



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

Кафедра Водно-технических изысканий

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему

**Влияние озер Суоярви
и Шотозера на водный режим реки Шуя**

Исполнитель _____ Грищенко Татьяна Викторовна

Руководитель _____ Вампилова Людмила Борисовна, к.г.н., доцент

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

к.г.н., доцент

(ученая степень, ученое звание)

Исаев Дмитрий Игоревич

(фамилия, имя, отчество)

«16» июня 2020 г.

Санкт-Петербург

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	1
Глава 1. Физико-географическая характеристика бассейна реки Шуи	3
1.1. Геологическое строение и особенности рельефа	4
1.2. Климатическая характеристика бассейна реки Шуи	9
1.3. Гидрологическая характеристика бассейна реки Шуя	19
1.4. Почвенно-растительный покров	29
1.5. Хозяйственное использование реки Шуи.....	32
Глава 2. Морфометрические характеристики озер Суоярви и Шотозера	37
2.1 Количественные показатели и свойства водосбора озера Суоярви.....	37
2.2 Количественные показатели и свойства водосбора озера Шотозера	44
Глава 3. Влияние озер Суоярви и Шотозера на гидрологический режим реки Шуи	50
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	53
Список использованной литературы.....	54
Приложение А – среднесуточные и среднемесячные данные радиации	59
Приложение Б «Характерные (наибольшие и наименьшие) и среднегодовые уровни воды»	60
Приложение В «Ежедневные уровни воды».....	63
Приложение Г «Ежедневные расходы по водпосту «р. Шуя – д. Нижний Бесовец»»	66
Приложение Д «Расчетная таблица для коэффициента вариации».....	69

ВВЕДЕНИЕ

Озерные системы играют ключевую роль в формировании гидрологического режима рек, особенно в регионах с высокой озерностью, таких как Карелия [1,2]. Проточные озера, расположенные в истоках или в среднем течении аккумулируют воду в многоводные периоды и отдают ее в межень, сглаживая многолетние колебания стока. В данной работе в качестве объекта исследования рассмотрен бассейн реки Шуи Онежской. В этой связи, нами была обозначена главная проблема настоящего исследования: какое влияние на гидрологический режим реки Шуи (Онежской) оказывают два озера: Суоярви – исток реки и Шотозеро, крупнейший проточный водоем в среднем течении. Таким образом, уточняя объект исследования отмечаем, что бассейн реки Шуи рассматривается нами вместе с системами озер Суоярви и Шотозеро [1].

Целью работы является изучение и оценка влияния озер Суоярви и Шотозера на гидрологический режим реки Шуи. В соответствии с целью нами решались следующие задачи:

- дать подробную физико-географическую характеристику бассейна реки Шуи и показать роль природных компонентов в формировании стока;
- выполнить сравнительный анализ морфометрических характеристик озер и их водосборных бассейнов, изучить гидрологический и термический режимы озер;
- определить роль каждого озера Суоярви и Шотозера в трансформации и регуляции стока реки Шуи.

Работа состоит из введения, трех глав и заключения. Первая глава содержит физико-географическую характеристику бассейна реки Шуи. Вторая глава – морфометрические и другие параметры озер Суоярви и Шотозера, а третья – анализ влияния этих озер на гидрологический режим Шуи.

Глава 1. Физико-географическая характеристика бассейна реки Шуи

Бассейн реки Шуи располагается на юге Карелии в пределах территории Суоярвского, Пряжинского и Прионежского районов (рис. 1), относится к бассейну Онежского озера. Исток – озеро Суоярви, а устье – озеро Логмозеро, которое соединяется с Онежским озером небольшой протокой [1].

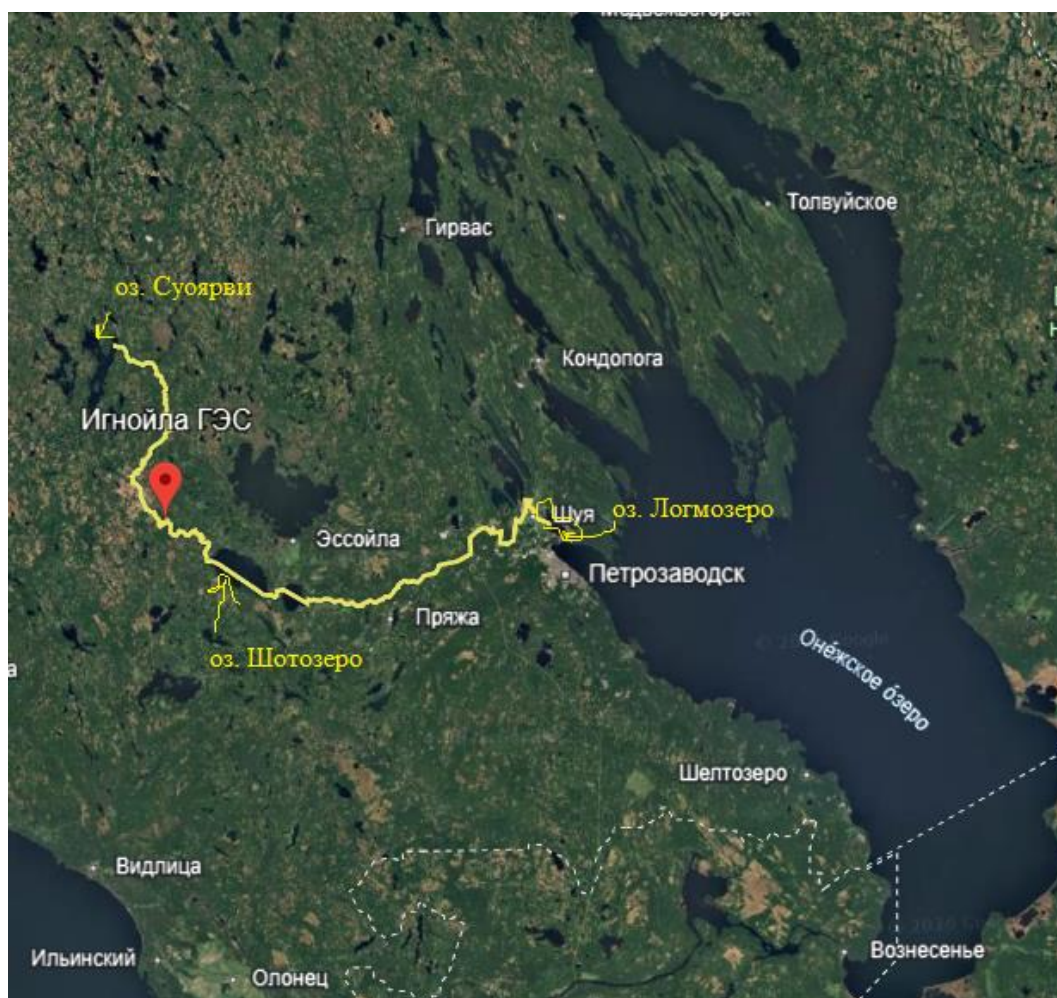


Рисунок 1 – Бассейн реки Шуи

Озера, расположенные в бассейне реки Шуи оказывают влияние на регулицию стока. Озеро Суоярви – исток реки, аккумулирует поступающую с обширного и сильно заболоченного водосбора воду, сглаживая пики весенних половодий и поддерживая устойчивый сток в летнюю межень. Озеро Шотозеро, проточное озеро в среднем течении, служит крупнейшим транзитным водоемом: через него транзитом проходит до 92% воды реки Шуи

[1, 2]. Поэтому озеро Шотозеро уменьшает амплитуду колебаний уровней ниже по течению, дополнительно регулируя сток. Кроме перечисленных озер, другие крупные озера могут оказывать локальное влияние на климат прилегающих территорий, смягчать температурный режим и повышать влажность воздуха в прибрежной зоне [3, 4].

1.1. Геологическое строение и особенности рельефа

Бассейн реки Шуи расположен в юго-западной части Фенноскандии (Балтийского щита) и имеет сложное геологическое строение, отражающее этапы развития территории от архея до палеопротерозоя [2 – 4]. Абсолютные отметки в рельефе варьируются от 33 м в устьевой части, уровень Логмозера, до примерно 220 м на наиболее высоких участках водоразделов западной и северо-западной части водосбора [2]. Преобладающие высоты находятся в интервале от 100 до 150 м, что подтверждает равнинный характер местности [1]. Для большей части бассейна свойственна слабая и средняя степень горизонтального расчленения. Однако исключением является район, который прилегает к долине реки Шуя и ее крупных притоков. Здесь глубина вреза достигает от 20 до 40 м [2]. Основные области развития болотных массивов – это плоские и слабоволнистые междуречные пространства, сложенные моренными суглинками, с высотами от 120 до 160 м [1, 2]. В строении территории принимают участие две основные группы комплексов: докембрийский кристаллический фундамент и четвертичный (антропогеновый) покровный комплекс [2 – 4]. Основную площадь бассейна составляют архейские образования, относящиеся к Водлозерскому террейну, возраст которого около 3 млрд лет [3]. В стратиграфическом разрезе им соответствуют: мезоархейские комплексы (2.8–2.7 млрд лет): метаосадочные и метавулканические толщи. Например, коматииты, базальты и андезиты, прорванные интрузиями тоналитов, трондьемитов и гранодиоритами. И неоархейские комплексы (2.5 млрд лет): гранулиты, железистые кварциты, а

также гранодиоритами [2]. Восточная окраина бассейна, в районе, где река впадает в Онежское озеро, затрагивает палеопротерозойский Ятулийско-людиловый внутриплитный бассейн (2.3–1.92 млрд лет). Для его центральной части характерны проявления мантийно-плюмового магматизма. В геологическом разрезе это отражается ятулийскими кварцитопесчаниками и доломитами, а также специфическими магматическими породами: шунгитосодержащими отложениями, габбродолеритами, карбонатитами (2.0 млрд лет) и кимберлитами (рис. 2) [1, 2].

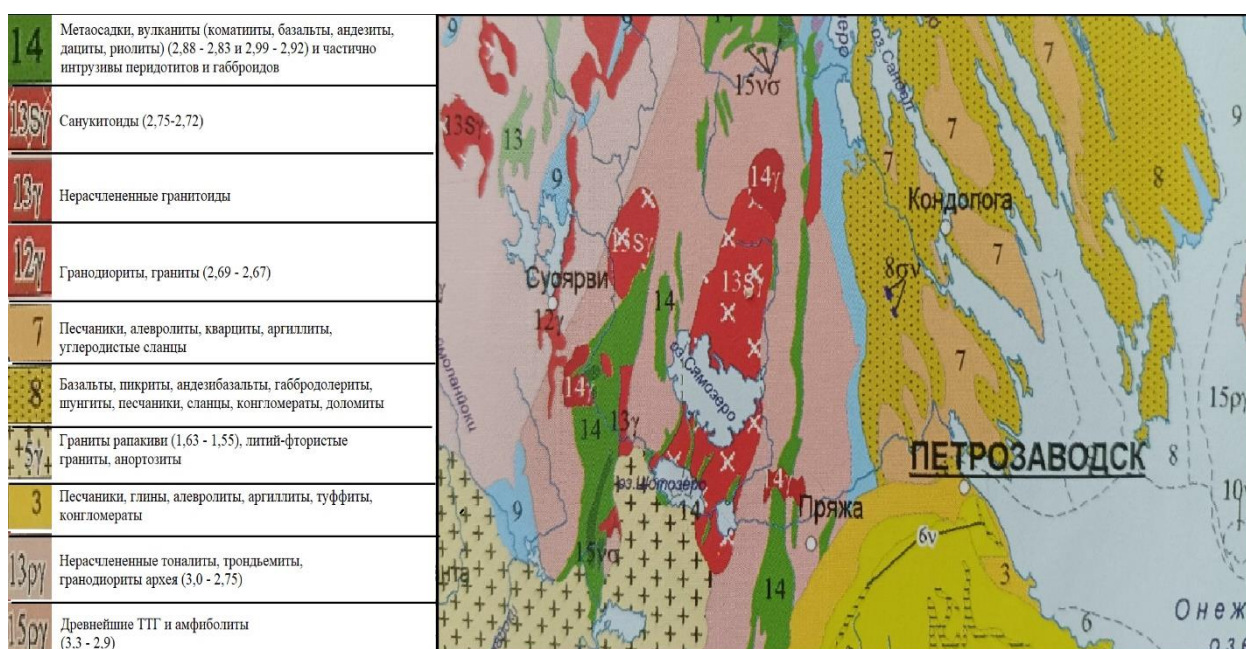


Рисунок 2 – Геологическая карта Карелии [2]

В таблице 1.1.1 представлены коренные породы бассейна реки Шуи в табличном виде для удобства визуализации данной характеристики [2].

Таблица 1.1.1

Геологическое строение бассейна р. Шуи

Эон / эра	Комплекс	Возраст, млрд лет	Характерные породы	Район бассейна реки Шуи
Архей AR	Мезоархейские толщи	2,7 – 2,8	Метавулканические и метаосадочные породы – коматиты, базальты, андезиты, прорванные интрузиями тоналитов, трондjemитов, гранодиоритов	Преобладает на всей территории бассейна
	Неоархейские комплексы	2,5	Гранулиты, железистые кварциты, гранодиориты	Юго-запад и центр
Протерозой PR	Ятулийский надгоризонт	2,1 – 2,3	Кварцитопесчаники, доломиты, базальты, туфы	Восточная окраина бассейна, прилегающая к Онежскому озеру
	Людиковый надгоризонт	1,9 – 2,1	Шунгитосодержащие отложения, карбонаты, туффиты, габбродолериты, карбонатиты, кимберлиты	Восточная окраина
Фанерозой PH	Девонская система	0,4 – 0,5	Песчаники, конгломераты, глины	Локальные участки, преимуществен но у восточной границы
	Каменноугольна я система	0,3 – 0,4	Песчаники, глины, доломиты, известняки	Спорное распространен ие

Кристаллический фундамент повсеместно перекрыт маломощным чехлом четвертичных отложений разного генезиса (рис. 3) [1, 2]. На большей части территории, включая район озер Суоярви и район озера Шотозера, преобладают моренные отложения – гравийно-песчаные, алевроитовые, глинистые морены, а также морена, супесь с валунами и галькой, которые обладают низкой водопроницаемостью, способствуя быстрому формированию поверхностного стока, и ограничивают инфильтрацию атмосферных осадков [2 – 4]. В пределах ледораздельных аккумулятивных возвышенностей в западной и северо-западной части бассейна распространены пески, супеси и суглинки с гравием и валунами, а также песчано-гравийные отложения вне озера [2]. Они, наоборот, обладают хорошей фильтрационной способностью и служат зонами питания подземных вод. В долинах рек и по краям озер наблюдаются флювиогляциальные отложения – озы, дельты, сложенные песком и гравием с галькой [2]. Также встречаются аллювиальные – галечные пески, галечники и супеси, имеются и озерные отложения – илы. На заболоченных участках развиты биогенные отложения – торф [2 – 4]. Современный рельеф бассейна сформирован в результате длительной денудации и последующей интенсивной плейстоценовой ледниковой обработки [2, 4].

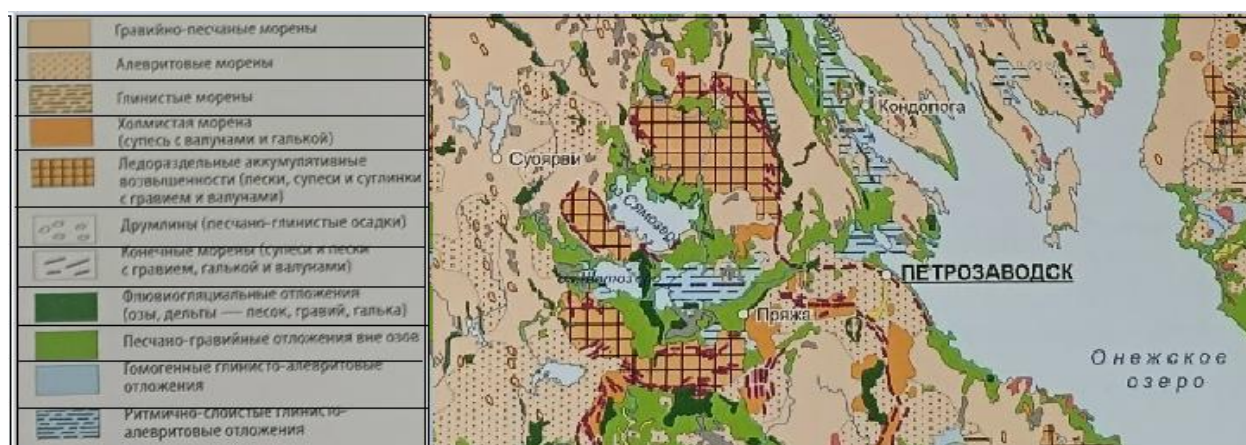


Рисунок 3 – Карта четвертичных отложений бассейна реки Шуи [2]

Основные типы рельефа, их распространение и гидрологическое значение приведены в таблице 1.1.2.

Таблица 1.1.2

Морфоструктура и морфоскульптура рельефа бассейна реки Шуи [2]

Тип рельефа	Характерные формы и отложения	Гидрологическое значение
Денудационно-тектонический	Цокольные волнистые равнины на кристаллических породах архейского фундамента, расчлененные речной сетью	Формирование базового уровня дренирования территории
Ледниковый аккумулятивный	Холмисто-грядовые и волнистые равнины, сложенные основной мореной; камы, озы	Определение общего холмистого облика местности; моренные суглинки снижают инфильтрацию
Водно-ледниковый	Озовые гряды и флювиогляциальные равнины, сложенные сортированными песками; комплексы с камовыми холмами	Обеспечение высокого уровня дренажа; пески и гравий – зоны инфильтрации и питания подземных вод
Биогенный	Болотные равнины в понижениях и на плоских водоразделах	Распространение там, где слабые уклоны и низкая водопроницаемость моренных суглинков; аккумуляция влаги и регуляция стока

Таким образом, основная часть бассейна сложена слабопроницаемыми архейскими породами, что способствует быстрому поверхностному стоку и высоким паводкам. На восточной окраине протерозойские отложения формируют локальные запасы подземных вод, смягчая межень. Глинистые и моренные отложения удерживают влагу в верхних горизонтах, способствуя формированию верховодки, также поддерживая влажность почв и меженные периоды. Чередование морен и флювиогляциальных песков создает неоднородность условий формирования стока в бассейне. Сочетание плоского и слабоволнистого рельефа цокольных равнин, где распространены малопроницаемые моренные суглинки, способствует развитию обширных болотных систем, так как здесь создаются идеальные условия для их формирования. В свою очередь, болота оказывают значительное

гидроаккумулирующее влияние на водный баланс и поверхностные воды [3, 4, 6].

1.2. Климатическая характеристика бассейна реки Шуи

Бассейн реки Шуи расположен между $62^{\circ}30'$ с. ш. и $63^{\circ}30'$ с. ш., и между $32^{\circ}00'$ в. д. $34^{\circ}30'$ в. д. Количество солнечной радиации, поступающей на земную поверхность, зависит напрямую от широты места. Годовая сумма суммарной солнечной радиации для ОГМС Петрозаводск составляет $74,7$ ккал/см² [29]. Большая часть этой энергии теряется на эффективное излучение и отражение, поэтому радиационный баланс деятельной поверхности меньше $28,4$ ккал/см². Из чего можно сделать вывод, что для бассейна реки Шуи, как и для всего севера Карелии, характерен явный дефицит солнечного тепла, который обусловлен высокими широтами и значительной облачностью 7 – 8 баллов в среднем в год [27 – 29]. Наибольший приток суммарной солнечной радиации наблюдается в июне, что объясняется максимальной высотой солнца и наибольшей продолжительностью дня. Минимальные значения приходятся на декабрь и январь. Годовая сумма радиации характерна для умеренных широт с высокой облачностью – до 60% прихода энергии теряется из-за экранирующего эффекта облаков [29]. Исходные данные по солнечной радиации представлены в приложении А.

На формирование климата бассейна реки Шуи оказывают влияние контрастные воздушные массы: западные атлантические воздушные массы, характеризующиеся как умеренно-континентальные с чертами морского [3, 4]. Западный перенос и частые атлантические циклоны – это основа погоды Карелии. Эти свойства являются типичными для южной Карелии, что определяет основные параметры тепло- и влагооборота, которые напрямую влияют на формирование стока [4]. С севера поступают арктические воздушные массы, холодные и сухие, приносящие понижение температур воздуха как в теплое, так и в холодное время года. Для этих воздушных масс

характерно застаивание холодного воздуха в понижениях рельефа и особенно выхолаживающее влияние они оказывают на прибрежные территории [3]. Третья воздушная масса представлена континентальным воздухом умеренных широт [3, 4]. Ее свойства зависят от сезона года: в летнее время это прогретые воздушные массы, приносящие потепление, а зимой холодный воздух, не содержащий влаги, однако на контакте с воздушными массами западного переноса формируются фронтальные условия, приносящие выпадение осадков в виде снега. Летом континентальный воздух умеренных широт при взаимодействии с холодным арктическим воздухом также способствует созданию фронтальных условий, сопровождающихся выпадением дождевых осадков. Для этой территории характерны морские умеренные воздушные массы с Атлантики, которые приносят циклоны, оттепели, пасмурную погоду и основную долю осадков [4]. Также есть континентальные умеренные воздушные массы с востока, за счет чего зима морозная, а лето относительно сухое и теплое. Арктические воздушные массы могут периодически вызывать похолодания в любое теплое время, а зимой – усиление морозов. Для данной территории свойственна мягкая зима, лето – короткое и прохладное [29].

Для анализа многолетней динамики температуры воздуха и осадков использованы данные метеорологических станций, которые расположены на территории бассейна реки Шуи: ОГМС Петрозаводск (№22820), метеостанции Суоярви (22717), и Пряжа (22816). В настоящее время эти станции, кроме г. Петрозаводск, возможно, не действуют, а следовательно, не входят в основные источники данных. В таблице 1.2.1 приведены характеристики перечисленных метеостанций для анализа многолетних данных по ним [27 – 29].

Таблица 1.2.1

Географическое положение метеостанций

Пункт наблюдений	Тип	Описание
Р. Шуя – г. Петрозаводск	ОГМС	Расположена на северо-западной окраине города Петрозаводск. Высота над уровнем моря 110 м
Р. Шуя – г. Суоярви	Метеостанция	Расположена приблизительно на северо-западе города Суоярви. Высота над уровнем моря 158 м.
Р. Шуя – пгт Пряжа	Метеостанция	Расположена на севере пгт Пряжа. Высота над уровнем моря 131 м

Для оценки теплового режима бассейна реки Шуи были использованы сведения о среднемесячной и годовой температуре воздуха по пунктам наблюдений – ОГМС Петрозаводск, метеостанций Суоярви и Пряжа. Данные представлены в таблице 1.2.2 [27 – 29].

Таблица 1.2.2

Среднемесячная и годовая температура воздуха по данным ОГМС Петрозаводск, метеостанций Суоярви и Пряжа °С за период 1966 – 1980 гг.

Пункт наблюдений	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σгод
Петрозаводск	-11,1	-10,4	-5,4	1,3	7,6	13,6	16,4	14,7	9,3	3,4	-1,8	-7,1	2,3
Суоярви	-11,1	-11,0	-6,8	0,5	7,1	12,9	15,8	13,7	8,4	2,2	-3,4	-8,2	1,7
Пряжа	-10,7	-10,4	-6,0	1,1	7,7	13,1	16,1	14,1	8,8	2,5	-3,0	-8,0	2,1
Средняя температура за месяц	-11,0	-10,6	-6,1	1,0	7,5	13,2	16,1	14,2	8,8	2,7	-2,7	-7,8	2,1

Согласно таблице 1.2.4 пространственное распределение температуры воздуха в бассейне реки Шуи подчиняется широтной зональности – среднегодовые температуры понижаются от Пряжи к Суоярви, что объясняется увеличением высоты местности и континентальности климата, смягчающее влияние Онежского озера отражают данные по ОГМС

Петрозаводск. Время начала основных фаз водного режима реки Шуи можно проследить по переходу среднесуточной температуры через 0 °С в первой декаде апреля, что определяет сроки начала весеннего снеготаяния. В более холодной верхней части бассейна снежный покров держится дольше, а весеннее половодье начинается позже, но усиливается за счет высокого уровня снегозапасов; в нижнем течении – оттепели начинаются раньше, и спад половодья растянут по времени, чему также способствует регулирующее воздействие озера Шотозеро, расположенного в среднем течении.

Кроме средних температур, значительное влияние для оценки условий формирования стока имеют экстремальные характеристики температурного режима – средние максимальные и минимальные температуры за месяц и их сумма за год, позволяющие проанализировать влияние зимних условий, спрогнозировать вероятность поздневесенних или раннеосенних заморозков, которые в свою очередь влияют на период продолжительных температур воздуха (табл. 1.2. 3).

Таблица 1.2.3

Средняя максимальная и минимальная температуры воздуха по данным ОГМС Петрозаводск, °С за период 1881-1980 гг. [27 – 29]

Средняя максимальная температура воздуха													
Пункт наблюдений	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σгод
Петрозаводск	-8,0	-7,3	-1,6	5,0	12,4	18,4	20,3	18,4	12,6	5,4	-0,3	-4,5	5,9
Суоярви	-7,6	-7,5	-2,1	5,0	12,5	18,6	21,7	19,0	12,3	4,8	-0,9	-5,6	5,8
Пряжа	-7,7	-7,2	-1,8	5,4	12,7	18,2	21,1	18,8	12,5	5,1	-0,8	-5,5	5,9
Средняя минимальная температура воздуха													
Петрозаводск	-14,6	-13,6	-9,0	-2,3	3,0	8,8	11,3	10,4	5,7	0,5	-4,9	-10,1	-1,2
Суоярви	-15,0	-15,3	-12,0	-4,0	1,8	7,3	10,2	8,9	4,6	-0,4	-6,0	-11,9	-2,6
Пряжа	-14,0	-14,1	-10,4	-3,0	3,0	8,6	11,8	10,5	5,6	0,1	-5,3	-11,0	-1,5

Сравнение средних максимальных и минимальных температур воздуха позволяет выявить существенные различия в температурном режиме разных частей бассейна, обусловленные влиянием подстилающей поверхности.

Наиболее контрастный и холодный климат характерен для северо-запада на метеостанции Суоярви, здесь наблюдаются самые низкие минимальные температуры, вследствие более глубокого промерзания почвы, а значит и более интенсивный поверхностный сток в верховьях. ОГМС Петрозаводск, расположенная на берегу Онежского озера, показывает смягченные температурные условия. Несмотря на то, что зимние температуры здесь остаются низкими, данный показатель выше, чем на пунктах в Суоярви (-2,6 °С) и в Пряже (-1,5 °С). Данное отличие в температурах, достигающее порядка 0,4–1,4 °С, является прямой закономерностью влияния крупного водоема, озеро Онежское, накапливающего тепло в летний период и отдающего его в холодное время года, предотвращая экстремальное промерзание почв.

Основным источником питания реки Шуи являются атмосферные осадки. Для количественной оценки увлажнения территории в работе использованы данные о среднемесечном и годовом количестве осадков, которые представлены в таблице 1.2.4 [27 – 29].

Таблица 1.2.4

Среднемесечное и годовое количество осадков (мм) с поправками на смачивание по данным ОГМС Петрозаводск и метеостанций Суоярви и Пряжа за период 1888 – 1980 гг.

Пункт наблюдений	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σгод
Петрозаводск	31	25	29	35	45	56	69	81	77	57	47	37	589
Суоярви	43	35	31	37	44	55	67	79	70	63	61	50	635
Пряжа	32	27	25	27	44	58	66	77	71	55	46	37	565

Годовая сумма осадков в пределах бассейна реки Шуи меняется от 565 мм (метеостанция Пряжа) до 635 мм (метеостанция Суоярви). Наибольшее

количество осадков выпадает на северо-западе на метеостанции Суоярви, что обуславливается повышенной водностью верхнего течения реки. Четко выражен летне-осенний максимум – с июля по сентябрь, создающий предпосылки для дождевых паводков.

На формирование водного режима реки Шуи значительное влияние оказывает снежный покров, на его долю приходится до 70% годового стока, проходящего в период весеннего половодья. В таблице 1.2.5 приведена характеристика средней высоты снежного покрова.

Таблица 1.2.5

Средняя декадная высота снежного покрова на метеостанции Пряжа и
ОГМС Петрозаводск, см за период 1890 – 1980 гг. [29]

М/с Пряжа										
Декада	X	XI	XII	I	II	III	IV	Наибольшая за зиму		
1		2	7	16	40	52	41	Средн.	Макс.	Мин.
2		3	10	19	45	54	25			
3		5	13	23	49	50	9			
ОГМС Петрозаводск										
Декада	X	XI	XII	I	II	III	IV	Наибольшая за зиму		
1	-	3	9	15	22	27	13	Средн.	Макс.	Мин.
2	-	4	11	16	26	26	4			
3	2	7	14	19	26	22	1			

В центральной части бассейна на метеостанции Пряжа снежный покров начинает формироваться уже в октябре, а максимальной средней высоты 58 см достигает в третьей декаде февраля – первой декаде марта. Что обеспечивает высокую водность весеннего половодья в среднем течении реки Шуи. Ниже по течению, на ОГМС Петрозаводск, устойчивый снежный покров

устанавливается позже – в ноябре, его средняя максимальная высота 32 см ощутимо ниже, что связано с близостью Онежского озера и более мягкими климатическими условиями, что объясняет закономерность: основной объем талых вод, формирующих половодье, поступает из верхней и центральной части бассейна реки Шуи. В нижнем течении река получает дополнительное питание за счет снеготаяния на прилегающих территориях. Запасы воды в снежном покрове влияют на регулицию стока бассейна реки Шуи. Запас воды в снежном покрове по данным ОГМС Петрозаводск показан в таблице 1.2.6.

Таблица 1.2.6

Запас воды в снежном покрове по снегосъемкам на последний день декады по данным ОГМС Петрозаводск, мм за период 1936 – 1980 гг. [27]

Декада	XI	XII	I	II	III	IV	V	Наибольший за зиму		
поле										
1	-	21	50	69	77	26	-	средний	макс.	мин.
2	-	31	54	74	76	-	-	98	194	48
3	15	41	59	77	75	-	-			
лес										
1	-	37	67	93	110	103	-	137	223	65
2	13	44	74	100	117	63	-			
3	20	51	83	105	120	-	-			

Представленные данные показывают, что запас воды в снежном покрове в лесных массивах значительно выше, чем на открытых участках. Максимальные значения для леса достигают в среднем 137 мм, что обусловлено меньшим выдуванием снега и большей его аккумуляцией под пологом леса. Именно этот запас талой воды в лесистой части бассейна, аккумулированный к концу февраля – началу марта, в период снеготаяния, поступает в речную сеть и формирует пик весеннего половодья.

Число дней со снежным покровом, даты появления и схода снежного покрова, а также образование и разрушение устойчивого снежного покрова на метеостанциях Суоярви, Пряжа и ОГМС Петрозаводск указаны в таблице 1.2.7.

Таблица 1.2.7

Число дней со снежным покровом, даты появления и схода снежного покрова, образования и разрушения устойчивого снежного покрова по данным ОГМС Петрозаводск, мм за период 1891 – 1980 гг. [27 – 29].

Пункт наблюдений	Число дней со снежным покровом	Дата появления снежного покрова			Дата образования устойчивого снежного покрова			Дата разрушения устойчивого снежного покрова			Дата схода снежного покрова		
		средн	ранняя	поздн	средн	ранняя	поздн	средн	ранняя	поздн	средн	ранняя	поздн
Петрозаводск	155	18/X	28/IX	18/XI	22/XI	13/X	12/I	10/V	15/III	1/V	1/V	1/IV	7/V
Суоярви	171	24/X	-	-	16/XI	-	-	24/V	-	-	3/V	-	-
Пряжа	157	31/X	28/I	26/XI	26/XI	30/X	31/II	18/V	31/II	9/V	24/V	3/V	6/V

Анализ этих значений показывает, что наибольшая продолжительность снежного покрова – 170–180 дней, характерная для более высоких и холодных районов (метеостанция Суоярви), что способствует увеличению запасов воды в снеге к началу снеготаяния в верховьях бассейна. Более раннее таяние в нижнем течении, на метеостанциях Петрозаводск и Пряжа, растягивает половодье во времени, что способствует дополнительной зарегулированности стока реки Шуи. Разница в сроках таяния снежного покрова между северо-

западной и юго-восточной частями бассейна составляет 10–14 дней, создавая предпосылки для растянутого во времени поступления воды в реку Шую. Озеро Суоярви накапливает воду в верховьях, а озеро Шотозеро транзитом пропускает ее, дополнительно сглаживая пики половодья и делая гидрологический режим реки более устойчивым.

Следующим определяющим климатическим фактором, который влияет на испарение с водной поверхности, является влажность воздуха. Для описания условий увлажнения в бассейне реки Шуи были использованы данные многолетних наблюдений на метеостанциях и ОГМС. В таблице 1.2.8 представлены средние месячные и годовые значения относительной влажности воздуха по ОГМС Петрозаводск и метеостанции Пряжа [29].

Таблица 1.2.8

Среднемесячная и годовая относительная влажность воздуха по данным ОГМС Петрозаводск и метеостанции Пряжа, % за период 1936 – 1980 гг. [29]

м/с	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σгод
Петрозаводск	86	84	76	70	65	68	73	78	83	85	88	88	79
Пряжа	89	86	78	71	65	67	72	79	85	88	91	90	81

Относительная влажность воздуха в бассейне реки Шуи имеет ярко выраженный годовой ход. Наибольшие значения 86–91 % отмечаются в холодный период с ноября по февраль, что связано с низкими температурами и высокой повторяемостью пасмурной погоды. Наименьшая влажность 65–70 % наблюдается с мая по июнь, когда наступает период активного прогрева территории. В теплый период с мая по август разница между станциями минимальна, что свидетельствует об однородных условиях увлажнения в масштабах всего бассейна. В холодный период данные в центральной части бассейна (метеостанция Пряжа) систематически показывают влажность на 2–4 % выше, чем верхней (метеостанция Суоярви) и нижней части бассейна

(ОГМС Петрозаводск). Высокая влажность воздуха в летний период 72–79 % заметно снижает интенсивность испарения с поверхности озер Суоярви и Шотозера, способствуя сохранению водной массы и поддержанию достаточно высоких уровней воды в озерах в течение летне-осенней межени, что усиливает их регулирующую роль в питании реки Шуи.

Скорость ветра – один из факторов, определяющий испарение с водной поверхности, выполняя роль усилителя турбулентного обмена и выноса влаги. Кроме того, ветровой режим влияет на перемешивание водных масс в озерах и на перераспределение снежного покрова в зимний период. Данные представлены по ОГМС Петрозаводск как опорной для всего бассейна (таблица 1.2.9).

Таблица 1.2.9

Среднемесячная и годовая скорость ветра по данным ОГМС
Петрозаводск, м/с за период 1936 – 1980 гг. [27]

Пункт наблюдений	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σгод
ОГМС Петрозаводск	4,0	3,8	4,0	3,7	3,6	3,5	3,2	3,1	3,5	4,0	4,1	4,1	3,7

Среднегодовая скорость ветра в Петрозаводске составляет 3,7 м/с, годовой ход скорости ветра имеет два слабо выраженных максимума – в марте 4,0 м/с и в ноябре–декабре 4,1 м/с. Наименьшие скорости ветра отмечаются в летние месяцы — в июле и в августе (3,2 и 3,1 м/с соответственно). Летом, когда испарение потенциально максимально из-за высоких температур, скорость ветра, наоборот, минимальна, что сдерживает испарение с поверхности озер. Зимой повышенные скорости ветра способствуют сдуванию снега с возвышенных участков и его накоплению в понижениях, в том числе в озерных котловинах и долинах рек, что благоприятно влияет на гидрологический режим бассейна. Умеренные скорости ветра в сочетании с

высокой относительной влажностью воздуха, создают условия для невысокого испарения с поверхности озер Суоярви и Шотозера. Это еще один фактор, поддерживающий высокую водность озер и их способность эффективно регулировать сток реки Шуи. Таким образом, сочетание высокой относительной влажности, особенно в теплый период, и умеренных скоростей ветра определяют сравнительно невысокие потери воды на испарение с поверхности озер Суоярви и Шотозера. Это способствует сохранению их водной массы, усиливает аккумулялирующую способность озер и, как следствие, повышает их регулирующее влияние на сток реки Шуи.

В целом, климат бассейна реки Шуи характеризуется прохладным летом, мягкой зимой, а также высокой облачностью и значительной увлажненностью, что в сочетании с пространственными контрастами температур и запасов снега обуславливают растянутое весеннее половодье и устойчивый сток [26 – 29].

1.3. Гидрологическая характеристика бассейна реки Шуя

Гидрографическая сеть южной Карелии, к которой относится бассейн реки Шуя (рис. 4), хорошо развита [26]. Большинство речных долин и озерных котловин образовались за счет тектонических понижений, а впоследствии изменены процессами покровного оледенения [3]. Молодость рек в геологическом смысле обуславливает особенности их морфологии – ступенчатый продольный профиль с чередованием плесов и порожистых участков, слабо врезанные долины [3, 4]. На значительную водность повлияла высокая заозерность водосборов [19].

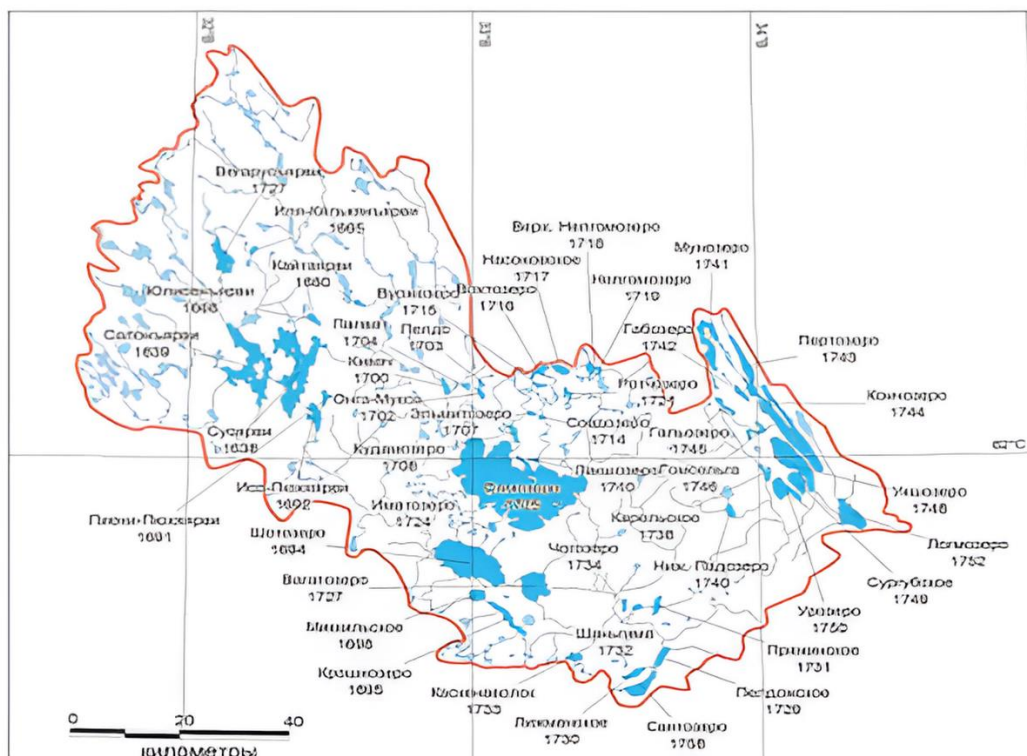


Рисунок 4 – Бассейн реки Шуи [19]

Река Шуя относится к бассейну Онежского озера на юге Карелии. Общая длина реки 265 км, а протяженность русла – 194 км. Ширина до 100 м, на порогах сужения до 40 м, есть сливы до 1,5 м. Течение 1-1,5 км/час, местами может быть и больше. Река берет начало из озера Суоярви, принадлежит к бассейну Балтийского моря. Площадь водосбора 2120 км². Высота над уровнем моря 137 м БС (Балтийская система) [19 – 22]. Котловина имеет ледниково-тектоническое происхождение, что подтверждается обилием островов – 50 островов общей площадью 4,9 км² [19]. Средняя амплитуда колебания уровня около 108 см, а прозрачность воды составляет 1,2 м [19]. Морфометрические и другие характеристики озера Суоярви рассматриваются в следующем параграфе. Озера, через которые протекает река Шуя: Шотозеро и Вагатозеро [1]. Озеро Шотозеро расположено в средней части водосбора реки Шуя. Площадь водосбора – 5540 км². Высота над уровнем моря 91 м БС. На озере есть 43 острова, общая площадь 0,36 км². Средняя амплитуда колебания уровня – 165 см, а прозрачность воды составляет 1,5 м [19]. Озеро

Вагатозеро расположено в средней части водосбора реки, площадь водосбора – 7480 км², а высота над уровнем моря – 90 м БС. Прозрачность воды около 1,5 м. Котловина озера имеет ледниковый генезис [19]. Озеро Логмозеро расположено на границе Петрозаводска, в районе Соломенное и Прионежского района, к северу от Петрозаводской губы Онежского озера. Площадь водосбора – 10 236 км², высота над уровнем моря составляет 33 м БС. Общая площадь островов, как и у озера Шотозеро – 0,36 км². Озеро соединяется коротким проливом с Петрозаводской губой Онежского озера [19, 23]. Также стоит особо отметить озеро Сямозеро, с площадью водосбора 1550 км², как одно из наиболее крупных в бассейне реки Шуя. Высота над уровнем моря 106 м БС, котловина ледниково-тектонического происхождения, на озере около 80 островов общей площадью около 4,28 км². Средняя амплитуда колебания уровня около 49 см. Прозрачность воды – 2,5 м [19]. Таким образом, река является составляющей следующей водной системы: Логмозеро – Онежское озеро – Свирь – Ладожское озеро – Нева – Балтийское море [1]. Наряду с этим бассейн реки Шуя включает в себя еще множество других озер. Перечень озер представлен в таблице 1.3.1.

Таблица 1.3.1

Озера бассейна реки Шуя с указанием части водосбора [19]

Верхняя часть водосбора	Средняя часть водосбора	Нижняя часть водосбора
оз. Салонъярви; оз. Яглярви; оз. Вегарусъярви; оз. Иля-Кялькянъярви; оз. Юлисенъярви; оз. Кайтаярви; оз. Пиени-Пюхярви.	оз. Исо-Пюхярви; оз. Крошнозеро; оз. Кивач; оз. Онга-Мукса; оз. Пелдо; оз. Эльмитозеро; оз. Кудамозеро; оз. Лакшозеро; оз. Совдозеро; оз. Вуожозеро; оз. Вахтозеро; оз. Насоновское; оз. Верхнее Нелгомозеро; оз. Нелгомозеро; оз. Нижнее Ротчеозеро; оз. Иматозеро; оз. Святозеро; оз. Пелдожское; оз. Лижменское; оз. Пряжинское; оз. Шаньгима; оз. Каскеснаволоок; оз. Чогозеро.	оз. Карельское; оз. Нижнее Падозеро; оз. Мунозеро; оз. Габозеро; оз. Пертозеро; оз. Кончозеро; оз. Гальозеро; оз. Гомсельга; оз. Укшозеро; оз. Сургубское; оз. Урозеро.

Приведенные в таблице 2.2 данные о распределении озер по бассейну реки Шуи показывают высокую концентрацию озер во всех частях водосбора от истоков до устья, что создает каскадную систему регуляции стока. Процент озерности составляет – 11% [2]. Многочисленные малые озера верховьев питают главный водоем-накопитель – озеро Суоярви, из которого берет начало Шуя [1]. Пройдя по речной сети, вода поступает в систему озер среднего течения, где ключевую роль играет крупнейший проточный водоем — озеро Шотозеро, принимающий до 92% стока [1, 19, 23]. В итоге именно наличие этих двух озер-регуляторов в сочетании с десятками других более мелких водоемов обеспечивает устойчивый и сглаженный гидрологический режим реки Шуи, предотвращая катастрофические паводки и поддерживая стабильный уровень воды в межень.

Река Шуя имеет 12 притоков (табл. 1.3.2). Речная сеть бассейна реки Шуи обладает асимметричным развитием речной долины: правые притоки представлены 8 реками, а левые – всего 4 реками, отличающиеся сложным строением. Комплекс их гидрографических и гидрологических характеристик устанавливает пространственную неоднородность стока и его внутригодовое распределение [1, 13, 33].

Таблица 1.3.2

Основные притоки реки Шуи [26]

Сторона притока	Приток
Правая	Вилга, Святрека, Пюхяйоки, Норик, Нимийоки, Приайоки, Кушкимус, Вийруоя
Левая	Чална, Сяпся, Кутизма, Тайрасайоки, Коруд

Сведения, приведенные в табл. 1.3.2 позволяют сделать вывод, что основная масса воды поступает в реку Шую с левобережной части бассейна, а меньшая масса – с правобережной, что определяет пространственную неоднородность формирования стока. Асимметрия характеризуется не только количеством притоков, но и их размерами – правые притоки представлены

преимущественно малыми реками длиной от 11 до 26 км, за исключением Святреки. Левые притоки включают более крупные водотоки – реки Сяпся, Тайрасайоки, которые дренируют западную, более возвышенную часть бассейна и формируют до 70% стока реки Шуи.

Для оценки вклада каждого притока в формирование стока Шуи были определены среднегодовое расходы воды (табл. 1.3.3). Расходы воды притоков определены по модулю стока реки Шуи (8,93 л/с·км²) [17, 26], кроме реки Святреки (3,46 м³/с, данные наблюдений) [17]. Для рек Кушкимус, Вийруоя и Коруд расчет невозможен из-за отсутствия данных о площади водосбора.

Таблица 1.3.3

Основные притоки реки Шуи и их характеристика

Приток	Район	Площадь водосборного бассейна, км ²	Длина, км	Среднегодовой расход, м ³ /с
Правая сторона				
Вилга	Прионежский район, течет преимущественно на север.	142	26	1,27
Святрека	Пряженский район	734	28	3,46
Пюхяйоки	Суоярвский район	243	26	2,17
Нимийоки	Пряженский район	58,9	11	0,53
Периайоки	Пряженский район	42,8	12	0,38
Кушкимус	Суоярвский район	-	19	-
Вийруоя	Суоярвский район	-	12	-
Левая сторона				
Чална	Граница Кондопожского, Прионежского и Пряжинского районов.	520	42	4,64
Сяпся	Пряженский район	1810	26	16,2
Кутизма	Пряженский район	275	33	2,46
Тайрасайоки	Суоярвский район	1830	72	16,3
Коруд	Суоярвский и Пряженский районы	-	13	-

На рисунке 5 приведены количественные данные по расходам воды притоков реки Шуи.

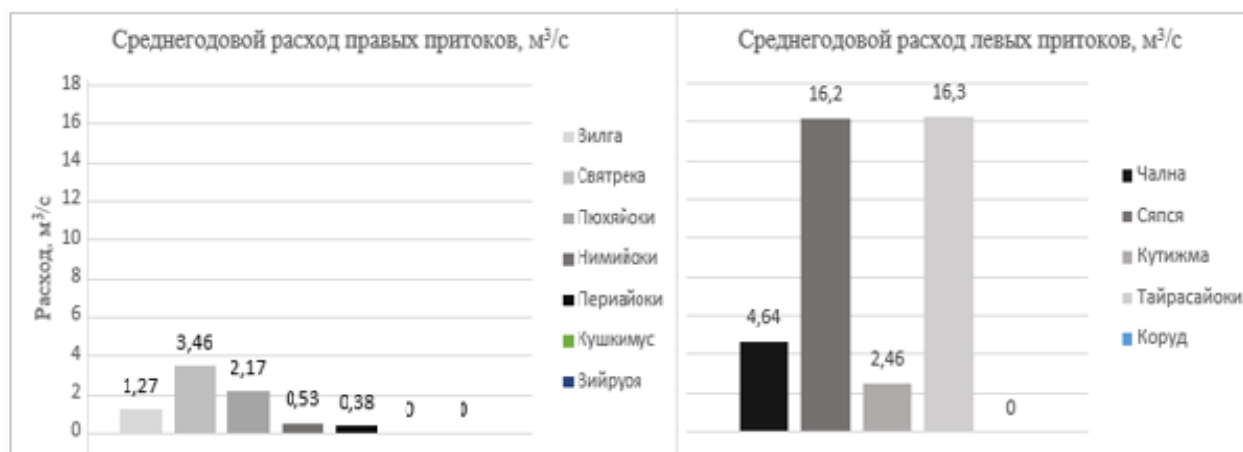


Рисунок 5 – Расходы воды по притокам р. Шуи

Как уже было отмечено, в расположении притоков реки Шуи существует асимметрия, которая определена разницей между количеством притоков левого и правого борта. Образованию левых притоков способствует особенность рельефа – наличие большого количества повышений, связанных с Западно-Карельской возвышенностью, которая перехватывает значительное количество влаги [1]. Среди правых притоков по протяженности долины выделяется река Святрека, поскольку она берет свое начало на Олонецкой возвышенности и также наиболее обеспечена атмосферными осадками [1, 2]. Крупнейшими притоками являются реки Сяпся (16,2 м³/с) и Тайрасйоки (16,3 м³/с), расположенные с левого борта. Оба притока дренируют западную, хорошо увлажненную и более возвышенную, часть бассейна. Среди правых притоков наиболее значимой является Святрека (3,46 м³/с). Для малых рек Нимийоки, Перияйоки доля в стоке Шуи составляет менее 1%, а в отношении рек Кушкимус, Вийруоя и Коруд официальные сведения отсутствуют, а с учетом очень малой длины этих водотоков, можно предположить, что их суммарный сток минимален и не превышает десятых долей процента. Распределение вклада левых и правых притоков в общий сток реки Шуи представлен на рисунке 6.

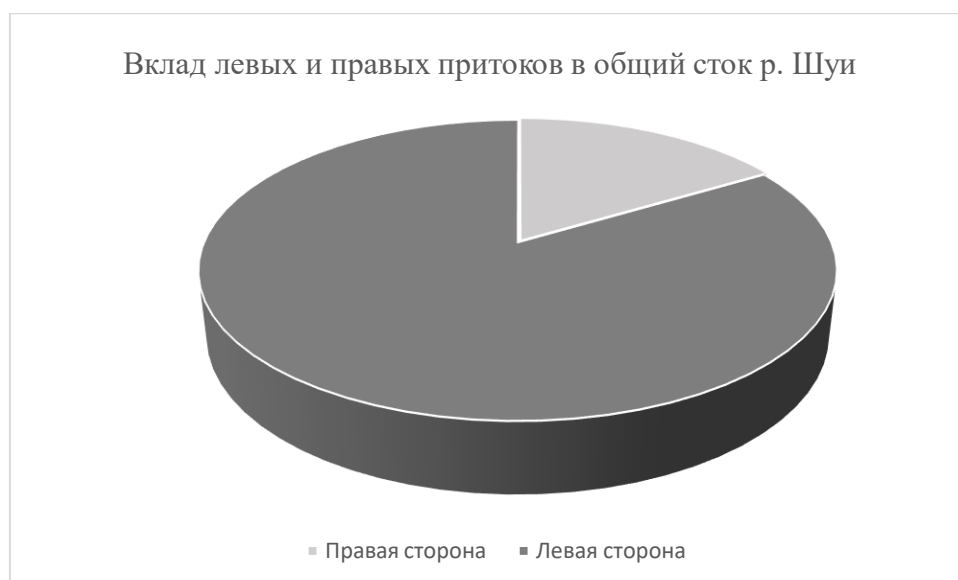


Рисунок 6 – Вклад левых и правых притоков в общий сток р. Шуи

Несмотря на численное преобладание правых притоков, основная масса воды поступает в Шую с левого берега. Суммарный среднегодовое расход левых притоков составляет около $39,6 \text{ м}^3/\text{с}$, что соответствует почти 44% от всего стока Шуи. Вклад ее правых притоков, для которых имеются данные, не превышает 9,7% [17, 20 – 23].

Питание и водный режим реки Шуи. Все реки на территории Карелии имеют смешанное питание с преобладанием снегового на фоне климатических условий [2 – 4]. Так как водный режим реки Шуи, как и других рек на территории республики, формируется под влиянием сезонной смены климатических условий, это приводит к чередованию источников ее питания [3, 4, 7]. В течение года доминирующую роль занимает снеговое питание, к осени и лету питание последовательно переходит к дождевому [11]. Зимой питание реки Шуи переходит к подземному [11]. Это закономерное чередование формирует характерные фазы гидрологического режима. Пик годового стока обусловлен активным снеготаянием. Промерзшие почвы имеют низкую инфильтрационную способность, что приводит к формированию мощного поверхностного стока и резкому подъему уровней. В этот сезон наблюдается снеговое питание, которое составляет 50 – 70% стока

сезона [11, 17]. Подъем воды обычно начинается во второй половине апреля. Максимумы наблюдаются в мае, общая продолжительность половодья составляет до 100 дней [11]. Наивысшие уровни половодья весной обычно являются и наивысшими годовыми [11]. После спада половодья наступает летняя межень, для которой основным источником питания становятся подземные воды. Но этот период постоянно прерывается дождевыми паводками. Паводки проходят с июля по октябрь, достигая наибольшей интенсивности в июле-сентябре, когда доля дождевого питания резко возрастает [2, 11, 17]. На реках с высокой озерностью, каковой и является река Шуя, четкость летней межени сглажена регулирующим влиянием озер [19]. Осенне-зимний период обычно начинается с сентября. Наблюдается подъем уровня воды от дождей, который превышает летнюю межень до 1 м [11]. На большинстве рек образуются зажоры, с появлением ледяных образований [17]. В этот период у реки обычно подземное питание, потому что реки скованы льдом [11, 17]. Когда устанавливается ледостав, в среднем в ноябре, река переходит на исключительно подземное питание [6, 11]. В этот период сток самый низкий и устойчивый в году. Однако медленный спад уровней может иногда нарушаться незначительными подъемами из-за оттепелей или зажорных явлений [11, 17]. Все осадки аккумулируются в снежном покрове. И формируют запас для следующего весеннего половодья [27].

Важным дополнением к гидрологической характеристике является анализ многолетних колебаний уровня воды в нижнем течении реки, где её режим отражает суммарное влияние всех природных и антропогенных факторов за счет того, что уже полностью сформирован. В качестве наиболее подходящего выбран гидрологический пост «р. Шуя – д. Нижний Бесовец», характеристики поста приведены в таблице 1.3.4 [11].

Характеристика гидрологического поста р. Шуя – д. Нижний Бесовец

[11]

Название водпоста	Местоположение	Тип оборудования	Высота нуля графика	Характеристика русла и берегов	Особенности режима
Р. Шуя – д. Нижний Бесовец	1 км ниже деревни, на правом берегу. В 7 км от устья реки Шуи, ниже всех крупных притоков и проточных озер.	Свайный, состоит из свай и реперов	33,54 м БС	Берега высокие, крутые, затопленные, сложены глиной и суглинками. Русло прямолинейное, песчано-глинистое, устойчивое	В 4–5 км выше водпоста находятся пороги, на участке к ним образуется донный лед. На участке водпоста образуются заломы леса, заторы льда и зажоры

Многолетние колебания уровня воды на водпосту «р. Шуя – д. Нижний Бесовец» отражены на рисунке 7 за период 1961 – 1971 гг. Этот ряд данных выбран как единый для всех водпостов, чтобы корректно сопоставить уровни.

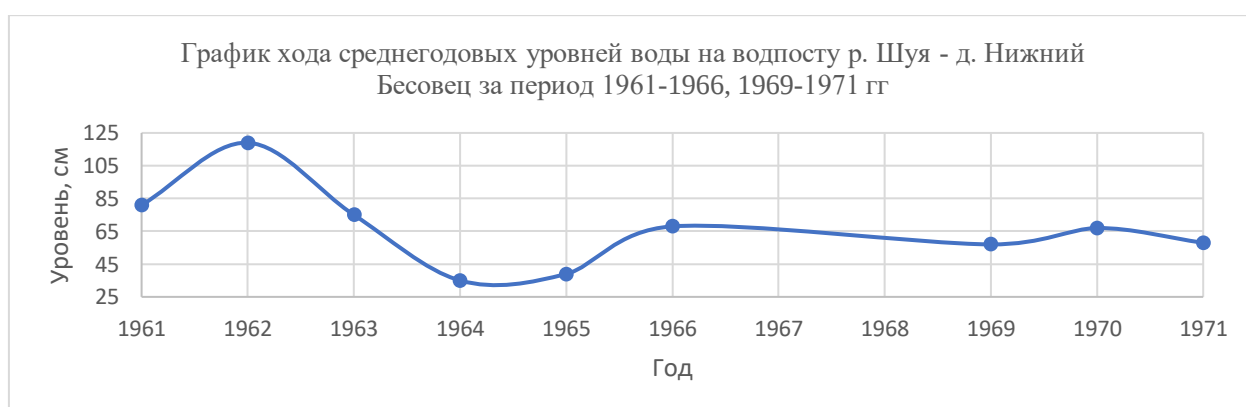


Рисунок 7 – График хода среднегодовых уровней воды на водпосту р. Шуя – д. Нижний Бесовец за период 1961 – 1971 гг. [11]

За рассмотренные годы максимальный уровень был отмечен в 1962 г. (119 см), а минимальный в 1971 г. (31 см). Разница между ними составила 88 см. Вместе с тем, в первой половине периода за 1961 – 1966 гг. уровни варьировали между от 35 см до 119 см, а во второй за 1969 – 1971 гг. от 31 до 58 см. Наиболее резкий спад уровня произошел в 1964 г. с 75 до 35 см, после чего наблюдался постепенный подъем до 68 см в 1966 г. и последующее снижение. Для более детального представления о внутригодовом распределении стока нами составлен гидрограф реки Шуя, построенный для наиболее многоводного 1962 года за выбранный период 1961 – 1971 гг. по данным того же водпоста (рис. 8).

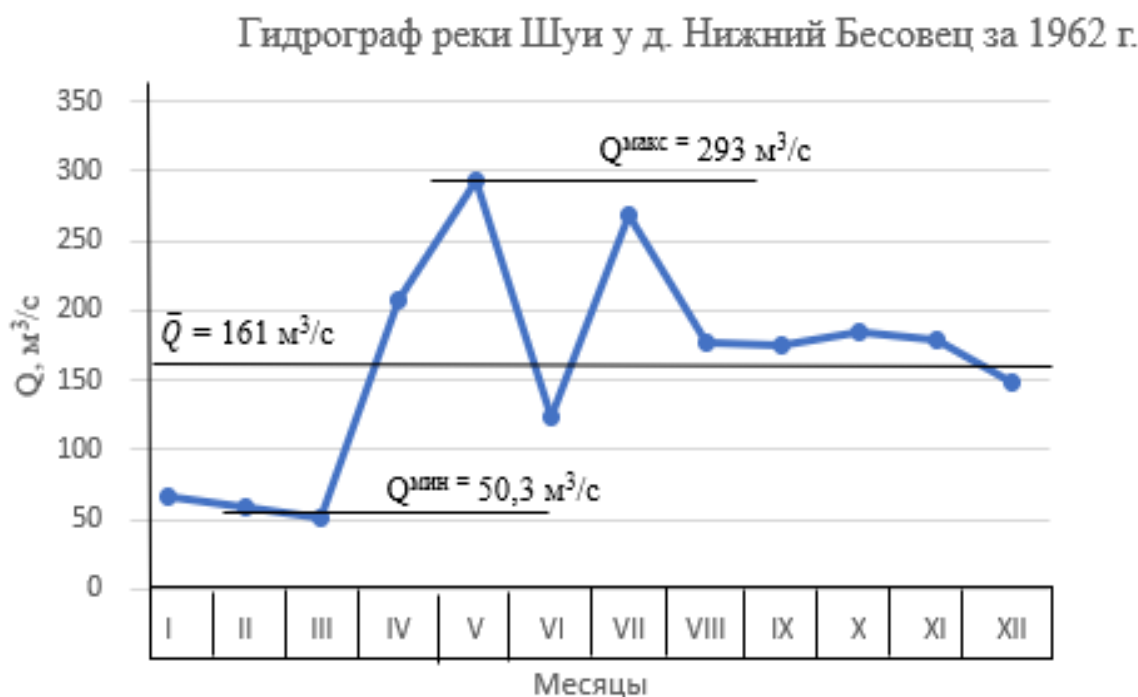


Рисунок 8 – Гидрограф реки Шуи у д. Нижний Бесовец за 1962 г.[11]

Гидрограф позволяет четко определить, что начало весеннего половодья приходится на апрель, где расход возрастает до 208 м³/с, достигая максимума в мае (293 м³/с), что является следствием интенсивного снеготаяния на водосборе. В июне наблюдается спад половодья (123 м³/с), наступает время летне-осенних дождевых паводков. С июля по октябрь можно выделить несколько повышенных расходов от 177 до 268 м³/с, характерных для периода

выпадения жидких осадков. С января по март наступает зимняя межень, на гидрографе наблюдается устойчивый низкий сток около 50-65 м³/с, когда река питается преимущественно за счет подземных вод. Среднегодовой расход воды за 1962 г. составляет 161 м³/с, превышая многолетнюю норму 90,3 м³/с, подтверждая влияние озер Суоярви и Шотозера на регуляцию стока бассейна реки Шуи: дождевые паводки не имеют резких экстремальных значений, а пик половодья растянут во времени, что свойственно для зарегулированных речных систем.

1.4. Почвенно-растительный покров

Бассейн реки Шуи находится в зоне средней тайги [1, 2]. Первоначально на этой территории преобладали еловые леса на моренных отложениях. В процессе освоения человек изменил породный состав этих лесов, поскольку территория Южной Карелии, наиболее благоприятная по климатическим условиям [1, 7, 8]. Здесь располагаются основные сельскохозяйственные угодья, которые формировались за счет вырубki лесов [3, 4]. Почвенно-растительный покров бассейна реки Шуи формируется в условиях холмистогрядового рельефа, избыточного увлажнения и умеренно-континентального климата, описанных в параграфах ранее [2]. Это определяет зональные особенности и существенное влияние на процессы влагооборота. Почвенный и растительный покров региона сформировались в послеледниковый период. Поэтому, даже в современном растительном покрове, сохранились тундровые виды на возвышенностях северных районов [2]. Карта растительности приведена на рисунке 9.

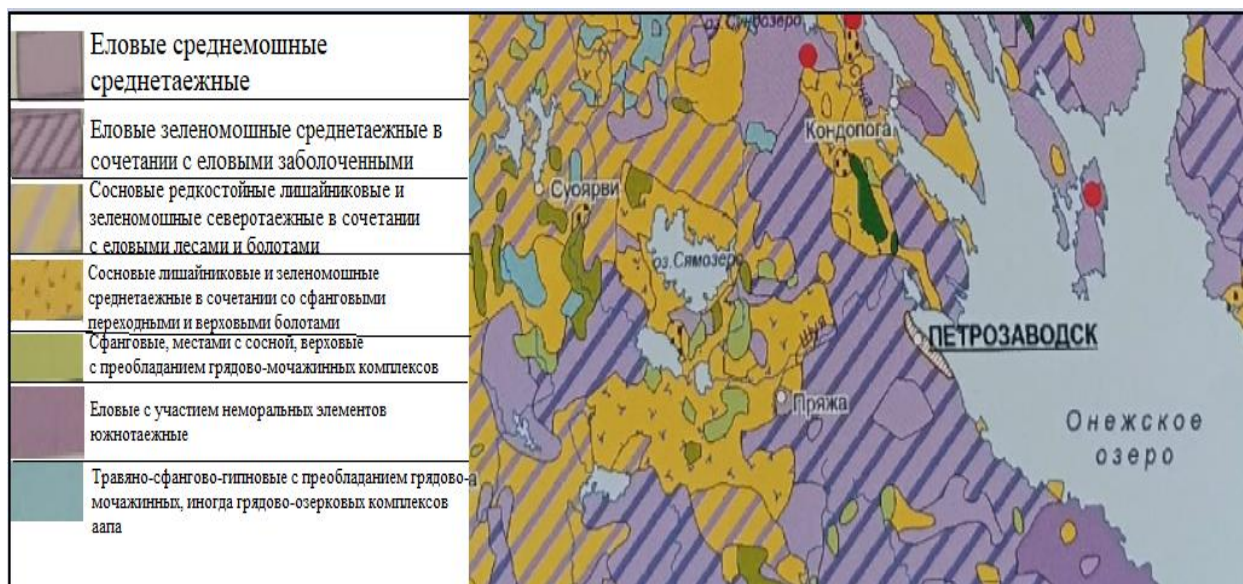


Рисунок 9 – Карта растительности [2]

В Карелии преобладают хвойные леса, на уровне Сегозера проходит граница между северотаежными и среднетаежными лесами. В северной же тайге преобладают сосновые леса, а в средней еловые и сосновые. Еловые леса встречаются к востоку от Онежского озера, к югу от реки Шуи и в Северном Прионежье. На песчаных бедных почвах распространены сосновые леса, которые образуют несколько типов [7, 8]. Они различаются характером почв и растительности нижнего яруса. На понижениях, болотах и равнинах, практически везде, встречаются сфагновые сосняки с разреженным низкорослым тонкоствольным лесом [2]. На этой территории повсеместно встречается мощный моховой покров, обилие кустарников таких как болотный мирт, багульник, голубика. Где более развитые лесные почвы есть сосняки-зеленомошники с высоким густым древостоем. Подлесок представлен рябиной и можжевельником. Травяной покров: разнотравный, кустарничковый, папоротниковый, хвощовый и т.п. На вершинах почвы бедные, а склоны скал и песчаные озы покрыты вересковыми и лишайниковыми сосняками. Древостой разрежен, с лишайниковым, вересковым, зеленомошным и кустарничковым напочвенным покровом. На глинистых и суглинистых, более богатых почвах преобладает ельники.

Повсеместно распространены густые ельники-зеленомошники, часто из чистой ели, иногда с примесью березы и осины. На торфяно-подзолистых почвах, которые находятся по окраинам болот, растут ельники: сфагновые и долгомошники. По логом долин ручьев встречаются ельники влажнотравные, где преобладает таволга вязолистная и отмечается заочкаренность [2]. Березовые, осиновые и ольховые леса, с богатым подлеском и травяным ярусом, появляются на пожарищах и на местах вырубленных коренных лесов [7, 8]. Высокая влажность, близкое залегание кристаллических пород приводят к заболачиванию. Почти 30% республики Карелии – это заболоченные земли и болота [2]. В основном, это низинные болота, питание которых осуществляется грунтовыми водами [3, 4]. Питание верховых болот – атмосферными осадками: низкие купола сфагновых мхов, со встречающимися кустарничками голубики, морошки, багульника, клюквы [2]. Встречаются и переходные болота, сочетающие черты низинных и верховых [2]. В условиях низких температур и повышенной влажности растительные остатки медленно разлагаются, образуя залежи торфа [7]. Для региона характерна дифференциация по растительности разных типов болот: сфагновые, кустарниковые, заочкаренные, лесные [2].

В Карелии выделяется две почвенные подзоны, приблизительная граница – между границей северотаежной и среднетаежной лесорастительных подзон [2]. В северной подзоне основной почвообразующей породой являются ледниковые валунно-глинистые и суглинистые отложения, на них под хвойными лесами формируются средне- и маломощные подзолы. В переувлажненных местообитаниях преобладают торфяно-болотные и болотно-подзолистые почвы [2, 4]. В южной подзоне на моренных отложения сформировались разные почвы по механическому составу. Есть песчаные и супесчаные маломощные и среднемощные подзолы с железистым горизонтом. В пониженных участках распространены почвы: глеево-подзолистые, торфяно-болотные, торфяно-подзолисто-глеевые и торфяно-подзолистые [2].

В регионе преобладают подзолы двух типов: иллювиально-железисто-гумусовые, характерные для возвышенностей и вершин гряд. Иллювиально-гумусовые подзолы приурочены к понижениям рельефа [2, 4]. По возрасту почвенный покров региона молодой [2]. Участки, на которых выходят на поверхность коренные породы и нет рыхлых отложений, лишены почвенного покрова и растительности. В трещинах скал может скапливаться мелкозем и создаются условия для формирования примитивных «карманных» почв [1, 2].

Почвенно-растительный покров бассейна реки Шуи играет важную роль в формировании ее водного режима. Еловые и сосновые леса занимают большую часть территории, способствуя переводу части поверхностного стока в грунтовый, поддерживая питание реки в межень. При этом широкое распространение подзолистых почв на моренных суглинках, которые обладают низкой фильтрационной способностью, ограничивая инфильтрацию и способствуя более быстрому сбросу талых и ливневых вод в речную сеть, формируют высокие паводки. Около 30% территории занято болотами, повышая уровень естественной зарегулированности стока реки Шуи – они аккумулируют влагу в многоводные периоды и отдают ее в межень, сглаживая экстремальные колебания. Почвенно-растительный покров бассейна, наряду с озерными системами, является одним из факторов, оказывающих влияние на зарегулированность стока реки Шуи.

1.5 Хозяйственное использование реки Шуи

Водные ресурсы бассейна реки Шуи используются в различных отраслях хозяйства. Бассейн реки Шуи активно используется для судоходства, лесосплава, гидроэнергетики, регулирования стока, рыбного хозяйства, водоснабжения, осушения и сброса сточных вод, также в туристических целях [2, 6]. Молевой сплав леса в бассейне реки Шуи начался еще в XIX веке в

промышленных масштабах, после передачи лесных угодий в частные владения [9]. К 1920-м годам стал очевиден экологический ущерб от него. Одним из первых признаков ущерба стало исчезновение европейской жемчужницы – чувствительного биоиндикатора, требующего особых условий: чистой и кислородо насыщенной воды, не заиленного русла [9]. К 1963 году, когда сплав официально запретили, река оказалась частично обезрыблена и сильно загрязнена [6]. Судоходство представлено небольшими катерами, буксирами, водный транспорт развит слабо из-за порожистого характера рек [2]. Преимущественно используется в нижнем течении и на участках озер Вагатозеро и Логмозеро для местных нужд [6]. Река Шуя и ее притоки являются источниками хозяйственно-питьевого водоснабжения для ряда населенных пунктов, включая, частично, Петрозаводск, поселок городского типа Пряжа и другие населенные пункты [6, 19]. Ориентировочно 25% улова лосося приходится на бассейн реки Шуи [6]. На Шуе существует запрет ловли удочкой на время ската молоди лососевых рыб от устья и вглубь Онежского озера на один километр до озера Шотозера в период с 25 мая по 10 июля [6]. Благодаря живописной природе и порогам, реки бассейна Шуи популярны для сплавов на байдарках и рафтах [6]. Прибрежные территории используются для организации санаторно-курортного лечения, туристических баз, отдыха [7, 8]. На территории реки Шуи есть единственное гидроэнергетическое сооружение - малая ГЭС (ГЭС-26) «Игнойла» (табл. 1.5.1), расположенная в черте пгт Игнойла, Суоярвский район республики Карелия. Входит в состав ПАО «ТГК-1», в группу малых ГЭС каскада Сунских ГЭС [15]. ГЭС была построена финскими специалистами в 1936, в годы ВОВ плотина гидроэлектростанции была разрушена, восстановление закончилось только к 1946 году. На баланс Суоярвской картонной фабрики ГЭС передана только в 1976 года, в том же году ГЭС начала участвовать в регулировании стока реки Шуя. Количество обслуживающего персонала – 3 человека. Следует учитывать, что ГЭС регулирует сток в верховьях, поэтому не оказывает значительное влияние на регуляцию стока реки Шуи.

Основные характеристики ГЭС «Игнойла» [15]

Наименование показателей	ГЭС «Игнойла»
Год пуска в эксплуатацию	1976
Установленная мощность, МВт	2,7
Среднемноголетняя годовая выработка, млн кВт.ч.	11
Расчетный напор, м	8
Тип	Русловой

В теплое время года – весной и летом – река полноводна, поэтому естественный водосброс постоянно в действии, зимой поток воды не большой и водосброс не действует, вся вода проходит через турбины ГЭС [15]. В здании ГЭС установлен один поворотно-лопастной гидроагрегат, расчетный набор в работе которого составляет 8 м [15]. Влияние работы ГЭС на сток реки Шуи показан на графике (рис. 10), где отображен хронологический график среднегодовых расходов воды за период с 1946-2022 гг. по гидрологическому посту 48021 «р. Шуя – д. Бесовец».



Рисунок 10 – Хронологический график среднегодовых расходов воды реки Шуя – д. Бесовец (1946 – 2022 гг.) [11, 34]

Согласно графику – выраженного влияния ГЭС «Игнойла» на регуляцию стока реки Шуи не оказывает, что подтверждается линией тренда. ГЭС работает в одном режиме с рекой и почти не искажает естественный режим стока [15]. Ниже в таблице 1.5.2 представлены статистические характеристики среднегодовых расходов воды по посту «р. Шуя – д. Бесовец».

Таблица 1.5.2

Статистические характеристики среднегодовых расходов воды по посту «р. Шуя – д. Бесовец» [11, 34]

Показатель	Значение
Среднегодовой расход $Q_{\text{ср}}$, м ³ /с	90,3
Максимальный годовой расход, м ³ /с	161
Минимальный годовой расход, м ³ /с	50,7
Коэффициент вариации C_v	0,2
Значимость тренда	незначим ($p > 0,05$)

Полученные данные показывают, что среднегодовой расход воды составляет 90,3 м³/с, что соответствует многолетней норме для реки Шуи в нижнем течении. Значительная естественная межгодовая изменчивость, свойственная для рек с преимущественно снеговым питанием, характеризуется максимальным годовым расходом 161 м³/с за 1962 год, превышая минимальный 50,7 м³/с за 1960 год в 3,2 раза. Коэффициент вариации ($C_v = 0,3$) вычислен по формуле (приложение Д):

$$C_v = \frac{\sigma}{Q_{\text{ср}}}, \quad (1)$$

где σ — среднеквадратическое отклонение, $Q_{\text{ср}}$ — средний многолетний расход (90,4 м³/с). По данным за 1946–2022 гг. σ составило 22,4 м³/с, откуда $C_v = 22,4/90,4 = 0,25 \approx 0,2$

Такое значение коэффициента вариации по шкале Росгидромета относится к категории средней изменчивости, являясь типичным для водотоков Карелии. Такой уровень изменчивости не указывает на дополнительное антропогенное воздействие. Статистический анализ не

выявил значимого тренда ($p > 0,05$), что свидетельствует о том, что, даже с учетом периодов остановок и реконструкции ГЭС, направленного изменения стока не зафиксировано. Колебания водности определяются прежде всего природными факторами. Отсутствие ощутимого воздействия ГЭС «Игнойла» на сток Шуи у д. Бесовец объясняется несколькими причинами: ГЭС расположена в верховьях реки, где ее мощность невелика по сравнению с суммарным объемом стока, формируемым остальной частью водосбора; ниже ГЭС по течению находятся крупные проточные озера — прежде всего Шотозеро и Вагатозеро, служащие естественными регуляторами и эффективно сглаживающие любые суточные и сезонные неравномерности, возникающие при работе станции; установленная мощность ГЭС составляет лишь 2,7 МВт, поэтому для ее функционирования не требуется заметного перераспределения стока между сезонами. Следовательно, гидротехническое освоение реки Шуи ограничилось возведением единственного малого гидроузла, который не нарушил естественный водный режим реки, в связи с тем, что работает в русловом режиме, используя естественный расход воды для выработки электроэнергии без необходимости его сезонного перераспределения.

Глава 2. Морфометрические характеристики озер Суоярви и Шотозера

В бассейне реки Шуя определяющую роль имеют озерные системы, которые оказывают регулирующее влияние на её сток и формируют её гидрологический режим. Наиболее значимыми водоемами в пределах бассейна реки Шуи являются озеро Суоярви, исток реки Шуи, и озеро Шотозеро, крупнейший проточный водоем в среднем течении реки [1]. Перечисленные озера в значительной степени определяют условия формирования водного баланса, термику и гидрохимические свойства бассейна реки Шуи.

2.1 Количественные показатели и свойства водосбора озера Суоярви

Озеро Суоярви находится в верхней части водосбора реки Шуи, которая из его северо-восточной части вытекает двумя рукавами. Озеро связано с озером Салонъярви протокой Каратсалми. Через нее в Суоярви приходит около 87% от поступающего на его водосбор всего объема воды. Остальной приток воды обеспечивается другими реками и ручьями, среди которых наиболее значительная система стока из озер Юлисенмюрис и Суавъярви [1]. Географическое положение озера Суоярви представлено на рисунке

11.



Рисунок 11 – Озеро Суоярви

Озеро Суоярви имеет лопастную форму с извилистой береговой линией, озеро разделено на три плеса, где центральный занимает более половины акватории. Котловина озера имеет ледниково-тектоническое происхождение и характеризуется сложным тектоническим строением с сильно пересеченным рельефом дна – продольные трещины, заполненные ледниковыми отложениями. Берега преимущественно валунно-песчаные, размытая морена, местами песчаные [1, 19].

Приведенные в таблице 2.1.1 данные показывают: несмотря на то, что озеро занимает площадь 58,5 км², оно обладает значительной аккумулярующей емкостью, имея объем 0,280 км³. Максимальная глубина достигает 26,0 м при средней глубине 4,8 м, что характерно для озер тектонического происхождения с пересеченным рельефом дна. Крупные заливы отсутствуют, однако извилистая береговая линия длиной 81,6 км создает условия для развития прибрежной растительности и локальных зон аккумуляции наносов. Средняя амплитуда колебания уровня – 108 см, а высота среднего многолетнего уровня соответствует отметке 139,0 м.н.у.м, что показывает значительный размах сезонных колебаний, подтверждая активное участие озера в перераспределении стока, а в сочетании с высокой

заболоченностью водосбора 19,9% и озерностью 10,6 %, определяет способность озера задерживать воду в периоды половодий и постепенно отдавать ее в исток реки Шуи. Так как значительная часть воды предварительно задерживается в многочисленных малых озерах и болотах в верхней части бассейна, то дополнительная зарегулированность стока происходит еще до поступления воды в озеро Суоярви. Объем среднегодового притока в озеро – 0,669 км³, что обеспечивает регулярное обновление водной массы, поддерживая высокую проточность озера. Прозрачность воды 1,2 м характерна для озер с болотным питанием и указывает на умеренное содержание органических взвесей.

Таблица 2.1.1

Основные морфометрические и гидрологические характеристики
озера Суоярви [19]

Площадь зеркала озера, км ²		58,5
Длина береговой линии, км		81,6
Объем озера, км ³		0,280
Длина озера, км		20,1
Средняя амплитуда колебания уровня, см		108
Прозрачность воды, м		1,2
Заболоченность водосбора, %		19,9
Озерность водосбора, %		10,6
Высота среднего многолетнего уровня воды, м абс.		139,0
Объем среднего годового притока, км ³		0,669
Ширина, км	Средняя	2,9
	Наибольшая	4,7
Глубина, м	Средняя	4,8
	Наибольшая	26,0

В связи с перечисленными особенностями озеро Суоярви выполняет роль природного регулятора стока в верховьях бассейна. Роль озера в формировании стока реки Шуи определяет водный баланс этого озера и интенсивность водообмена. В таблице 2.1.2 приведены основные составляющие водного баланса и показатели внешнего обмена озера Суоярви.

Таблица 2.1.2

**Многолетний водный баланс и показатели внешнего водообмена озера
Суоярви [19]**

Приход, км ³		Расход, км ³		Условный водообмен	
Приток с водосбора	Осадки на зеркало	Сток из озера	Испарение с водной поверхности	Коэффициент, год	Период, год
0,669	0,038	0,687	0,019	2,45	0,41

Из приведенных в таблице показателей следует, что объем среднегодового притока в озеро Суоярви – 0,669 км³. Сток из озера – 0,687 км³, что практически равняется приходной части. Коэффициент водообмена и период полного обновления воды говорит о том, что озеро работает в качестве аккумулятора, подтверждая его функцию как первичного регулятора стока в верховьях бассейна.

Донные отложения воздействуют на биологические, химические и физические процессы озера, влияя на его гидрологический режим. Характер и соотношение отложений показано на диаграмме рисунка 12.

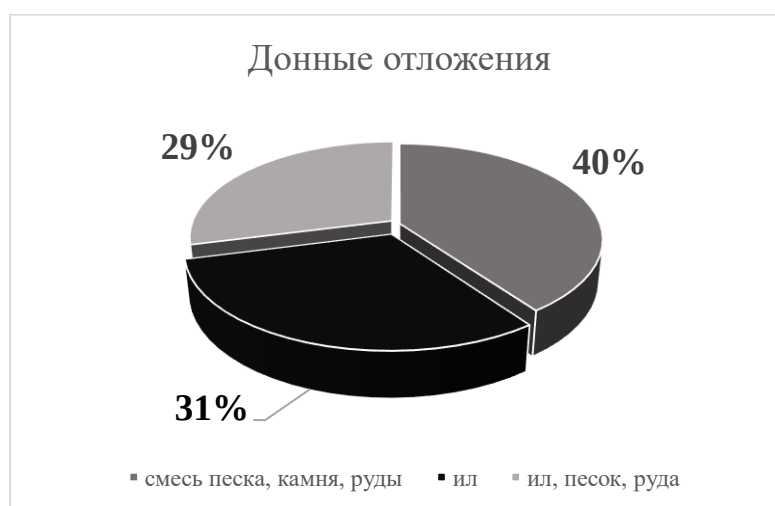


Рисунок 12 – Донные отложения озера Суоярви [2, 19]

В донных отложениях озера преобладают смеси песка, камня и руды, составляя 40% от общего числа отложений: осаждение мелких частиц на таких

грунтах затруднено [19]. Такой показатель свойствен для проточных озер с относительно высокой скоростью водообмена. Существенная доля смеси ила, песка и руды, 29%, а также илов, 31%, указывает на наличие участков с замедленным водообменом, где происходит накопление органического вещества [2, 19]. Такие грунты характерны для зон с интенсивным водообменом, поскольку они слабо задерживают взвешенные частицы, что помогает сохранять сравнительно высокую прозрачность воды (1,2 м). Распределение грунтов в таком соотношении создает неоднородные условия для движения водных масс: на песчано-каменистых участках преобладают турбулентные потоки, а в илистых зонах ламинарное течение. Что сказывается на общей проточности озера.

Важной характеристикой водоема является его термический и ледовый режим. Обобщенные данные по этим параметрам приведены в таблице 2.1.3.

Таблица 2.1.3

Термический (1948 – 1980 гг.)
и ледовый (1940 – 1941, 1945 – 1989 гг.) режимы на озере Суоярви [19]

Характеристика	Дата перехода температуры воды через 10 °С		Температура поверхности воды у берега, °С						Дата ледостава	
	весна	осень	V	VI	VII	VIII	IX	X	начало	окончание
Средняя	26.05	23.09	7,4	15,6	18,3	17,1	11,1	4,2	06.11	06.05
Максимальная (ранняя)	07.05	08.09	13,1	18,3	22,6	19,6	13,7	8,7	13.10	23.04
Минимальная (поздняя)	17.06	09.10	3,0	12,9	15,6	14,2	8,0	1,2	03.12	22.05

Ледостав на озере Суоярви длится в среднем 180 дней с начала ноября до начала мая, а переход температуры через 10 °С происходит в конце мая, максимальный прогрев воды до 18,3 °С в среднем отмечается в июле. Многолетний режим уровня воды озера Суоярви характеризуется устойчивым

весенним подъемом, летней меженью и зимней сработкой [21, 22]. В таблице 2.1.4 приведены основные статистические характеристики уровней воды по наблюдениям за 1961 -1971 гг.

Таблица 2.1.4

Характеристика гидрологического поста озеро Суоярви – г. Суоярви
[12]

Название водпоста	Местоположение	Тип оборудования	Высота нуля графика	Характеристика русла и берегов	Особенности режима
Оз. Суоярви – г. Суоярви	Расположен на западном берегу озера, в 3 км на северо-запад от ж/д станции, в 0,5 км к востоку от метеостанции	Свайный, уровень воды измеряется переносной водомерной рейкой	134, 62 м БС	Мелкохолмистая заболоченная местность с хвойным лесом; супесчано-суглинистые грунты с выходами скал. Берег пологий, дно песчано-илистое	В 4–5 км выше поста — пороги с донным льдом. На участке поста — заломы леса, заторы и зажоры

Для построения графика колебаний уровня воды выбран период 1961 – 1971 гг. (рис. 13), решение взять такой период принято вследствие анализа гидрологических ежегодников за период 1936 – 2014 гг.: короткий ряд удобен для визуализации материала и последующего анализа на его основе: данные относительно непрерывистые, отметка нуля поста в м БС (Балтийской системы).

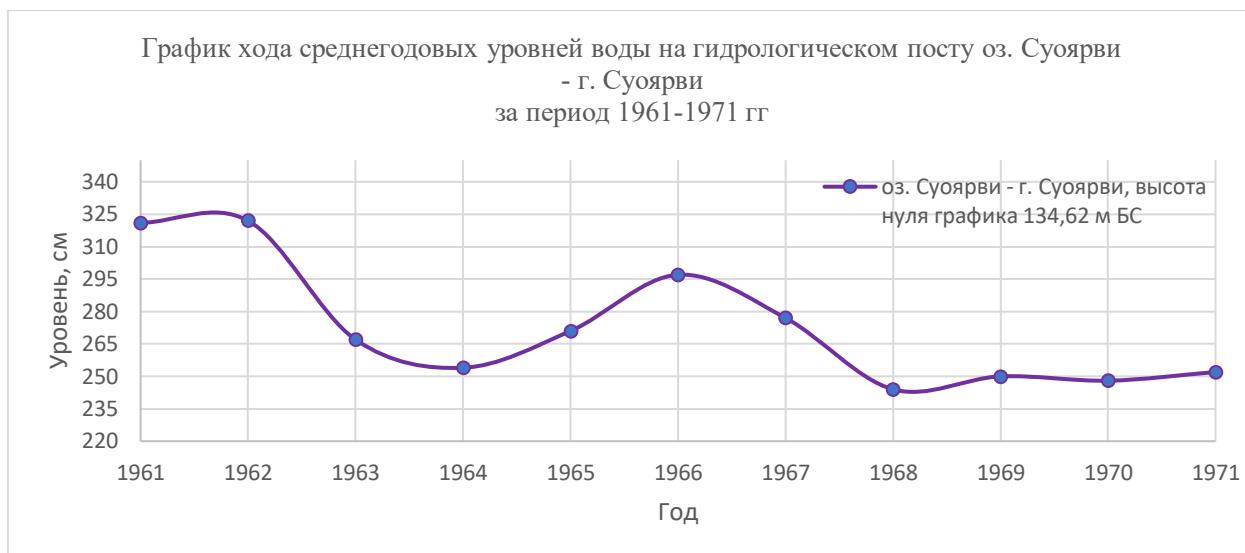


Рисунок 13 – График хода среднегодовых уровней воды на водпосту оз. Суоярви – г. Суоярви за период 1961 – 1971 гг. [12]

Анализ графика показывает, что за рассмотренные годы максимальный средний годовой уровень (322 см) отмечен в 1962 г., а минимальный в 1968 г. (244 см). Между ними разница составляет 78 см. Наибольший уровень за весь период отмечается в 1967 г. (380 см), а наименьший абсолютный уровень в 1966 г. и составляет 19 см. Данные свидетельствуют о значительной сезонной сработке уровня в отдельные годы. В первой половине периода с 1961 по 1966 гг. среднегодовые уровни менялись от 254 см в 1964 г. до 322 см в 1962 г., во второй половине с 1967 по 1971 гг. от 244 см в 1968 г. до 277 см в 1967 г. Наиболее резкое понижение среднегодового уровня произошло в период с 1967 по 1968 гг., с 277 до 244 см соответственно. Из чего можно сделать вывод, что озеро Суоярви характеризуется высокой водностью и значительными запасами воды, что подчеркивает его незаменимую роль в питании реки Шуи и влиянии на её гидрологический режим. При этом его регулирующая способность проявляется не в полном сглаживании стока, а в трансформации его внутригодовой неравномерности – озеро эффективно аккумулирует воды в многоводные периоды, растягивая пик половодья и снижая резкое повышение уровней воды в этот период, не препятствует прохождению

природных циклов «многоводье – маловодье» и подтверждается амплитудой среднегодовых уровней воды.

2.2 Количественные показатели и свойства водосбора озера

Шотозеро

Озеро Шотозеро — ключевой проточный водоем в среднем течении реки Шуи, оказывающий регулирующее влияние на ее сток (рис. 14). Озеро имеет овальную форму, вытянутую с северо-запада на юго-восток, без крупных заливов [1, 19]. Через озеро протекает р. Шуя, обеспечивающая 92% притока [19]. Остальные 8% формируют реки Миккильская (4,5%), Педлоеги (4,5%) и их малые притоки [12]. Котловина имеет ледниково-тектоническое происхождение [19].



Рисунок 14 – озеро Шотозеро

Берега сложены слабопроницаемыми моренными отложениями, а в районе д. Салменицы — ленточными глинами, что обуславливает низкую инфильтрацию и быстрое поступление талых и дождевых вод в озеро. В месте впадения Шуи встречаются выходы коренных пород – граниты, гнейсы, что ограничивает питание грунтовыми водами [2]. Основные данные по морфометрии и гидрологии озера Шотозеро представлены в таблице 2.2.1.

Таблица 2.2.1

Основные морфометрические и гидрологические характеристики
озера Шотозеро [17, 19]

Площадь зеркала озера, км ²	74,0	
Длина береговой линии, км	54,2	
Объем озера, км ³	0,228	
Длина озера, км	15,6	
Средняя амплитуда колебания уровня, см	165	
Прозрачность воды, м	1,5	
Заболоченность водосбора, %	8,9	
Озерность водосбора, %	8,1	
Высота среднего многолетнего уровня воды, м абс.	90,2	
Объем среднего годового притока, км ³	1,73	
Ширина, км	Средняя	4,7
	Наибольшая	7,4
Глубина, м	Средняя	3,1
	Наибольшая	10,1

Данные из таблицы 2.2.1 наглядно показывают, что озеро Шотозеро при относительно небольшой глубине и значительной площади водосбора, занимая 74,0 км² при объеме водной массы 0,228 км³, имеет высокую проточность. Через озеро транзитом проходит большая часть объема стока реки Шуи. Средняя амплитуда колебания уровня – 165 см, что говорит о заметной сезонной изменчивости: спад в летне-осеннюю межень и зимняя сработка, а в период весеннего половодья подъем. Высота среднего многолетнего уровня воды находится на отметке 90,2 м. абс. Так как озеро имеет невысокую заболоченность водосбора и умеренную озерность, объем среднегодового притока практически равняется объему самого озера. Это обстоятельство показывает, что озеро помогает сглаживать пики паводков и поддерживает устойчивый сток в нижнем течении реки Шуи.

Для количественной оценки интенсивности регулирующей способности озера Шотозеро и водообмена проанализирован его многолетний водный баланс. Соответствующие данные приведены в таблице 2.2.2.

Таблица 2.2.2

Многолетний водный баланс и показатели внешнего водообмена озера Шотозеро [19]

Приход, км ³		Расход, км ³		Условный водообмен	
Приток с водосбора	Осадки на зеркало	Сток из озера	Испарение с водной поверхности	Коэффициент, год	Период, год
1,750	0,047	1,773	0,024	7,78	0,13

Согласно данным водного баланса озера Шотозеро, оно имеет исключительно высокую проточность: коэффициент водообмена – 7,78 раз в год, при этом период полного обновления воды составляет всего 47 дней. Объем притока с водосбора и стока из озера почти равны, что показывает незначительную аккумулялирующую способность водоема. Высокая проточность усиливает сглаживание паводков и поддержание устойчивой межени в среднем и нижнем течении реки Шуи.

Общие данные по термическому и ледовому режиму приведены в таблице 2.2.3.

Таблица 2.2.3

Термический и ледовый режимы озера Шотозеро [19]

Характеристика	Дата перехода температуры воды через 10°C		Температура поверхности воды у берега, °C						Дата ледостава	
	весна	осень	V	VI	VII	VIII	IX	X	начало	оконч.
Средняя	25.05	20.09	7,4	15,7	18,4	16,3	10,8	14,0	12.11	06.05

Начало летнего гидрологического сезона в среднем происходит 25 мая, при переходе температуры воды через отметку 10°C; обратный переход происходит 20 сентября. Наиболее теплый месяц – июль. Ледостав на озере Шотозеро продолжается в среднем 176 дней и длится с 12 ноября по 6 мая. Такая продолжительность типична для крупных проточных озер, особенно для Карелии. И оказывает прямое влияние на гидрологический режим – в период

ледостава подледный сток реки Шуи формируется исключительно грунтовым питанием и водой, аккумулированной в озерной котловине в осенний период.

Донные отложения на 61% представлены чистыми илами, остальная площадь занята смешанными грунтами – ил, песок, глина и песчано-рудными отложениями [2, 19]. Высокая доля илов при относительно небольшой глубине озера способствует накоплению биогенных элементов и органического вещества, создавая кормовую базу для бентоса, а в зимний период это может ухудшать кислородный режим придонных слоев. Соотношение донных отложений показано на рисунке 15.

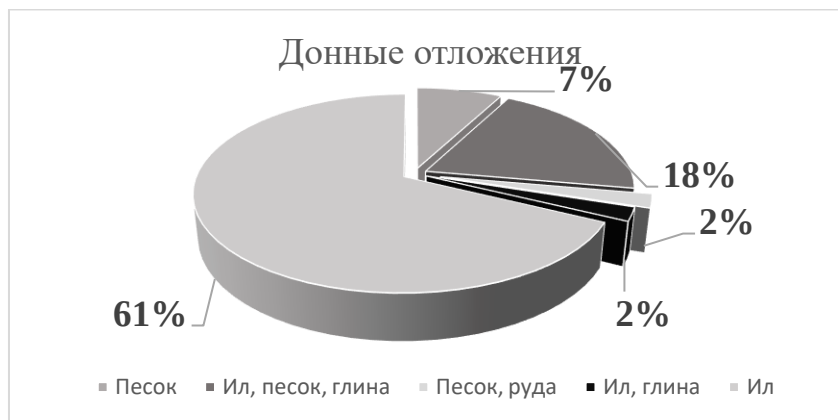


Рисунок 15 – Донные отложения озера Шотозеро

Такое сочетание донных отложений создает пространственную неоднородность – в илистых зонах зимой возрастает биохимическое потребление кислорода из-за разложения органики, что потенциально приводит к локальному дефициту кислорода в придонных слоях, вместе с тем вода, которая транзитом проходит через Шотозеро и поступает далее в нижнее течение реки Шуи, успевает насытиться кислородом на более активных участках, где песчано-каменистые грунты. Тем самым озеро дополнительно выполняет роль биологического фильтра, осаждая часть взвешенных органических веществ, благодаря чему качество воды в реке ниже озера не ухудшается.

Актуального водпоста на акватории самого озера Шотозера нет [11, 17, 20 – 23]. Для оценки уровня режима использованы данные водпоста «р. Шуя – д. Салменицы», расположенного в 0,5 км от истока реки из озера [11]. Так как ввиду малой удаленности падение уровня воды на этом участке незначительно, то значения поста можно считать практически равными уровню озера. Характеристика водпоста «р. Шуя – д. Салменицы» приведена в таблице 2.2.4.

Таблица 2.2.4

Характеристика водпоста р. Шуя – д. Салменицы

Название водпоста	Местоположение	Тип оборудования	Высота нуля графика	Характеристика русла и берегов	Особенности режима
Р. Шуя – д. Салменицы	Расположен в 0,8 км ниже деревни, в 0,5 км от истока из оз. Шотозеро, на правом берегу	Состоит из свай и реперов	90, 76 м БС	Берега невысокие и пологие. Русло прямолинейное, песчаное, местами глинистое, устойчивое, не зарастает. При уровне 120 см над нулем графика – выходит на пойму	В 100 м ниже водпоста – остров, в 2 км ниже образуются заторы льда. Зимой – только забереги, в суровые зимы река замерзает. Гидроствор №1 в 1 км ниже водпоста.

График колебаний уровня воды на озере Шотозеро представлен на рисунке 16.

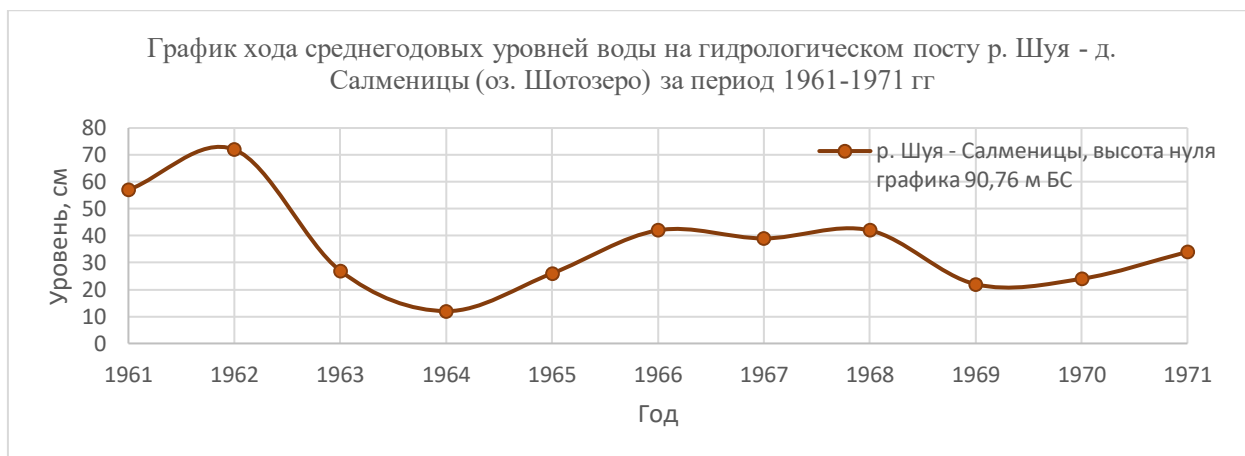


Рисунок 16 – График колебаний среднегодовых уровней воды на водпосту р. Шуя – д. Салменицы для озера Шотозеро за период 1961 – 1971 гг.

За рассмотренные годы среднегодовые уровни на посту Салменицы менялись от 12 см (1964 г.) до 72 см (1962 г.). Разница между максимальными и минимальными значениями составила 60 см. Характерной особенностью является понижение ниже нуля графика поста до -33 см, что определяется большой проточностью озера Шотозеро и его малой средней глубиной. В общем, уровни здесь значительно ниже, чем в верховьях у озера Суоярви, что отражает природное перераспределение стока по длине речной системы. В отличие от озера Суоярви, Шотозеро способствует выравниванию естественных колебаний стока за счет высокой проточности, а не накапливает воду. Озеро способствует быстрому пропуску воды в нижнее течение, что снижает риск заторов и зажоров, не дает уровням подниматься высоко даже в многоводные годы, передавая в нижнее течение воду с меньшей амплитудой колебаний.

Глава 3. Влияние озер Суоярви и Шотозера на гидрологический режим реки Шуи

Озера Суоярви и Шотозеро – ключевые элементы гидрографической сети бассейна реки Шуи. Озеро Суоярви, расположенное в верховьях, выполняет функцию природного аккумулятора, накапливая воду в половодье, постепенно отдавая её в исток реки Шуи. Озеро Шотозеро, в среднем течении, работает как транзитный выравниватель, пропуская через себя до 92% стока реки и сглаживая пики паводков [19]. Эти озера образуют каскадную систему последовательной регуляции стока, но механизмы их влияния на водных режим отличаются. Для количественного сравнения роли каждого озера в формировании стока Шуи приведены их основные морфометрические характеристики (таблица 2.3.1).

Таблица 2.3.1

Морфометрические характеристики озер Суоярви и Шотозера [19]

Название озера	Суоярви	Шотозеро
Площадь озера, км ²	58,5	74
Площадь водосбора, км ²	2120	5548
Средняя глубина, м	4,8	3,1
Заболоченность водосбора, %	19,9	8,9

На рисунке 17 представлены сравнительные диаграммы озер.



Рисунок 17 – Сравнение основных морфометрических характеристик озер Суоярви и Шотозера [2, 19]

Для наглядного сопоставления многолетней динамики уровней воды в разных частях бассейна и выявления роли озёрных систем в формировании стока реки Шуи был построен совмещенный график средних годовых уровней воды на трех ключевых водпостах: озеро Суоярви – г. Суоярви в верховьях; р. Шуя – д. Салменицы в среднем течении, непосредственно после выхода реки из озера Шотозеро; река Шуя – д. Нижний Бесовец в нижнем течении, замыкающий створ бассейна. Все данные приведены за единый период с 1961 по 1971 гг., для которого имеются согласованные наблюдения по всем трем постам [11, 17]. Результаты выявленных среднегодовых уровней представлены на графике (рис. 18).

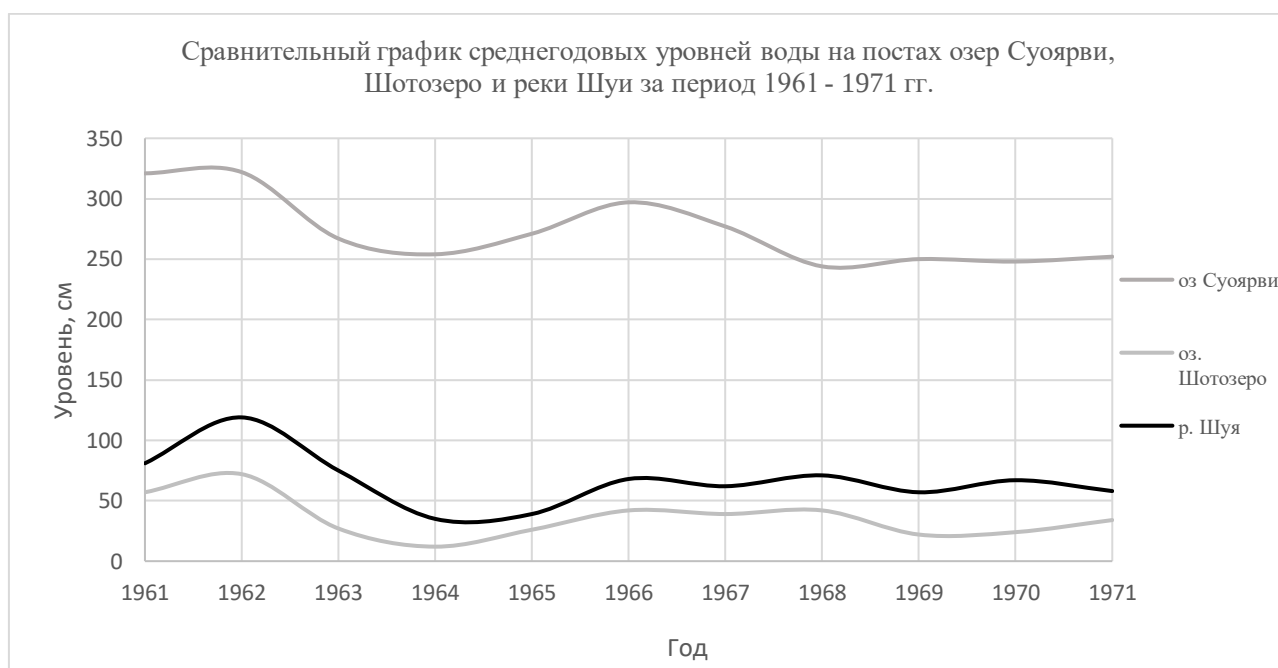


Рисунок 18 – график сравнения среднегодовых уровней воды на водпостах озера Суоярви, р. Шуя – д. Салменицы (для озера Шотозеро) и для р. Шуи – д. Нижний Бесовец за период 1961 – 1971 гг.

Составленный нами график показывает, что максимальные уровни отмечаются в истоке на озере Суоярви, составляя 375 см в 1962 г., что связано с аккумуляцией талых и дождевых вод в верховьях реки Шуи. Затем, после прохождения через Шотозеро, уровни снижаются – среднегодовые значения не превышают 72 см и в многоводные годы, а в нижнем течении уровни снова

повышаются, в том числе за счет поступления воды от крупных притоков таких как реки Сяпся, Тайрасайоки, Чална, однако межгодовая амплитуда значительно меньше, чем в верховьях. Наглядно регулирующая роль озер показана на графике (рис. 19) за самый многоводный 1962 г. из выбранного периода 1961 – 1971 гг.

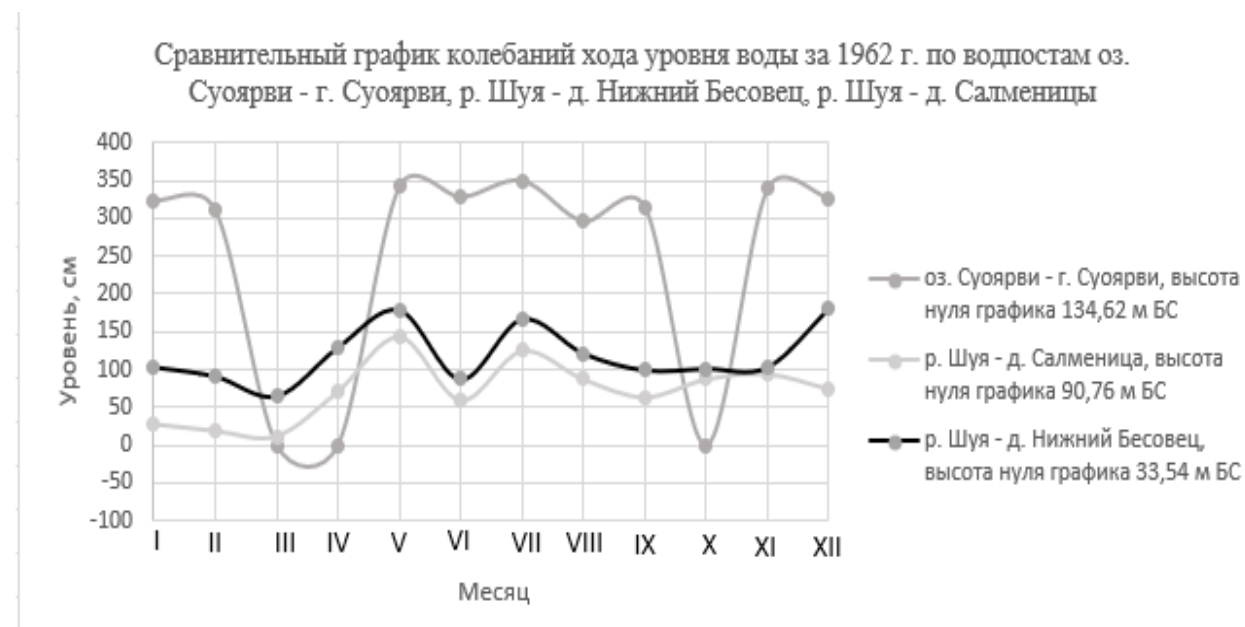


Рисунок 19 – Сравнительный график колебаний хода уровня воды за 1962 г. по водпостам на озерах Суоярви и Шотозеро, на реке Шуя [11, 12]

График отображает трансформацию паводочной волны: в истоке максимальные уровни наблюдаются в июле (350 см), после прохождения через Шотозеро пик половодья снижается в мае (144 см) [11]. В нижнем течении максимальный уровень достигается в мае (178 см), а резкие пики отсутствуют – подъем и спад растянуты во времени [11]. Что объясняется наличием озера Суоярви как накопителя в верховьях и проточного озера, выполняющего регулирующую функцию, в среднем течении. В декабре на посту р. Шуя – д. Нижний Бесовец может наблюдаться подъем уровня воды за счет зажорных явлений [11], что подтверждает особенность данного участка в характеристике этого водпоста и свойственно для реки Шуи в период ледостава.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование проведено нами по теме «Влияние озер Суоярви и Шотозера на гидрологический режим реки Шуя», где объектом служит бассейн реки Шуи с озерными системами и единственным гидротехническим сооружением - ГЭС «Игнойла», построенным в 1936 году.

Цель работы – изучение и оценка влияния озер Суоярви и Шотозера на гидрологический режим реки Шуи. Для ее достижения проанализированы основные гидрологические параметры: внутригодовое распределение стока, климатические условия формирования стока. Построены хронологические графики расходов воды, позволившие проанализировать влияние регулирующих факторов – озер Суоярви и Шотозера.

Основными результатами является комплексная физико-географическая характеристика бассейна реки Шуи. Выполнен сравнительный анализ количественных показателей и свойств водосборов озер Суоярви и Шотозера. Определена роль каждого в регуляции стока: озеро Суоярви накапливает воду в верхнем течении в половодье и отдает в межень, снижая пики среднегодовых уровней; озеро Шотозера в среднем течении работает как проточный регулятор, принимая до 92% стока, сглаживает паводки, уменьшая уровни воды. Озера образуют двухступенчатую систему регулирования стока – озеро Суоярви работает в качестве аккумулятора, сглаживая пики половодья, а озеро Шотозера выполняет функцию транзитного выравнивателя, пропуская часть воды через себя, срезая этим острые пики паводков.

Совместная работа двух озер обеспечивает снижение пиковых уровней воды в нижнем течении более чем в 2,5 раза по сравнению с верховьями. Если в истоке, на озере Суоярви, пиковые уровни достигают 322 см, то в нижнем течении у деревни Бесовец они не превышают 119 см. Это предотвращает катастрофические паводки и обеспечивает устойчивый, предсказуемый гидрологический режим реки Шуи на всем ее протяжении.

Список использованной литературы

1. Атлас Карельской АССР / пред. ред. колл. А. Н. Трофимов. — М. : ГУГК, 1989. — 40 с.
2. Атлас Республики Карелия / редколлегия: Н. Н. Филатов (пред.) [и др.]. — Петрозаводск : Версо, 2021. — 48 с.
3. Вампилова, Л. Б. Региональный историко-географический анализ. Книга 1. Ландшафты Карелии / Л. Б. Вампилова. — СПб. : Изд. РГГМУ, 1999. — 240 с.
4. Вампилова, Л. Б. Региональный историко-географический анализ. Система методов исследований в исторической географии: моногр./Л. Б. Вампилова Книга 2. — СПб.: ЛГУ им. А. С. Пушкина, 2008. — 152 с.
5. Водохранилища Российской Федерации: современные экологические проблемы, состояние, управление : сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, г. Сочи, 23–29 сентября 2019 г. — Новочеркасск : Лик, 2019. — 500 с.
6. Вопросы гидрологии, озероведения и водного хозяйства Карелии : [сборник статей] / науч. ред. С. В. Григорьев. — Петрозаводск : Карельское книжное издательство, 1965. — 274 с.
7. Геология Карелии [Электронный ресурс] // Школа Аналитики : [сайт]. — URL: <https://analitikishkola.blogspot.com/2019/04/geolog.html> (дата обращения: 26.04.2023).
8. Геоморфология Карелии и Кольского полуострова / под ред. В. Г. Легковой, Б. Н. Можаяева. — Л. : Недра, 1977. — 183 с.
9. Конспект лекции Коровиной И.А. [Электронный ресурс] // Живой журнал : [блог]. — URL: <https://v-karabas.livejournal.com/2232.html> (дата обращения: 10.06.2026).

10. Гидробюро [Электронный ресурс] : профессиональное проектирование гидротехнических сооружений : [сайт]. — URL: <https://www.gidroburo.ru/> (дата обращения: 09.06.2026).
11. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод. Часть 1. Реки и каналы. Том 1. Бассейн Балтийского моря. Выпуск 0–3. Бассейн Финского и Рижского заливов Балтийского моря. — Л. : Гидрометеиздат, 1936–2014.
12. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод. Часть 2. Озера и водохранилища. Том 1. Бассейн Балтийского моря. Выпуск 0–3. Бассейн Финского и Рижского заливов Балтийского моря. — Л. : Гидрометеиздат, 1936–2014.
13. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Бассейн рек западного побережья Белого моря. — Т. 1, вып. 7. — Л. : Гидрометеиздат, 1987.
14. Государственный водный реестр [Электронный ресурс] : [сайт] / Федеральное агентство водных ресурсов. — URL: <https://textual.ru/gvr/> (дата обращения: 05.03.2026).
15. Заводфото. Живой журнал [Электронный ресурс] : [блог]. — URL: <https://zavodfoto.livejournal.com/5147245.html> (дата обращения: 05.03.2026).
16. Каскад ГЭС на реке Шуя [Электронный ресурс] // ПАО «ТГК-1» : официальный сайт. — URL: <https://www.tgc1.ru/production/complex/karelia-branch/suna-cascade/> (дата обращения: 05.03.2026).
17. МДС 11-3.99. Методические указания по выполнению гидрологических расчётов для водохозяйственного проектирования. — М. : Госстрой России, 1999. — 48 с.

18. Музей энергетики [Электронный ресурс] : официальный сайт. — URL: <https://www.energomuseum.ru/> (дата обращения: 05.03.2026).
19. Озера Карелии : справочник / ВОО «Русское географическое общество» [и др.] ; под ред. Н. Н. Филатова, В. И. Кухарева. — Петрозаводск : Карельский научный центр РАН, 2013. — 463 с.
20. Основные гидрологические характеристики (до 1962 г. и весь период наблюдений). Карелия и Северо-Запад. Т. 2. — Л. : Гидрометеиздат, 1966.
21. Основные гидрологические характеристики (за 1963–1970 гг. и весь период наблюдений). Карелия и Северо-Запад. Т. 2. — Л. : Гидрометеиздат, 1974.
22. Основные гидрологические характеристики (за 1971–1975 гг. и весь период наблюдений). Карелия и Северо-Запад. Т. 2. — Л. : Гидрометеиздат, 1978.
23. Основные гидрологические характеристики (за 1976–1980 гг. и весь период наблюдений). Карелия и Северо-Запад. Т. 2. — Л. : Гидрометеиздат, 1982.
24. Погода и климат [Электронный ресурс] : метеорологический сайт. — URL: <https://www.pogodaiklimat.ru/> (дата обращения: 05.03.2026).
25. Правила использования водных ресурсов водохранилищ на реке Кемь (Юшкозерского, Кривопорожского, Подужемского, Путкинского). Пояснительная записка. 3-я редакция. — СПб. : ЛЕНВОДПРОЕКТ, 2015. — 289 с.
26. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 2. Карелия и Северо-Запад. Ч. 1. Гидрологическая изученность / под ред. В. Е. Водогрецкого. — Л. : Гидрометеиздат, 1965. — 302 с.
27. Справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Карельская АССР, Ленинградская, Новгородская, Псковская, Калининская и Смоленская

области. Ч. 1–6 / Северо-Западное территориальное управление по гидрометеорологии, Ленинградский гидрометеорологический центр, Карельский республиканский центр по гидрометеорологии. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1988. — 692 с. : ил.

28. Справочник по климату СССР. Карельская АССР, Ленинградская, Новгородская и Псковская области. Ч. 2 : Температура воздуха и почвы / Главное управление гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР, Северо-Западное управление гидрометеорологической службы, Ленинградская гидрометеорологическая обсерватория, Петрозаводская гидрометеорологическая обсерватория. — Ленинград: Гидрометеорологическое издательство, 1965. — 342 с.

29. Справочник по климату СССР. Карельская АССР, Ленинградская, Новгородская и Псковская области. Ч. 4 : Влажность воздуха, атмосферные осадки и снежный покров / Главное управление гидрометеорологической службы при Совете Министров СССР, Северо-Западное управление гидрометеорологической службы, Ленинградская гидрометеорологическая обсерватория. — Ленинград: Гидрометеорологическое издательство, 1968. — 254 с.

30. СП 131.13330.2012. Строительная климатология [Электронный ресурс] : актуализированная версия СНиП 23-01-99*. — URL: <https://www.voda.ru/tool/cp-info#!152> (дата обращения: 05.03.2026).

31. Сыстра, Ю. Й. Тектоника Карельского региона / Ю. Й. Сыстра. — Л. : Наука, 1991. — 176 с.

32. ТГК-1 [Электронный ресурс] : официальный сайт ПАО «ТГК-1». — URL: <https://www.tgc1.ru/> (дата обращения: 05.03.2026).

33. Уразметов, И. А. Гидрология рек : учебное пособие / И. А. Уразметов ; под ред. проф. И. Т. Гайсина. — Казань, 2007. — 95 с.

34. Ecobatman [Электронный ресурс]: база данных по гидрологическим
постам: [сайт]. —

URL: https://ecobatman.ru/programs/db_hydraposts/hydropost_q.php?cod=48021

(дата обращения: 11.06.2026).

Приложение А – среднесуточные и среднемесячные данные радиации

Таблица А 1 – Суммы суммарной солнечной радиации и альбедо деятельной поверхности при средних условиях облачности на ОГМС Петрозаводск, МДЖ/м²

Месяц	За сутки	За месяц	A _к
I	0,79	24	73
II	2,85	80	73
III	6,41	199	64
IV	11,61	348	36
V	17,50	342	21
VI	19,64	589	23
VII	18,77	582	24
VIII	13,28	412	24
IX	7,57	227	24
X	2,72	84	30
XI	0,87	26	55
XII	0,42	13	71
Σ _{год}		3126	29

Таблица А 2 – Радиационный баланс деятельной поверхности (МДж/м²) при средних условиях облачности, МДЖ/м²

Месяц	За сутки	За месяц
I	-1,35	-42
II	-1,30	-36
III	-0,05	-2
IV	5,09	153
V	9,32	289
VI	10,49	315
VII	9,77	303
VIII	6,00	186
IX	2,78	83
X	0,08	2
XI	-0,84	-25
XII	-1,20	-37
Σ _{среднегодовая}		1189

Приложение Б «Характерные (наибольшие и наименьшие) и среднегодовые
уровни воды»

Таблица Б 1 – Характерные (наибольшие и наименьшие) и среднегодовые уровни воды озера Суоярви (водпост г. Суоярви) за 1961–1971 гг., см. Высота нуля графика 134,62 м БС (Балтийской системы)

Год	Наибольший		Наименьший		Средн. Уровень за год, см
	уровень, см	дата	уровень, см	дата	
1961	370	22/V	286	3/V	321
1962	375	17/VII	287	16-18/IV	322
1963	311	1-2/VI	222	13-20/IV	267
1964	287	20/I	222	3-6/XII	254
1965	360	29/V	225	12-20/I	271
1966	366	23,24/V,12,13/VI	264;240	30/IX; 25-26,28/IV-2/V	297
1967	380	13/V	238;279	11,20/IX;7/I	277
1968	291	22,23/V	201;232	6,7/IX;15-18/IV	244
1969	292	29/XI-2/XII	227;225	31/VII,1/IX;19,20/IV	250
1970	300	11/M	222;231	1-14/II;7,8/IV	248
1971	350	25/V	223;238	12/VII;26/II-8/IV	252
средн.	335		212		250
наиб.	375		287		322
наим.	197		19		244

Таблица Б 2 – Характерные (наибольшие и наименьшие) и среднегодовые уровни воды озера Шотозеро (водпост р. Шуя – д. Салменицы) за 1961–1971 гг., см. Высота нуля графика 90,76 м БС (Балтийской системы)

Год	Наибольший		Наименьший		Средн. Уровень за год, см
	уровень,с м	дата	уровень, см	дата	
1961	239	22/V	13	23,24/I	57
1962	193	6/V	10	5, 6, 27, 28/III	72
1963	115	10-12/V	-14	10-17/IV	27
1964	79	10-13/V	-10	28/IX	12
1965	122	1-3/VI	-8	23-31/I; 5-6, 11/II	26
1966	202	23,25/V	15	13,14/IX	42
1967	138	11-13/V	-6;9	3,6/X;6,11/III	39
1968	241	17,18/V	8;0	28,29/VII;17/III	42
1969	97	8-10/V	-21 лето; -15 зима	10/IX;7-13/IV	22
1970	152	13/V	-18; -6	10,11/IX;7,8/IV	24
1971	213	25/V	0	16/VII	34
средн.	163		-6		35
наиб.	239		15		72
наим.	79		-33		12

Таблица Б 3 – Характерные (наибольшие и наименьшие) и среднегодовые уровни воды реки Шуи (водпост д. Нижний Бесовец) за 1961–1971 гг., см. Высота нуля графика 33,54 м БС

Год	Наибольший		Наименьший		Средн. Уровень за год, см
	уровень,с м	дата	уровень, см	дата	
1961	229	22,23/V	20	2/IV	81
1962	222	31/XII	62	23/III-2/IV	119
1963	236	4-5/I	7	24-25,28/VIII	75
1964	119	25/IV	-15	27-30/IX	35
1965	118	25,26/V	2	7/II	39
1966	197	17-21/V	25;19	14/IX;11-12/XI	68
1967	161	15-17/V	-9;43	2-6/X;29,31/III-5/IV	62
1968	235	20/V	16;38	11-13,18-20/IX;29/II-2,5-10/III	71
1969	166	31/XII	-25;44	10-13/IX;13-16/IV	57
1970	206	12/I	-17;42	1-6,11,12/IX;2/XI	67
1971	205	23-24/V	6;25	28/IX-2,6,7/X;16-20/IV	58
средн.	190		3		67
наиб.	236		62		119
наим.	117		-29		31

Приложение В «Ежедневные уровни воды»

Таблица В 1 – Ежедневные уровни воды на водпосту «оз. Суоярви – г. Суоярви» за 1962 г., см. Высота нуля графика 134,62 м БС (Балтийской системы)

Число	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	320	320	298	293	329	340	318	322	297	364	316	346
2	322	318	296	293	332	342	317	317	296	362	318	346
3	323	318	295	293	334	341	318	314	297	358	320	346
4	323	318	295	293	340	339	322	311	298	356	321	348
5	323	317	296	292	342	340	322	307	298	354	322	348
6	324	317	296	292	344	338	326	302	298	352	326	348
7	325	316	297	291	350	336	332	300	298	351	330	349
8	325	316	297	291	352	335	340	298	300	351	335	348
9	326	315	297	291	352	336	347	294	302	350	338	348
10	326	314	297	290	354	334	354	293	302	351	340	349
11	326	313	298	290	352	332	362	295	301	350	342	347
12	327	313	298	290	346	330	368	291	301	352	346	342
13	327	313	298	290	338	330	370	289	302	349	346	338
14	327	313	298	289	334	330	372	288	308	348	346)	336
15	327	313	298	288	330	327	374	289	306	349	345)	332
16	327	313	297	287	330	324	374	290	307	344	345)	330
17	326	312	296	287	332	324	374	290	308	339	346)	326
18	326	310	297	288	334	323	373	290	309	340	346	324
19	326	309	297	291	336	323	372	290	311	339	346	322
20	325	308	296	294	337	322	370	290	311	338	345	320
21	324	306	296	298	338	323	368	290	312	334	345	317
22	324	305	296	302	340	324	366	290	316	334	345	314
23	324	304	295	306	342	322	364	289	321	334	346	312
24	324	302	294	312	344	321	362	289	326	332	346	308
25	324	301	294	316	346	319	357	290	335	330	346	306
26	323	301	293	320	350	320	350	289	344	328	345	304
27	323	300	292	320	352	316	346	290	354	323	345	302
28	323	299	292	322п	349	316	340	291	360	324	345	300
29	322		291	326п	345	316	334	293	363	320	344	298
30	322		291	328•	343	318	329	295	365	317	344	296
31	320		292		341		325	296		315		294
средн	324	311	296	299	342	328	350	296	315	342	339	327
высш	327	320	298	328	354	342	375	323	365	364	347	350
низш	320	299	291	287	328	315	317	288	296	315	316	294
сргод												322
годвысш												375
годнизш												287

Таблица В 2 – Ежедневные уровни воды на водпосту «р. Шуя – д. Салменицы» за 1962 г., см. Высота нуля графика 90,76 м БС (Балтийской системы)

Число	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	26)	20):	13):	11)	192	76	51	135	53	94	80	98)	
2	28):	20	12	12)	192	78	52	130	52	90	82	96):	
3	29):	20)	12	12)	191	74	52	126	52	92	84	95)•	
4	29):	20)	11	12)	191	72	53	122	50	94	88	92	
5	29)	20)	10	12)	192	70	53	118	46	94	90	94	
6	29):	20)	10	12)	193	68	55	110	44	96	92	98	
7	29	20)	11)	13)	192	66	63	102	42	97	94	98	
8	29	20)	11)	14	190	64	71	100	44	96	94	96	
9	30)	20):	11)	14	190	64	82	102	48	94	95	95	
10	29)	20):	11)	16	186	62	92	101	49	94	95	94	
11	28)	20)	12)	17	181	61	102	98	50	96	96	92)	
12	28)	20)	12):	18	178	60	114	95	50	94	97	89)	
13	28)	20)	12):	21	173	58	122	92	53	92	96	86)	
14	28)	20):	12):	26°	168	57	132	90	57	91	95)	84)	
15	28)	18):	12):	32°	160	56	144	88	60	91	94)	80):	
16	28)	18	11):	41°	154	54	154	84	62	90	93)	76):	
17	27)	18	11):	52°	146	54	164	82	62	86	94)	71)•	
18	27)	18	11):	66°	138	53	172	79	64	84	96)*	68	
19	27)	17):	11):	82	128	51	175	76	67	83	94)	64	
20	27)	16):	11):	98	120	49	178	73	68	82	92)	61	
21	26):	16):	11):	114	114	48	178	70	73	81	91)	58	
22	26	16):	11):	126	110	50	176	68	76	80	92)	56	
23	26	15):	11):	136	102	50	176	64	78	80	94)	53	
24	25	15):	12):	146•	97	52	177	64	80	76	95)	52	
25	25):	14):	11):	155	94	52	176	65	82	74	96):	53)	
26	24):	14):	11):	162°	88	54	170	68	84	74	98)	54)	
27	24	14):	10):	168	85	54	164	69	85	76	99	53):	
28	23	13):	10):	176	81	52	159	62	86	76	100:	50):	
29	22		11):	182	80	51	152	57	88	78	100x	48):	
30	22		11):	188	78	50	142	56	96	80	100):	46	
31	20		11):		76		134	54		81		44	
средн	27	18	11	71	144	59	125	87	63	87	94	74	
высш	30	20	13	189	193	78	178	137	98	97	101	99	
низш	20	13	10	11	75	48	51	54	42	73	79	44	
сргод													72
годвысш													193
годнизш													10

Таблица В 3 – Ежедневные уровни воды на водпосту «р. Шуя – д. Нижний Бесовец» за 1962 г., см. Высота нуля графика 33,54 м БС (Балтийской системы)

Число	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	118	86	72	62	206	103	84	182	90	112	94	126)*
2	121	88	70	63	210	106	88	176	88	110	94	136)х
3	119	92	68	64	212	109	92	171	86	109	95	144)*
4	117	98	68	65	213	108	92	168	84	108	95	149
5	118	100	68	66	212	107	92	164	81	106	96	145
6	120	102	68	68	213	104	95	159	76	106	96	146
7	116	102	68	70	213	101	104	156	76	107	98	152
8	113	103	67	72	214	98	116	150	78	107	98	158
9	114	103	66	77	216	94	130	145	80	106	98	163
10	115	104	65	82	216	89	136	140	82	105	99	178
11	114	105	64	88	219	88	148	136	82	106	100	182
12	110	103	65	98	217	87	158	130	86	106	100	180
13	110	102	65	108	214	86	165	126	87	106	100	180
14	108	98	65	124	210	85	168	122	94	106	99	180
15	106	96	66	141	204	84	176	119	96	103	98	176
16	102	93	66	153	196	83	190	115	98	100	98	175
17	102	89	64	164	188	81	200	112	100	99	96	181
18	100	86	64	172•	180	80	210	110	104	98	94х	184
19	99	86	64	156	173	79	215	104	106	98	92)х	188
20	98	85	64	162	168	76	216	100	110	96	99)х	195
21	94	84	64	170	160	75	216	95	114	94	106)х	197
22	92	81	63	174	154	75	214	92	118	93	105)	190
23	89	77	62	172	146	74	212	90	120	93	108)	199
24	87	78	62	174	138	75	212	89	122	93	114	204
25	87	76	62	176	134	76	213	88	122	92	118	206
26	87	74	62	178	128	78	212	87	122	92	122	205
27	87	74	62	182	122	78	209	86	120	93	122	205
28	87	73	62	188	119	78	207	84	117	93	121	206
29	83		62	198	114	78	200	84	114	93	121*	206
30	83		62	204	110	80	194	88	112	94	122*	209
31	84		62		106		190	90		94		221
средн	103	91	65	129	178	87	166	121	99	101	103	180
высш	122	105	72	205	219	109	216	182	122	112	123	222
низш	83	73	62	62	105	74	83	83	75	92	92	124
сргод												119
годвысш												222
годнизш												62

Приложение Г «Ежедневные расходы по водпосту «р. Шуя – д. Нижний
Бесовец»»

Таблица Г 1 – Ежедневные расходы по водпосту «р. Шуя – д. Нижний Бесовец»
за 1962 г., м³/с. Высота нуля графика 33,54 м БС (Балтийская система)

Число	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	67,3	60,8	57,1	50,1	379	147	146	285	129	204	171	181)*	
2	66,6	61,1	56,6	50,2	380	145	156	275	129	203	172	180)х	
3	66,0	61,1	55,8	53,3	379	143	165	265	130	201	173	179)*	
4	65,4	61,7	58,4	56,4	378	141	174	255	133	200	175	177	
5	64,8	62,0	54,3	59,4	386	139	183	248	136	200	176	176	
6	64,2	62,3	53,3	62,5	395	137	192	240	139	199	175	175	
7	63,6	62,7	52,7	65,6	394	135	201	233	141	198	174	174	
8	62,9	68,0	54,9	68,6	393	133	211	226	144	197	173	173	
9	62,3	63,3	51,2	71,7	388	132	220	218	147	197	172	172	
10	61,7	62,7	50,4	74,8	384	131	223	211	150	196	171	170	
11	62,9	62,0	49,6	96,2	376	130	240	203	154	194	170	169	
12	64,4	61,4	48,8	118	369	129	252	194	157	193	169	168	
13	65,4	60,7	48,4	139	355	128	263	186	161	191	168	164	
14	66,6	60,1	47,8	170	341	127	274	177	165	190	167	159	
15	67,8	59,4	46,5	194	328	126	285	169	169	188	166	154	
16	69,0	58,8	46,0	230	316	123	296	161	172	187	165	150	
17	70,2	58,1	47,1	265	304	119	308	152	176	185	164	146	
18	71,5	57,5	47,4	287•	286	116	319	144	184	182	170х	141	
19	72,7	56,8	47,7	308	256	112	321	135	193	179	177)х	138	
20	71,4	56,2	48,0	330	242	109	322	127	201	176	184)х	135	
21	70,1	56,3	48,3	345	229	105	324	127	210	173	190)х	133	
22	68,8	56,5	48,6	339	217	102	326	127	218	170	196)	130	
23	67,6	56,6	48,9	333	208	98,3	327	126	216	163	203)	127	
24	66,2	56,7	49,0	336	198	94,9	329	126	215	164	200	124	
25	65,0	56,9	49,2	340	200	91,4	331	126	213	161	197	122	
26	63,7	57,0	49,3	346	190	101	332	126	212	162	194	119	
27	62,4	57,1	49,4	351	180	110	334	126	210	164	191	116	
28	61,1	57,3	49,6	347	171	119	324	127	209	165	188	113	
29	59,8		49,7	370	161	128	314	127	207	166	185*	110	
30	60,1		49,8	378	151	137	304	128	206	168	182*	107	
31	60,4		49,9		149		294	128		169		104	
I	64,5	62,1	53,9	61,3	386	138	188	246	138	200	173	176	
II	68,2	59,1	47,7	214	317	122	288	165	173	186	170	152	
III	64,1	56,8	49,2	348	187	109	322	127	212	166	193	119	
средн.	65,5	59,5	50,3	208	293	123	268	177	174	184	179	148	119
наиб.	72,7	63,3	57,4	378	395	147	334	285	218	204	203	181	395
наим.	59,8	56,2	46,5	50,1	149	91,4	146	126	129	161	164	104	46,5

Таблица Г 2 – Ежедневные расходы воды на водпосту реки Шуя (д. Нижний Бесовец) за период 1946 – 2022 гг., см. Высота нуля графика 33,54 м БС (Балтийской системы)

Период	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
1946	37.8	25	16.3	40.3	353	197	64.8	28.3	22.3	24.8	30.7	50.8	74.3
1947	44.1	32.4	25.4	48.1	188	117	52.2	33.4	16.7	21.1	38.7	45.5	55.2
1948	37.3	30.8	23.8	108	207	96	36.1	27.5	56.2	107	143	109	81.8
1949	77.5	72.9	58	155	305	99.8	62.9	56.5	68.1	101	138	109	109
1950	66.8	48	45	178	297	114	61.1	38.7	36.3	48.7	60	51.6	87.1
1951	47.5	45.5	39.1	125	256	114	51.8	38.2	34.1	43	39.7	37.2	72.6
1952	45.1	46.7	41	134	426	212	92	63.2	96.2	133	98.3	75.6	122
1953	49	47	44	120	227	121	61.4	84.5	124	88.6	80.5	78	93.8
1954	50	45.5	41.5	49.7	140	80.7	47.7	111	105	125	242	144	98.5
1955	73.9	33.8	53	73.5	358	347	86.5	34.3	23.1	28.5	103	63.3	106
1956	47.1	33.3	32.6	33.5	202	121	71.5	77.6	101	121	119	92.8	87.7
1957	73	66.2	61.2	86.1	420	172	94	64.4	86.2	191	181	87.8	132
1958	72.6	62.5	48.5	64.6	350	249	132	93	58	52	61.7	50.1	108
1959	45.8	49.1	46	86.7	214	74.9	46.2	29.6	39.7	46.8	38.8	30.6	62.4
1960	26	19.9	16.6	62.2	91.8	56.5	78.5	45.1	43.5	56.2	72.7	57.4	52.2
1961	53.5	53.8	52.9	79.7	383	172	131	230	205	99.9	85.9	71.7	135
1962	65.5	59.5	50.3	208	293	123	268	177	174	184	179	148	161
1963	93.8	74.4	49.1	75.8	179	82.1	55.1	37.1	45	91.8	104	62.4	79.1
1964	53	46.4	41.3	85.4	172	86	50.2	36.5	34.9	48.7	60.8	44.6	63.3
1965	48.2	44.2	51.6	86.1	215	145	82.1	82.7	59.7	54.9	55.7	48.8	81.2
1966	41.7	35.8	35.3	60.6	346	191	121	91.3	84.1	131	118	87.7	112
1967	61	49.9	53.5	161	277	146	82	49.4	38.9	56.1	119	77.4	97.6
1968	47.5	39.8	42	107	388	179	87.2	60.2	66.6	104	112	86.8	110
1969	64.3	56.2	37	75.3	176	93.3	46.3	27.3	27.5	82.9	98.9	106	74.3
1970	67.3	53.7	49	86.6	245	97.3	48	31.6	40.2	82.6	97.7	57.9	79.7
1971	46.3	50.3	56.2	64.3	347	203	97.1	57.2	54.1	62.3	85.5	74.8	99.8
1972	54	43.2	34	66.1	172	99.9	54.1	34.2	25.2	24.3	41.6	106	62.9
1973	100	51.5	44.1	102	148	92.2	43.4	23.5	17.5	27.4	39.8	40.3	60.8
1974	31	32.1	31.8	51.2	234	158	80.9	71.6	57.5	59.2	109	101	84.8
1975	100	92	93.7	165	245	95.1	50.5	35.7	26.2	26.3	34	39.5	83.6
1976	34.7	27.8	27.1	61.3	207	149	131	160	186	105	70.2	62.7	102

Продолжение таблицы Г 2

1977	63.3	44.4	33.2	78.4	201	141	69.8	58.7	50.3	110	188	129	97.3
1978	91.6	60	54.3	97.9	106	69.4	50.4	64.6	115	108	116	90.9	85.3
1979	54.5	42.3	36.7	32.7	173	104	47.7	28.4	27.8	68.1	96.5	114	68.8
1980	118	103	67.2	67.9	199	99	48.3	31	20.7	20.4	27.6	38.9	70.1
1981	37.4	37.1	33.9	45.7	299	306	141	94.1	117	133	152	98.2	125
1982	67.4	75.2	60.4	137	364	154	92.4	56	53.2	46.2	73.4	107	107
1983	74	62.7	37.1	185	220	84.9	32.3	21.6	23.9	49.2	107	82.8	81.7
1984	82.7	68.6	66.7	162	277	85.7	38.2	36.9	32.2	102	128	64.2	95.4
1985	36.7	30	22.7	43.8	160	96.3	67.5	39.9	36.5	71.3	89.2	59.2	62.8
1986	37.9	31	25.6	84.1	184	94.5	51.3	41	95.4	110	110	101	80.5
1987	41.3	27.3	28.3	49.8	165	135	105	127	249	141	74.8	45.2	99.1
1988	43.1	34.4	28.9	72.4	259	162	70.9	81.5	148	139	97.1	43.7	98.3
1989	32.6	37.2	41	175	284	92.8	39.4	22.5	24.3	26.7	40.1	26.8	70.2
1990	20.8	29.4	60.1	174	203	99.2	58	45.4	33.1	31.6	35.5	37.3	69
1991	34	31.6	26.4	103	227	129	93.5	82.1	87.5	96.1	127	142	98.3
1992	100	73.4	57.9	124	364	164	55.8	38.9	42.5	45.4	52.5	59.9	98.2
1993	53.4	37	50.4	83.6	252	128	113	144	122	111	113	68.9	106
1994	43.6	40.3	39.4	113	285	182	107	52.3	58.6	158	133	101	109
1995	88.5	68.6	72.9	159	365	191	75.2	45.6	34.9	36	52.5	47.9	103
1996	35.4	29.5	29.2	28.9	159	121	86	47.4	27.6	19.3	24	60	55.6
1997	61.1	37.5	66.3	61.8	229	151	72.4	39.2	23.4	28.3	44.2	39.8	71.2
1998	35	31.1	34.6	33.1	280	186	152	104	111	84.2	108	36.3	99.6
1999	34.8	23.7	23.8	100	187	97.2	41.4	19.8	17	16.6	17.2	29.7	50.7
2000	44.4	44.3	40.2	149	314	110	63.9	48.3	59.9	64.1	108	94.6	95.1
2001	67.1	44.1	43.6	100	217	117	54.8	31.5	24.8	26.5	68.7	44.9	70
2002	25.4	26.8	32.5	77.4	291	109	46.7	28.1	22	20.7	20.6	19.4	60
2003	18.9	18.6	18.5	34	159	98.9	42.8	28.8	32.8	117	148	112	69.1
2008	54.4	52.4	47.7	153	305	149	82.1	74.7	98.7	99.3	262	229	134
2009	117	74.4	51.5	52.1	199	133	121	71.1	67.4	96.4	113	144	103
2010	73	37.9	29.7	130	253	144	80.7	30.2	23	31.6	123	80.8	86.4
2011	50.9	42.7	36.5	103	317	136	43.3	23	32.2	82.9	89	120	89.7
2012	85	51.1	44.3	73	341	184	110	112	81.7	96	138	103	118
2013	52	45.2	38.9	84.5	208	105	53.9	32.6	29.4	27.9	121	129	77.2
2014	106	61.9	55.7	58.3	92.7	70.9	41.6	22.2	17.9	18.8	32.8	57	53
2015	39.2	23.9	25.2	93.5	277	142	51.4	36.5	29	41.9	32.9	79.4	72.6
2016	63	56.7	43.9	120	212	106	71.6	239	157	94.4	82.7	48.9	108
2017	66.4	68.3	40.4	84.8	335	217	98.3	109	128	197	143	137	135
2018	132	94	60.4	127	312	122	50.6	37.4	34.1	77.3	84.6	63.6	99.6
2019	36.2	33	42.1	114	287	122	30.6	25.3	19.9	28.7	61.1	106	75.8
2020	129	147	151	163	200	125	47.5	57.3	91	113	126	130	123
2021	75.4	52.4	52	186	285	153	55.1	40	53.1	57.1	110	76.5	99.7
2022	49.1	51	49.9	125	313	186	78.2	39.8	35.5	48.5	81.1	63.9	93.6
Наиб.	132	147	151	208	426	347	268	239	249	197	262	229	161
Средн	59.3	48.6	44.4	97.8	252	135	74	60.8	63.6	75.6	93.3	78.9	90.3
Наим.	18.9	18.6	16.3	28.9	91.8	56.5	30.6	19.8	16.7	16.6	17.2	19.4	50.7

Приложение Д «Расчетная таблица для коэффициента вариации»

Таблица Д 1 – Расчетная таблица для коэффициента вариации за период 1946 – 2022 гг. по реке Шуя

Период	Qi, м³/с	Qi–Qcp	(Qi–Qcp)²
1946	74,3	-16,1	258,7
1947	55,2	-35,2	1237,9
1948	81,8	-8,6	73,7
1949	109	18,6	346,6
1950	87,1	-3,3	10,8
1951	72,6	-17,8	316,2
1952	122	31,6	999,6
1953	93,8	3,4	11,7
1954	98,5	8,1	65,9
1955	106	15,6	243,9
1956	87,7	-2,7	7,2
1957	132	41,6	1732,0
1958	108	17,6	310,4
1959	62,4	-28,0	783,1
1960	52,2	-38,2	1458,0
1961	135	44,6	1990,7
1962	161	70,6	4986,7
1963	79,1	-11,3	127,3
1964	63,3	-27,1	733,5
1965	81,2	-9,2	84,3
1966	112	21,6	467,3
1967	97,6	7,2	52,1
1968	110	19,6	384,8
1969	74,3	-16,1	258,7
1970	79,7	-10,7	114,1
1971	99,8	9,4	88,7
1972	62,9	-27,5	755,3
1973	60,8	-29,6	875,2
1974	84,8	-5,6	31,2
1975	83,6	-6,8	46,0
1976	102	11,6	135,0
1977	97,3	6,9	47,8
1978	85,3	-5,1	25,8
1979	68,8	-21,6	465,8
1980	70,1	-20,3	411,4
1981	125	34,6	1198,3
1982	107	16,6	276,1
1983	81,7	-8,7	75,4
1984	95,4	5,0	25,2
1985	62,8	-27,6	760,8

Продолжение таблицы Д 1

1986	80,5	-9,9	97,7
1987	99,1	8,7	76,0
1988	98,3	7,9	62,7
1989	70,2	-20,2	407,4
1990	69	-21,4	457,2
1991	98,3	7,9	62,7
1992	98,2	7,8	61,1
1993	106	15,6	243,9
1994	109	18,6	346,6
1995	103	12,6	159,2
1996	55,6	-34,8	1209,9
1997	71,2	-19,2	368,0
1998	99,6	9,2	85,0
1999	50,7	-39,7	1574,7
2000	95,1	4,7	22,2
2001	70	-20,4	415,5
2002	60	-30,4	923,1
2003	69,1	-21,3	453,0
2004	104	13,6	185,4
2005	94,7	4,3	18,6
2006	74,2	-16,2	261,9
2007	92	1,6	2,6
2008	134	43,6	1902,4
2009	103	12,6	159,2
2010	86,4	-4,0	15,9
2011	89,7	-0,7	0,5
2012	118	27,6	762,7
2013	77,2	-13,2	173,8
2014	53	-37,4	1397,5
2015	72,6	-17,8	316,2
2016	108	17,6	310,4
2017	135	44,6	1990,7
2018	99,6	9,2	85,0
2019	75,8	-14,6	212,7
2020	123	32,6	1063,9
2021	99,7	9,3	86,8
2022	93,6	3,2	10,3
Σ	6955,1	0,0	38255,1
Среднее ($\bar{x}$)	90,4	-	-
σ (СКО)	22,44	-	-
Cv	0,25	-	-

