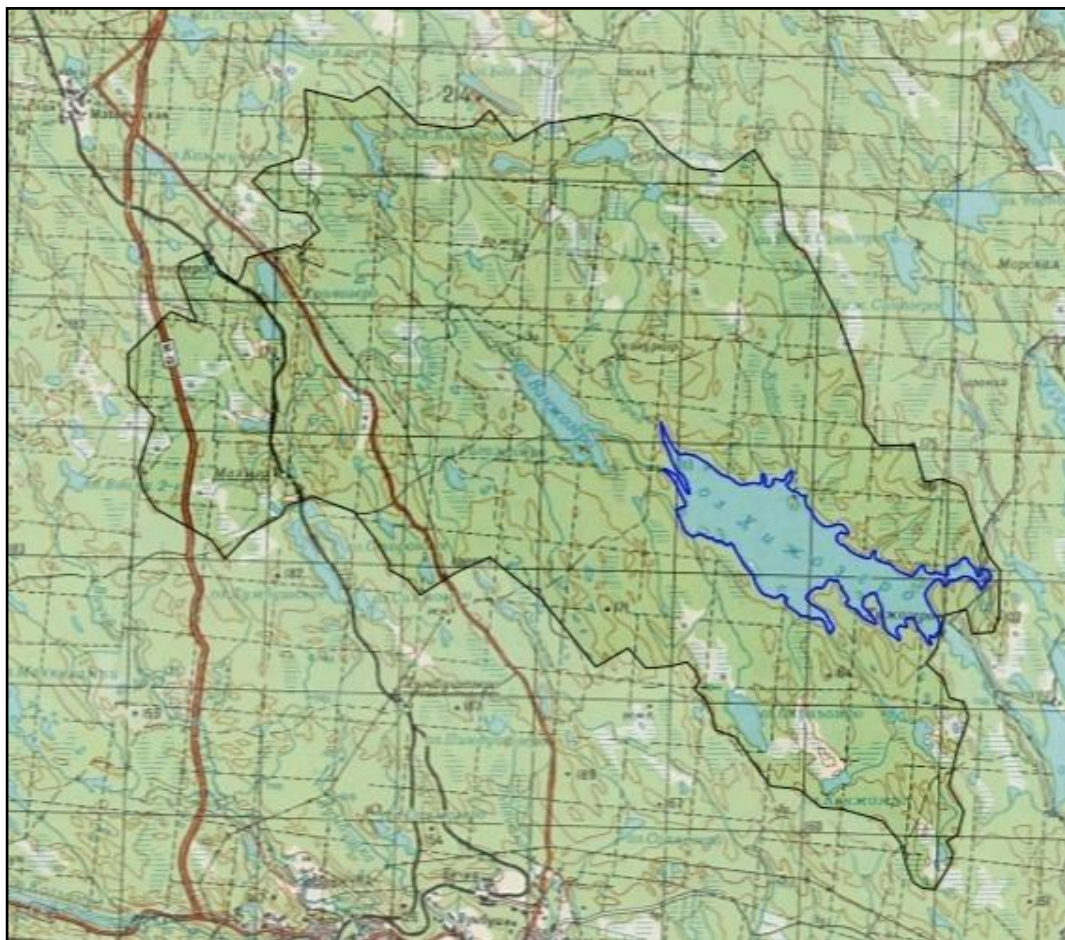


Рисунок 2.6 – Схема водосборной площади Хижозерского водохранилища

По подсчетам программы AutoCAD обведенная область водосбора на карте составила 8127 условных квадратных единиц, с учетом масштаба карты 1 усл. ед. равняется 5 км, в связи с этим 1 усл. кв. ед. равняется 25 км². Расчетное значение составило 325 км² (включая площадь зеркала водной поверхности озера). Полученное значение совпало с Правилами использования водных ресурсов Хижозерского водохранилища [8].

В Хижозерское водохранилище впадает 11 малых рек и ручьев. Главными притоками являются реки: р.Карбозерка, р.Корбас, р.Ванжозерка (включая водосбор оз.Ванжозеро) и р.Окуньручей, они представлены на рисунке 2.7. С использованием картографической основы [14] в программе AutoCAD были проведены границы и высчитаны размеры водосборов рек, а также территории, занятые озерами (9%) и болотами (13%) от всей площади водосбора Хижозера. Данные о площади водосборов рек представлены в таблице 2.3.



Рисунок 2.7 – Схема расположения притоков Хижозерского водохранилища

Таблица 2.3 – Водосборные площади притоков

Название водотока	Площадь водосбора, км ²
р.Окуньручей	14.4
р.Корбас	10.4
р.Карбозерка	25.6
р.Ванжозерка	157

Как видно из таблицы 2.1 главным притоком является р.Ванжозерка, на долю бассейна Хижозера она составляет 48.3% всей водосборной площади. Остальные реки и ручьи имеют очень небольшие значения площади водосборов, что указывает на то, что в водном питании Хижозерского водохранилища большую роль играет склоновый сток и сток по мелкоручейковой сети из болот, расположенных на водосборе.

Хижозеро является зарегулированным водным объектом. Учет стока воды из Хижозера ведется на водоспуске. В верхнем бьефе, непосредственно перед опорной дамбой водохранилища, находится пост, с имеющимися наблюдениями за уровнями воды. Данные о стоке впадающих притоков в Хижозеро отсутствуют. В целом окружающая территория является малоизученной в гидрологическом отношении. В расчетах, проведенных в работе, использованы данные по изменению значения уровня воды и стока из Хижозера на действующем посту Хижозеро.

Схемы расположения ближайших гидрологических и метеорологических постов представлены на рисунках 2.8 и 2.9. Основные сведения о метеорологических постах представлены в таблице 2.4, по речным и озерным постам информация вынесена в приложение 1, приложение 2 [2].

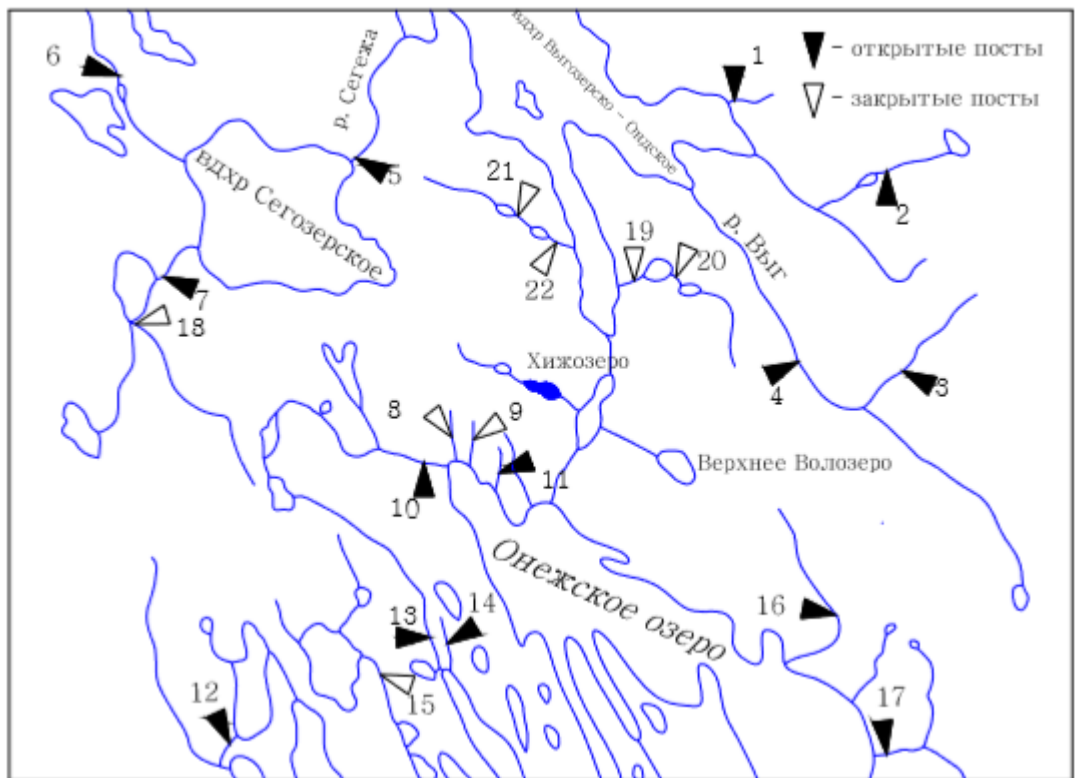


Рисунок 2.8 – Схема расположения речных постов вблизи оз.Хижозера

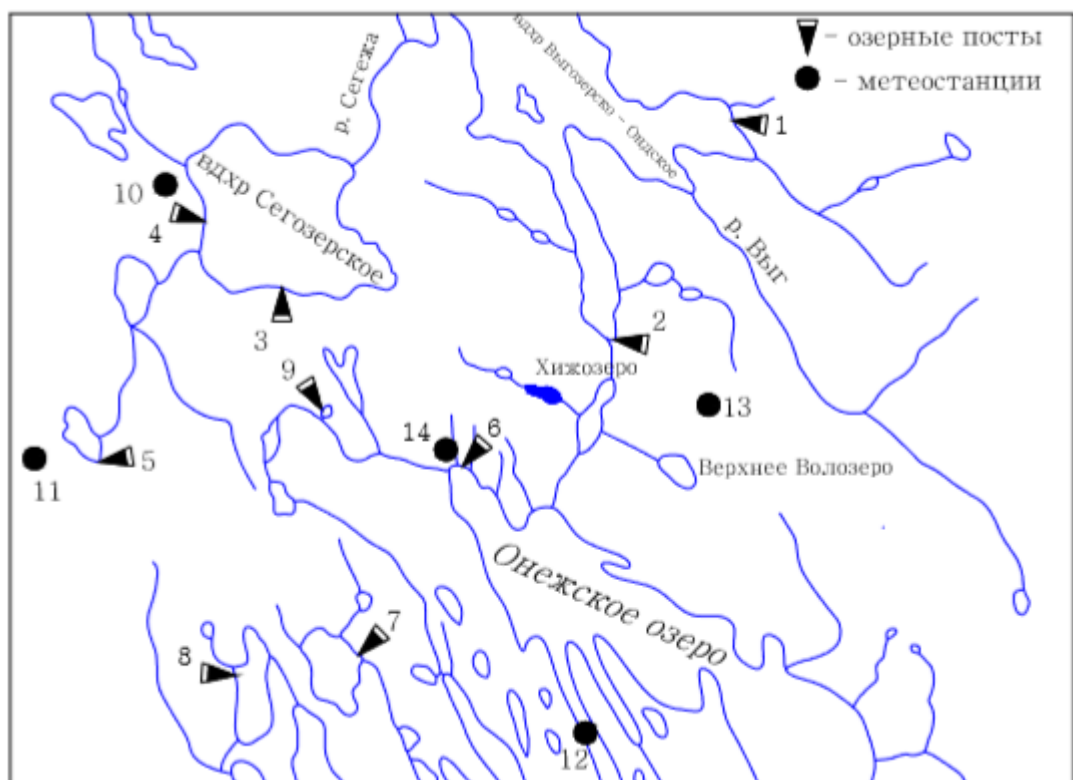


Рисунок 2.9 – Схема расположения озерных постов и метеостанций вблизи оз.Хижозера

Таблица 2.4 – Сведения по метеорологическим станциям

Номер на карте	Название поста	Код поста	Период действия		Область (республика), УГМС
			открыт	закрит	
10	Паданы	22619	1888	действ.	Карельская АССР, Северо-Западное УГМС
11	Поросозеро	22710	1893	действ.	Карельская АССР, Северо-Западное УГМС
12	Кондопога	22727	03.1925	действ.	Карельская АССР, Северо-Западное УГМС
13	Данилово	22723	1892	действ.	Карельская АССР, Северо-Западное УГМС
14	Медвежьегорск	22721	09.1924	действ.	Карельская АССР, Северо-Западное УГМС

Гидрографическая сеть исследуемого района Карелии представлена в основном короткими речками и протоками, соединяющиеся с многочисленными озерами и создающие целые озерные системы. Повышенная густота речной сети зачастую обуславливается избыточным увлажнением данной местности (выпадение осадков над территорией достигает в среднем 600–650 мм в год) и рельефом с небольшими возвышенности и грядами на водосборах рек [1].

По направлению на территории гидрографическая сеть зависит от её геоморфологического строения. Почти все крупные речные и озерные котловины приурочены к тектоническим рвам, мелкие же образовались в период таяния ледников [1].

По геологическому возрасту реки в Карелии очень молодые и этим характеризуется слабая врезанность их долины [1].

При рассмотрении карт выделяется близкое расположение истоков соседних рек, что в условиях сглаженных водоразделов благоприятствуют перетоку воды в соседние бассейны в период весеннего половодья [1].

Продольный профиль рек имеет ступенчатый характер горных рек и представлен рядом порожистых участков, чередующихся плесами (зачастую это озеровидные расширения и озера). Для них типично наличие водопадов, что создает хорошие условия для энергетического использования рек [1].

В особенностях строения гидрографической сети Карелии главенствует рельеф. Основное направление рек с северо-запада на юго-восток, подчиняясь основным тектоническим разломам, такую же ориентацию имеет большая часть озер. Реки, имеющие более крупные размеры, текут в меридиональном направлении [1].

2.3 Характеристика гидрологического режима

Реки при достаточно малой длине имеют большие площади водосборов за счет большой озерности, которая обуславливает как общий облик водосбора, так и особый гидрологический режим [1].

В основу районирования легла озерность водосборов рек, и как следствие, границы районов показывают распределение озер по территории. Так от района к району проходит прямолинейная зависимость долей стока (в процентах от года) и средней озерности рек в рассматриваемом регионе [1].

Территория Карелии по типам внутригодового распределения стока средних и малых рек разделена на три района:

- северный озерный край,
- центральный район,
- юго-восточный район.

Хижозерское водохранилище относится к центральному району, охватывающему больше половины территории Карелии. На долю весеннего стока приходится около 35–50% годового, иногда уравнивается до 40–44%, что характерно для снегового питания. В лимитирующем периоде водность летне-осеннего сезона колеблется от 30 до 50%, а водность лимитирующего сезона

(зима) изменяется в пределах 12–20% от года [1]. Среднее распределение стока по сезонам представлено на рисунке 2.10.

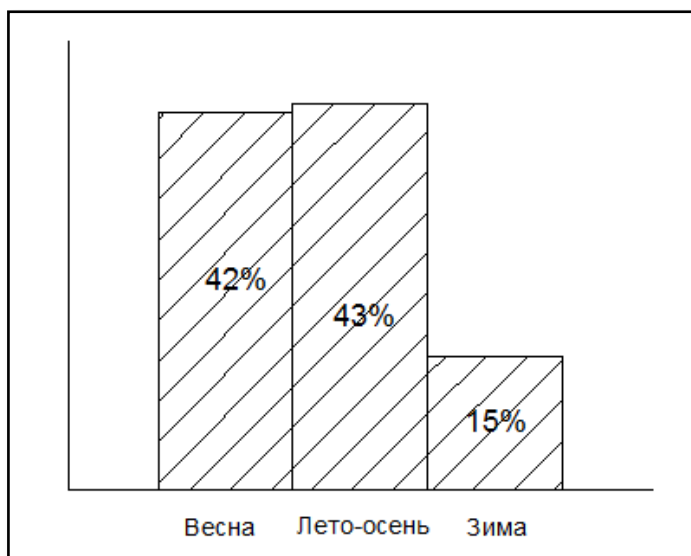


Рисунок 2.10 – Гистограмма внутригодового распределения для центрального района Карелии

Озера на водосборах рек в среднем занимают 10%, максимальная озерность не превышает 18%. Это типичный характер распределения внутригодового стока рек Карелии [1].

Для примера в таблице 2.5 взяты реки-аналоги вблизи Хижозерского водохранилища, имеющие схожие гидрологические характеристики. Исходными данными, представленными в таблице 2.6, являются среднемесячные расходы воды за период 1971–1980 гг., взятые в районах бассейна рек западного побережья Белого моря [3] и бассейна онежского озера [4]. В расчетах используется водохозяйственная разрезка года. На рисунке 2.11 построены типовые гидрографы по данным рек-аналогов, показывающее характерное одинаковое внутригодовое распределения. Тогда были рассчитаны средние многолетние значения сумм расходов воды за данный интервал по сезонам: весна, лето-осень, зима и занесены в таблицу 2.7. На рисунке 2.12 представлены полученные результаты в виде гистограммы. При сравнении её с рисунком 2.10 из ресурсов поверхностных вод СССР видно, что граница

районирования требует корректировки и должна быть смещена южнее к Онежскому озеру.

Таблица 2.5 – Гидрологические характеристики рек

Название реки – пост	Заболоченность, %	Озерность, %	Лесистость, %
р. Вичка - свх. Вичка	8	3	89
р. Кумса - г. Медвежьегорск	7	9	84
р.Лужма - д.Ильина Гора	12	11	72

Таблица 2.6 – Осредненные расходы воды рек-аналогов (за период 1971–1980гг.)

Месяцы	Расходы воды Q, м ³ /с		
	р. Вичка - свх. Вичка	р. Кумса - г. Медвежьегорск	р.Лужма - д.Ильина Гора
IV	1.41	4.72	20.3
V	4.70	19.53	64.1
VI	1.44	10.9	63.5
VII	0.72	5.67	41.7
VIII	0.70	3.79	29.6
IX	1.21	4.59	32.6
X	1.36	5.99	39.7
XI	1.41	7.62	40.0
XII	0.96	6.03	28.3
I	0.60	4.21	31.8
II	0.50	2.70	24.0
III	0.47	2.24	19.3

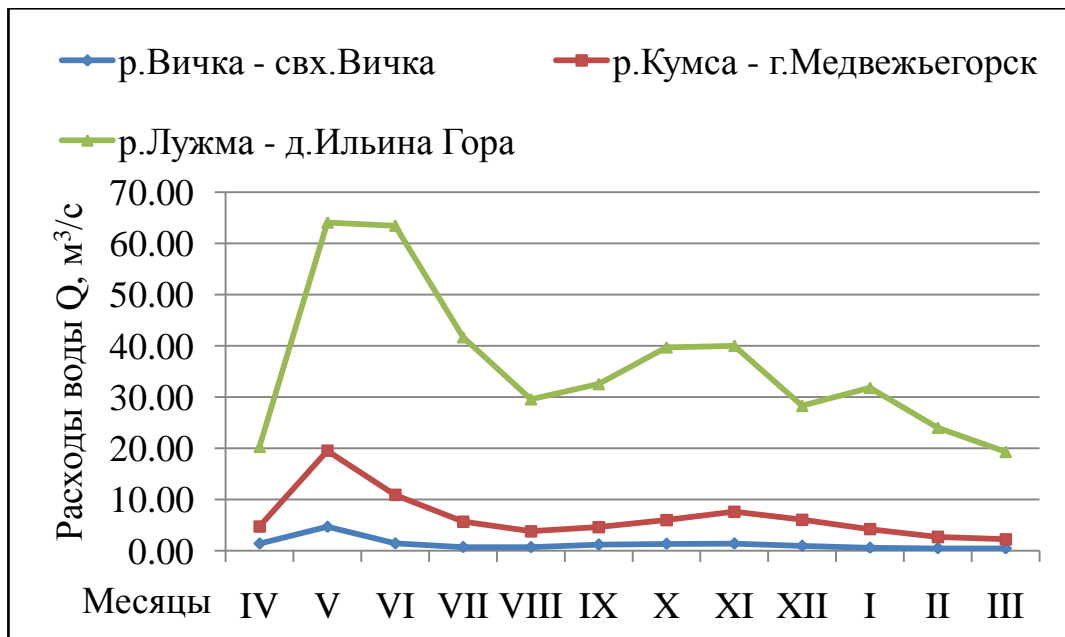


Рисунок 2.11 – Гидрографы внутригодового распределения стока

Таблица 2.7 – Внутригодовое распределение, осредненное по району

Номер поста на схеме	Название реки - пост	Расходы воды Q, м³/с		
		Весна	Лето-осень	Зима
8	р.Вичка - свх.Вичка	49	35	16
10	р.Кумса - г.Медвежьегорск	45	35	19
7	р.Лужма - д.Ильина Гора	34	42	24
Среднее значение		43	37	20

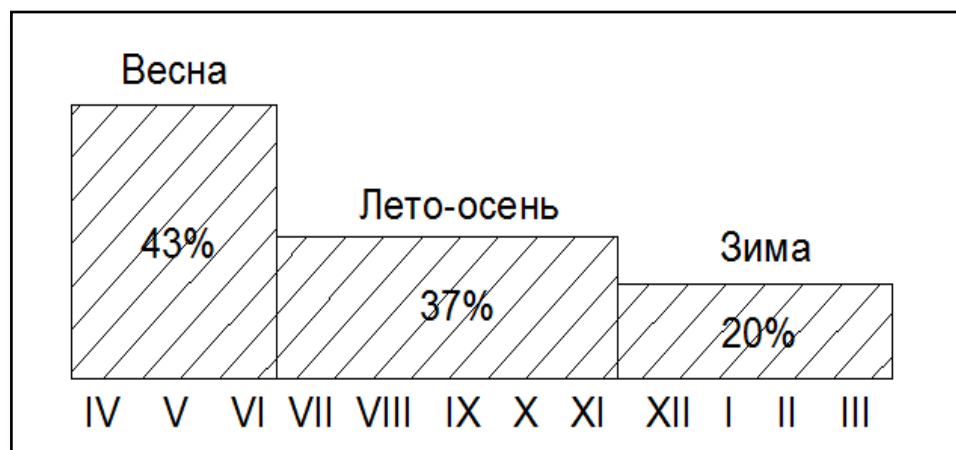


Рисунок 2.12 – Внутригодовое распределение стока (в % от годового)

Реки, берущие начало из больших и средних озер, выделяются в отдельную группу. Для них характерна большая величина коэффициента зарегулированности стока внутри года. Границы весеннего половодья здесь задаются условно и обобщаются для района с имеющимся там пунктом наблюдения. Поэтому доля, приходящаяся на весенний сток, занижается и входит летне-осенний сезон, за счет чего он считается самым многоводным в году. Зимний сезон остается фактическим (около 25% годового стока) [1].

На большей части рек летняя межень нарушается дождевыми паводками. Поэтому она ярко выражена только на реках с небольшим процентом озерности (до 5%). В некоторые годы подъемы уровней от дождей приравниваются к максимальным значениям за период половодья. Реки, имеющие лесосплавные плотины, характеризуются естественным ходом уровней воды в летний период даже на спаде половодья [1].

В конце сентября начинается осенне-зимний период с подъемом уровней от дождей и превышением летней межени до 1 м. На реках характерны зазоры, и в некоторые годы возможно превышение уровней весеннего половодья. В осенне-зимний период на участках рек вблизи истоков из озер изымается сток на ледообразование [1].

При зимней межени идет медленное понижение уровней за счет иссякания стока, наименьшие значения в году обычно в конце марта. При появлении оттепелей происходит нарушение плавного хода уровней. Длительность летней межени обычно 130-150 дней [1].

Амплитуда колебаний уровня воды за год зависит от размеров рек: на больших 3–5 м, на малых до 1–2 м [1].

В рассматриваемом районе у рек преимущественно смешанное питание. Но главным фактором, существенно влияющим на формирование речного стока, являются подземные воды. Развитая речная сеть повышает подземный сток в зоне (её мощность определяется за счет дренирующей способности рек) интенсивного водообмена и в более глубоких напорных водоносных комплексах [1].

3. Расчет годового притока к водохранилищу

3.1 Методика расчета притока

Для расчета величин годового притока использовалось уравнение водного баланса [10]:

$$W_{\text{прит}} - W_{\text{отд}} = \pm \Delta V \quad (3.1)$$

где, $W_{\text{прит}}$ – объем притока воды к водохранилищу, м^3 ;

$W_{\text{отд}}$ – объем отдачи воды из гидроузла водохранилища, м^3 ;

ΔV – объем положительной (накопление) или отрицательной (сработка) аккумуляции, м^3 .

Объем притока за год определялся по формуле [10]:

$$W_{\text{прит} \Delta t} = (V_{\text{к}} - V_{\text{н}}) + W_{\text{отд} \Delta t} \quad (3.2)$$

где, $V_{\text{к}}$ и $V_{\text{н}}$ – сработка водохранилища на конец и начало года, м^3 ;

$W_{\text{отд} \Delta t}$ – объем отдачи воды через водоспуск за год, м^3 .

Для водохозяйственного года объем отдачи воды через водоспуск рассчитывался по следующей формуле [10]:

$$W_{\text{отд} \Delta t} = Q_{\text{IV}}^{\text{отд}} \cdot \Delta t_{\text{IV}} + Q_{\text{V}}^{\text{отд}} \cdot \Delta t_{\text{V}} + \dots + Q_{\text{III}}^{\text{отд}} \cdot \Delta t_{\text{III}} \quad (3.3)$$

где, $Q_{\text{IV}}^{\text{отд}}$, $Q_{\text{V}}^{\text{отд}}$, $Q_{\text{III}}^{\text{отд}}$ – среднемесячные расходы воды, $\text{м}^3/\text{с}$;

Δt_{IV} , Δt_{V} , Δt_{III} – число секунд в месяц, с.

Объем притока переведен в расход по формуле [10]:

$$Q_{\text{прит} \Delta t} = Q_{\text{ст} \Delta t} \pm \Delta V / \Delta t_{\text{г}} \quad (3.4)$$

где, $Q_{ст}$ – расходы отдачи воды, измеряющиеся на водоспуске, $м^3/с$;
 $\Delta t_{г}$ – число секунд в году, с.

3.2 Исходные данные

1) Среднемесячные расходы Хижозерского водохранилища через водоспуск (приложение 3) [8];

2) Уровни воды в верхнем бьефе Хижозерского водохранилища на конец расчетного интервала (приложение 4) [8], представленные на рисунке 3.1;

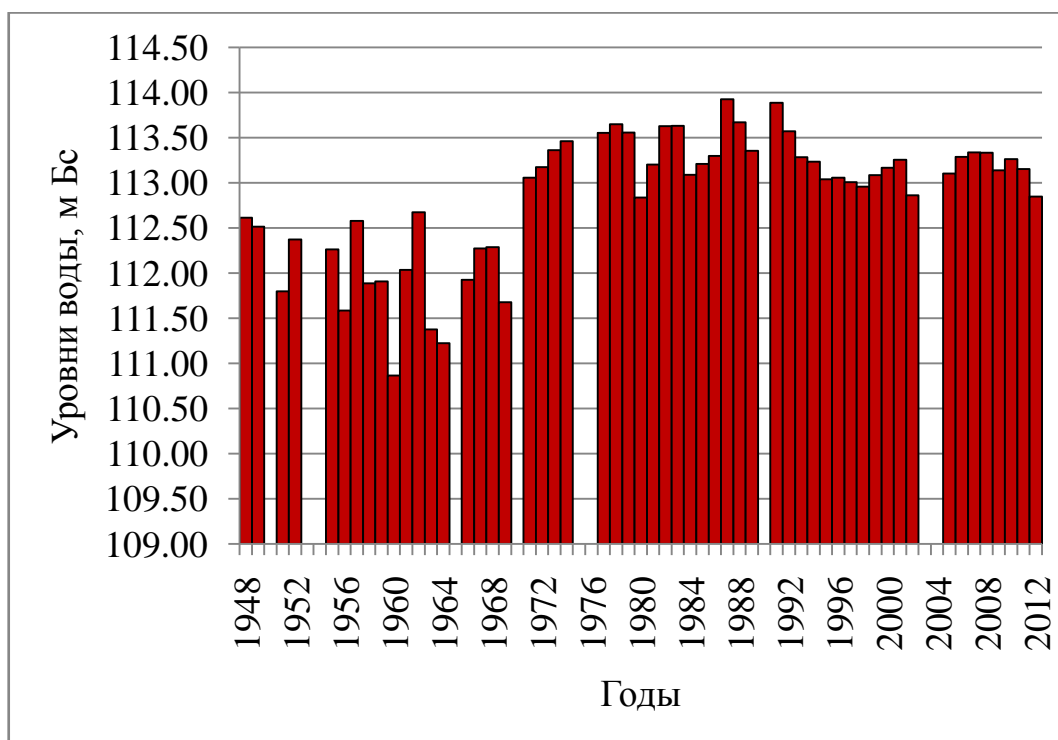


Рисунок 3.1 – Среднегодовые уровни воды в верхнем бьефе

3) Объемная кривая [8], представленная на рисунке 3.2;

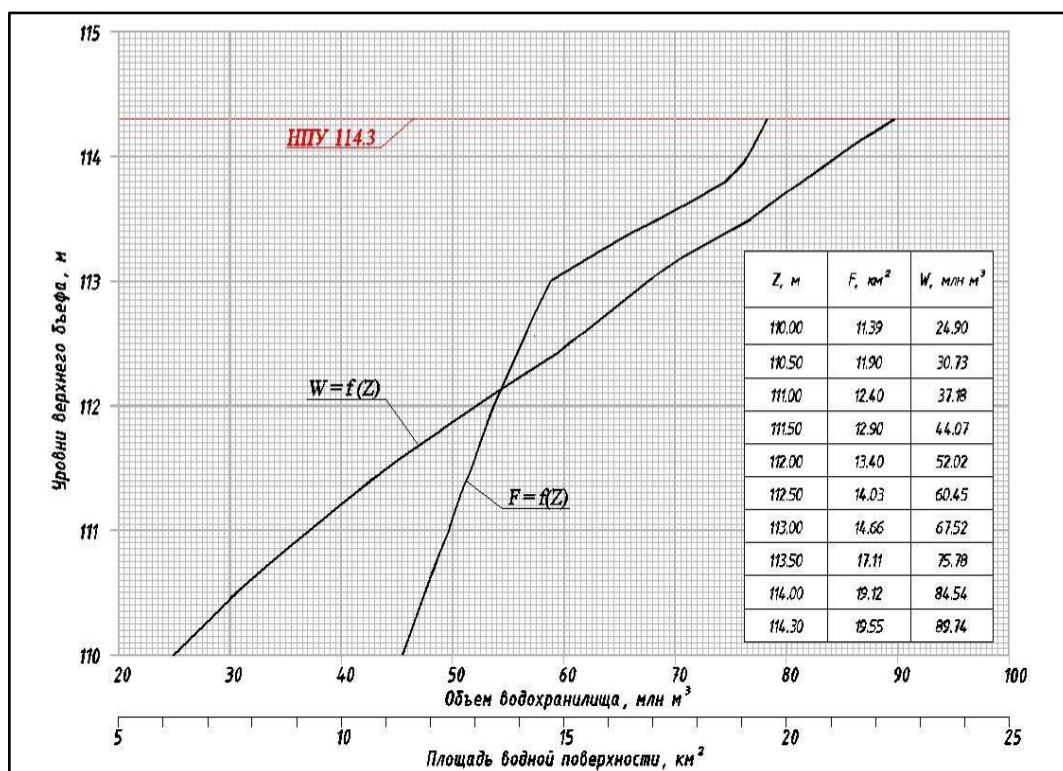


Рисунок 3.2 – Объемная кривая

3.3 Расчет значений годового притока

По формуле (3.2) уравнения водного баланса были рассчитаны и занесены в таблицу 3.3 объемы притока за период с 1947 по 2012 год. На рисунке 3.3 показан хронологический график, отражающий многолетние колебания.

Таблица 3.3 – Объем годового притока к Хижозерскому водохранилищу

Год	W _{отд} , млн. м ³	ΔV, млн. м ³	W _{прит} , млн. м ³	Год	W _{отд} , млн. м ³	ΔV, млн. м ³	W _{прит} , млн. м ³
1947	–	–	–	1980	58.4	-3.87	54.5
1948	77.1	1.12	78.2	1981	111	13.2	124
1949	120	2.51	123	1982	92.5	1.40	93.9
1950	115	-23.9	90.8	1983	81.5	6.44	87.9
1951	–	26.7	–	1984	91.9	-2.77	89.2

Продолжение таблицы 3.3

Год	W _{отд} , млн. м ³	ΔV, млн. м ³	W _{прит} , млн. м ³	Год	W _{отд} , млн. м ³	ΔV, млн. м ³	W _{прит} , млн. м ³
1952	–	-31.3	–	1985	69.6	-26.6	43.0
1953	199	–	–	1986	61.5	39.4	101
1954	74.6	–	–	1987	118	-5.38	113
1955	150	–	–	1988	–	-18.6	–
1956	59.2	16.6	75.8	1989	70.1	9.34	79.8
1957	129	-4.44	124	1990	–	–	–
1958	25.0	6.8	31.8	1991	114	–	–
1959	18.9	-4.73	14.1	1992	113	-11.0	102
1960	28.5	-18.5	9.96	1993	–	-4.79	–
1961	87.2	26.3	113	1994	–	-2.07	–
1962	164	-8.18	156	1995	127	1.38	129
1963	14.8	-4.59	10.2	1996	–	-5.01	–
1964	17.2	-1.89	15.3	1997	–	-1.39	–
1965	32.7	24.0	56.7	1998	–	2.08	–
1966	123	-30.0	93.0	1999	–	9.80	–
1967	19.1	39.5	58.6	2000	–	0.85	–
1968	141	-34.3	106	2001	–	-10.3	–
1969	88.0	18.6	107	2002	–	-0.69	–
1970	88.1	9.71	97.8	2003	–	8.87	–
1971	98.7	9.54	108	2004	–	-	–
1972	66.5	2.73	69.2	2005	–	-	–
1973	65.8	-18.7	47.1	2006	–	25.0	–
1974	85.9	26.8	112	2007	–	-22.5	–
1975	76.7	-2.09	74.6	2008	–	15.5	–
1976	108	-20.8	86.8	2009	–	-6.15	–
1977	97.7	19.4	117	2010	–	-12.1	–
1978	102	-4.58	97.3	2011	–	1.04	–
1979	112	-15.2	96.7	2012	–	2.41	–

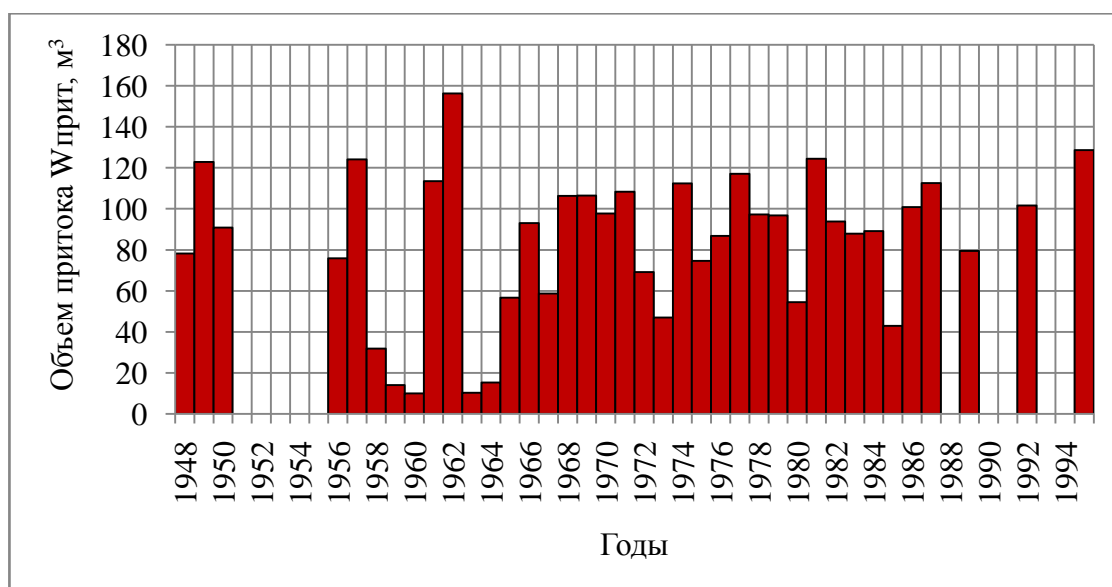


Рисунок 3.3 – Хронологический график объема притока воды (за период 1948–1995гг.)

На графике выделяется ряд лет (1958,1959,1960,1963,1964,1980,1985) с очень низкими значениями объемов притока. Необходимо оценить надежность полученных величин и выявить причины занижения.

Для этого в исследуемом районе Хижозерского водохранилища подобраны реки-аналоги: р.Уница, р.Вичка, р.Кумса. В таблице 3.4 представлены сравнительные данные по рекам со схожими гидрологическими характеристиками [2]. На рисунке 3.4 приведен график продолжительности периодов наблюдений на оз. Хижозеро и река-аналогах.

Таблица 3.4 – Данные по рекам-аналогам

Водный объект	$F_{\text{водосб}}, \text{ км}^2$	$f_{\text{бол}}, \%$	$f_{\text{оз}}, \%$
оз.Хижозеро	325	13	9
р.Уница	340	10	3
р.Вичка	120	8	3
р.Кумса	735	7	9

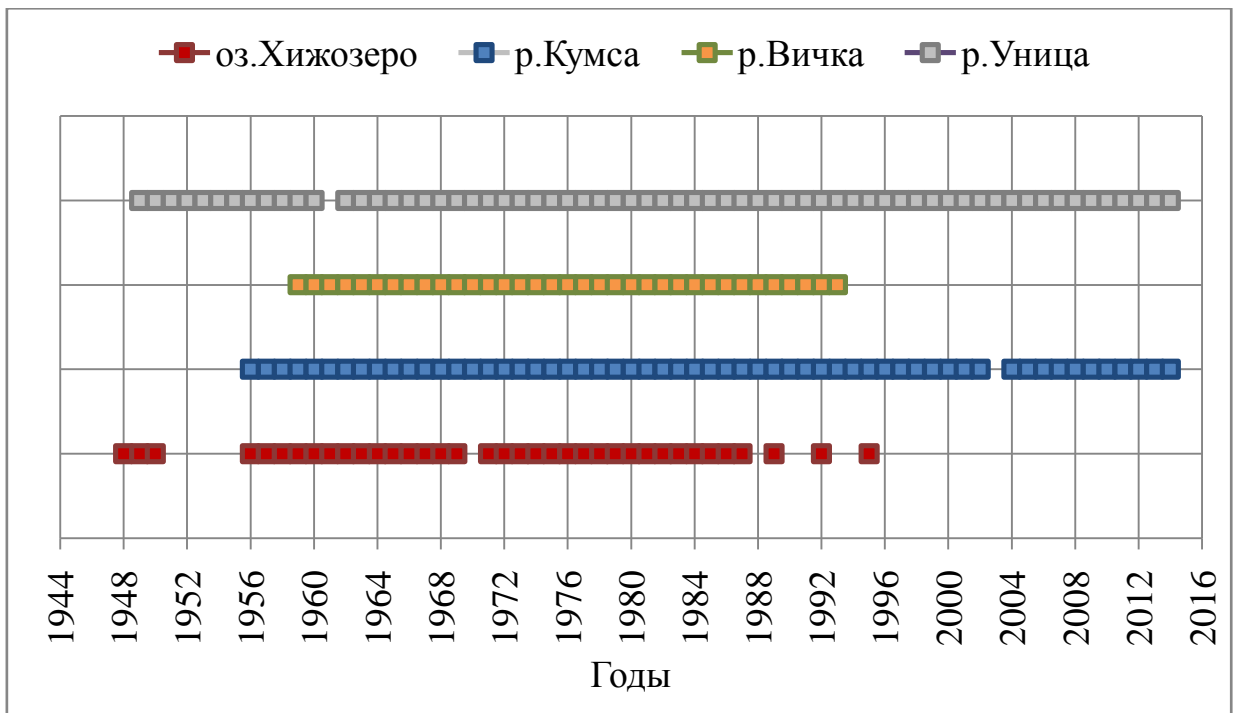


Рисунок 3.4 – График продолжительности наблюдений за среднегодовыми расходами воды

Для расчетов выбрана р.Уница и по данным о среднегодовых расходах воды на рисунке 3.5 построен хронологический график для проверки синхронности с оз.Хижозеро и график связи за совместный период, изображенный на рисунке 3.6.

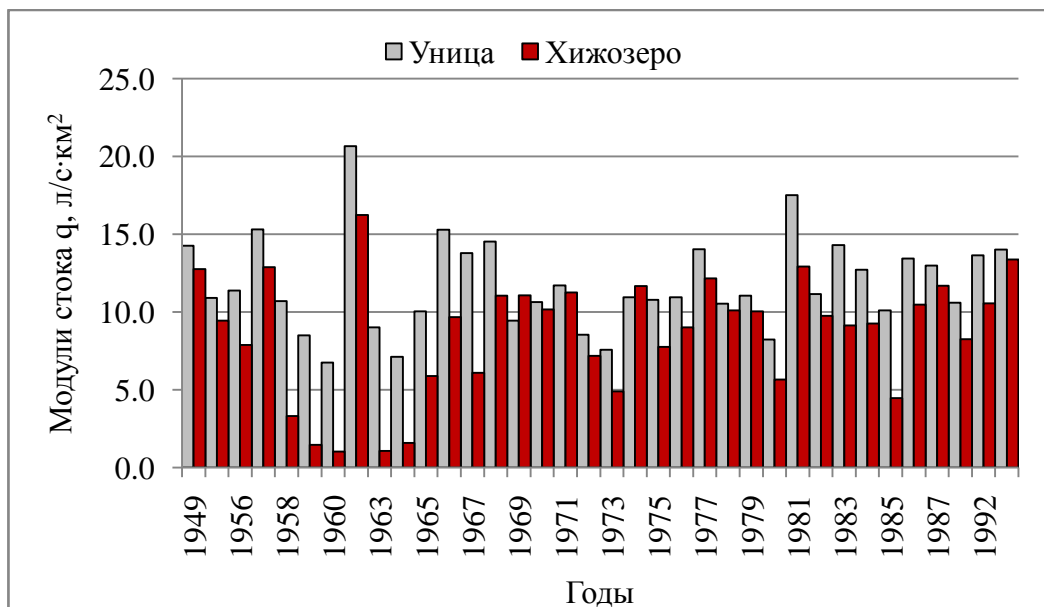


Рисунок 3.5 – Хронологический график модулей стока (за период 1949–1995 гг.)

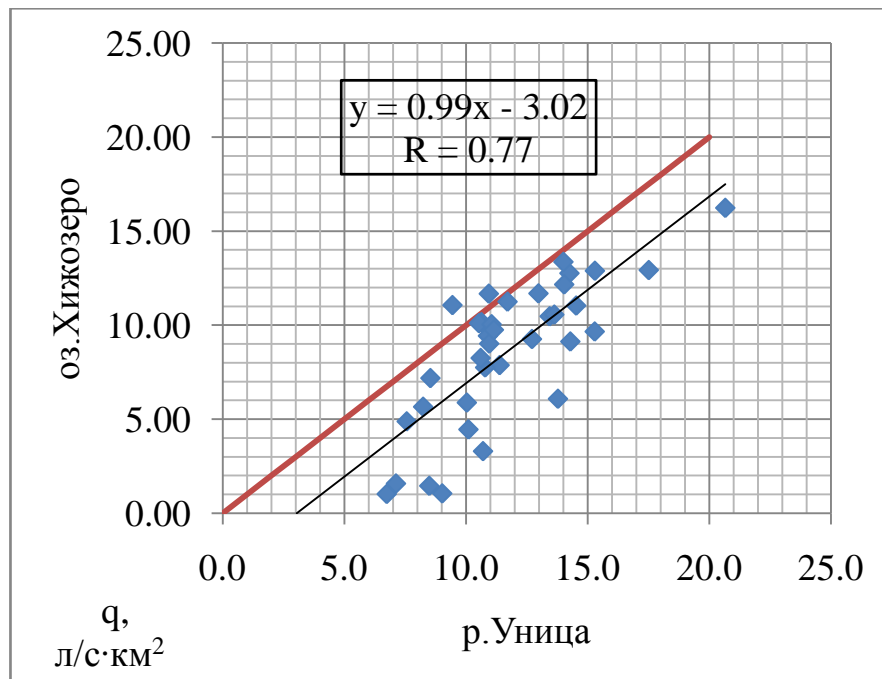


Рисунок 3.6 – График связи модулей (за период 1949–1995 гг.)

В целом оба графика показывают значительное занижение рассчитанных модулей стока оз.Хижозера по сравнению с данными по реке-аналог р.Уница.

В дополнение за выбранный интервал лет с наименьшими значениями модулей стока по оз.Хижозеро на рисунке 3.7 приведен хронологический график со всеми реками-аналогами.

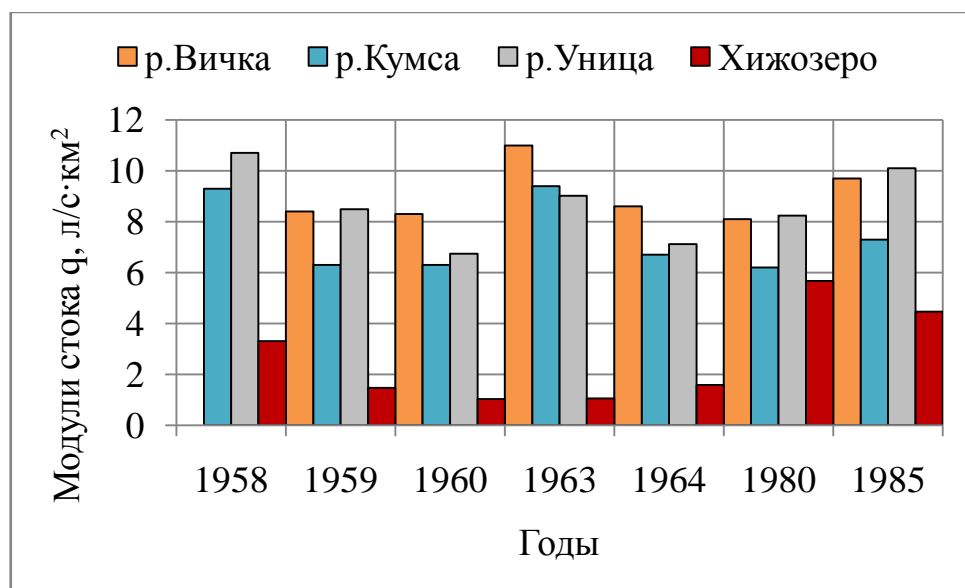


Рисунок 3.7 – Хронологический график по рекам-аналогам за расчетный период

Причиной занижения могло стать большое количество нулевых значений отдачи воды в исходных данных, представленных в таблице 3.5, которые противоречат процессу формирования стока рек в данном регионе с избыточным увлажнением. На рисунке 3.8 отражена зависимость сработки водохранилища от отдачи воды через водоспуск за 1960 г, показывающая в отдельные месяцы понижение уровня воды в верхнем бьефе и нулевые значения расходов отдачи.

Таблица 3.5 – Отдача воды через водоспуск, м³/с

Год	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1958	0	0	0	0	4	0	3.4	1.95	0	0	0	0
1959	0	0	0	0	0	1.05	2.12	2.9	0	0.18	0.85	0
1960	0	0	0	0	0	0	3.8	2.65	2.26	2	0	0
...
1980	0	0	0	3.8	2.7	3.8	4.5	2.9	4.5	0	0	0
...
1985	0	0	0	0	1.14	2.9	0	1.4	5.3	15.5	0	0

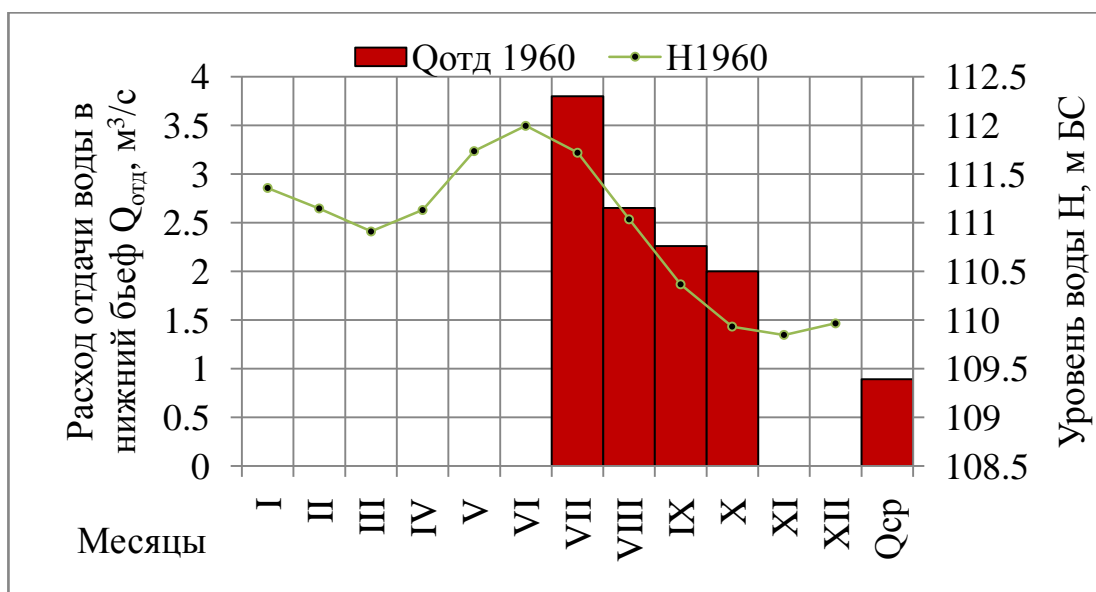


Рисунок 3.8 – Распределение расходов отдачи воды и уровней на Хижозерском водохранилище за 1960 г

3.4 Оценка и учет величины фильтрационных расходов

Сделано предположение, что нулевые значения расходов отдачи воды соответствуют полному закрытию затворов на водоспуске. При этом не учитывается фильтрация через тело дамбы и неплотности затворов.

Величину фильтрационных расходов можно оценить по уравнению водного баланса водохранилища [10] :

$$\Delta V_{\text{сраб}} = W_{\text{отд } \Delta t} - W_{\text{прит } \Delta t} \quad (3.5)$$

$$\Delta V_{\text{сраб}} = W_{\text{отд } \Delta t} + W_{\text{фильт}} - W_{\text{прит } \Delta t} \quad (3.6)$$

$$\Delta V_{\text{сраб}} = W_{\text{фильт}} - W_{\text{прит } \Delta t} \quad (3.7)$$

где, $\Delta V_{\text{сраб}}$ – объем сработки запасов воды в водохранилище, м³;

$W_{\text{фильт}}$ – объем фильтрации, м³.

Из формулы (3.7) видно, что при стремлении притока к нулю, объем сработки, во-первых, возрастает, а во-вторых, по его наибольшему значению можно дать оценку величине фильтрационного объема:

$$W_{\text{прит } \Delta t} \rightarrow 0 \begin{cases} \Delta V_{\text{сраб}} \text{ растёт} \\ \Delta V_{\text{сраб}} \rightarrow W_{\text{фильт}} \end{cases} \quad (3.8)$$

Для перехода к расходам фильтрации использовалась формула с расчетным интервалом месяц (Δt) [10]:

$$Q_{\text{фильт}} = \frac{\Delta V_{\text{сраб(max)}}}{\Delta t} \quad (3.9)$$

где $\Delta V_{\text{сраб(max)}}$ – максимальные значения объемов сработки, м³.

Для расчетов выбраны месяцы зимней межени, когда наблюдались наименьшие объемы притока к водохранилищу. По ним в таблице 3.6 рассчитаны месячные значения объемов сработки, а также представлены на рисунке 3.9 в графическом виде. На рисунке 3.10 построена зависимость максимальной сработки водохранилища от среднемесячного уровня воды $Z_{\text{ср}}$.

Таблица 3.6 – Положительная сработка водохранилища

Месяц	I	II	III	X	XI	XII
ΔV , млн. м ³	1.74	1.99	1.56	1.57	–	0.7
	0.72	1.03	1.74			1.27
	2.84	3.15	1.22			4.27
	2.88	2.83	2.02			3.11
	1.11	2.21	3.47			1.55
	3.89	0.93	3.5			
	1.35	3.13	3.62			
	0.7	3.65	2.14			
	1.75	1.27	0.94			
	1.23	1.51	1.71			
		1.28				
		0.73				
ΔV_{max} , млн. м ³	3.89	3.65	3.62	1.57	–	4.27
Среднемесячные уровни воды $Z_{\text{ср}}$, м Бс	110.95	110.66	111.36	–	–	111.60

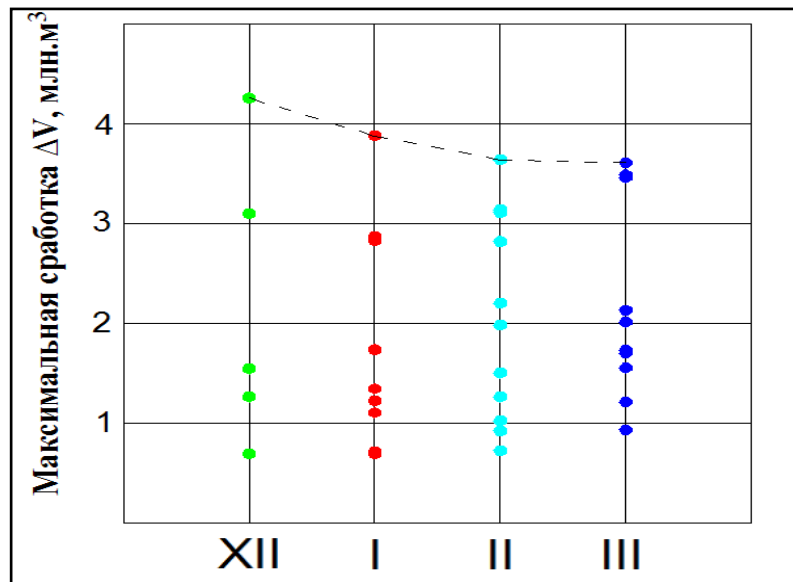


Рисунок 3.9 – Распределение максимальной сработки водохранилища за меженный период

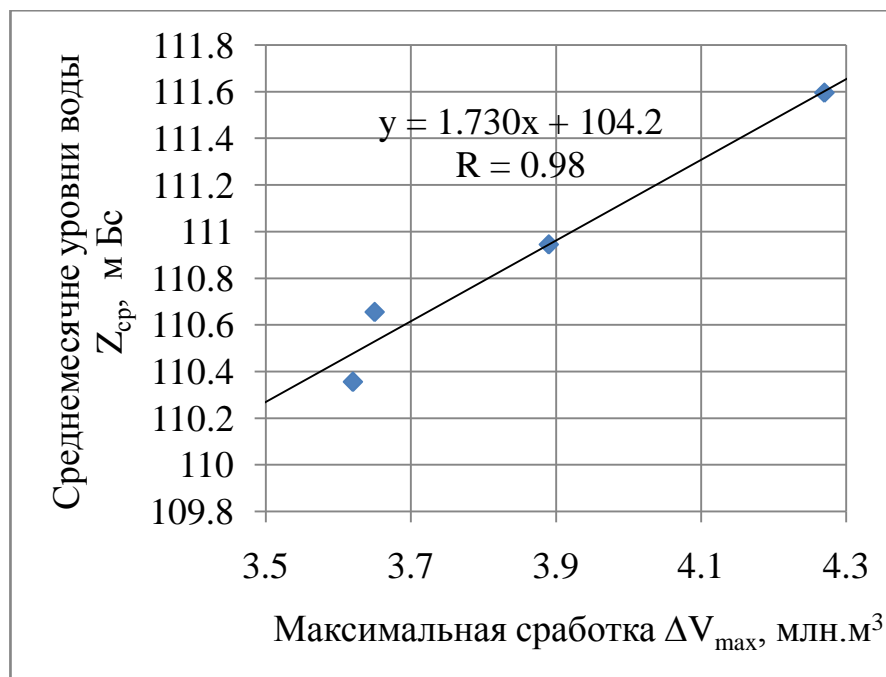


Рисунок 3.10 – Зависимость максимальной сработки от уровней воды в меженный период

Полученная зависимость хорошо отражает увеличение объема фильтрации с увеличением напора. Зависимость позволяет оценить величину фильтрационных расходов и использовать их для дальнейших расчетов по уравнению водного баланса для всех месяцев, имеющие нулевые значения

расходов сработки (приложение 5). По восстановленным расходам отдачи пересчитан объема притока (приложение 6), а также, на рисунке 3.11 приведен график связи с рекой-аналогом р.Уница. Рисунок 3.12 отражает синхронность колебаний годовых расходов воды с рекой-аналогом.

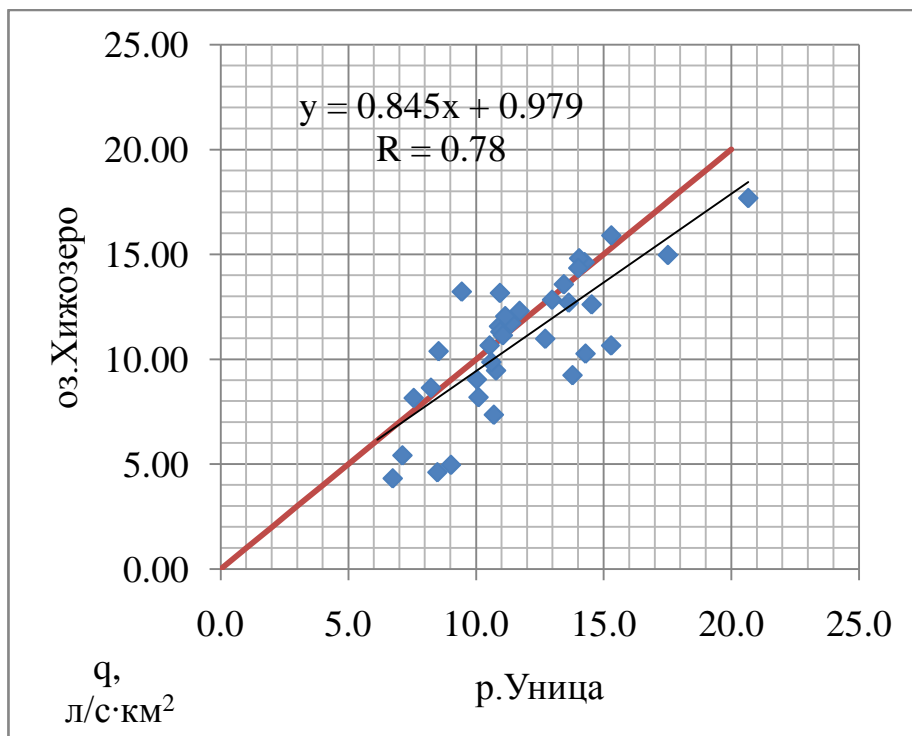


Рисунок 3.11 – График связи модулей стока с учетом фильтрации (за период 1949–1995 гг.)

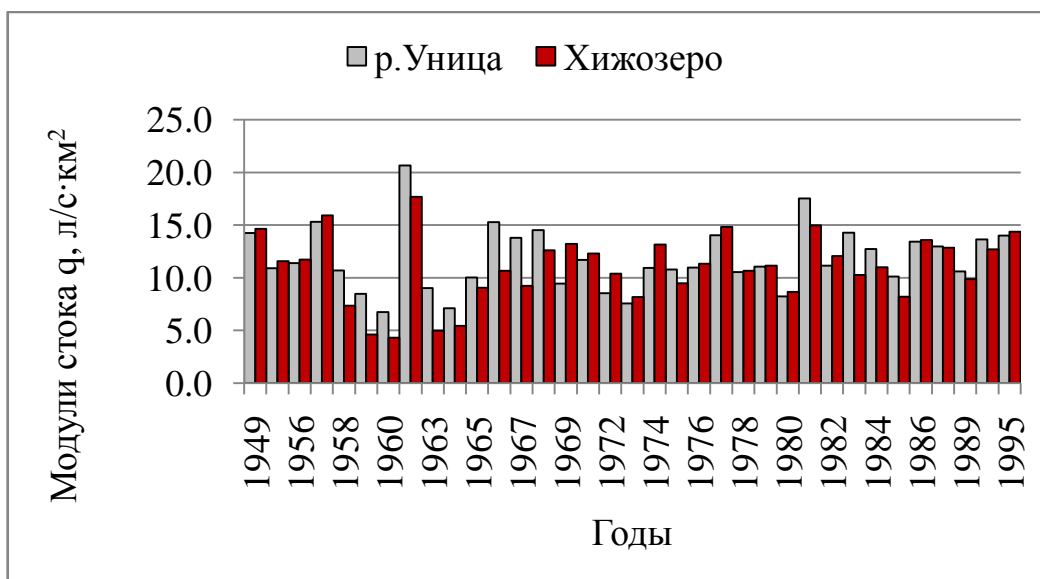


Рисунок 3.12 – Хронологический график модулей стока с учетом фильтрации (за период 1949–1995 гг.)

После учета фильтрационных расходов улучшилась связь между оз.Хижозеро и рекой-аналогом р.Уница. Многолетний модуль стока приблизился к значениям рек в пределах гидрологически однородного района. Это хорошо видно на рисунке 3.13.

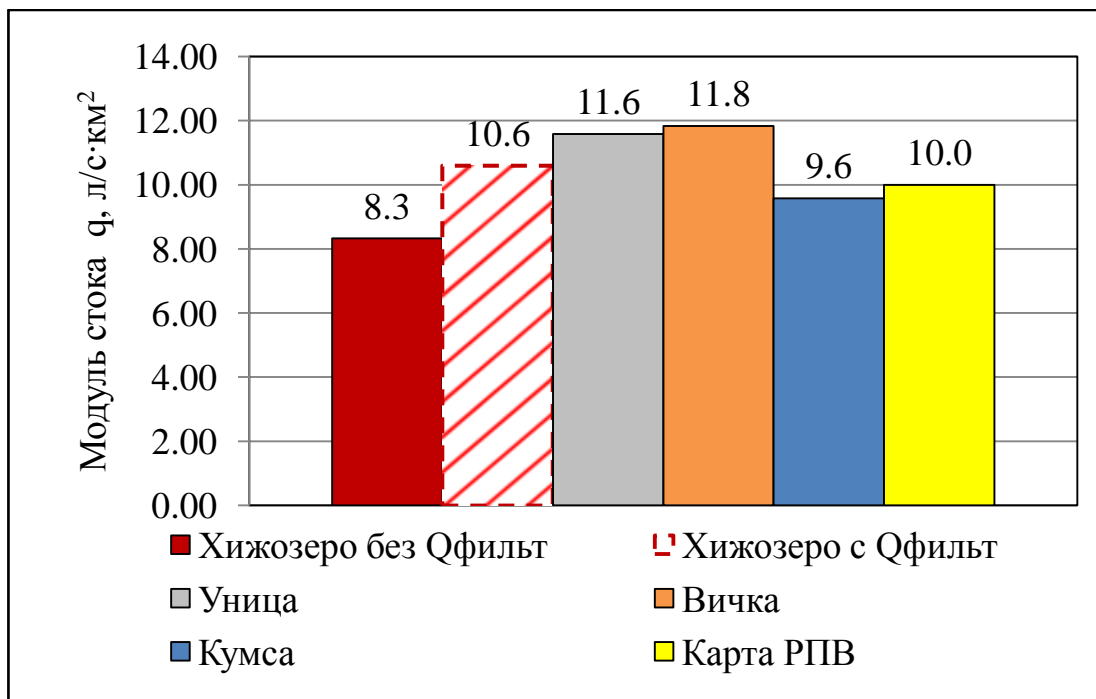


Рисунок 3.13 – Величины среднего многолетнего модуля стока в исследуемом районе

3.5 Восстановление пропусков и удлинение ряда годового притока

Для восстановления ряда расходов отдачи воды было использовано уравнение линейной регрессии с учетом данных реки-аналога [11]:

$$\tilde{Q}_i = a \cdot Q_{i,a} + b \quad (3.10)$$

где, \tilde{Q}_i – значения расходов, полученные по уравнению регрессии, м³/с ;

a – коэффициент регрессии;

$Q_{i,a}$ – значения расходов воды реки-аналога, м³/с;

b – свободной член уравнения регрессии.

Систематическое преуменьшение дисперсии восстановленной части ряда исключается путем корректировки погодичных значений по формуле [11]:

$$Q_i = \frac{\tilde{Q}_i - \bar{Q}_n}{R} \cdot \bar{Q}_n \quad (3.11)$$

где, Q_i – расчетные значения расходов отдачи воды восстановленной части ряда, м³/с ;

\bar{Q}_n – среднее многолетнее значение расхода отдачи воды на водоспуске Хижозерского водохранилища за совместный период наблюдений, м³/с ;

Для расчетов были подобраны данные по среднегодовым расходам воды за совместный период наблюдений 35 лет, за этот период на рисунке 3.14 приведен график связи с рекой-аналогом р.Уница.

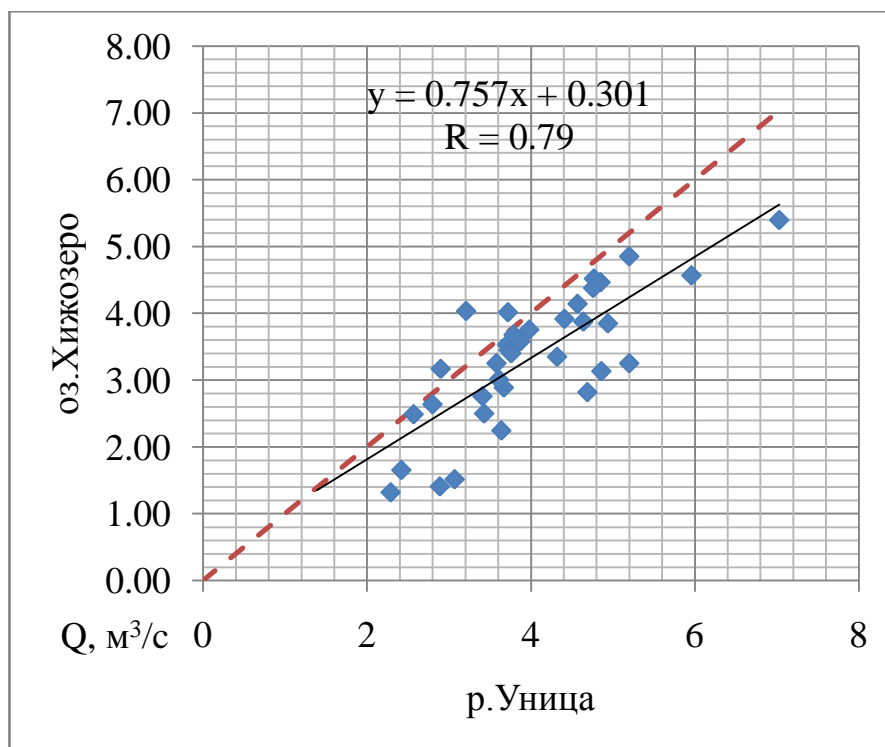


Рисунок 3.14 – График связи расходов воды (за период 1949–1995гг.)

На графике связи проведена линия тренда, имеющая довольно устойчивый коэффициент корреляции для дальнейшего восстановления

значений расходов притока оз.Хижозера. Основные параметры уравнения линейной регрессии занесены в таблицу 3.10 и по формулам (3.10), (3.11) рассчитаны значения расхода отдачи воды, результаты сведены в таблицу 3.11. На рисунке 3.15 представлен хронологический график восстановленных значений совместно с данными по реке-аналог р.Уница.

Таблица 3.10 – Параметры уравнения линейной регрессии

Параметр	Значение
Коэффициент корреляции	0.79
Погрешность коэффициента корреляции	0.048
Коэффициент регрессии	0.76
Погрешность коэффициента регрессии	0.081
Свободный член уравнения регрессии	0.30

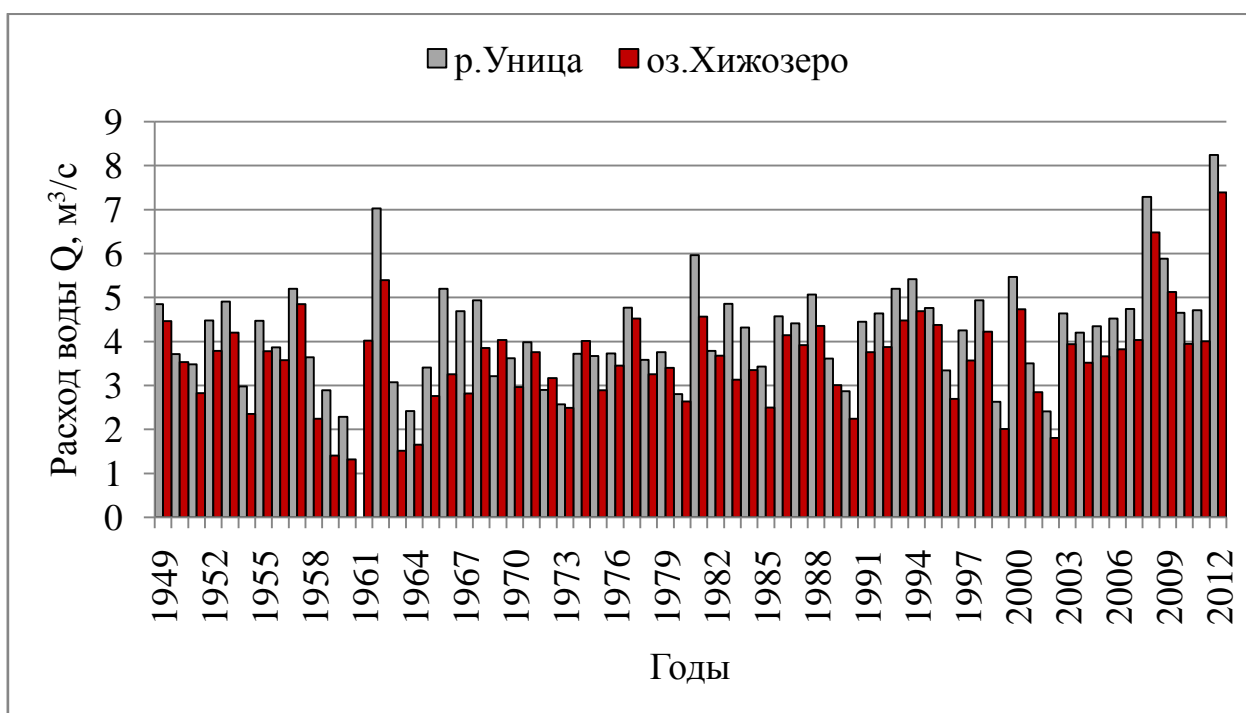


Рисунок 3.15 – Восстановленные значения расходов притока (за период 1949–2012гг.)

Таблица 3.11– Восстановленные значения расходов притока

Годы	\tilde{Q}_i , м ³ /с	Q_i , м ³ /с	Годы	\tilde{Q}_i , м ³ /с	Q_i , м ³ /с	Годы	\tilde{Q}_i , м ³ /с	Q_i , м ³ /с
1948	–	3.36	1970	3.04	2.96	1992	–	3.87
1949	–	4.46	1971	–	3.75	1993	4.24	4.48
1950	–	3.53	1972	–	3.17	1994	4.4	4.69
1951	2.94	2.83	1973	–	2.49	1995	–	4.38
1952	3.69	3.79	1974	–	4.02	1996	2.83	2.69
1953	4.02	4.2	1975	–	2.89	1997	3.52	3.57
1954	2.56	2.35	1976	–	3.45	1998	4.04	4.23
1955	3.68	3.78	1977	–	4.52	1999	2.29	2.01
1956	–	3.58	1978	–	3.25	2000	4.44	4.73
1957	–	4.85	1979	–	3.4	2001	2.95	2.85
1958	–	2.24	1980	–	2.64	2002	2.13	1.8
1959	–	1.41	1981	–	4.57	2003	3.81	3.94
1960	–	1.32	1982	–	3.68	2004	3.48	3.52
1961	–	4.02	1983	–	3.13	2005	3.59	3.66
1962	–	5.4	1984	–	3.35	2006	3.72	3.82
1963	–	1.52	1985	–	2.5	2007	3.89	4.04
1964	–	1.65	1986	–	4.14	2008	5.82	6.48
1965	–	2.76	1987	–	3.92	2009	4.75	5.13
1966	–	3.25	1988	4.14	4.35	2010	3.82	3.95
1967	–	2.82	1989		3.01	2011	3.87	4.01
1968	–	3.85	1990	2.47	2.24	2012	6.54	7.39
1969	–	4.03	1991	3.67	3.76	Среднее	–	3.56

4. Характеристика годового притока к водохранилищу

4.1 Анализ многолетних колебаний и статистической структуры стока

Ряд восстановленных значений расходов притока был проверен на случайность. По вспомогательной таблице (приложение 7) рассчитан коэффициент автокорреляции при уровне значимости $\alpha=5\%$, результаты занесены в таблицу 4.1.

Коэффициент автокорреляции ($r(1)$) и его погрешность (σ_r) определялись по следующим формулам [12]:

$$r(1) = \frac{\sum_{i=1}^{i=n-1} (Q_i - \bar{Q}) \cdot (Q_{i+1} - \bar{Q})}{(n-2) \cdot D_Q} \quad (4.1)$$

$$\sigma_r = \frac{1 - r(1)}{\sqrt{n-2}} \quad (4.2)$$

где, Q_i – среднегодовой расход отдачи воды на водоспуске, $\text{м}^3/\text{с}$,

\bar{Q} – средний многолетний расход отдачи воды на водоспуске, $\text{м}^3/\text{с}$,

n – число членов ряда,

D_Q – дисперсия ряда,

Таблица 4.1 – Параметры коэффициента автокорреляции (при уровне значимости $\alpha=5\%$)

Параметр	Значение
Коэффициент автокорреляции	0.16
Погрешность коэффициента автокорреляции	0.12
Доверительные границы	0.20

Гипотеза о случайности ряда при уровне значимости $\alpha=5\%$ не опровергается, т.к. выполняется условие, когда доверительные границы больше значения коэффициента автокорреляции [12]:

$$|r(1)| < \sigma_r \cdot t_{2\alpha} \quad (4.3)$$

Проведена проверка ряда восстановленных значений расхода притока на однородность при уровнях значимости $\alpha=1\%$ и $\alpha=5\%$. Использовались параметрические критерии Фишера по дисперсии, Стьюдента по среднему значению, и непараметрические критерии Диксона и Смирнова-Граббса по максимальному и минимальному члену выборки. Гипотеза опровергается при превышении эмпирического значения (F^* , t^* , D_{\max}^* , D_{\min}^* , G_{\max}^* , G_{\min}^*) статистик над теоретическим (F_T , t_T , D_α , G_α) [12]. Результаты занесены в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Сводная таблица ($C_s/C_v=2$, $C_s=0.5$)

Критерий	Фишер	Стьюдент	Диксон	Смирнов-Граббс
Условие	$ F^* < F_T$	$ t^* < t_T$	$D_{\max}^* < D_\alpha$ $D_{\min}^* < D_\alpha$	$G_{\max}^* < G_\alpha$ $G_{\min}^* < G_\alpha$
$\alpha=5\%$				
Значение	1.34<1.82	1.92>1.67	0.15<0.27	3.48<3.62
			0.015<0.13	2.04<2.38
Гипотеза	не опроверг.	опроверг.	не опроверг.	не опроверг.
$\alpha=1\%$				
Значение	1.34<2.34	1.92<2.39	0.15<0.37	3.48<4.17
			0.015<0.17	2.04<2.55
Гипотеза	не опроверг.	не опроверг.	не опроверг.	не опроверг.

Для определения цикла водности, включающих в себя маловодную и многоводную фазы, на рисунке 4.1 показана разностно-интегральная кривая для

оз.Хижозера и реки-аналога р.Уница. Для её построения рассчитывались вспомогательные таблицы (приложение 8,9). Сама кривая представляет собой зависимость [13]:

$$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{k_i - 1}{C_v} = f(t) \quad (4.4)$$

где, k_i – модульный коэффициент для i -того года;

C_v – коэффициент вариации;

$f(t)$ – функция от времени.

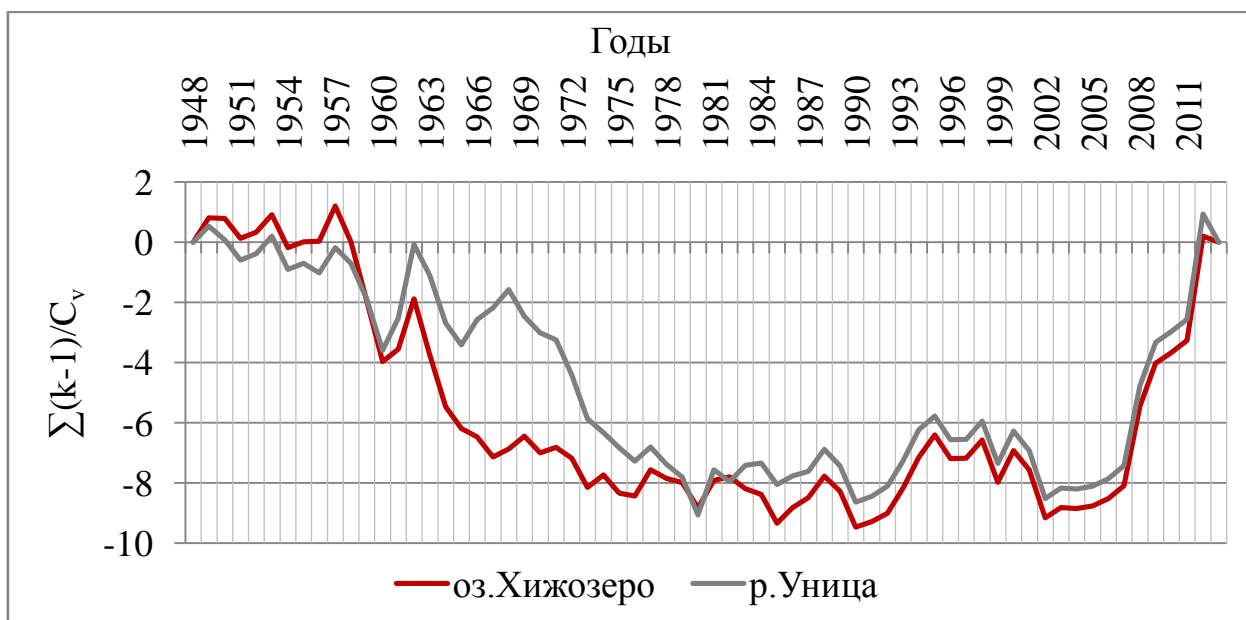


Рисунок 4.1 – Разностно-интегральные кривые (за период 1949–2012 гг.)

Кривые показывают хорошо выраженную синхронность в колебаниях годового стока на водосборах оз. Хижозера и р.Уница. В период с 1957 по 1966 годы наблюдается период пониженной водности, переходящий в период средней водности до 2002 года, дальше начинается период повышенной водности. На графике выделяются года (1967,1968), в которых имеются различия: при повышении стока на р.Уница на оз.Хижозере происходит обратная ситуация (года относятся к фактическим данным).

4.2 Оценка статистических параметров и расчетных значений годового притока

По ряду восстановленных значений расходов притока рассчитаны основные параметры распределения: среднее значение ряда, коэффициент вариации и коэффициент асимметрии, полученные с использованием метода моментов. Для этих параметров вычислены относительные погрешности. Районное значение отношения C_s/C_v снято с карты для группы рек в пределах гидрологически однородного района. Результаты занесены в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – Статистические характеристики для ряда значений оз.Хижозера

Характеристика	Величина значения	Относительные ошибки, %
Длина ряда	65	-
Средний многолетний расход воды, м ³ /с	3.56	3.83
Коэффициент вариации	0.31	9.13
Коэффициент асимметрии	0.53	73.2
Стандартное отклонение	1.10	-
Соотношение C_s/C_v	1.7	-
Районное значение C_s/C_v	2	-

Также был сделан учет среднего многолетнего расхода и коэффициента вариации по своду правил [11] для восстановленных значений по данным реки-аналога. Расчеты показали незначительное расхождение.

С использованием полученных параметров определялись ординаты (k_p , Q_p) аналитической кривой обеспеченностей трехпараметрического гамма-распределения (Крицкого-Менкеля). Результаты записаны в таблицу 4.4 и представлены на рисунке 4.2 через программу StokStat 1.2. Ординаты

эмпирической кривой обеспеченности приводятся в табличном (приложение 10) и графическом виде на рисунке 4.2.

Таблица 4.4 – Ординаты аналитической кривой обеспеченности Крицкого-Менкеля для среднегодовых расходов притока ($\bar{Q}=3.56 \text{ м}^3/\text{с}$, $C_v=0.31$, $C_s/C_v=1.5$)

P, %	0.1	1	5	10	25	50	75	80	90	95	99
k_p	2.15	1.82	1.55	1.41	1.20	0.975	0.777	0.732	0.621	0.535	0.396
Q_p , $\text{м}^3/\text{с}$	7.66	6.48	5.51	5.03	4.26	3.47	2.77	2.61	2.21	1.90	1.41

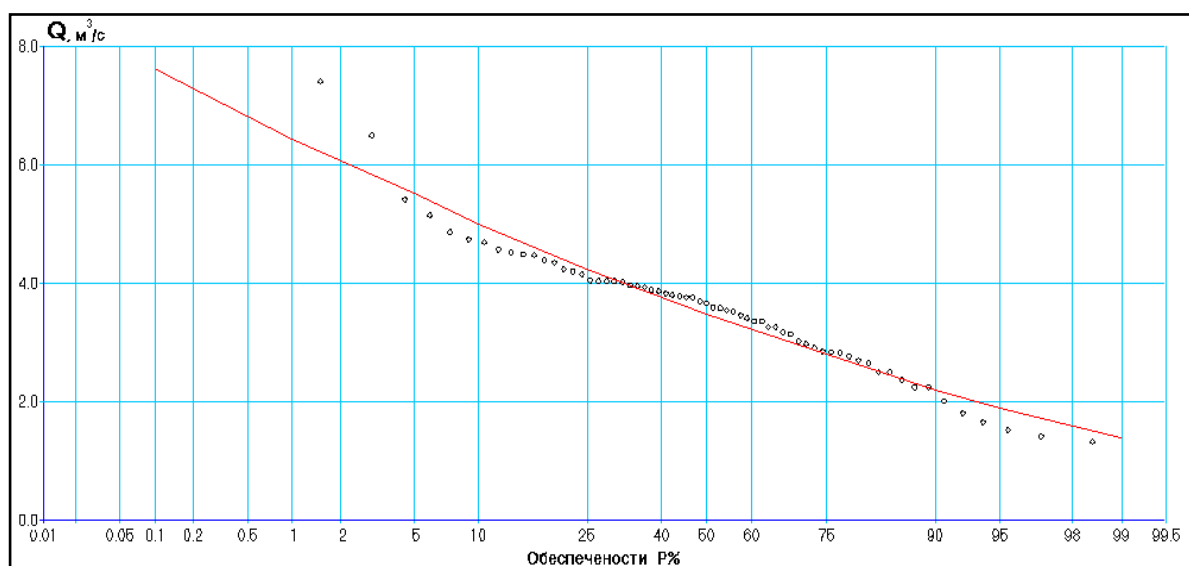


Рисунок 4.2 – Кривые обеспеченностей среднегодовых расходов притока оз.Хижозера

Из графика видно, что аналитическая кривая хорошо описывает связь ряда эмпирических значений, также возможно использование функции распределения Пирсона III типа для районного соотношения C_s/C_v . Выпадают точки максимальных выдающихся значений за 2008 и 2012 годы, входящие в период повышенной водности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения дипломной работы используя уравнение водного баланса и имеющиеся данные (уровни воды в верхнем бьефе на конец расчетного интервала и среднегодовые расходы отдачи) были рассчитаны среднемесячные значения, а затем годовые притоки воды к водохранилищу.

Первоначально полученные по уравнению водного баланса значения притока показали значительное занижение расчетных значений, как в отдельные годы, так и в среднем за весь расчетный период. Проведенная оценка результатов расчета и исходных данных показала, что причиной занижения является большое количество нулевых значений среднемесячных расходов отдачи воды на водоспуске. При этом в месяце с нулевой отдачей наблюдается сработка воды в водохранилище. Наибольшее количество случаев нулевой отдачи приходится на зимний период, когда приток минимален, а испарение с водной поверхности отсутствует.

Было сделано предположение, что причиной этого является неучитываемые фильтрационные расходы воды из верхнего в нижний бьеф. Для уточнения уравнения водного баланса водохранилища и введения в него величин потерь воды на фильтрацию был разработан метод оценки фильтрационных расходов в зависимости от уровня воды в верхнем бьефе. Результаты расчетов показали, что месячные объемы фильтрационных потерь изменяются в пределах от 0.59 до 1.6 м³/с.

Учет фильтрационных потерь позволил более точно оценить значения годового притока воды к водохранилищу. Сравнение вновь полученных значений годового притока воды к Хижозерскому водохранилищу со стоком рек-аналогов показало более высокую надежность уточненных значений.

Используя метод гидрологической аналогии (по методике СП 33-101-2003) было произведено восстановление пропусков и удлинение рассчитанного методом водного баланса ряда годового притока к водохранилищу. В качестве

реки-аналога использовалась р.Уница – с.Уница. При этом длина ряда увеличилась с 35 до 65 лет.

По полученному ряду годового притока воды к Хижозерскому водохранилищу, продолжительностью 65 лет, был сделан анализ его статистической структуры, оценены статистические параметры, подобрана кривая обеспеченности и определены расчетные значения годового притока. Анализ показал однородность ряда по среднему и дисперсии. Среднемноголетнее значение годового расхода составляет $3.56 \text{ м}^3/\text{с}$. При площади водосбора 325 км^2 среднемноголетней модуль годового стока составил $10.6 \text{ л/с}\cdot\text{км}^2$, что соответствует характерной для данного района величине. Коэффициент вариации годового притока равен 0.31, соотношение C_s/C_v принято 1.5. По установленным параметрам с использованием функции распределения Крицкого-Менкеля получены расчетные значения обеспеченных величин годового притока к водохранилищу, которые изменяются от $7.66 \text{ м}^3/\text{с}$ при обеспеченности 0.1% до $1.41 \text{ м}^3/\text{с}$ при обеспеченности 99%.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный водный кадастр. Ресурсы поверхностных вод СССР, Т. 2, Ч. 1, Карелия и Северо-Запад. Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 528 с.
2. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики Т.2, Карелия и Северо-Запад. Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 703 с.
3. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши, Т. 1, Вып. 7, Бассейн рек западного побережья Белого моря. Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 218 с.
4. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши, Т. 1, Вып. 5, Бассейны рек Балтийского моря, Онежского и Ладожского озер. Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 686 с.
5. Давыдова, М. И., Каменский, А. И., и др. Физическая география СССР. [текст] / М. И. Давыдова, А. И. Каменский. Издание 2-е. М.: Изд-во «Просвещение», 1966. – 847 с.
6. Гидрогеология СССР, том XXVII, Мурманская область и Карельская АССР. М.: Изд-во «Недра», 1971. – 295 с.
7. Почвы южной Карелии и мероприятия по повышению их плодородия. Государственное издательство Карельской АССР, Петрозаводск, 1958г. – 186 с.
8. ООО «НПК ПроектВодстрой». Правила использования водных ресурсов Хижозерского водохранилища (П-13-69). Рукопись. СПб, 2014г. – 63 с.
9. Атлас единой глубоководной системы европейской части России: Т. 4 – Беломоро-Балтийский канал, Л. 5
10. Нежиховский Р.А. Гидрологические расчеты и прогнозы при эксплуатации водохранилищ – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 191 с.
11. Свод правил 33-101-2003 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик», 2003 г.

12. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. Учебник. Специальность «Гидрология» направления подготовки «Гидрометеорология». – СПб.: изд. РГГМУ, 2007. – 279 с.
13. Методические указания по дисциплине «Гидрологические расчеты», Ч.1, направление подготовки «Прикладная гидрометеорология». – СПб.: изд. РГГМУ, 2012. – 52 с.
14. Топографическая карта Европейской части России, 2000 г.
http://www.etomesto.ru/map-atlas_topo-russia/?x=34.743580&y=62.982071
15. Интернет источник ФБУ «Администрация Беломорканала»
<http://bbkanal.ru/about/>
16. Интернет источник «Государственный водный реестр»
<http://www.sur-base.ru/water-base/>
17. Интернет источник «Прогноз погоды»
<https://world-weather.ru>
18. Интернет источник «НИИ гидрометеорологической информации»
<http://meteo.ru>

Приложение 1

Основные сведения по речным постам в районе Хижозерского водохранилища

Номер на схеме	Название водного объекта	Код водного объекта	Код поста	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км ²	Период действия, число, месяц, год		Принадлежность поста
						открыт	закрит	
1	р.Ундужа – д.Вожмогора	102000500	49095	2.4	81	01.03.1963	действ.	СЗУГКС
2	р.Вожма – пос.Вожмозеро	102000546	49094	29	595	01.01.1972	действ.	СЗУГКС
3	р.Лекса – пос.Сергиево	102000529	49093	8.2	463	19.08.1962	действ.	СЗУГКС
4	р.Выг (Верхний) – д. Огорельши	102000515	49090	42	2210	18.04.1962	действ.	СЗУГКС
5	р.Сегежа – пос. Попов Порог	102000566	49097	56	7480	01.01.1968	действ.	Карелэнерго
6	р.Волома – д.Вентигора	102000595	49103	35	1860	18.11.1971	действ.	СЗУГКС
7	р.Лужма – д.Ильина Гора	102000573	49099	17	3480	01.04.1963	действ.	СЗУГКС
8	р.Вичка – свх.Вичка	102001566	48061	3.2	120	27.04.1932	12.04.1994	СЗУГКС
9	р.Лумбушка – д.Лумбуши	102001569	48062	2.0	50.8	09.01.1962	10.10.1987	СЗУГКС
10	р.Кумса – г.Медвежьегорск	102001568	48058	3,5	735	28.08.1930	действ.	СЗУГКС
11	р.Пиндушка – пос.Кожпром	102001569	48063	2.0	32.6	30.05.1969	31.12.2013	СЗУГКС
12	кан.Пионерский – Пальезерская ГЭС	102001482	48047	3.7	5840	12.1954	действ.	Карелэнерго
13	р.Уница – с.Уница	102001554	48055	2.1	340	01.09.1945	действ.	СЗУГКС
14	р.Малая Пигма – с.Уница	102001554	48056	0.5	166	07.05.1969	действ.	СЗУГКС

15	р.Лижма – д. Кяппесельга	102001538	48054	35	620	29.10.1940	31.12.1994	СЗУГКС
16	р. Немина – пос. Немино-3	102001585	48069	20	601	24.04.1958	действ.	СЗУГКС
17	р.Пяльма – д.Пяльма	102001594	48071	0.6	908	01.11.1939	действ.	СЗУГКС
18	р.Поруста – д.Южный конец	102000574	49101	0.2	530	04.07.1932	31.08.1939	СЗУГКС
19	р.Юга – д.Конжозеро	102000504	49084	9.2	247	13.10.1930	01.01.1935	ведомств.
20	р.Конжа – устье	102000505	49085	0.2	195	20.07.1934	01.01.1935	ведомств.
21	р.Карбозерка (Палвозерка) – исток из оз.Палвозера	102000510	49086	8.0	217	02.06.1934	01.01.1935	ведомств.
22	р.Карбозерка - исток из оз.Карбозерка	102000510	49087	0.8	244	07.10.1930	01.01.1935	ведомств.

Приложение 2

Основные сведения по озерным постам в районе Хижозерского водохранилища

Номер на схеме	Название водного объекта	Код водного объекта	Код поста	Площадь зеркала, км ²	Площадь водосбора, км ²	Период действия, число, месяц, год		Принадлежность поста
						открыт	закрыт	
1	вдхр.Выгозерско-Ондское – д. Вожмогора	202000674	49942	1270	20800	24.12.1939	закрыт	СЗУГКС
2	вдхр.Выгозерско-Ондское – вал. Телекинский	202000674	49944	1270	20800	09.10.1945	действ.	СЗУГКС
3	вдхр.Сегозерское – о.Карельская Масельга	202000701	49949	815	6640	01.07.1961	закрыт	СЗУГКС
4	вдхр.Сегозерское – о.Паданы	202000701	49951	815	6640	02.08.1915	действ.	СЗУГКС
5	оз.Совдозеро – о.Совдозеро	202000723	49952	7.2	475	01.06.1945	закрыт	СЗУГКС
6	оз.Онежское – г.Медвежьегорск	202001633	48933	9720	53100	01.12.1945	действ.	СЗУГКС
7	оз.Пял-озеро – д.Святнаволок	202001828	48966	109	6110	15.07.1911	11.08.1941	СЗУГКС
8	оз.Лижмозеро – д.Кяппесельга	202001839	48972	84.8	535	25.03.1945	закрыт	СЗУГКС
9	оз.Остречье – д.Остречье	202001875	48973	2.7	8.90	19.06.1972	закрыт	СЗУГКС

Приложение 3

Среднемесячные расходы из Хижозерского водохранилища через водоспуск, м³/с

Годы	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
1947-48	0	2.52	1.45	0	1.29	4.22	0	8.42	0	0	0	0
1948-49	4.19	4.18	0.3	0	0	2.07	9.94	8.58	0	0	0	0
1949-50	4.79	10.5	2.49	4.8	1.91	7.9	7.9	5.3	0	0	0	0
1950-51	3.9	4.86	13.02	1.31	11.06	6	3.43	0	0	0	0	0
1951-52	0	0	5.2	6.63	7.7	-	-	-	-	0	0	6.2
1952-53	5.1	14.2	0.74	-	-	-	-	-	-	9.6	4.77	0
1953-54	0	0	3.1	4.74	11.5	4.7	7.74	16.74	12.51	0	0	0
1954-55	0	0	0	1.7	2.7	0.54	1.6	11.6	10.1	0	0	0
1955-56	4.6	19.5	5.68	0	5.55	2.38	1.2	17.9	0	0	0	0
1956-57	0	0	0	0	0	0	5.9	15.1	1.6	0	0	0
1957-58	3.4	18.77	2.6	0	0	0	10.2	10.28	3.26	0	0	0
1958-59	0	4	0	3.4	1.95	0	0	0	0	0	0	0
1959-60	0	0	1.05	2.12	2.9	0	0.18	0.85	0	0	0	0
1960-61	0	0	0	3.8	2.65	2.26	2	0	0	0	0	0
1961-62	0	1.94	2.22	1.13	0.57	9.8	7.96	7.57	2	0	0	3.1

1962-63	7	0	3.96	7	3.73	4.7	8.1	12.2	12.5	4.56	0	0
1963-64	0	0	0	0	0	0.46	0.53	0	0	0	0	0
1964-65	0	0	0	0	3.72	1.58	1.17	0	0	0	0	0
1965-66	0	0	0	1.6	1.85	3.45	3.96	1.52	0	0	0	4.9
1966-67	6.1	1	6.6	7.9	0.32	4.2	2.3	11.2	2.3	0	0	0
1967-68	0	2.8	1.3	0	0.56	1.1	1.45	0	0	0	0	0
1968-69	8.4	11.3	6.1	2.6	6.1	5.1	4.4	5.3	4	2.53	0	0
1969-70	0	0	1.9	4.3	3.3	2.1	14	5	0	0	0	6.1
1970-71	3.1	5.3	3.6	5.2	4	0	5.6	0.2	0	0	0	12
1971-72	2.6	2.3	3.8	0.3	5.2	4.1	4.6	2.3	0.08	0	0	0
1972-73	4.8	5.2	3.8	6.5	1.7	3.2	0	0	0	0	0	7.1
1973-74	0	6	0.7	0	5	3.9	2	0	0	0	0	7
1974-75	0	1.3	2.39	1.74	2.2	2.95	9	4.51	1.3	2.3	1.2	0.7
1975-76	10.6	8.2	2.5	0.9	0.37	0	0	2.5	0	0	0	0
1976-77	5.6	6.3	3	2.6	4.6	8.4	1.9	8.6	0	0	0	0
1977-78	0	6.4	2.4	1.9	2.6	6.1	13.3	4.2	0	0.8	1.9	1.9
1978-79	1.9	4.7	1.3	3.4	1.8	5.8	12.2	2.9	0	0	1.3	4.1
1979-80	0	9.6	1.7	1.98	2.1	0.2	8.6	9.1	3.6	0	0	0
1980-81	3.8	2.7	3.8	4.5	2.9	4.5	0	0	0	0	0	0

1981-82	9.4	2	8.9	1.3	3.1	0.25	7.9	9.6	0	0	0	1.6
1982-83	9.1	5.1	3	0	0	4.3	3.8	1.2	7	1.8	1.8	0.9
1983-84	6.6	3.7	1.8	0	2.5	1.3	4.7	6	0	9.32	3.5	1
1984-85	3	0	0	2.45	1.9	2.5	1.4	10.1	0	0	0	0
1985-86	0	1.14	2.9	0	1.4	5.3	15.5	0	0	0	0	0
1986-87	0.1	0	5.32	4.3	1.6	0	11	0	0.8	0.9	1.9	1.9
1987-88	1.9	6.6	3.4	2.4	13.6	7	5	0	0	0	0	5.4
1988-89	5	7.9	3.8	-	4.7	0.8	3.6	14	0	0	0	6.5
1989-90	2.5	4	1.9	2.1	3.8	1.6	0.3	3.8	0	0	0	2.2
1990-91	7	4.2	2.2	1.6	3.9	0.3	0.5	0.37	-	0	0	2.1
1991-92	3.5	6.2	5.7	1.3	1.7	3.8	4.5	9.9	4.7	0	0	6.1
1992-93	0	13	1.2	1.9	1.4	2.4	6.5	10	0	0	-	1.3
1993-94	0	6	3.5	3.9	6.5	5.6	6.6	-	0	-	-	0
1994-95	1.32	1.3	5.6	1	0	6.6	15	8.7	2.2	2.2	0	3.9
1995-96	8	11.2	2.3	8.2	4.85	1.8	1.2	4.4	0	-	-	1.9
1996-97	4.1	0	0	3.1	0.73	0.26	6.9	6.2	-	-	-	-
1997-98	7.1	4.8	3.8	4.1	-	-	-	10.1	-	-	-	-
1998-99	1.9	4.4	3.8	3.8	-	-	7.5	12	-	-	-	-
1999-2000	2.5	3.1	0	3	1.59	0	0	12	-	-	-	-

2000-01	5.7	3.9	0	5.4	2.6	7.5	-	-	-	-	-	-
2001-02	5.5	2.5	0.5	2.7	0	0	7.5	6.1	-	-	-	-
2002-03	4.3	6.2	1.9	-	-	5.2	5.6	1	-	-	-	-
2003-04	0	5	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2004-05	2.9	4.5	3.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2005-06	6	9.7	1.5	-	-	8.7	5.6	-	-	-	-	-
2006-07	4.5	3	-	-	-	7.1	-	-	-	-	-	-
2007-08	1	7.8	3.8	4	-	-	-	-	-	-	-	-
2008-09	2.5	8.2	0	-	-	-	-	1.3	-	6.8	-	-
2009-10	2.2	2	1.5	4.2	-	-	12.7	-	-	-	-	-
2010-11	5.7	4.1	-	-	-	-	6	6.8	-	-	-	-
2011-12	3.1	4.5	-	-	-	-	5.7	6.97	0.23	-	-	-
2012-13	0.23	12.7	3.9	16	7.8	1.6	-	-	-	-	-	-

Приложение 4

Уровни воды в верхнем бьефе Хижозерского водохранилища на конец расчетного интервала

Год	Уровни на конец интервала, м БС												Среднее значение, м БС
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
1947-48	112.07	113.43	113.38	113.43	113.3	112.56	112.59	111.48	111.63	111.74	111.88	111.99	112.46
1948-49	113.28	113.37	113.31	113.07	113.33	113.49	112.75	111.44	111.7	111.98	112.16	112.31	112.68
1949-50	113.51	113.31	113.51	113.08	113.08	111.94	111.95	111.5	111.86	111.94	111.94	111.84	112.46
1950-51	113.46	113.48	112.29	111.98	110.14	-	109.81	109.9	110.08	110.08	110.08	110.08	-
1951-52	112.3	113.27	113.43	112.92	111.99	112.03	111.7	111.68	112.03	112.31	112.52	111.63	112.32
1952-53	111.93	113.81	113.41	113.16	113.07	113.23	112.75	110.94	109.69	-	-	-	-
1953-54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1954-55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	111.95	112.13	112.25	-
1955-56	112.01	113.66	113.48	113.31	112.68	112.41	112.46	110.43	110.37	110.22	110.05	109.9	111.75
1956-57	109.87	111.97	112.35	112.44	112.56	113.15	113.19	111.71	111.61	111.97	112.21	112.35	112.12
1957-58	112.49	113.67	113.6	113.27	112.84	112.7	112.54	111.99	111.31	111.26	111.18	111.09	112.33
1958-59	111.07	112.56	113.21	112.73	112.28	111.88	111.78	111.84	111.76	111.58	111.37	111.22	111.94
1959-60	111.48	113.22	112.89	112.43	111.83	111.77	111.92	111.73	111.46	111.25	111.04	110.78	111.82
1960-61	111.48	111.99	112.00	111.44	110.63	110.10	109.76	109.93	110.00	109.95	109.90	109.90	110.59
1961-62	110.05	113.75	113.46	113.32	113.72	113.43	112.71	112.27	111.95	111.88	111.82	111.07	112.45

1962-63	112.6	113.71	113.67	113.80	113.12	113.43	112.95	112.62	111.43	110.73	110.48	110.18	112.39
1963-64	110.57	112.76	112.64	112.46	111.90	111.16	111.20	111.32	111.09	110.80	110.51	110.20	111.38
1964-65	110.62	112.54	112.57	112.41	111.54	110.95	110.69	110.92	110.95	110.85	110.75	110.58	111.28
1965-66	111.14	113.17	113.34	113.32	-	112.75	112.33	112.51	112.50	112.45	112.36	111.41	-
1966-67	110.54	113.93	113.12	112.21	112.14	111.59	112.02	110.84	110.48	110.33	110.36	110.28	111.49
1967-68	112.12	113.46	113.41	113.16	112.77	112.44	112.66	113.13	113.17	113.09	113.00	112.88	112.94
1968-69	112.01	113.81	113.07	112.86	111.98	111.31	111.42	111.14	110.89	110.76	110.82	110.92	111.75
1969-70	112.04	113.24	112.95	112.19	111.46	111.44	111.10	111.09	112.13	-	-	-	-
1970-71	-	-	113.63	112.84	112.02	112.78	112.84	112.58	112.75	113.01	113.08	111.50	-
1971-72	111.27	114.19	114.00	114.08	113.40	112.81	112.86	113.13	113.37	113.56	113.52	113.62	113.32
972-73	113.3	114.15	113.92	112.82	112.51	112.06	112.31	112.78	113.53	113.78	113.91	112.84	113.16
1973-74	113.86	114.27	114.26	114.17	113.42	112.80	112.32	112.41	112.32	112.65	112.81	112.30	113.13
1974-75	111.84	114.23	114.22	114.23	114.00	113.57	113.94	113.78	113.97	113.96	114.06	114.14	113.83
1975-76	113.82	114.21	114.04	-	113.34	113.43	113.77	113.63	113.85	114.00	114.09	114.19	-
1976-77	113.82	114.24	114.19	114.19	114.04	113.49	-	112.11	112.55	112.71	112.83	112.95	-
1977-78	113.7	114.24	114.26	114.02	113.89	113.90	112.89	113.48	113.77	113.82	113.67	113.52	113.76
1978-79	113.51	113.77	114.19	113.84	114.04	113.96	112.78	113.18	113.51	113.67	113.63	112.96	113.59
1979-80	113.05	114.01	114.21	114.11	114.11	114.23	113.51	112.67	112.52	112.77	112.93	113.10	113.44
1980-81	112.76	114.27	114.03	113.36	112.57	111.74	112.06	112.17	112.28	112.34	112.42	112.56	112.71
1981-82	110.72	114.19	114.12	114.18	114.12	114.08	113.76	112.77	113.17	113.30	113.42	113.52	113.45

1982-83	112.72	114.08	113.93	114.08	114.25	113.81	113.40	113.78	113.25	113.25	113.25	113.23	113.59
1983-84	113.93	114.21	114.09	114.09	113.61	113.45	113.60	113.26	113.62	112.19	111.63	111.71	113.28
1984-85	111.92	113.94	114.00	113.70	113.54	113.50	114.24	113.25	113.46	113.59	113.62	113.69	113.54
1985-86	113.26	114.24	114.27	114.18	113.99	113.44	110.82	111.61	111.78	111.94	112.07	112.16	112.81
1986-87	112.79	114.09	114.33	113.67	113.42	114.07	113.02	113.81	114.19	114.16	114.01	113.79	113.78
1987-88	113.63	114.23	114.14	114.33	113.99	113.84	113.48	113.61	113.88	114.04	114.17	113.41	113.90
1988-89	112.97	114.21	114.12	114.01	113.87	114.06	114.00	112.45	112.74	112.97	113.24	112.40	113.42
1989-90	113.8	114.24	113.98	113.60	113.06	112.98	113.51	113.14	113.35	113.47	113.67	113.60	113.53
1990-91	114.07	114.26	114.25	114.23	113.98	113.86	113.63	-	-	113.58	113.68	113.53	-
1991-92	114.02	114.3	114.18	114.29	114.23	113.87	113.97	113.55	113.43	113.71	113.92	112.96	113.87
1992-93	112.88	114.29	114.22	114.09	114.02	114.16	113.63	112.26	112.72	112.96	113.04	112.91	113.43
1993-94	112.70	114.10	114.20	114.18	113.94	113.58	113.12	112.27	112.39	112.55	112.65	112.83	113.21
1994-95	112.59	114.15	114.01	114.12	114.11	113.89	113.23	112.41	112.27	112.61	112.83	112.68	113.24
1995-96	113.22	114.05	114.08	113.65	113.19	113.00	112.70	112.10	112.35	112.70	112.82	112.55	113.03
1996-97	111.76	113.76	114.20	113.92	113.86	113.25	113.29	112.53	112.06	112.30	112.46	112.81	113.02
1997-98	112.00	114.19	114.13	113.49	113.58	113.70	113.43	112.00	111.98	112.07	112.13	112.26	112.91
1998-99	112.10	114.00	114.19	113.91	113.91	113.74	113.24	111.83	112.10	112.20	112.29	112.50	113.00
1999-2000	113.61	113.62	114.00	113.54	113.29	113.34	113.85	112.07	112.72	112.99	113.22	112.32	113.21
2000-01	113.49	113.96	114.29	113.63	113.83	113.04	112.41	112.02	112.78	113.05	113.24	113.15	113.24
2001-02	113.39	114.13	114.18	113.71	113.66	113.68	112.68	112.06	112.12	112.27	112.53	112.62	113.09

2002-03	112.97	113.92	113.77	113.76	113.63	112.77	112.06	111.98	112.08	112.17	112.28	112.43	112.82
2003-04	113.05	113.5	113.67	-	-	112.79	112.26	112.27	112.63	112.95	113.15	112.69	-
2004-05	112.47	113.97	114.06	-	114.00	-	-	112.89	-	112.78	113.02	112.97	-
2005-06	112.81	114.09	114.09	114.11	114.12	112.86	112.05	112.15	112.20	112.49	112.63	112.70	113.03
2006-07	112.68	114.04	114.16	114.23	113.61	112.74	112.62	113.79	113.77	112.64	112.80	113.05	113.34
2007-08	114.09	114.29	114.23	114.17	114.14	114.04	112.35	111.89	112.35	112.71	112.97	112.75	113.33
2008-09	113.32	113.88	114.13	114.02	114.06	112.31	112.70	113.77	113.37	112.56	112.79	112.54	113.29
2009-10	112.55	113.95	114.13	114.07	114.01	113.62	112.12	112.31	112.99	113.22	113.38	112.97	113.28
2010-11	113.39	113.99	114.17	113.86	113.55	113.65	112.84	111.92	112.19	112.37	112.51	112.53	113.08
2011-12	113.17	113.96	113.86	113.90	113.91	113.87	113.24	112.28	112.25	112.72	112.86	112.83	113.24
2012-13	113.79	113.93	114.23	112.68	111.72	111.90	113.06	112.07	112.39	-	-	-	-

Приложение 5

Восстановленные значения “нулевых” расходов отдачи воды из Хижозерского водохранилища, м³/с

Годы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1947	-	-	-	1.8	2.5	1.5	2	1.3	4.2	1.8	8.4	1.6
1948	1.6	1.8	1.7	4.2	4.2	0.3	1.9	1.9	2.1	9.9	8.6	1.6
1949	1.7	1.9	1.7	4.8	10.5	2.5	4.8	1.9	7.9	7.9	5.3	1.6
1950	1.7	1.9	1.7	3.9	4.9	13	1.3	11.1	6	3.4	1.3	1.3
1951	1.3	1.4	1.3	1.6	1.9	5.2	6.6	7.7	-	-	-	-
1952	1.7	1.9	6.2	5.1	14.2	0.7	-	-	-	-	-	-
1953	9.6	4.8	-	-	-	3.1	4.7	11.5	4.7	7.7	16.7	12.5
1954	-	-	-	-	-	-	1.7	2.7	0.5	1.6	11.6	10.1
1955	1.7	1.9	1.7	4.6	19.5	5.7	2	5.6	2.4	1.2	17.9	1.3
1956	1.3	1.4	1.3	1.3	1.5	1.8	1.8	1.8	1.9	5.9	15.1	1.6
1957	1.6	1.9	1.7	3.4	18.8	2.6	2	1.9	1.9	10.2	10.3	3.3
1958	1.5	1.7	1.5	1.5	4	1.9	3.4	2	1.8	1.7	1.7	1.6
1959	1.6	1.7	1.5	1.6	1.8	1.1	2.1	2.9	1.7	0.2	0.9	1.6
1960	1.5	1.6	1.5	1.6	1.6	1.7	3.8	2.7	2.3	2	1.3	1.2
1961	1.3	1.4	1.2	1.3	1.9	2.2	1.1	0.6	9.8	8	7.6	2
1962	1.7	1.8	3.1	7	1.9	4	7	3.7	4.7	8.1	12.2	12.5
1963	4.6	1.5	1.3	1.4	1.6	1.9	1.8	1.7	0.5	0.5	1.6	1.5
1964	1.5	1.5	1.3	1.4	1.6	1.9	1.8	3.7	1.6	1.2	1.5	1.5
1965	1.5	1.6	1.4	1.5	1.7	2	1.6	1.9	3.5	4	1.5	1.8
1966	1.8	2	4.9	6.1	1	6.6	7.9	0.3	4.2	2.3	11.2	2.3
1967	1.3	1.5	1.3	1.6	2.8	1.3	2	0.6	1.1	1.5	1.9	1.9
1968	1.9	2	1.9	8.4	11.3	6.1	2.6	6.1	5.1	4.4	5.3	4
1969	2.5	1.6	1.4	1.6	1.8	1.9	4.3	3.3	2.1	14	5	1.6
1970	1.7	-	6.1	3.1	5.3	3.6	5.2	4	1.8	5.6	0.2	1.8
1971	1.9	2.1	12	2.6	2.3	3.8	0.3	5.2	4.1	4.6	2.3	0.1
1972	2	2.2	2	4.8	5.2	3.8	6.5	1.7	3.2	1.7	1.9	1.9

1973	2	2.3	7.1	2	6	0.7	2.2	5	3.9	2	1.8	1.8
1974	1.8	2	7	1.8	1.3	2.4	1.7	2.2	3	9	4.5	1.3
1975	2.3	1.2	0.7	10.6	8.2	2.5	0.9	0.4	2.1	2	2.5	2.1
1976	2.1	2.3	2.2	5.6	6.3	3	2.6	4.6	8.4	1.9	8.6	1.8
1977	1.8	2.1	1.9	2	6.4	2.4	1.9	2.6	6.1	13.3	4.2	2
1978	0.8	1.9	1.9	1.9	4.7	1.3	3.4	1.8	5.8	12.2	2.9	2
1979	2	1.3	4.1	2	9.6	1.7	2	2.1	0.2	8.6	9.1	3.6
1980	1.8	2	1.9	3.8	2.7	3.8	4.5	2.9	4.5	1.7	1.8	1.7
1981	1.8	2	1.8	9.4	2	8.9	1.3	3.1	0.3	7.9	9.6	1.9
1982	2	2.2	1.6	9.1	5.1	3	2.1	2.2	4.3	3.8	1.2	7
1983	1.8	1.8	0.9	6.6	3.7	1.8	2.1	2.5	1.3	4.7	6	2
1984	9.3	3.5	1	3	1.9	2.2	2.5	1.9	2.5	1.4	10.1	2
1985	2	2.3	2	2.1	1.1	2.9	2.2	1.4	5.3	15.5	1.6	1.6
1986	1.7	1.9	1.7	0.1	2	5.3	4.3	1.6	2.1	11	2.1	0.8
1987	0.9	1.9	1.9	1.9	6.6	3.4	2.4	13.6	7	5	2.1	2.1
1988	2.1	2.3	5.4	5	7.9	3.8	-	4.7	0.8	3.6	14	1.8
1989	1.9	2.1	6.5	2.5	4	1.9	2.1	3.8	1.6	0.3	3.8	2
1990	2	2.2	2.2	7	4.2	2.2	1.6	3.9	0.3	0.5	0.4	-
1991	2	2.3	2.1	3.5	6.2	5.7	1.3	1.7	3.8	4.5	9.9	4.7
1992	2	2.2	6.1	1.9	13	1.2	1.9	1.4	2.4	6.5	10	1.8
1993	1.9	-	1.3	1.9	6	3.5	3.9	6.5	5.6	6.6	-	1.8
1994	-	-	1.8	1.3	1.3	5.6	1	2.1	6.6	15	8.7	2.2
1995	2.2	2	3.9	8	11.2	2.3	8.2	4.9	1.8	1.2	4.4	1.7
1996	-	-	1.9	4.1	1.9	2.2	3.1	0.7	0.3	6.9	6.2	-
1997	-	-	-	7.1	4.8	3.8	4.1	-	-	-	10.1	-
1998	-	-	-	1.9	4.4	3.8	3.8	-	-	7.5	12	-
1999	-	-	-	2.5	3.1	2.1	3	1.6	2	2	12	-
2000	-	-	-	5.7	3.9	2.2	5.4	2.6	7.5	-	-	-
2001	-	-	-	5.5	2.5	0.5	2.7	2.1	2.1	7.5	6.1	-
2002	-	-	-	4.3	6.2	1.9	-	-	5.2	5.6	1	-
2003	-	-	-	1.9	5	2.1	-	-	-	-	-	-

2004	-	-	-	2.9	4.5	3.2	-	-	-	-	-	-
2005	-	-	-	6	9.7	1.5	-		8.7	5.6	-	-
2006	-	-	-	4.5	3	-	-	-	7.1	-	-	-
2007	-	-	-	1	7.8	3.8	4	-	-	-	-	-
2008	-	-	-	2.5	8.2	2.2	-	-	-	-	1.3	-
2009	6.8	-	-	2.2	2	1.5	4.2	-	-	12.7	-	-
2010	-	-	-	5.7	4.1	-	-	-	-	6	6.8	-
2011	-	-	-	3.1	4.5	-	-	-	-	5.7	7	0.2
2012	-	-	-	0.2	12.7	3.9	16	7.8	1.6	-	-	-

Приложение 6

Восстановленные значения объемов годового полезного притока с учетом фильтрации ($W_{\text{прит}}$)

Год	$W_{\text{отд}}$, МЛН. М ³	ΔV , МЛН. М ³	$W_{\text{прит}}$, МЛН. М ³
1948	105	1.12	106.10
1949	138.4	2.51	140.86
1950	135.4	-23.91	111.44
1951	–	26.71	–
1952	–	-31.25	–
1953	–	–	–
1954	–	–	–
1955	172.3	–	–
1956	96.3	16.59	112.91
1957	157.6	-4.44	153.13
1958	64	6.8	70.85
1959	49.2	-4.73	44.46
1960	60.2	-18.53	41.67
1961	100.7	26.26	126.94
1962	178.5	-8.18	170.27
1963	52.4	-4.59	47.86
1964	54.1	-1.89	52.21
1965	63.1	23.95	87.08
1966	132.6	-29.95	102.63
1967	49.5	39.53	88.99
1968	155.8	-34.33	121.47
1969	108.8	18.57	127.32
1970	–	9.71	–
1971	109	9.54	118.51
1972	97.3	2.73	100.00

1973	97.2	-18.7	78.54
1974	100.2	26.47	126.72
1975	93.2	-2.09	91.15
1976	129.7	-20.77	108.93
1977	123.3	19.37	142.64
1978	107.2	-4.58	102.64
1979	122.5	-15.22	107.33
1980	87.1	-3.87	83.24
1981	131	13.17	144.14
1982	114.7	1.4	116.09
1983	92.5	6.44	98.90
1984	108.5	-2.77	105.71
1985	105.5	-26.62	78.89
1986	91.4	39.35	130.70
1987	129	-5.38	123.59
1988	–	-18.61	–
1989	85.7	9.34	95.00
1990	–	–	–
1991	125.2	–	–
1992	133.3	-10.99	122.28
1993	–	-4.79	–
1994	–	-2.07	–
1995	136.8	1.38	138.18
1996	–	-5.01	–
1997	–	-1.39	–
1998	–	2.08	–
1999	–	9.8	–
2000	–	0.85	–
2001	–	-10.3	–
2002	–	-0.69	–
2003	–	8.87	–

2004	–	–	–
2005	–	–	–
2006	–	25.04	–
2007	–	-22.46	–
2008	–	15.45	–
2009	–	-6.15	–
2010	–	-12.06	–
2011	–	1.04	–
2012	–	2.41	–

Приложение 7

Вспомогательная таблица для расчета коэффициента автокорреляции

$Q_i, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q_{i+1}, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q_i - Q_{cp}, \text{ м}^3/\text{с}$	$Q_{i+1} - Q_{cp}, \text{ м}^3/\text{с}$	$(Q_i - Q_{cp}) \cdot (Q_{i+1} - Q_{cp})$
	3.36			
3.36	4.46	-0.20	0.90	-0.18
4.46	3.53	0.90	-0.03	-0.027
3.53	2.83	-0.03	-0.73	0.0219
2.83	3.79	-0.73	0.23	-0.1679
3.79	4.2	0.23	0.64	0.1472
4.2	2.35	0.64	-1.21	-0.7744
2.35	3.78	-1.21	0.22	-0.2662
3.78	3.58	0.22	0.02	0.0044
3.58	4.85	0.02	1.29	0.0258
4.85	2.24	1.29	-1.32	-1.7028
2.24	1.41	-1.32	-2.15	2.838
1.41	1.32	-2.15	-2.24	4.816
1.32	4.02	-2.24	0.46	-1.0304
4.02	5.4	0.46	1.84	0.8464
5.4	1.52	1.84	-2.04	-3.7536
1.52	1.65	-2.04	-1.91	3.8964
1.65	2.76	-1.91	-0.8	1.528
2.76	3.25	-0.8	-0.31	0.248
3.25	2.82	-0.31	-0.74	0.2294
2.82	3.85	-0.74	0.29	-0.2146
3.85	4.03	0.29	0.47	0.1363
4.03	2.96	0.47	-0.6	-0.282
2.96	3.75	-0.6	0.19	-0.114
3.75	3.17	0.19	-0.39	-0.0741
3.17	2.49	-0.39	-1.07	0.4173
2.49	4.02	-1.07	0.46	-0.4922

4.02	2.89	0.46	-0.67	-0.3082
2.89	3.45	-0.67	-0.11	0.0737
3.45	4.52	-0.11	0.96	-0.1056
4.52	3.25	0.96	-0.31	-0.2976
3.25	3.4	-0.31	-0.16	0.0496
3.4	2.64	-0.16	-0.92	0.1472
2.64	4.57	-0.92	1.01	-0.9292
4.57	3.68	1.01	0.12	0.1212
3.68	3.13	0.12	-0.43	-0.0516
3.13	3.35	-0.43	-0.21	0.0903
3.35	2.5	-0.21	-1.06	0.2226
2.5	4.14	-1.06	0.58	-0.6148
4.14	3.92	0.58	0.36	0.2088
3.92	4.35	0.36	0.79	0.2844
4.35	3.01	0.79	-0.55	-0.4345
3.01	2.24	-0.55	-1.32	0.726
2.24	3.76	-1.32	0.2	-0.264
3.76	3.87	0.2	0.31	0.062
3.87	4.48	0.31	0.92	0.2852
4.48	4.69	0.92	1.13	1.0396
4.69	4.38	1.13	0.82	0.9266
4.38	2.69	0.82	-0.87	-0.7134
2.69	3.57	-0.87	0.01	-0.0087
3.57	4.23	0.01	0.67	0.0067
4.23	2.01	0.67	-1.55	-1.0385
2.01	4.73	-1.55	1.17	-1.8135
4.73	2.85	1.17	-0.71	-0.8307
2.85	1.8	-0.71	-1.76	1.2496
1.8	3.94	-1.76	0.38	-0.6688
3.94	3.52	0.38	-0.04	-0.0152
3.52	3.66	-0.04	0.1	-0.004

3.66	3.82	0.1	0.26	0.026
3.82	4.04	0.26	0.48	0.1248
4.04	6.48	0.48	2.92	1.4016
6.48	5.13	2.92	1.57	4.5844
5.13	3.95	1.57	0.39	0.6123
3.95	4.01	0.39	0.45	0.1755
4.01	7.39	0.45	3.83	1.7235
7.39				
Сумма				12.1

Приложение 8

Вспомогательная таблица расчета ординат разностно-интегральной кривой для ряда восстановленных значений Хижозерского водохранилища

Год	$Q_{пр}$	k	k-1	$\sum(k-1)$	$\sum(k-1)/C_v$
1948				0	0
1949	4.46	1.25	0.25	0.25	0.82
1950	3.53	0.99	-0.01	0.24	0.79
1951	2.83	0.79	-0.21	0.04	0.13
1952	3.79	1.06	0.06	0.10	0.34
1953	4.2	1.18	0.18	0.28	0.92
1954	2.35	0.66	-0.34	-0.06	-0.18
1955	3.78	1.06	0.06	0.01	0.02
1956	3.58	1.01	0.01	0.01	0.04
1957	4.85	1.36	0.36	0.37	1.21
1958	2.24	0.63	-0.37	0.00	0.01
1959	1.41	0.40	-0.60	-0.60	-1.94
1960	1.32	0.37	-0.63	-1.23	-3.97
1961	4.02	1.13	0.13	-1.10	-3.55
1962	5.4	1.52	0.52	-0.58	-1.88
1963	1.52	0.43	-0.57	-1.16	-3.73
1964	1.65	0.46	-0.54	-1.69	-5.46
1965	2.76	0.78	-0.22	-1.92	-6.19
1966	3.25	0.91	-0.09	-2.01	-6.47
1967	2.82	0.79	-0.21	-2.21	-7.14
1968	3.85	1.08	0.08	-2.13	-6.88
1969	4.03	1.13	0.13	-2.00	-6.45
1970	2.96	0.83	-0.17	-2.17	-7.00
1971	3.75	1.05	0.05	-2.12	-6.82
1972	3.17	0.89	-0.11	-2.22	-7.18
1973	2.49	0.70	-0.30	-2.53	-8.15

1974	4.02	1.13	0.13	-2.40	-7.73
1975	2.89	0.81	-0.19	-2.58	-8.34
1976	3.45	0.97	-0.03	-2.62	-8.44
1977	4.52	1.27	0.27	-2.35	-7.57
1978	3.25	0.91	-0.09	-2.43	-7.85
1979	3.4	0.96	-0.04	-2.48	-7.99
1980	2.64	0.74	-0.26	-2.74	-8.83
1981	4.57	1.28	0.28	-2.45	-7.91
1982	3.68	1.03	0.03	-2.42	-7.80
1983	3.13	0.88	-0.12	-2.54	-8.19
1984	3.35	0.94	-0.06	-2.60	-8.38
1985	2.5	0.70	-0.30	-2.90	-9.34
1986	4.14	1.16	0.16	-2.73	-8.82
1987	3.92	1.10	0.10	-2.63	-8.49
1988	4.35	1.22	0.22	-2.41	-7.77
1989	3.01	0.85	-0.15	-2.56	-8.27
1990	2.24	0.63	-0.37	-2.94	-9.47
1991	3.76	1.06	0.06	-2.88	-9.29
1992	3.87	1.09	0.09	-2.79	-9.01
1993	4.48	1.26	0.26	-2.53	-8.17
1994	4.69	1.32	0.32	-2.22	-7.15
1995	4.38	1.23	0.23	-1.99	-6.41
1996	2.69	0.76	-0.24	-2.23	-7.19
1997	3.57	1.00	0.00	-2.23	-7.19
1998	4.23	1.19	0.19	-2.04	-6.58
1999	2.01	0.56	-0.44	-2.47	-7.98
2000	4.73	1.33	0.33	-2.15	-6.92
2001	2.85	0.80	-0.20	-2.35	-7.57
2002	1.8	0.51	-0.49	-2.84	-9.16
2003	3.94	1.11	0.11	-2.73	-8.82
2004	3.52	0.99	-0.01	-2.74	-8.85

2005	3.66	1.03	0.03	-2.72	-8.76
2006	3.82	1.07	0.07	-2.64	-8.53
2007	4.04	1.13	0.13	-2.51	-8.09
2008	6.48	1.82	0.82	-1.69	-5.45
2009	5.13	1.44	0.44	-1.25	-4.02
2010	3.95	1.11	0.11	-1.14	-3.67
2011	4.01	1.13	0.13	-1.01	-3.26
2012	7.39	2.08	1.08	0.06	0.21

Приложение 9

Вспомогательная таблица расчета ординат разностно-интегральной кривой для ряда среднегодовых расходов воды реки-аналога р.Уница

Год	Q_{p-a}	k	k-1	$\Sigma(k-1)$	$\Sigma(k-1)/C_v$
1948				0	0
1949	4.85	1.14	0.14	0.14	0.53
1950	3.71	0.88	-0.13	0.02	0.07
1951	3.48	0.82	-0.18	-0.16	-0.59
1952	4.48	1.06	0.06	-0.10	-0.38
1953	4.91	1.16	0.16	0.05	0.20
1954	2.98	0.70	-0.30	-0.24	-0.90
1955	4.47	1.05	0.05	-0.19	-0.70
1956	3.87	0.91	-0.09	-0.28	-1.02
1957	5.2	1.23	0.23	-0.05	-0.18
1958	3.64	0.86	-0.14	-0.19	-0.71
1959	2.89	0.68	-0.32	-0.51	-1.89
1960	2.29	0.54	-0.46	-0.97	-3.59
1961	5.47	1.29	0.29	-0.68	-2.52
1962	7.03	1.66	0.66	-0.02	-0.08
1963	3.07	0.72	-0.28	-0.30	-1.10
1964	2.42	0.57	-0.43	-0.73	-2.69
1965	3.41	0.80	-0.20	-0.92	-3.42
1966	5.2	1.23	0.23	-0.70	-2.58
1967	4.69	1.11	0.11	-0.59	-2.18
1968	4.94	1.17	0.17	-0.42	-1.57
1969	3.21	0.76	-0.24	-0.67	-2.47
1970	3.62	0.85	-0.15	-0.81	-3.01
1971	3.98	0.94	-0.06	-0.88	-3.24
1972	2.9	0.68	-0.32	-1.19	-4.41
1973	2.57	0.61	-0.39	-1.58	-5.87

1974	3.72	0.88	-0.12	-1.71	-6.32
1975	3.67	0.87	-0.13	-1.84	-6.82
1976	3.73	0.88	-0.12	-1.96	-7.27
1977	4.77	1.13	0.13	-1.84	-6.80
1978	3.58	0.84	-0.16	-1.99	-7.38
1979	3.76	0.89	-0.11	-2.11	-7.80
1980	2.8	0.66	-0.34	-2.45	-9.06
1981	5.96	1.41	0.41	-2.04	-7.56
1982	3.79	0.89	-0.11	-2.15	-7.95
1983	4.86	1.15	0.15	-2.00	-7.41
1984	4.32	1.02	0.02	-1.98	-7.34
1985	3.43	0.81	-0.19	-2.17	-8.05
1986	4.57	1.08	0.08	-2.09	-7.76
1987	4.41	1.04	0.04	-2.05	-7.61
1988	5.07	1.20	0.20	-1.86	-6.88
1989	3.61	0.85	-0.15	-2.01	-7.43
1990	2.87	0.68	-0.32	-2.33	-8.63
1991	4.45	1.05	0.05	-2.28	-8.45
1992	4.64	1.09	0.09	-2.19	-8.10
1993	5.2	1.23	0.23	-1.96	-7.26
1994	5.42	1.28	0.28	-1.68	-6.23
1995	4.76	1.12	0.12	-1.56	-5.77
1996	3.34	0.79	-0.21	-1.77	-6.56
1997	4.25	1.00	0.00	-1.77	-6.55
1998	4.94	1.17	0.17	-1.60	-5.94
1999	2.63	0.62	-0.38	-1.98	-7.35
2000	5.47	1.29	0.29	-1.69	-6.27
2001	3.5	0.83	-0.17	-1.87	-6.92
2002	2.41	0.57	-0.43	-2.30	-8.52
2003	4.64	1.09	0.09	-2.21	-8.17
2004	4.2	0.99	-0.01	-2.21	-8.20

2005	4.35	1.03	0.03	-2.19	-8.11
2006	4.52	1.07	0.07	-2.12	-7.86
2007	4.74	1.12	0.12	-2.00	-7.42
2008	7.29	1.72	0.72	-1.29	-4.76
2009	5.88	1.39	0.39	-0.90	-3.33
2010	4.65	1.10	0.10	-0.80	-2.97
2011	4.71	1.11	0.11	-0.69	-2.56
2012	8.24	1.94	0.94	0.25	0.93

Приложение 10

Ординаты эмпирической кривой обеспеченности

m	Расходы воды Q, м ³ /с	Ранжированные расходы воды Q _R , м ³ /с	k	P, %
1	3.36	8.51	2.35	1.5
2	4.46	7.35	2.03	3
3	3.53	5.62	1.55	4.5
4	2.69	5.4	1.49	6.1
5	3.91	5.12	1.41	7.6
6	4.44	5.06	1.40	9.1
7	2.07	4.85	1.34	10.6
8	3.9	4.79	1.32	12.1
9	3.58	4.63	1.28	13.6
10	4.85	4.57	1.26	15.2
11	2.24	4.52	1.25	16.7
12	1.41	4.47	1.23	18.2
13	1.32	4.46	1.23	19.7
14	4.02	4.44	1.23	21.2
15	5.4	4.38	1.21	22.7
16	1.52	4.23	1.17	24.2
17	1.65	4.19	1.16	25.8
18	2.76	4.14	1.14	27.3
19	3.25	4.12	1.14	28.8
20	2.82	4.1	1.13	30.3
21	3.85	4.03	1.11	31.8
22	4.03	4.02	1.11	33.3
23	2.86	4.02	1.11	34.8
24	3.75	3.96	1.09	36.4
25	3.17	3.92	1.08	37.9
26	2.49	3.91	1.08	39.4
27	4.02	3.9	1.08	40.9

28	2.89	3.87	1.07	42.4
29	3.45	3.87	1.07	43.9
30	4.52	3.85	1.06	45.5
31	3.25	3.75	1.04	47
32	3.4	3.75	1.04	48.5
33	2.64	3.68	1.02	50
34	4.57	3.63	1.00	51.5
35	3.68	3.58	0.99	53
36	3.13	3.57	0.99	54.5
37	3.35	3.53	0.98	56.1
38	2.5	3.45	0.95	57.6
39	4.14	3.4	0.94	59.1
40	3.92	3.36	0.93	60.6
41	4.63	3.35	0.93	62.1
42	3.01	3.25	0.90	63.6
43	1.94	3.25	0.90	65.2
44	3.87	3.17	0.88	66.7
45	3.87	3.13	0.86	68.2
46	4.79	3.01	0.83	69.7
47	5.06	2.89	0.80	71.2
48	4.38	2.86	0.79	72.7
49	2.52	2.82	0.78	74.2
50	3.63	2.76	0.76	75.8
51	4.47	2.71	0.75	77.3
52	1.65	2.69	0.74	78.8
53	5.12	2.64	0.73	80.3
54	2.71	2.52	0.70	81.8
55	1.38	2.5	0.69	83.3
56	4.1	2.49	0.69	84.8
57	3.57	2.24	0.62	86.4
58	3.75	2.07	0.57	87.9

59	3.96	1.94	0.54	89.4
60	4.23	1.65	0.46	90.9
61	7.35	1.65	0.46	92.4
62	5.62	1.52	0.42	93.9
63	4.12	1.41	0.39	95.5
64	4.19	1.38	0.38	97
65	8.51	1.32	0.36	98.5