



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

Кафедра инженерной гидрологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему **Водный режим реки Водла**

Исполнитель Прохоров Дмитрий Анатольевич
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат географических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Сикан Александр Владимирович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат технических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Гайдукова Екатерина Владимировна
(фамилия, имя, отчество)

« 02 » 06 2025 г.

Санкт-Петербург
2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ И КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ	5
1.1. Основные сведения о реке Водла	5
1.2. Природные условия района исследований.....	6
1.3. Общая характеристика климата	7
1.4. Температура воздуха	9
1.5. Осадки	13
2. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И ПРОВЕРКА РЯДОВ НА ОДНОРОДНОСТЬ	15
2.1. Общая характеристика водного режима рек бассейна р. Водла	15
2.2. Внутригодовое распределение стока	16
2.3. Исходные данные.....	18
2.4. Описание гидрологических постов	19
2.5. Река Водла – д. Водла.....	19
2.6. Река Водла – г. Пудож	21
2.7. Река Колода–д. Кубовская	22
2.8. Река Сомба – д. Кривцы	23
2.9. Река Рагнукса- д. Харловская	25
2.10. Река Большая Велмукса - г. Пудож.....	26
2.11. Приведение коротких рядов к многолетнему периоду	27
2.12. Описание расчетных методик.....	30
2.13. Проверка рядов среднегодовых расходов воды на однородность и стационарность.....	32
3. РАСЧЕТ ГОДОВОГО СТОКА И ЕГО ВНУТРИГОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ.....	38
3.1. Расчет основных статистических характеристик	38
3.2. Расчет среднегодовых расходов воды	39
3.3. Расчет внутригодового распределения стока.....	42
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	55

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	56
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	59

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа посвящена исследованию особенностей водного режима рек бассейна р. Водлы в современных условиях. Анализируются ряды среднемесячных и среднегодовых расходов воды. Выполнен расчет годового стока и его внутригодового распределения.

Работа состоит из 3 глав, введения и заключения.

В первой главе представлена физико-географическая и климатическая характеристика исследуемого региона. Дано описание рельефа, геологического строения, описание почв, растительности и гидрографической сети. Выполнен анализ климатических изменений.

Во второй главе приводится анализ исходных данных и проверка рядов среднегодовых расходов воды на однородность и значимость линейных трендов. Показано, что не стационарность рядов годового стока является следствием изменения климата.

В третьей главе выполнен расчет среднегодовых расходов воды и расчет внутригодового распределения стока исследуемых рек с учетом выявленных климатических изменений.

В заключении представлены основные результаты проделанной работы.

Бакалаврская работа содержит 34 рисунка, 17 таблиц, 3 приложений и список использованных источников из 26 наименований. Общий объем работы 67 страниц.

1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ И КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

1.1. Основные сведения о реке Водла

Водла – река на юго-востоке Карелии. Образуется при слиянии двух рек – Сухой Водлы и Вамы, которые вытекают из озера Водлозеро. Впадает в Онежское озеро. Наиболее удаленной точкой речной системы является исток реки Илексы, которая берет начало в Архангельской области и впадает в Водлозеро (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Водосбор реки Водлы.

Длина реки от истока до устья 149 км. Расстояние от наиболее удаленной точки речной системы (исток реки Илексы) 401 км. Площадь водосбора 13700 км². Средний многолетний расход в устье 140 м³/с. Уклон 0,7 ‰. Наиболее крупные притоки (длиной более 30 км): Шалица, Колода, Нетома, Сомба, Нига, Рагнукса. На рисунке 1.2 – река Водла у города Пудож.



Рисунок 1.2 – Река Водла у города Пудож (40 км от устья).

1.2. Природные условия района исследований

Рельеф территории, по которой течет Водла представляет собой невысокую равнинную возвышенность. Высота истока реки 136 метров. Высота в устье 33 метра. Почвы преимущественно супесчаные и суглинистые.

Территория относится к подзоне северной и средней тайги. Основные древесные породы – сосна, ель, береза, осина, ольха.

Бассейн Водлы имеет хорошо развитую гидрографическую сеть, которая представлена большей частью, либо небольшими реками, либо короткими протоками, которые соединяют многочисленные озера, образуя

озерно-речные системы. В верхней части бассейна очень высокая заболоченность. Для поста Водла – д. Водла относительная заболоченность 30%.

1.3. Общая характеристика климата

Климат рассматриваемой территории характеризуется долгой мягкой зимой и коротким и прохладным летом. Для осени очень типичны большая облачность и избыточное увлажнение. Продолжительность безморозного периода 85-90 дней. Среднее годовое количество осадков около 700 мм. Максимальное количество осадков выпадает летом. Зимой обычно стоит мягкая погода. Резкие похолодания (до -30°C и ниже), связаны с наступлением арктического антициклона, редко бывают продолжительными. Для зимы характерны частые оттепели, связанные с наступлением атлантического циклона. Второй период зимы обычно холоднее, чем первый (вторая половина января - февраль). Первый снег выпадает в октябре. Устойчивый снежный покров образуется обычно в начале ноября. Зима продолжительная от 175 до 185 дней, глубина снежного покрова достигает 70-80 см. Зимой преобладают западные и юго-западные ветры. Весна наступает во второй декаде апреля - начале мая. Началом весны считается переход средней суточной температуры через 0°C . Погода весной очень неустойчивая, часты возвраты холодов. Лето сравнительно короткое начинается со второй половины июня Продолжительность до 2,5 месяцев. В конце июня солнце почти не заходит. Возможно повышение температур до $+30^{\circ}\text{C}$ и выше. Осень начинается в конце августа. Изменение температур осенью происходит медленнее, чем весной. Возможны возвраты теплой погоды. Вторая половина осени характеризуется пасмурной и дождливой погодой.

На рисунке 3.1 показана карта основных климатических параметров территории Республики Карелия.

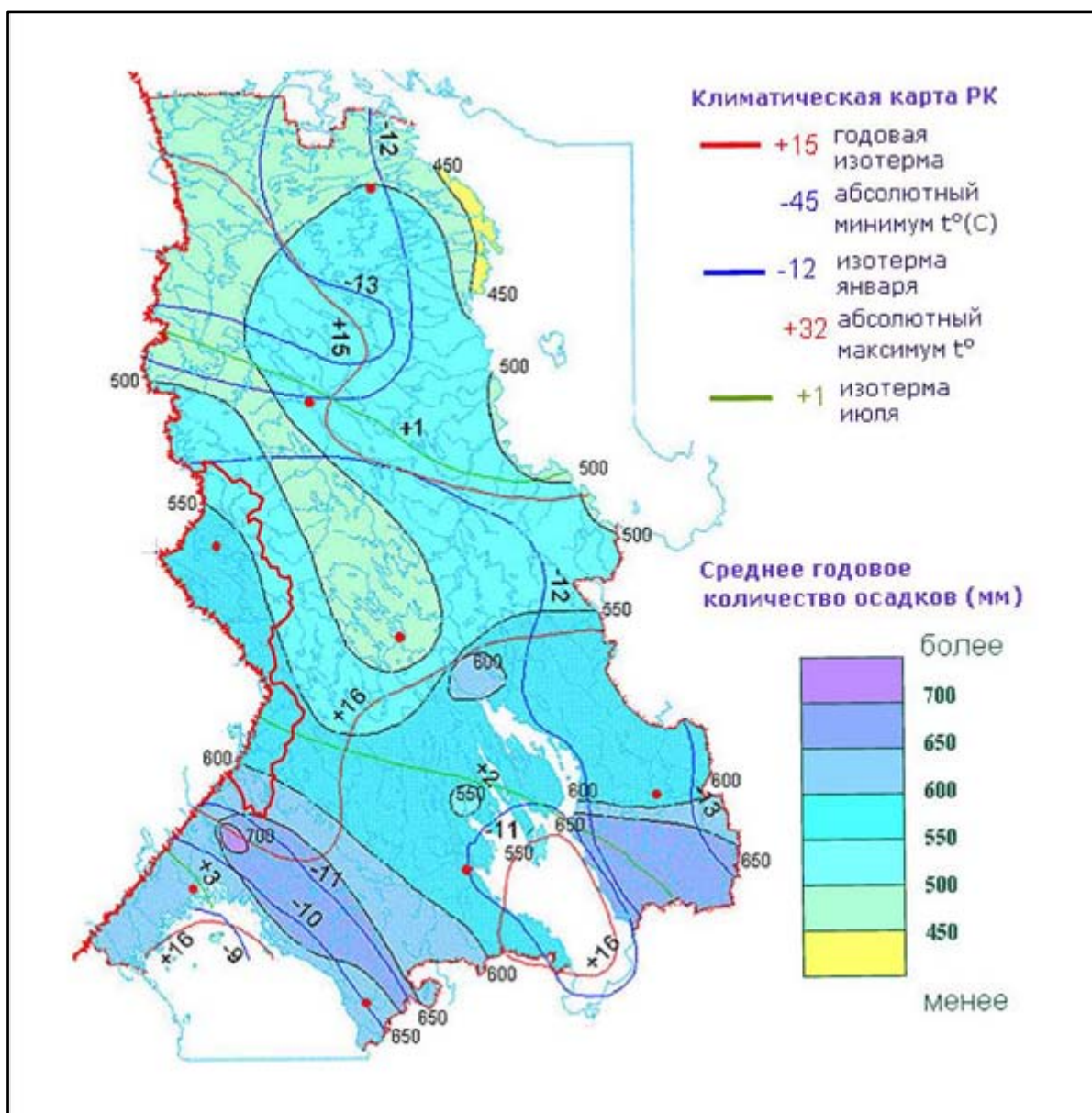


Рисунок 1.3 – Карта основных климатических параметров территории Республики Карелия

В настоящей работе основные климатические характеристики были рассчитаны по метеорологической станции Пудож (рисунок 1.4). Сведения о среднемесячных температурах воздуха и месячных суммах осадков по МС Пудож даны в приложении А.

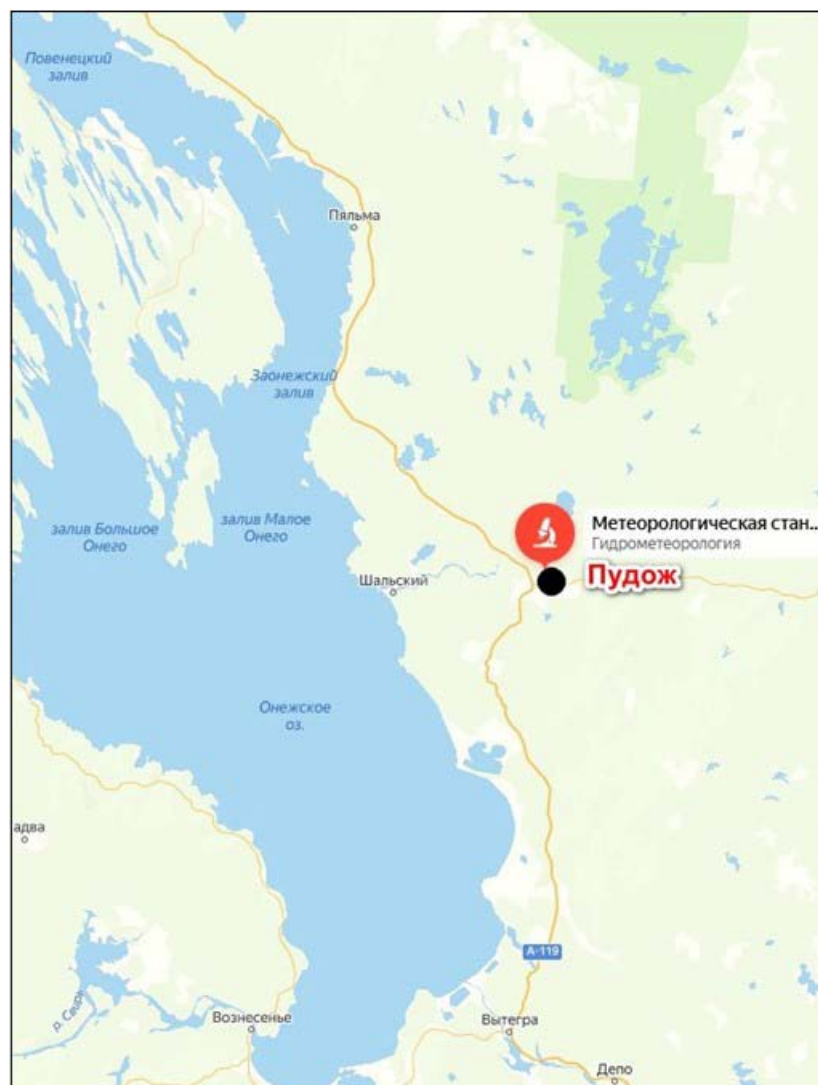


Рисунок 1.4 – Схема расположения метеорологической станции в бассейне реки Водла.

1.4. Температура воздуха

Холодный период на реках бассейна Водлы продолжается 5 месяцев (с ноября по март). Минимальная среднемесячная температура воздуха наблюдается в январе и составляет минус 12 С°. Максимальная среднемесячная температура воздуха наблюдается в июле: плюс 17 С° (Рисунок 1.5).

Ряд среднегодовых температур воздуха содержит значимый тренд на повышение. Интенсивность тренда +0,44 °С за 10 лет (Рисунок 1.6).

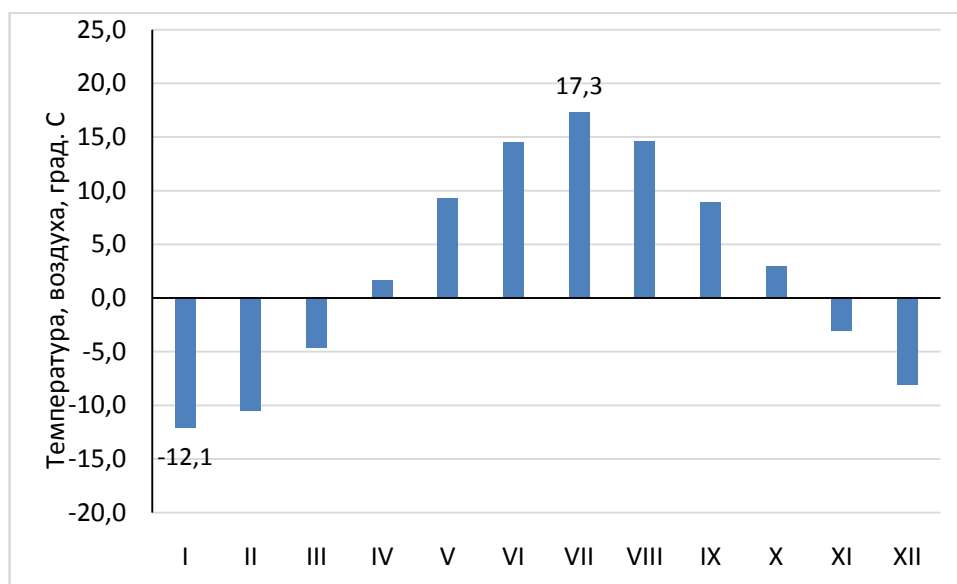


Рисунок 1.5 – Средние многолетние среднемесячные температуры воздуха.

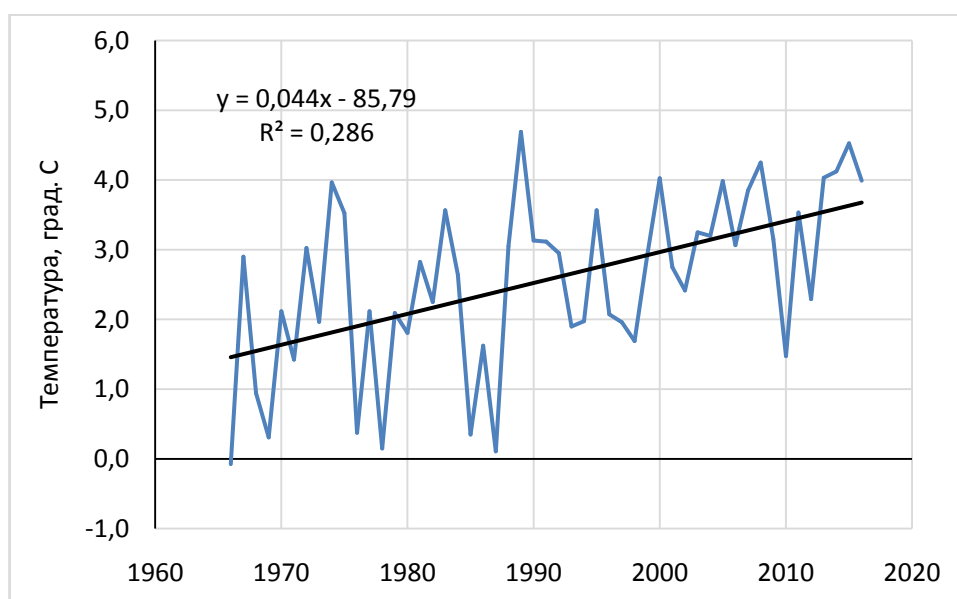


Рисунок 1.6 – Хронологический график среднегодовых температур воздуха.

Среднегодовая температура воздуха повысилась главным образом за счет повышения средней температуры за холодный период, где интенсивность тренда составила $+0,60\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 10 лет (Рисунок 1.7). За теплый период интенсивность тренда почти в два раза меньше – всего $+0,33\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 10 лет (рисунок 1.8).

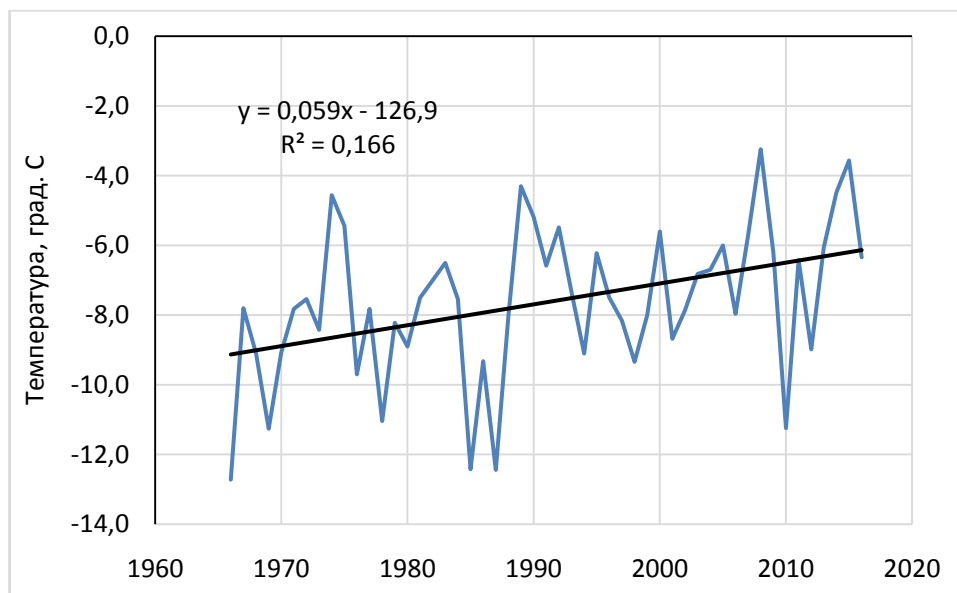


Рисунок 1.7 – Хронологический график средних температур воздуха за холодный период.

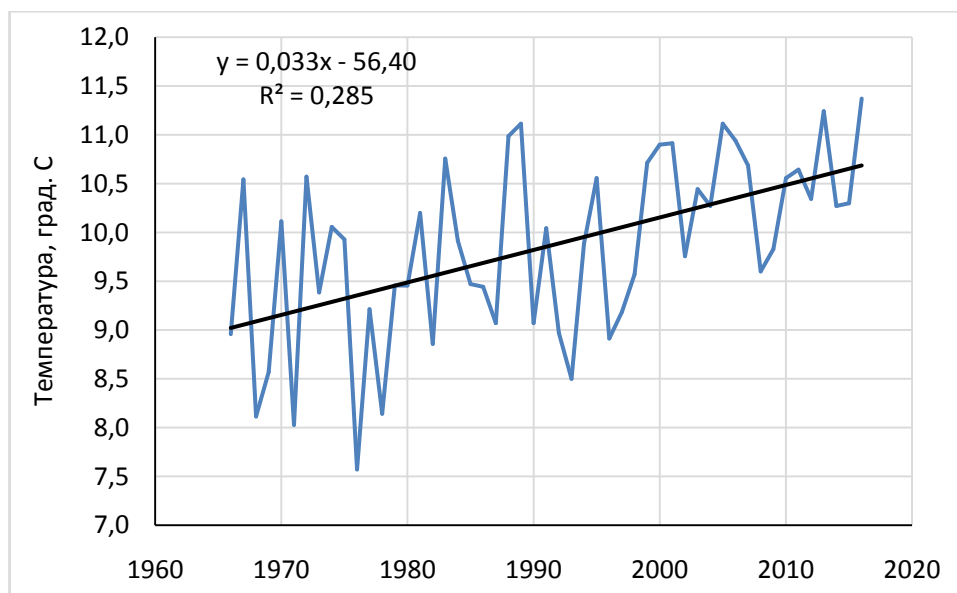


Рисунок 1.8 – Хронологический график средних температур за теплый период.

Точка перелома на суммарной кривой приходится на конец 80-х годов XX века (рисунок 1.9).

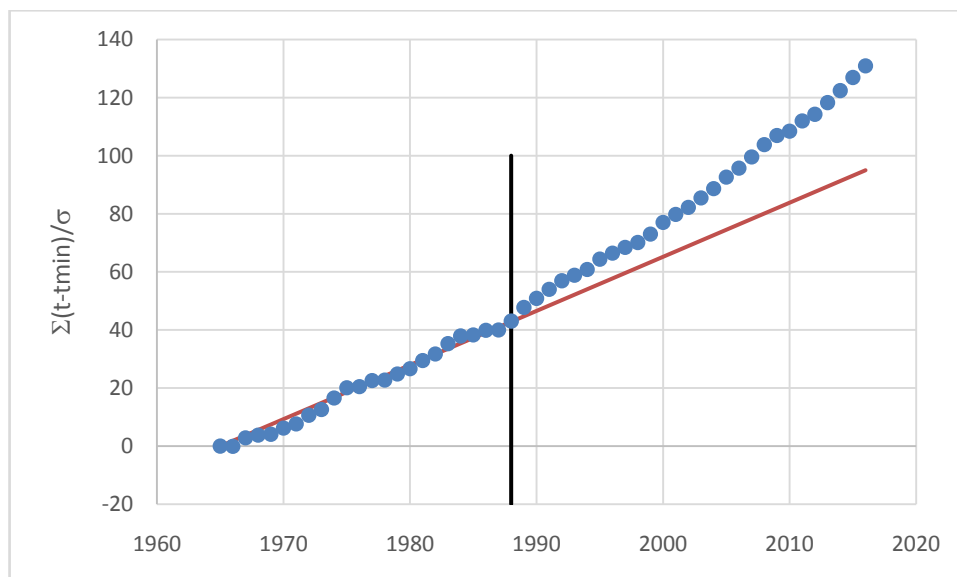


Рисунок 1.9 – Нормированная суммарная кривая среднегодовых температур воздуха.

Точки перелома для холодного и теплого периодов на суммарных кривых также приходится на конец 80-х годов XX века (рисунки 1.10-1.11).

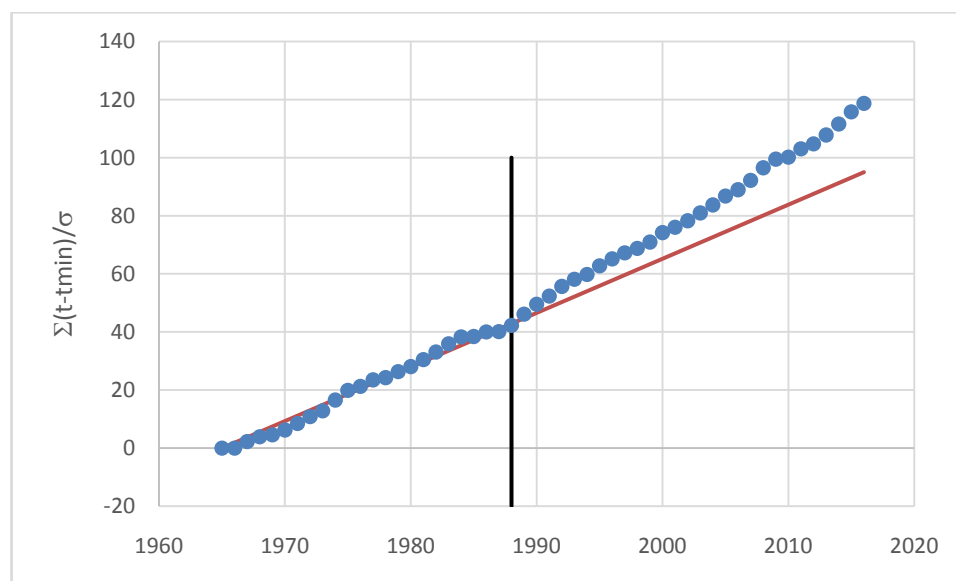


Рисунок 1.10 – Нормированная суммарная кривая средних температур воздуха за холодный период года.

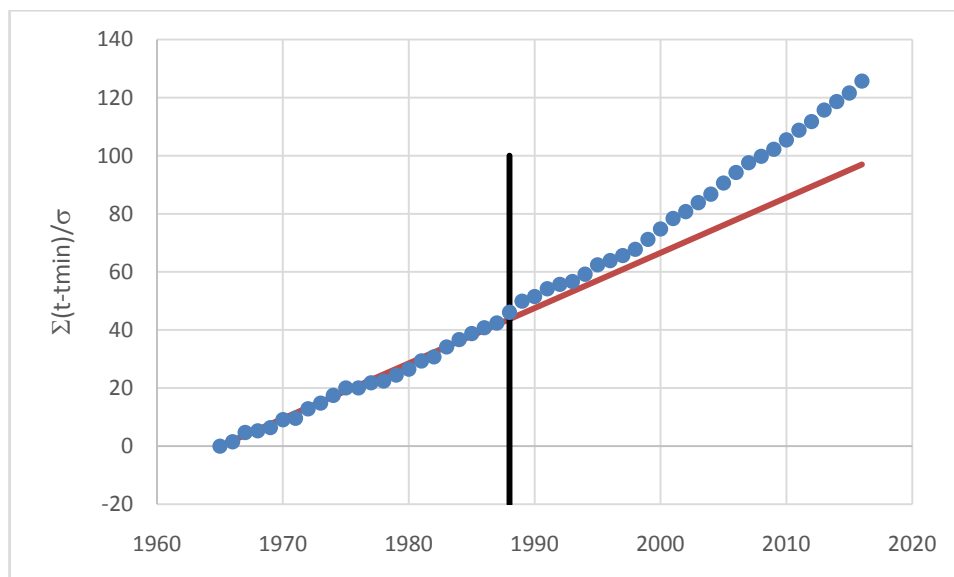


Рисунок 1.11 – Нормированная суммарная кривая средних температур воздуха за теплый период года.

1.5. Осадки

Средняя многолетняя сумма осадков в бассейне реки Водла 703 мм. Большая часть из них (63%) выпадает в теплый период года с апреля по октябрь. Наименьшее количество осадков выпадает в феврале – 36 мм, наибольшее в октябре – 82 мм (рисунок 1.12).

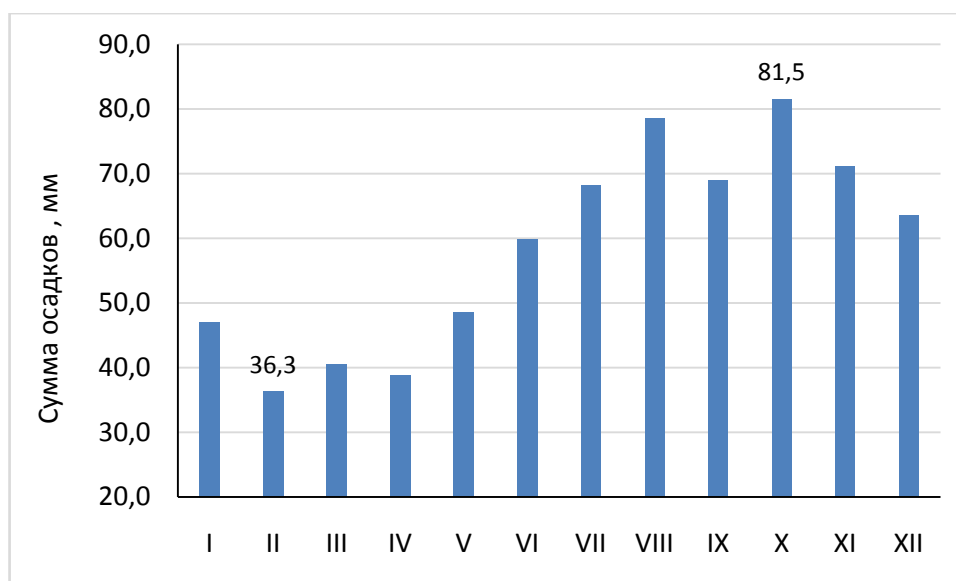


Рисунок 1.12 – Средние многолетние месячные суммы осадков.

Ряд с годовых сумм осадков содержит значимый тренд на повышение (рисунок 1.13). Увеличение годовых сумм осадков произошло за счет увеличения осадков в холодный период года, где интенсивность тренда составляет 13 мм за 10 лет (рисунок 1.14).

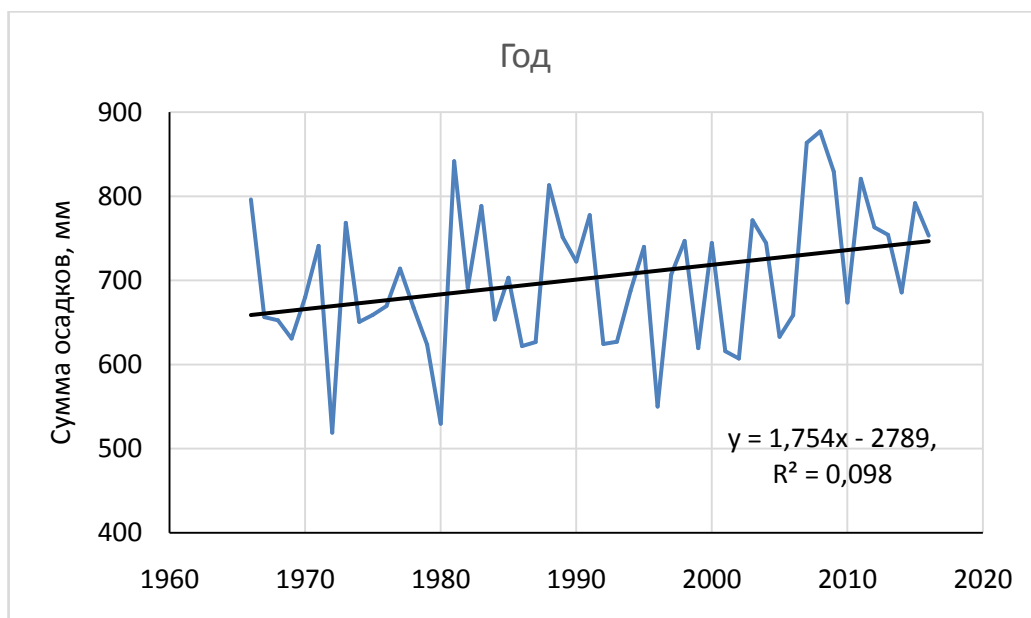


Рисунок 1.13 – Хронологический график среднегодовых осадков.

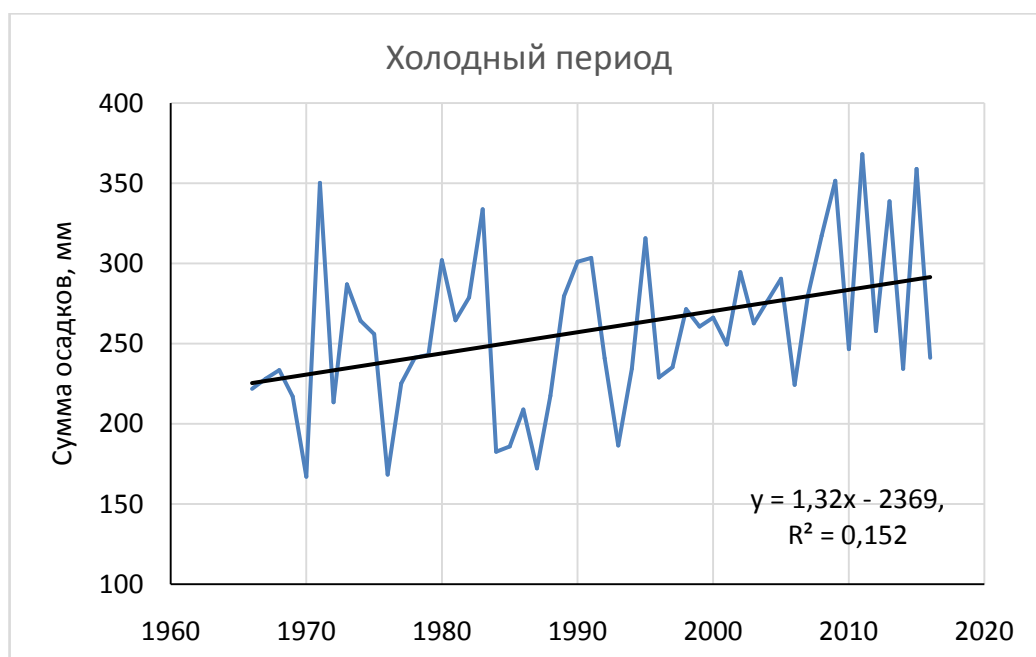


Рисунок 1.14 – Хронологический график осадков в холодный период.

2. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И ПРОВЕРКА РЯДОВ НА ОДНОРОДНОСТЬ

2.1. Общая характеристика водного режима рек бассейна р. Водла

Река Водла и ее притоки относятся к восточно-европейскому типу водного режима. Для которого характерно весеннее половодье, летне-осенняя межень, прерываемая дождевыми паводками, и низкая зимняя межень. В качестве примера на рисунках 2.1-2.2 показаны гидрографы реки Водла – г. Пудож и реки Колода – д. Кубовская за 2022 год.



Рисунок 2.1 – Гидрограф реки Водла – г. Пудож за 2022 год.

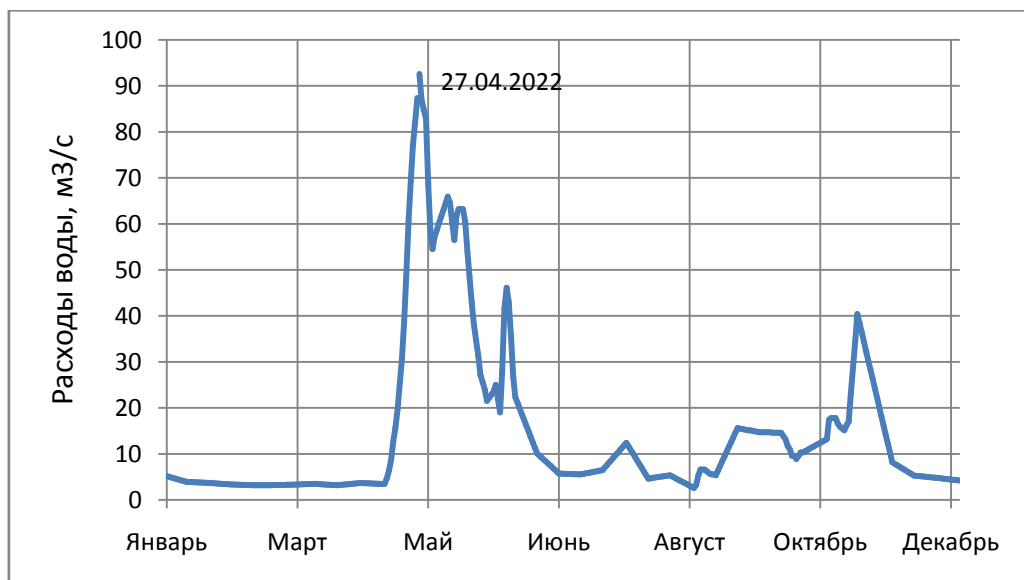


Рисунок 2.2 – Гидрограф реки Колода – д. Кубовская за 2022 год.

2.2. Внутригодовое распределение стока

В распределении стока рек в течение года определяющую роль играют климатические факторы:

- общая увлажненность бассейнов, характеризующаяся годовой суммой осадков, особенностью их выпадения в разные сезоны, включая интенсивность и продолжительность;
- температура воздуха, определяющая вид осадков (жидкие или твердые);
- испаряемость, от которой зависит верхний предел испарения с суши и которая в свою очередь определяется радиационным балансом;
- влажность воздуха.

Механизм преобразования осадков, выпавших на водосбор, в речной сток чрезвычайно многообразен и зависит от факторов подстилающей поверхности, из которых на водный режим рек рассматриваемой территории наиболее значительное воздействие оказывают озера.

Весеннее половодье является наиболее многоводной фазой водного режима и составляет 40-50% годового стока. Половодье обычно имеет один пик, исключением являются годы, когда наблюдается значительный возврат холода, приводящий к временному снижению интенсивности снеготаяния и

спаду уровней с последующим повышением при потеплении. В некоторые годы двух и даже трехпиковые половодья обусловлены выпадающими осадками, которые, накладываясь на спад весеннего половодья, вызывают повышение уровня и стока.

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

Летняя межень на большинстве рек начинается с конца спада половодья и нарушается подъемами уровня от дождей. Четко выделяется летняя межень только на реках с малым процентом озерности (до 5%). На таких реках дождевые паводки выделяются более четко. В отдельные годы подъемы от дождей приближаются к высшим уровням половодья. Низшие уровни летней межени наблюдаются в августе-сентябре. На ряде рек естественный ход уровня воды в летний период, и даже на спаде половодья, искажается работой лесосплавных плотин. На некоторых малых и средних реках в вегетационный период наблюдается зарастание русла водной

растительностью, создающее подпор уровня воды.

Осенне-зимний период обычно начинается в конце сентября – начале октября подъемом уровня от дождей, превышающим летнюю межень до 1 м. На многих реках с появлением ледовых образований образуются зажоры. На участках рек, расположенных вблизи истоков из озер, в осенне-зимний период наблюдается изъятие стока на ледообразование.

Зимней межени свойственен медленный спад уровней, характеризующий истощение стока. В некоторые зимы плавный ход уровней нарушается незначительным подъемом от оттепелей и очень редко от зажоров. Продолжительность зимней межени для большинства рек 130-150 дней. Низшие уровни обычно наступают в конце марта – начале апреля и являются, как правило, низшими годовыми.

Годовая амплитуда колебаний уровня воды на больших реках достигает 3-5 м, а на малых 1-2 м.

2.3. Исходные данные

Для анализа использовались ряды среднемесячных и среднегодовых расходов воды за период с начала наблюдений до 2022 года. Схема расположения постов представлена на рисунке 2.3. Список постов дан в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Список гидрологических постов в бассейне реки Водла

№	Код	Река – пост	Расстояние (км)		F, км ²	Данные
			истока	устья		
101	48075	Водла – д. Водла	21,0	128	8010	1953-2022
102	48079	Водла – г. Пудож	106	40,0	12000	1926-2022
105	48085	Колода – д. Кубовская	112	0,50	1330	1932-2022
106	48087	Сомба – д. Кривцы	65,0	1,80	689	1946-2022
107	48088	Рагнукса – д. Харловская	44,0	4,00	328	1926-2022
108	48089	Большая Велмукса – г. Пудож	33,0	3,70	139	1966-2022

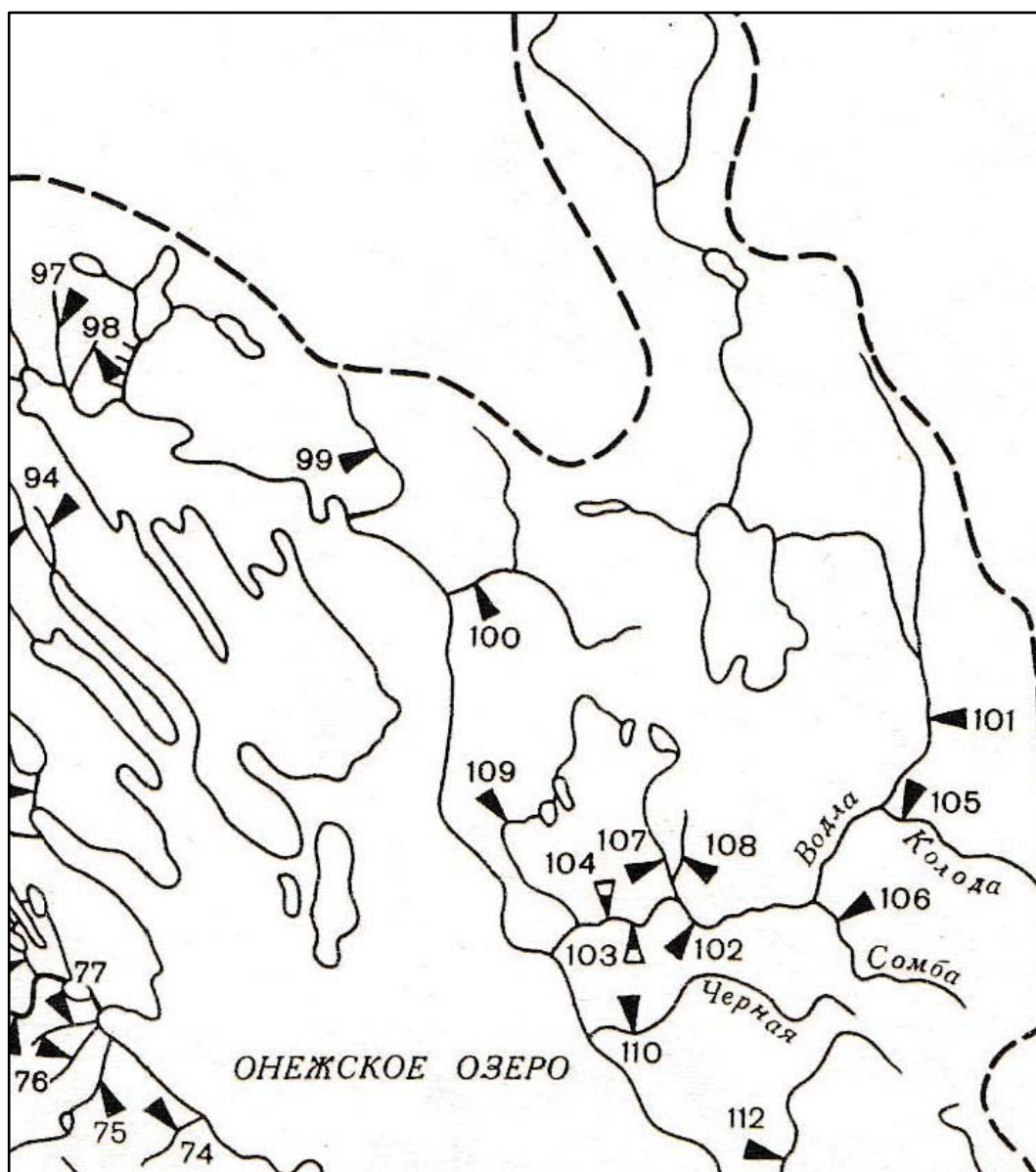


Рисунок 2.3 – Схема расположения гидрологических постов в бассейне реки Водла.

2.4. Описание гидрологических постов

2.5. Река Водла – д. Водла

Пост расположен на западной окраине деревни.

Прилегающая местность - холмистая равнина, поросшая смешанным лесом с преобладанием хвойных пород. Долина реки неясно выражена, с правобережной поймой шириной 50-70м, затопляемой только при очень высоких уровнях. Русло реки извилистое, с левым берегом крутым, правым - пологим. Выше и ниже поста на порогах возможно образование заторов льда и зажоров. В 2006г. в истоке р. Вамы из Водлозерского водохранилища

построена новая саморегулированная водосливная плотина, влияние сооружения на ход уровня воды в реке не отслеживается.

Пост расположен на левом берегу, оборудован сваями и реперами (контрольный репер установлен в створе поста в 2011г.). Высота БС основному реперу поста передана нивелировкой IV кл. ЛЕНГИДЕПа 1955г. Отметка нуля поста 66,97м БС.

Гидроствор № 1 расположен в створе поста и оборудован тросово-лодочной переправой. Температура воды измеряется в створе поста с подходного мостика у берега. Толщина льда измеряется в створе поста на середине реки.

Пост открыт 19.06.1962г. на месте гидроствора № 3 ЛЕНГИДЕПа, существовавшего в период 01.07.1953-21.02.1958г. Наблюдения над уровнем на вновь открытом посту с гидроствором увязаны. Данные приводятся с 1963г.



Рисунок 2.4 – Река Водла – д. Водла.

2.6. Река Водла – г. Пудож

Пост находится на западной окраине г. Пудож, в створе жел. бет. моста.

Прилегающая местность - слабохолмистая равнина, поросшая смешанным лесом. Долина реки трапецеидальной формы. Пойма двухсторонняя, шириной 100-150м, в створе поста перегорожена насыпью. Русло слабоизвилистое, берега сложены песками и суглинками, правый берег пологий, левый - крутой.

В 2006г. в истоке р. Вамы из Водлозерского водохранилища построена новая саморегулированная водосливная плотина, влияние сооружения на ход уровня воды в реке не отслеживается.

Пост расположен на правом берегу, оборудован сваями, морской рейкой и репером. Высота БС реперу поста передана нивелировкой ГМС IV кл. 1982г. В июне 2016г. в результате ремонтных работ автодорожного моста сваи и репер были утрачены. Наблюдения производились по временной свае, установленной в 10м выше поста, отметка свае передана от еще не поврежденного репера. Постоянная морская рейка не повреждена. В сентябре 2016г. на месте утерянных свай и репера установлены новые. Отметка реперу поста передана нивелировкой ГМС IV кл. 03.10.2016г. от морской постоянной рейки.

Отметка нуля поста 33,00м БС.

Гидроствор № 1 расположен в створе поста, расходы воды измеряются с автодорожного моста. Гидроствор № 2 расположен в 1,53км ниже поста. На гидростворе оборудован нижний уклонный пост, верхним является основной пост. С 1994г. наблюдения на уклонном посту не производятся.

Температура воды измеряется в створе поста у берега.

Толщина льда измеряется в 30м выше поста на середине реки.



Рисунок 2.5 – Река Водла – г. Пудож.

2.7. Река Колода – д. Кубовская

Пост находится в 0,8км к ЮЗ от деревни.

Прилегающая местность - слабовсхолмленная равнина, сложенная суглинками, поросшая смешанным лесом с преобладанием хвойных пород. Долина реки трапецеидальная, правый склон крутой, левый - пологий. Русло прямолинейное, песчаное, у берегов заиленное, с крутыми высокими берегами, поросшими кустарником.

Уровни находятся в подпоре от р. Водлы.

Пост расположен на правом берегу, оборудован сваями и реперами. Высота БС реперам поста передана нивелировкой ГМС IV кл. 1958г.

Отметка нуля поста 52,05м БС.

Гидроствор № 1 расположен в створе поста и оборудован тросово-лодочной переправой. С 01.01.2001г. возобновлены измерения расходов воды.

Температура воды измеряется в створе поста у берега.

Толщина льда измеряется в створе поста на середине реки.



Рисунок 2.6 – Река Колода – д. Кубовская.

2.8. Река Сомба – д. Кривцы

Пост находится в 2,0км к ЮЗ от деревни.

Прилегающая местность - слабовсхолмленная равнина, поросшая смешанным лесом. Долина реки V-образная, с крутыми, поросшими лесом склонами, с правобережной поймой шириной до 50м. Русло слабоизвилистое, с высокими, левым - крутым, правым - пологим берегами, поросшими смешанным лесом. В 30м выше и ниже поста наблюдаются заторы льда и зажоры.

Пост расположен на правом берегу, оборудован сваями и репером. Высота БС реперу поста передана нивелировкой ГМС и ГИПРОДОРНИИ 1973г. и подтверждена контрольной нивелировкой 2008г.

Отметка нуля поста 48,59м БС.

Гидроствор № 1 расположен в створе поста и оборудован подвесным гидрометрическим мостиком. С 01.01.1994г расходы воды не измеряются, гидрометрический мостик утрачен.

Температура воды измеряется в створе поста у берега.

Толщина льда измеряется в створе поста на середине реки.



Рисунок 2.7 – Река Сомба – д. Кривцы.

2.9. Река Рагнукса - д. Харловская

Пост находится у автодорожного моста шоссейной дороги г. Пудож–г.Медвежьегорск, в 5,5км на С от г.Пудож.

Прилегающая местность - слабовсхолмленная равнина, поросшая смешанным лесом с преобладанием хвойных пород. Долина реки V-образная. Русло реки извилистое, глинистое, заиленное, с наличием крупных валунов, с крутыми, высотой 2-3м берегами, поросшими кустарником.

В бассейне реки наблюдается естественная бифуркация.

Сплав по р. Рагнуксе прекращен в 1989г. Лесосплавная плотина, расположенная в 18км выше поста, взорвана в 1989г. В истоке реки лесосплавная плотина разрушена в 1990г.

Пост расположен на правом берегу, оборудован сваями и репером. Высота БС реперу поста передана нивелировкой ГМС IV кл. 2001г., подтверждена в 2002г. В июне 2015г. в результате ремонтных работ автодорожного моста сваи и репер утрачены. Установлены новые сваи и репер на правом берегу, в 9м выше по течению. Высота реперу поста передана нивелировкой ГМС IV кл. 23.12.2015г. от репера №1 на ГП-1 р. Большая Велмукса – г. Пудож с отметкой 38,274м БС. Длина хода 1,8км, отметка нового репера 35,625м БС.

Отметка нуля поста 34,00м БС.

В августе 2017г. восстановлен гидроствор №1, расположенный в 1км выше поста, оборудован дистанционной гидрометрической установкой ГР-70, сваями и реперами. Гидроствор №2, расположенный в створе поста, на автодорожном мосту, с августа 2017г. в работе не используется.

Температура воды измеряется в створе поста у берега.

Толщина льда измеряется в створе поста на середине реки.

До 20.04.2001г. пост находился в 1,0км выше по течению. В связи с переносом поста нарушена однородность уровня ряда, стоковый ряд однороден.



Рисунок 2.8 – Река Рагнукса – д. Харловская.

2.10. Река Большая Велмукса - г. Пудож

Пост находится в 4,0км к ССЗ от города, у автодорожного моста шоссеиной дороги Медвежьегорск - Пудож.

Прилегающая местность - слабовсхолмленная равнина, поросшая смешанным лесом с преобладанием хвойных пород. Долина реки корытообразная. Русло реки прямолинейное, песчаное, с низкими берегами.

Пост расположен на правом берегу, оборудован сваями и реперами. Высота БС реперам поста передана нивелировкой ГМС IVкл. 1982г.

Отметка нуля поста 35,70м БС.

Гидроствор № 1 расположен в створе поста, расходы измеряются с автодорожного моста. Гидроствор № 2 в работе не используется.

Температура воды измеряется в створе поста у берега.

Толщина льда измеряется в створе поста на середине реки.



Рисунок 2.9 – Река Большая Велмуksa – г. Пудож.

2.11. Приведение коротких рядов к многолетнему периоду

Для приведения коротких рядов к многолетнему периоду использовался метод гидрологической аналогии. При выборе рек-аналогов учитывались требования Свода Правил СП 529.1325800.2023, учитывались следующие условия:

- однотипность стока реки-аналога и исследуемой реки;
- географическая близость расположения водосборов;
- однородность условий формирования стока, сходство климатических условий, однотипность почв (грунтов) и гидрогеологических условий, близкая степень озерности, залесенности, заболоченности и распаханности водосборов;
- средние высоты водосборов не должны существенно отличаться;
- отсутствие факторов, существенно искажающих естественный речной сток (регулирование стока, сбросы воды, изъятие стока на орошение и другие нужды).

Для выбора рек-аналогов была также построена пространственная корреляционная матрица:

Таблица 2.2 – Пространственная корреляционная матрица среднегодовых расходов воды

Река – пост	Водла-101	Колода-105	Водла-102	Сомба-106	Рагнукса-107	Б. Велмукса-108
Водла–101	1					
Колода–105	0,67	1				
Водла–102	0,92	0,66	1			
Сомба–106	0,62	0,65	0,78	1		
Рагнукса–107	0,62	0,60	0,78	0,69	1	
Б. Велмукса–108	0,67	0,62	0,75	0,57	0,77	1

В качестве реки-аналога принималась река, для которой выполнялись следующие условия:

$$n \geq 6 \div 10; \quad R \geq 0,7; \quad R / \sigma_R \geq 2; \quad a / \sigma_a \geq 2,$$

где n – совместный период наблюдений; R – коэффициент парной корреляции; a – коэффициент регрессии; σ_R и σ_a – соответственно стандартные ошибки коэффициента корреляции и коэффициента регрессии.

Для того, чтобы избежать преуменьшения дисперсии восстановленного ряда значения, полученные по уравнению регрессии корректировались с использованием формулы:

$$Q_i = \frac{\tilde{Q}_i - \bar{Q}_n}{R} + \bar{Q}_n, \quad (2.1)$$

где $\tilde{Q}_i$ – значение расхода воды, полученное по уравнению регрессии.

Параметры уравнений регрессии даны в таблице 2.3, графики связи представлены на рисунках 2.10-2.13.

Таблица 2.3 – Параметры уравнения линейной регрессии среднегодовых расходов воды

Расчетная река	Река-аналог	Совместный период набл.	R	Параметры уравнения регрессии	
				a	b
р. Водла – п. Водла	Водла – г. Пудож	64	0,92	0,63	3,09
р. Сомба–д.Кривцы	Водла – г. Пудож	34	0,76	0,05	2,41
р. Рагнукса–д.Харловская	Водла – г. Пудож	65	0,78	0,04	0,36
р. Большая –Велмуksа	Водла – г. Пудож	53	0,75	0,01	0,32

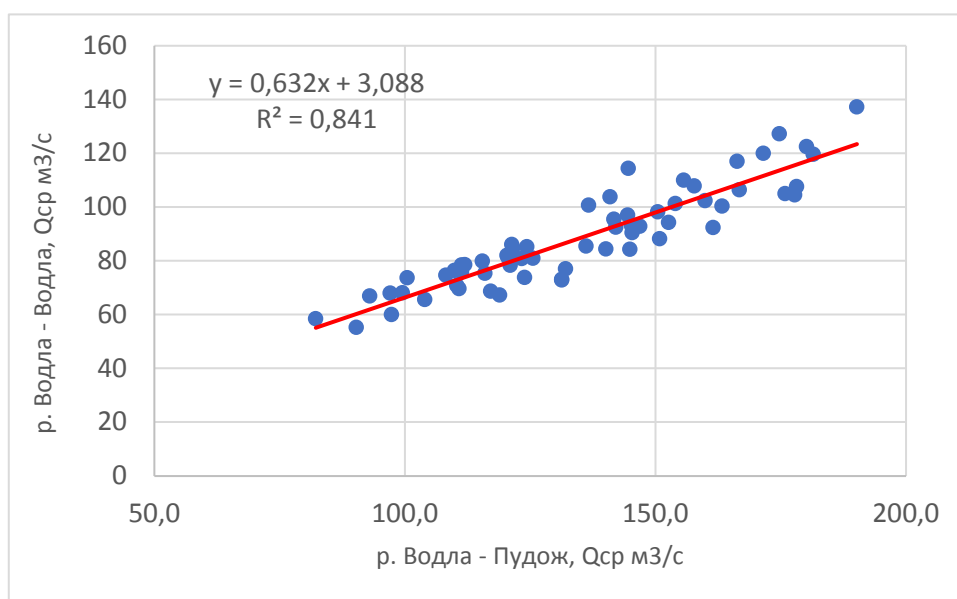


Рисунок 2.10 – График связи среднегодовых расходов воды реки Водла – п. Водла и реки Водла – г. Пудож.

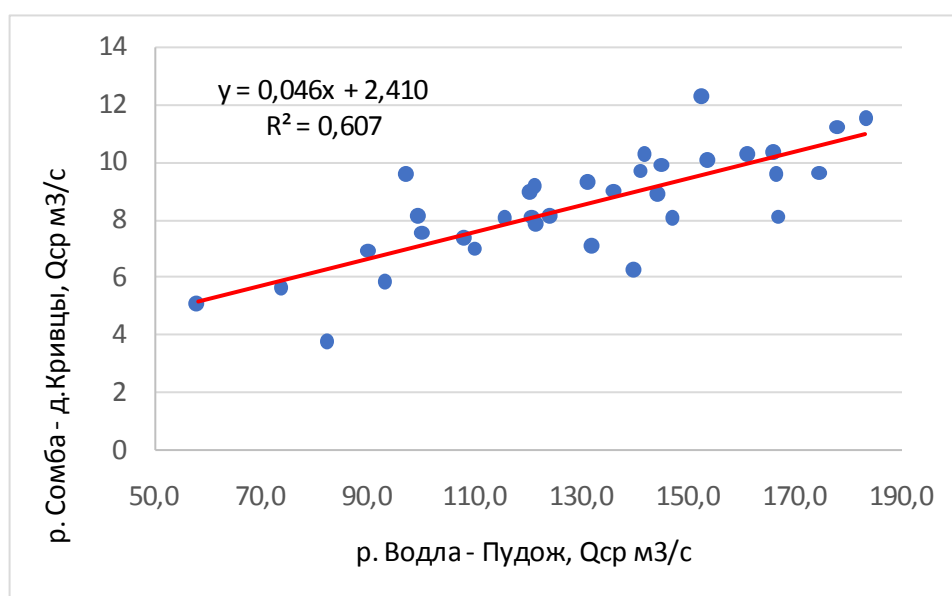


Рисунок 2.11 – График связи среднегодовых расходов воды реки Сомба – д. Кривцы и реки Водла – г. Пудож.

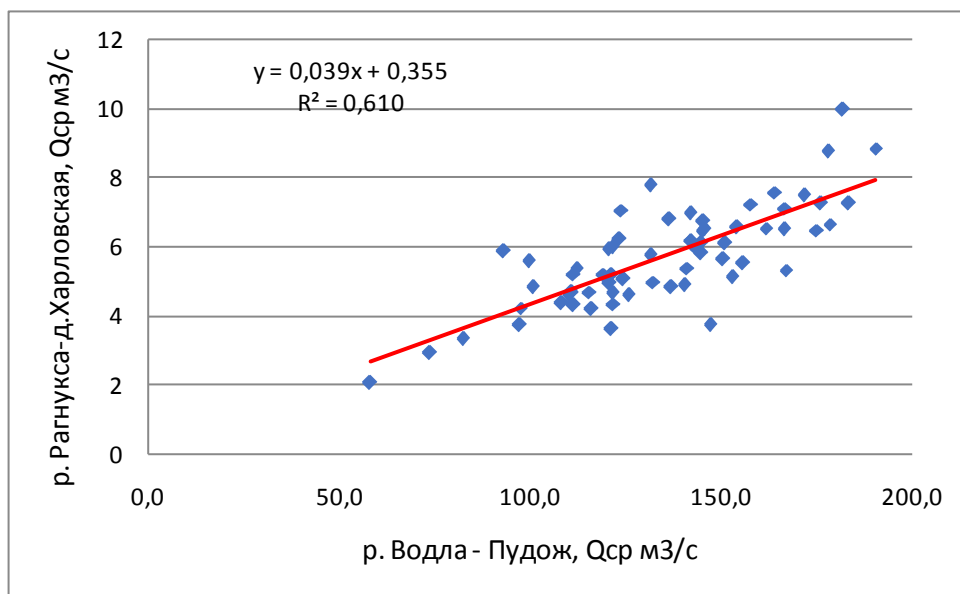


Рисунок 2.12 – График связи среднегодовых расходов воды реки Рагнукса – д. Харловская и реки Водла – г. Пудож.

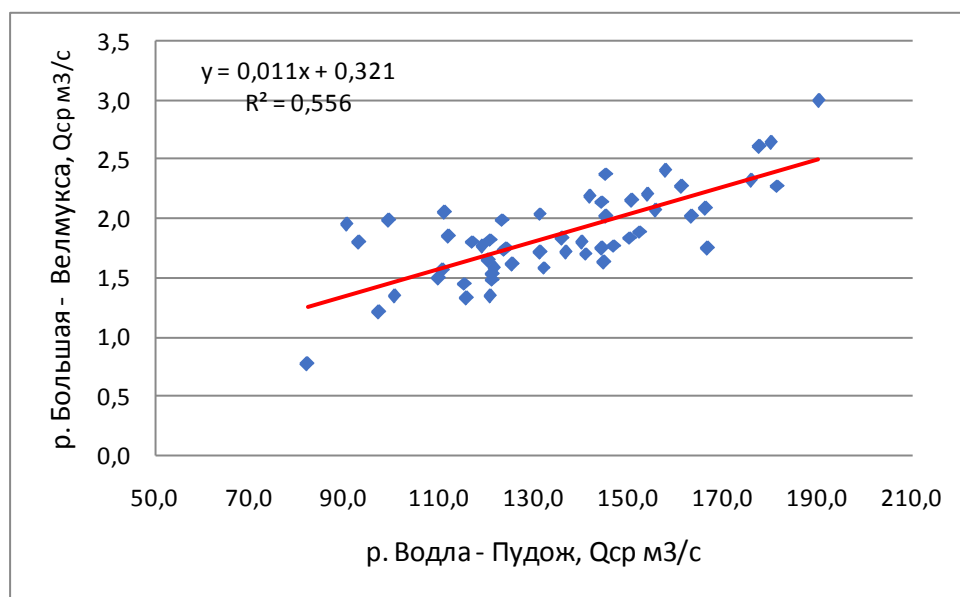


Рисунок 2.13 – График связи среднегодовых расходов воды реки Большая Велмукса – г. Пудож и реки Водла – г. Пудож.

2.12. Описание расчетных методик

Проверка рядов на значимость тренда выполнялась с использованием критерия значимости коэффициента корреляции (R) для зависимости $Q = f(T)$, где Q – расход воды; T – время (годы). Тренд признавался незначимым, если выполнялось условие:

$$\frac{R}{\sigma_R} < t_{2\alpha}, \quad (2.2)$$

где $t_{2\alpha}$ – значение статистики Стьюдента при уровне значимости $2\alpha = 5\%$;
 σ_R – стандартная ошибка коэффициента корреляции, определяемая по формуле:

$$\sqrt{\frac{1-R^2}{n-2}}, \quad (2.3)$$

n – длина ряда.

Проверка рядов на однородность проводилась с использованием критериев Стьюдента и Фишера.

Гипотеза об однородности по критерию Фишера не опровергалась, если выполнялось условие:

$$1 < F^* < F_{2\alpha}, \quad (2.4)$$

где $F^* = \frac{D_1^*}{D_2^*}$ – эмпирическое значение статистики Фишера (D_1^* и D_2^* – дисперсии первой и второй частей ряда); $F_{2\alpha}$ – теоретическое значение статистики Фишера при числе степеней свободы: $\nu_1 = (n_1 - 1)$, $\nu_2 = (n_2 - 1)$ и уровне значимости $2\alpha = 5\%$.

Гипотеза об однородности по критерию Стьюдента не опровергалась, если выполнялось условие:

$$|t^*| < t_{2\alpha}, \quad (2.5)$$

где $t_{2\alpha}$ – теоретическое значение статистики Стьюдента при уровне значимости $2\alpha = 5\%$ и числе степеней свободы $\nu = (n_1 + n_2 - 2)$;

t^* – эмпирическое значение статистики Стьюдента, определяемое по формуле:

$$t^* = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S} \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}}, \quad (2.6)$$

где $\bar{x}_1$ и $\bar{x}_2$ – выборочные средние значения по первой и второй половинам ряда; S – несмещенная оценка СКО X , определяемая по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}. \quad (2.7)$$

2.13. Проверка рядов среднегодовых расходов воды на однородность и стационарность

Проверка рядов среднегодовых расходов воды на значимость тренда проводилась с использованием формул (2.2-2.3). Результаты представлены в таблице 2.4. Хронологические графики с линиями трендов показаны на рисунках 2.14-2.19.

Таблица 2.4 – Оценка значимости линейных трендов в рядах среднегодовых расходов рек бассейна реки Водла при уровне значимости $2\alpha = 5\%$

№	Река – пост	n	R	t^*	$t_{2\alpha}$	Тренд	
						значимость	интенсивность, $\text{м}^3/\text{с}$ за 10 лет
48075	Водла–п.Водла	80	0,24	2,19	1,99	⊕	+2,09
48085	Колода – д.Кубовская	52	0,49	4,01	2,01	⊕	+1,14
48079	Водла – г. Пудож	80	0,35	3,34	1,99	⊕	+3,86
48087	Сомба – д.Кривцы	80	0,28	2,57	1,99	⊕	+0,21
48088	Рагнукса – д.Харловская	80	0,38	3,62	1,99	⊕	+0,24
48089	Большая Велмукса – г.Пудож	80	0,34	3,25	1,99	⊕	+0,07
Обозначения: ⊕ – тренд значим.							

Как видно из таблицы, все ряды среднегодовых расходов воды имеют значимый тренд на повышение.

Точка перелома на суммарных кривых среднегодовых расходов воды приходится на конец 80-х годов XX века и совпадает с точкой перелома на суммарных кривых температуры воздуха. В качестве примера на рисунках 2.20-2.21 показаны нормированные суммарные кривые среднегодовых расходов воды на реке Водла – г. Пудож и на реке Рагнукса – д. Харловская.

Исключение составляет река Колода – д. Кубовская, где точка перелома смещена на 1994 год, рисунок 2.22.

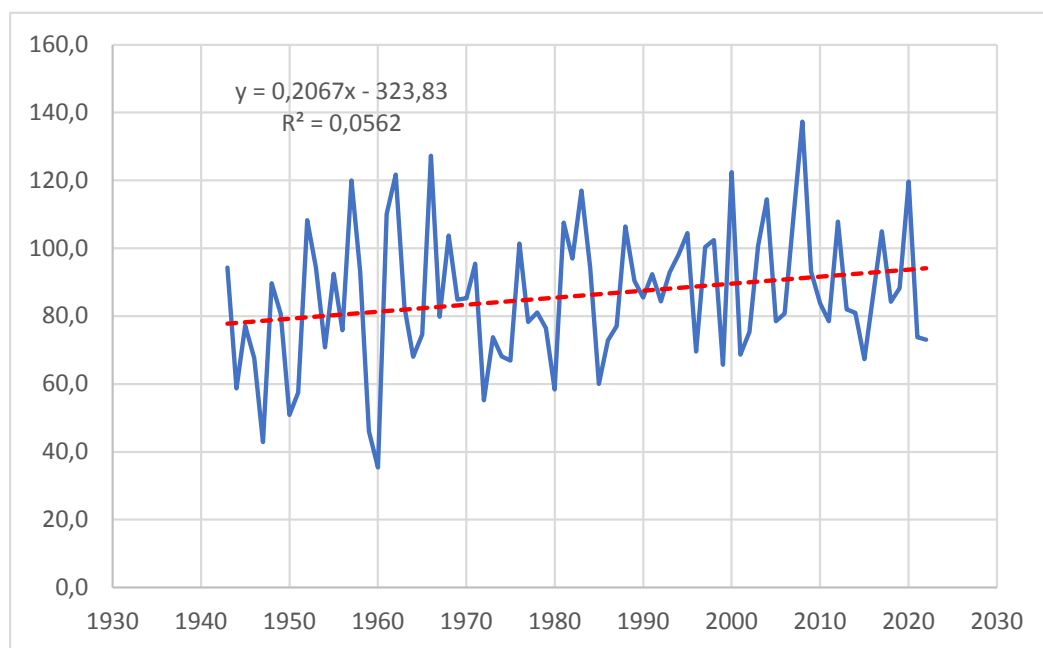


Рисунок 2.14 – Хронологический график среднегодовых расходов воды, р. Водла – д. Водла (тренд значим).

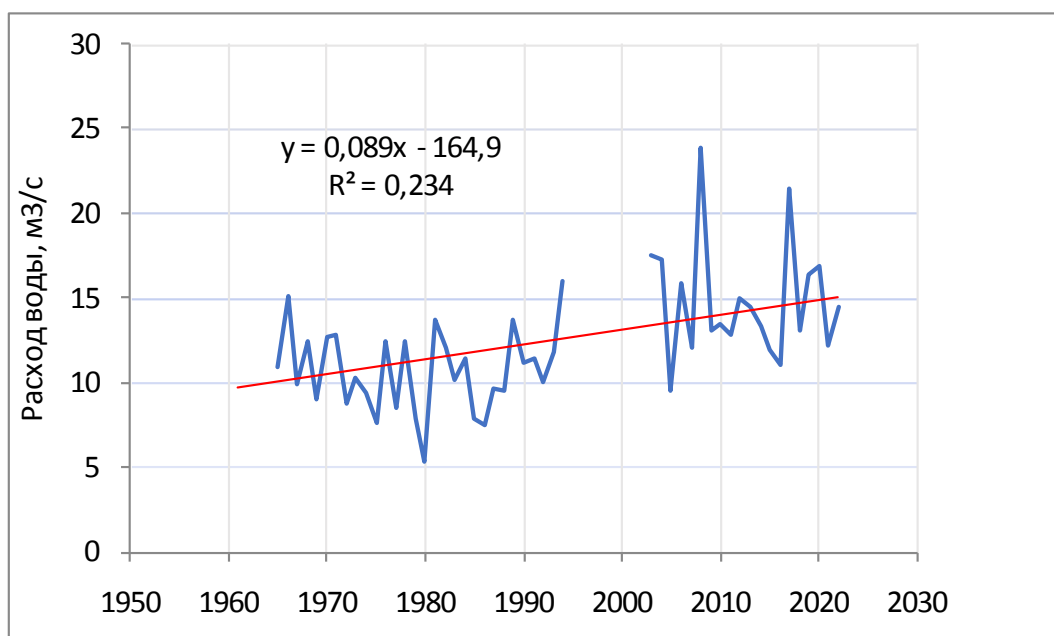


Рисунок 2.15 – Хронологический график среднегодовых расходов воды, р. Колода – д. Кубовская (тренд значим).

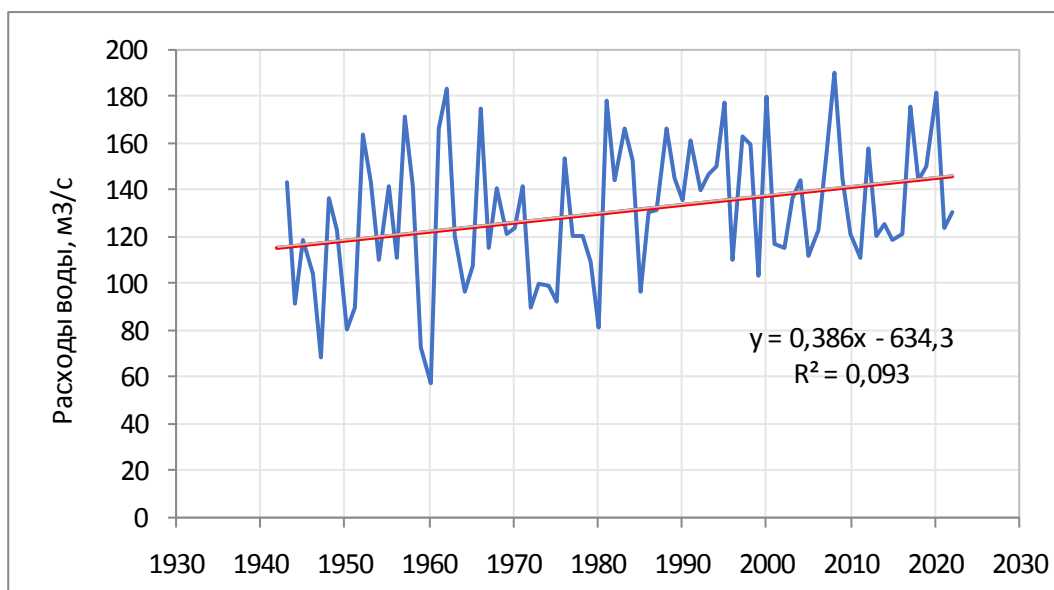


Рисунок 2.16 – Хронологический график среднегодовых расходов воды, р. Водла – г. Пудож (тренд значим).

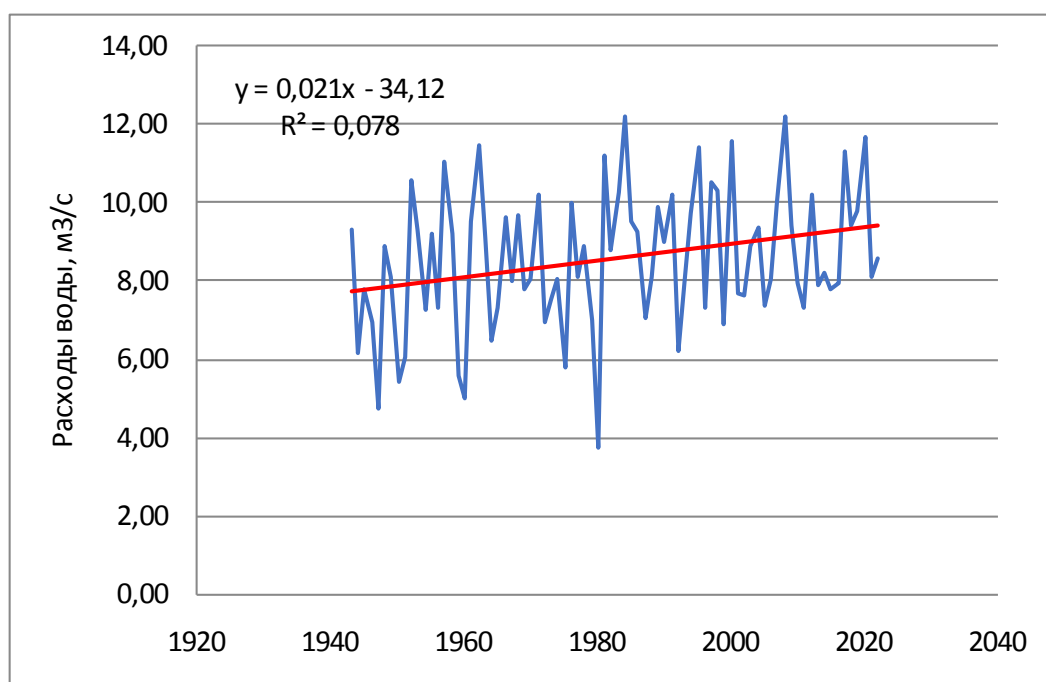


Рисунок 2.17 – Хронологический график среднегодовых расходов воды, р. Сомба – д. Кривцы (тренд значим).

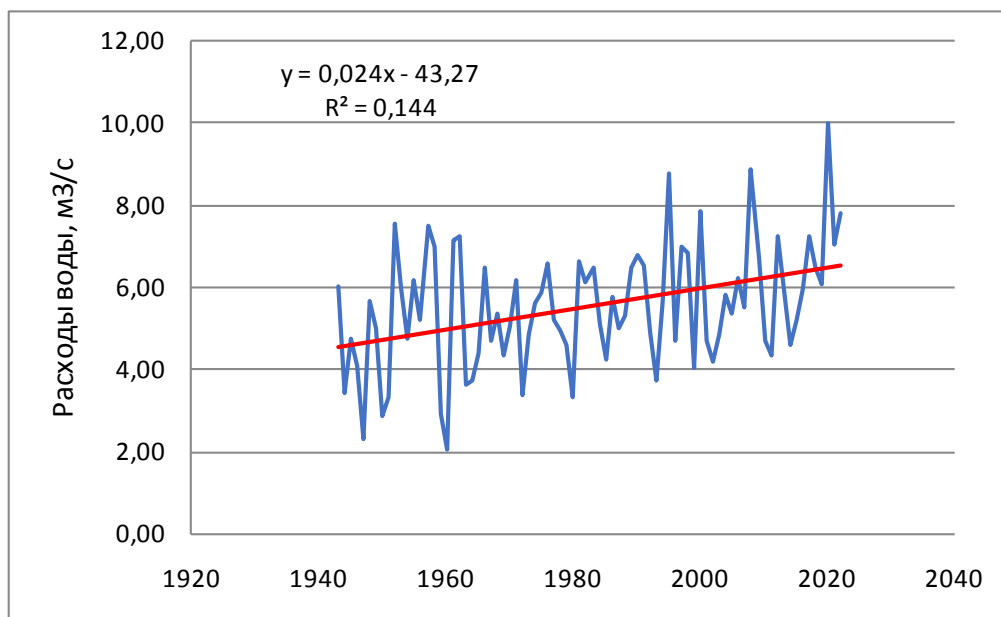


Рисунок 2.18 – Хронологический график среднегодовых расходов воды, р. Рагнукса – д. Харловская (тренд значим).

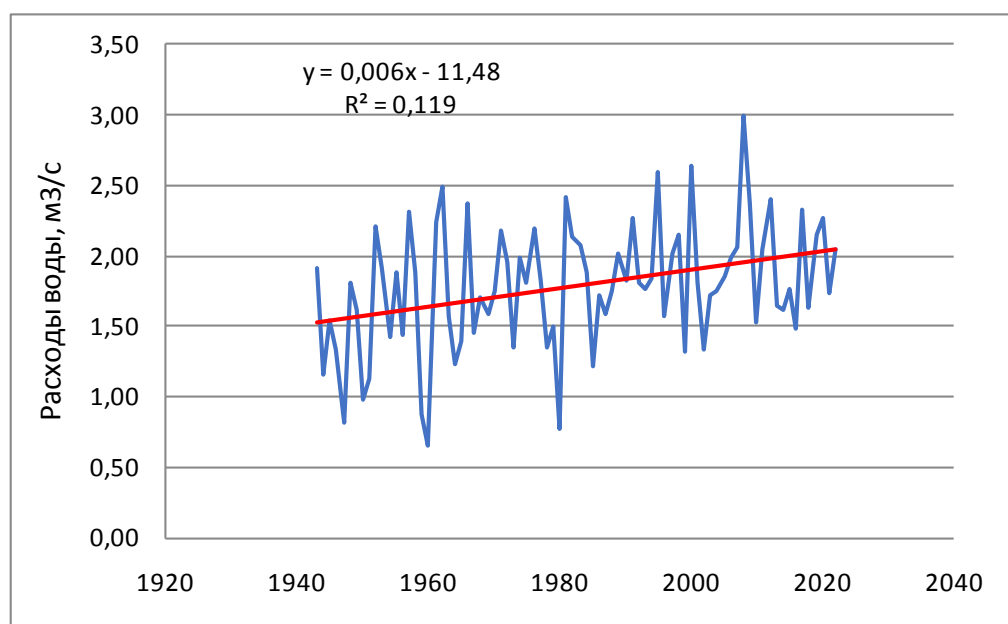


Рисунок 2.19 – Хронологический график среднегодовых расходов воды, р. Большая Велмукса – г. Пудож (тренд значим).

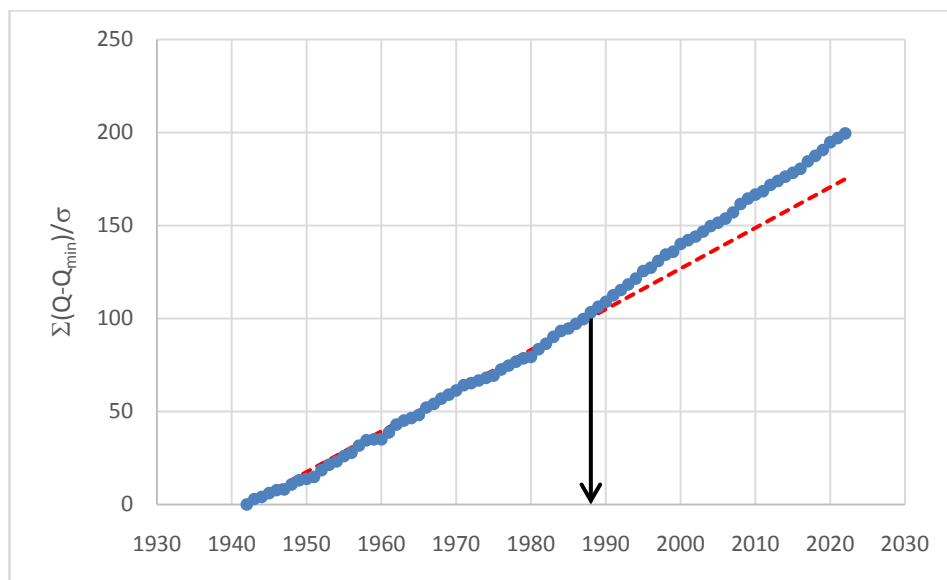


Рисунок 2.20 – Нормированная суммарная кривая среднегодовых расходов воды;
р. Водла – г. Пудож.

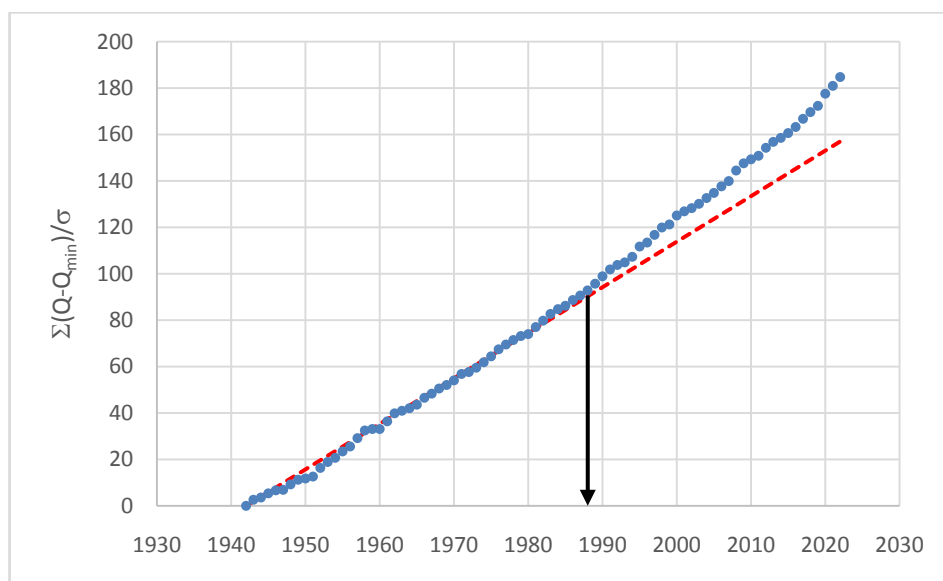


Рисунок 2.21 – Нормированная суммарная кривая среднегодовых расходов воды;
р. Рагнукса – д. Харловская.

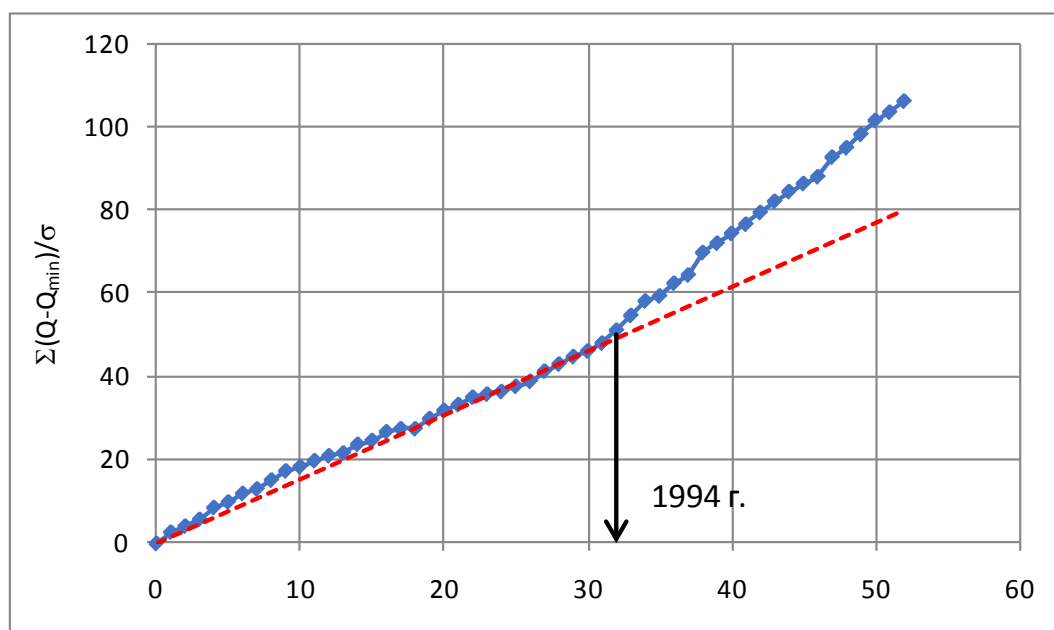


Рисунок 2.22 – Нормированная суммарная кривая среднегодовых расходов воды; р. Колода – д. Кубовская.

Проверка рядов среднегодового стока на однородность проводилась с использованием критериев Стьюдента и Фишера. Результаты проверки представлены в таблице 2.5.

Как видно из таблицы 2.5, все ряды являются неоднородными по критерию Стьюдента. При этом по критерию Фишера гипотеза об однородности рядов не опровергается.

Таблица 2.5 – Результаты проверки рядов среднегодовых расходов воды на однородность при уровне значимости $2\alpha = 5\%$

№	Река – пост	n	t^*	$t_{2\alpha}$	F^*	$F_{2\alpha}$	Опровержение гипотезы об однородности ($\oplus$)	
							Стьюдент	Фишер
48075	Водла–п.Водла	80	-2,12	1,99	1,53	1,89	$\oplus$	
48085	Колода – д.Кубовская	52	4,65	2,01	1,92	2,23	$\oplus$	
48079	Водла – г. Пудож	80	-3,15	1,99	1,80	1,89	$\oplus$	
48087	Сомба – д. Кривцы	80	-2,81	1,99	1,42	1,89	$\oplus$	
48088	Рагнукса – д. Харловская	80	-2,96	1,99	1,06	1,89	$\oplus$	
48089	Большая Велмуksa – г. Пудож	80	-2,71	1,99	1,64	1,89	$\oplus$	

3. РАСЧЕТ ГОДОВОГО СТОКА И ЕГО ВНУТРИГОДОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

3.1. Расчет основных статистических характеристик

Так как ряды годового стока на рассматриваемой территории являются нестационарными, расчет статистических характеристик проводился отдельно для каждого квазистационарного периода, т. е. за период с начала наблюдений по 1987 год и за период 1988-2022 г. Результаты расчетов представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Основные статистические характеристики среднегодовых расходов воды за период с начала наблюдений по 1987 г. (I) и с 1988 по 2022 г (II)

Река - пост	Средний расход, м ³ /с		приращение		Cv		приращение	
	I	II	абс.	%	I	II	абс.	%
Водла–п.Водла	81,6	91,6	9,99	12,2	0,26	0,19	-0,08	-29,5
Водла – г. Пудож	123	142	18,8	15,2	0,25	0,17	-0,09	-34,5
Сомба – д. Кривцы	8,23	9,05	0,82	10	0,23	0,17	-0,06	-27,2
Рагнукса – д. Харловская	5,09	6,11	1,02	20	0,27	0,24	-0,04	-13
Большая Велмукса – г. Пудож	1,66	1,95	0,29	17,4	0,28	0,19	-0,09	-31
Колода – д. Кубовская	10,6	14,9	3,52	33,4	0,23	0,24	+0,01	+3,89
Среднее				+18				-22

Как видно из таблицы, в результате изменений климата на реках бассейна реки Водла за последние 20 лет норма годового стока увеличилась в среднем на 18%, а коэффициент вариации уменьшился в среднем на 22%.

Средний многолетний модуль годового стока в бассейне реки Водла (по данным за 1988-2022 гг.) изменяется в пределах от 11,2 л/с км² (Колода – д. Кубовская) до 18,6 л/с км² (Рагнукса– д. Харловская) и в среднем составляет 13,4 л/с км².

В таблице 3.2 представлены средневзвешенные (по двум квази-однородным периодам) значения основных статистических характеристик среднегодового стока рек бассейна реки Водла.

Таблица 3.2 – Средневзвешенные статистические характеристики среднегодового стока рек бассейна р. Водла

Река – пост	Площадь водосбора, км ²	Среднее значение		Cv
		Q, м ³ /с	q, л/с км ²	
Водла–п. Водла	8010	85,9	10,7	0,23
Водла – г. Пудож	12000	131,4	10,9	0,21
Сомба – д. Кривцы	689	8,6	12,5	0,20
Рагнукса – д. Харловская	328	5,5	16,9	0,26
Большая Велмукса – г. Пудож	139	1,8	12,9	0,24
Колода – д. Кубовская	1330	12,4	9,3	0,23

3.2. Расчет среднегодовых расходов воды

При расчете среднегодовых расходов воды использовались ряды за последний квазистационарный период с 1988 по 2022 год. Расчет параметров распределения выполнен методом моментов. В качестве аналитической кривой использовалась кривая обеспеченностей Крицкого-Менкеля.

Расчетные статистические характеристики рядов среднегодового стока представлены в таблице 3.3. Ординаты аналитических кривых обеспеченностей даны в таблицах 3.4-3.5. Графики кривых обеспеченностей представлены на рисунках 3.1 – 3.2 и в приложении Б.

Как видно на рисунках, наблюдается хорошее соответствие эмпирических и аналитических кривых обеспеченностей.

Как видно из таблицы 3.3, средний многолетний модуль годового стока изменяется на реках бассейна р. Водлы от 18,6 до 11,2 л/с км² и в среднем составляет 13,4 л/с км². Коэффициент вариации изменяется от 0,19 до 0,24 и в среднем равен 0,20. Среднее для исследуемого района $C_s/C_v = 3,2$.

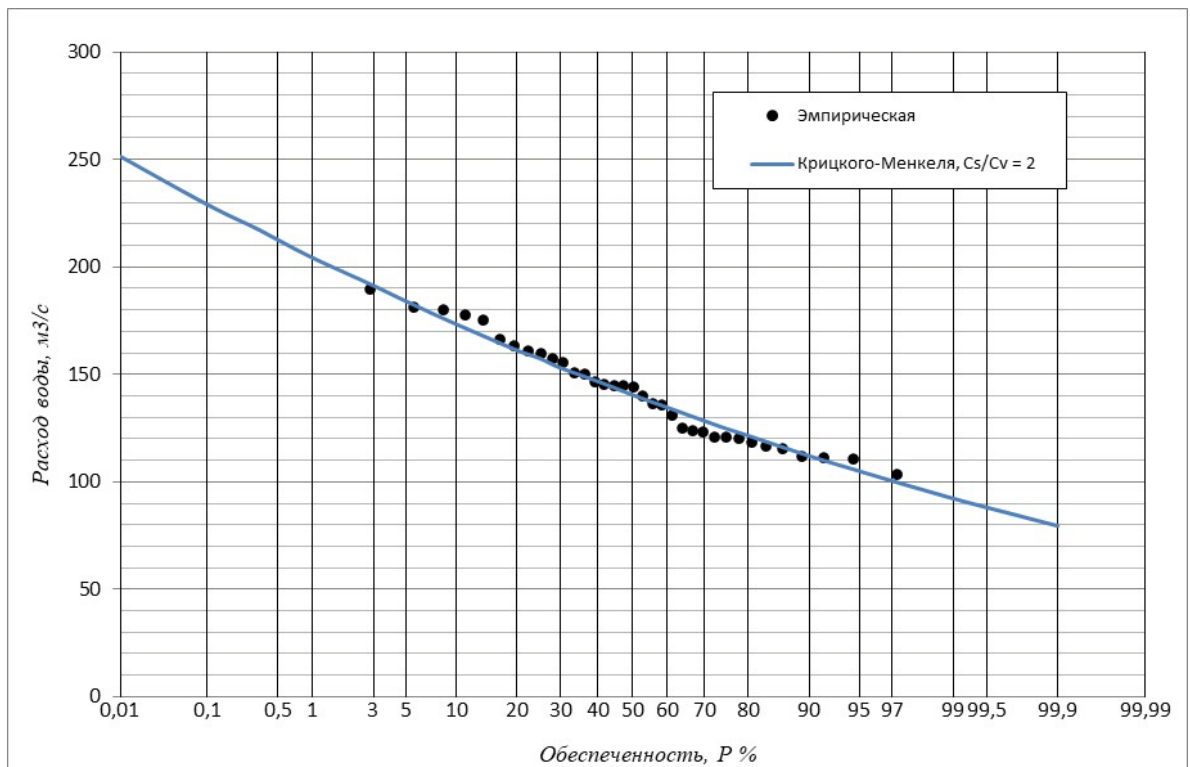


Рисунок 3.1 – Эмпирическая и аналитическая кривые обеспеченности среднегодовых расходов воды р. Водла - г. Пудож за 1988-2022 гг.

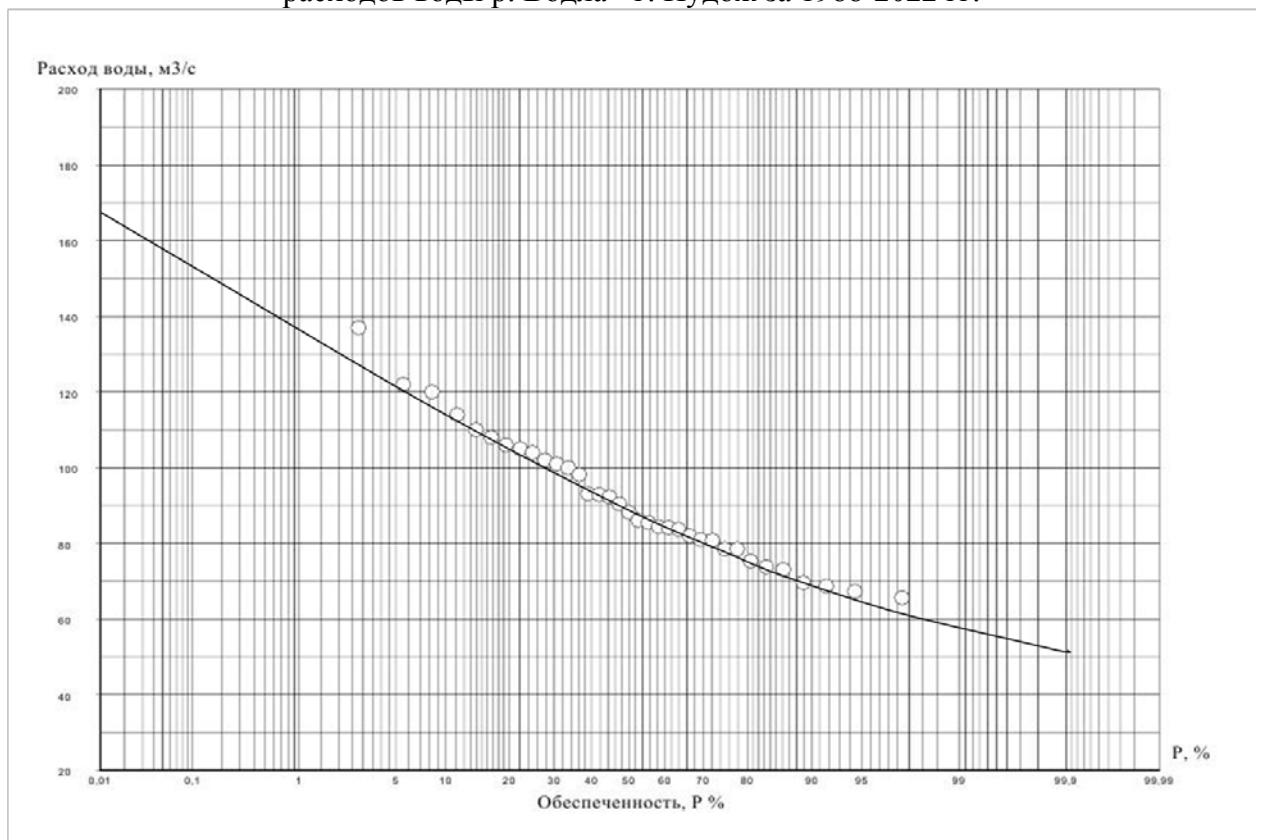


Рисунок 3.2 – Эмпирическая и аналитическая кривые обеспеченности среднегодовых расходов воды р. Водла - п. Водла за 1988-2022 гг.

Таблица 3.3 – Основные статистические характеристики среднегодовых расходов воды рек бассейна р. Водлы за современный квазистационарный период с 1988 по 2022 г.

Река – пост	Площадь водосбора, км ²	Среднее значение		Cv	Cs/Cv
		Q, м ³ /с	q, л/с км ²		
Водла–п. Водла	8010	91,6	11,4	0,19	3,5
Водла – г. Пудож	12000	142	11,8	0,17	2,0
Сомба – д. Кривцы	689	9,05	13,1	0,17	2,0
Рагнукса – д. Харловская	328	6,11	18,6	0,24	2,5
Большая Велмукса – г. Пудож	139	1,95	14,0	0,19	4,0
Колода – д. Кубовская	1330	14,9	11,2	0,24	5,0

Таблица 3.4 – Ординаты аналитических кривых обеспеченности рек бассейна р. Водлы в модульных коэффициентах

Река – пост	Обеспеченность, P%												
	0,01	0,1	1	5	10	20	30	50	75	80	90	99	99,9
Водла – д. Водла	2,06	1,79	1,54	1,34	1,25	1,15	1,08	0,98	0,87	0,84	0,78	0,64	0,57
Водла – г. Пудож	1,77	1,61	1,44	1,30	1,22	1,14	1,08	0,99	0,88	0,86	0,79	0,65	0,56
Колода – д. Кубовская	2,78	2,24	1,76	1,44	1,30	1,17	1,08	0,96	0,83	0,80	0,73	0,62	0,54
Сомба– д. Кривцы	1,77	1,61	1,44	1,30	1,22	1,14	1,08	0,99	0,88	0,86	0,79	0,65	0,56
Рагнукса– д. Харловская	2,25	1,97	1,67	1,43	1,31	1,19	1,11	0,98	0,83	0,80	0,71	0,55	0,45
Б. Велмукса– г. Пудож	2,13	1,85	1,56	1,35	1,25	1,15	1,08	0,98	0,86	0,84	0,77	0,65	0,57

Таблица 3.5 – Расчётные среднегодовые расходы воды рек бассейна р. Водлы, м³/с

Река – пост	Обеспеченность, P%												
	0,01	0,1	1	5	10	20	30	50	75	80	90	99	99,9
Водла – д. Водла	188	164	141	123	114	105	98,6	89,7	79,2	76,8	71,0	59,0	51,9
Водла – г. Пудож	251	229	204	184	173	161	153	140	125	121	112	92,3	79,5
Колода – д. Кубовская	39,2	31,5	24,8	20,2	18,4	16,5	15,3	13,5	11,7	11,2	10,3	8,67	7,63
Сомба– д. Кривцы	16,0	14,6	13,0	11,7	11,1	10,3	9,76	8,96	7,97	7,74	7,15	5,89	5,07
Рагнукса– д. Харловская	13,7	12,0	10,2	8,72	8,03	7,25	6,75	5,96	5,06	4,87	4,36	3,35	2,75
Б. Велмукса– г. Пудож	4,16	3,60	3,04	2,63	2,44	2,23	2,10	1,91	1,68	1,63	1,51	1,26	1,12

3.3. Расчет внутригодового распределения стока

При расчете внутригодового стока (ВГРС) рек бассейна реки Водла была выполнена следующая разбивка года на периоды и сезоны:

- Начало водохозяйственного года – апрель;
- Весна: апрель – июнь;
- Лето-осень: июль – ноябрь;
- Зима: – декабрь – март;
- Лимитирующий период: лето-осень – зима (июль – март);
- Лимитирующий сезон: зима (декабрь – март).

Расчет внутригодового распределения стока (ВГРС) выполнялся методом среднего распределения по маловодной группе для года обеспеченностью 90%. Результаты расчетов представлены в таблицах 3.6-3.11. Графики ВГРС представлены на рисунках 3.3.-3.7.

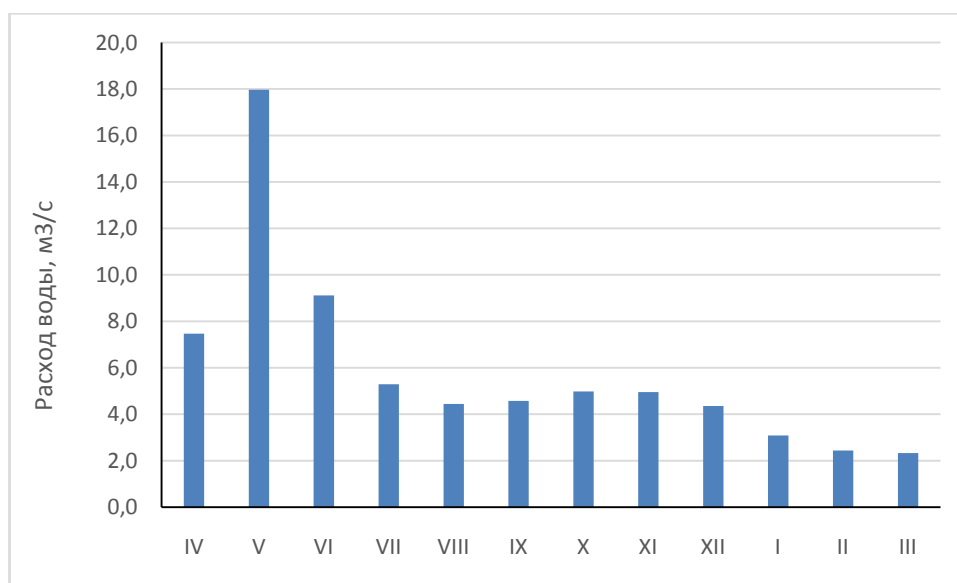


Рисунок 3.3 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года 90%-ной обеспеченности; р. Водла – д. Водла.

Таблица 3.6 – Расчет внутригодового распределения стока (среднее по маловодной группе лет) для года 90%-ной обеспеченности;
река Водла – д. Водла

№	P%	год	Весна			Лето-Осень					Зима				в/х год
			IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
24	66,7	2009-10	44,9	245	133	81,3	54,8	53,1	76,9	78,2	72,0	56,7	38,3	33,4	968
25	69,4	2018-19	86,1	226	112	67,6	47,9	52,5	103	88,6	62,5	42,9	33,8	31,6	955
26	72,2	1992-93	56,9	321	118	82,4	99,4	86,3	47,3	24,4	24,3	22,1	19,4	18,2	920
27	75,0	1987-88	13,6	124	111	140	123	158	112	44,7	22,2	18,9	12,8	12,5	893
28	77,8	2005-06	126	316	161	18,9	17,3	77,2	49,0	21,2	25,7	18,0	24,8	32,5	888
29	80,6	2002-03	139	335	74,7	19,5	18,4	24,5	77,8	71,8	57,1	25,5	21,8	18,7	884
30	83,3	2015-16	82,6	198	110	58,3	41,2	46,1	58,4	65,6	73,5	69,4	47,7	31,5	882
31	86,1	2021-22	144	202	101	51,2	38,3	37,2	50,3	89,4	62,6	39,3	31,1	26,1	873
32	88,9	1996-97	24,6	153	62,2	109	131	68,8	48,1	64,3	72,6	48,4	40,5	40,6	863
33	91,7	2014-15	106	204	148	110	57,0	44,3	39,0	38,6	36,1	31,0	21,1	21,9	857
34	94,4	1999-00	134	162	99,6	17,1	13,9	17,3	63,0	97,7	73,9	55,3	48,0	43,4	825
35	97,2	2001-02	148	175	119	27,7	15,7	12,3	12,7	48,9	62,1	30,0	21,4	34,9	708
среднее			92,1	222	112	65,3	54,8	56,5	61,5	61,1	53,7	38,1	30,1	28,8	876,1
в %			10,5	25,3	12,8	7,45	6,26	6,44	7,01	6,98	6,13	4,35	3,43	3,28	100,0
Q _{90%}			7,47	18,0	9,11	5,29	4,44	4,58	4,98	4,95	4,35	3,09	2,44	2,33	71,0

Таблица 3.7 – Расчет внутригодового распределения стока (среднее по маловодной группе лет) для года 90%-ной обеспеченности; река Водла – г. Пудож

№	P%	год	Весна			Лето-Осень					Зима				в/х год
			IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
24	66,7	1987-88	30,0	349	210	237	138	201	169	79,0	35,9	31,1	25,2	23,6	1529
25	69,4	2015-16	161	371	159	89,4	68,9	69,6	85,0	85,5	189	99,2	68,3	53,0	1499
26	72,2	2021-22	328	338	133	68,1	50,2	53,4	82,3	153	98,7	68,1	55,8	46,9	1476
27	75,0	2016-17	252	213	103	75,4	145	135	127	105	79,8	65,7	61,6	59,5	1422
28	77,8	2010-11	270	338	172	77,0	37,8	44,3	65,6	195	112	43,8	33,5	28,3	1417
29	80,6	2001-02	267	281	181	82,1	59,4	42,5	46,0	144	119	66,4	55,2	60,8	1404
30	83,3	1996-97	40,1	347	113	167	149	76,0	50,9	95,7	145	77,7	58,1	65,1	1385
31	86,1	2011-12	202	484	148	49,3	30,0	52,5	113	81,4	69,6	59,5	41,0	29,0	1359
32	88,9	2014-15	216	336	216	162	65,5	49,6	41,6	54,6	48,7	49,5	48,7	50,6	1339
33	91,7	2002-03	230	526	124	39,6	32,2	34,0	94,3	80,3	48,6	22,0	20,7	19,6	1271
34	94,4	2005-06	208	509	195	35,2	26,0	64,0	31,3	53,3	61,1	30,0	21,0	29,5	1263
35	97,2	1999-00	279	235	158	57,5	45,3	39,5	85,7	103	76,8	65,9	55,8	51,5	1253
среднее			207	361	159	95,0	70,6	71,8	82,6	102	90,4	56,6	45,4	43,1	1385
в %			14,9	26,0	11,5	6,86	5,10	5,18	5,97	7,40	6,52	4,09	3,28	3,11	100,0
Q _{90%}			16,7	29,2	12,9	7,68	5,71	5,81	6,68	8,29	7,31	4,58	3,67	3,49	112

Таблица 3.8 – Расчет внутригодового распределения стока (среднее по маловодной группе лет) для года 90%-ной обеспеченности; река Колода – д. Кубовская

№	P%	год	Весна			Лето-Осень					Зима				в/х год
			IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
№	P%	год	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	в/х год
19	67,9	1993-94	4,49	60,1	5,14	4,50	17,4	29,1	11,2	4,69	1,76	1,26	1,06	1,10	142
20	71,4	1991-92	34,8	51,6	9,84	6,37	7,28	5,17	5,37	3,93	8,49	3,12	2,28	2,26	141
21	75,0	2007-08	49,8	19,1	7,25	8,33	11,8	17,0	9,31	4,33	2,45	2,36	2,46	3,07	137
22	78,6	2016-17	41,3	19,1	6,51	5,66	15,9	10,9	10,2	6,06	5,50	4,36	3,70	4,46	134
23	82,1	1990-91	58,5	31,7	10,1	6,12	6,62	3,54	3,00	2,84	2,43	1,96	1,72	1,67	130
24	85,7	1988-89	10,7	53,0	17,4	4,68	6,84	5,84	5,48	4,68	3,22	2,59	1,90	4,44	121
25	89,3	1992-93	17,7	72,1	6,83	3,18	3,72	3,12	2,64	1,91	1,67	1,57	1,28	1,15	117
26	92,9	1987-88	2,58	75,4	8,86	6,38	6,91	5,49	3,88	1,74	1,14	0,91	0,86	0,82	115
27	96,4	2005-06	13,1	51,3	15,0	3,34	2,75	4,36	4,53	8,12	4,47	2,46	1,56	1,23	112
среднее			25,9	48,2	9,66	5,40	8,80	9,39	6,18	4,26	3,46	2,29	1,87	2,24	127,6
в %			20,3	37,7	7,57	4,23	6,90	7,36	4,84	3,34	2,71	1,79	1,46	1,76	100,0
Q _{90%}			2,09	3,89	0,78	0,44	0,71	0,76	0,50	0,34	0,28	0,18	0,15	0,18	10,3

Таблица 3.9 – Расчет внутригодового распределения стока (среднее по маловодной группе лет) для года 90%-ной обеспеченности; река Сомба – д. Кривцы

№	P%	год	Весна			Лето-Осень					Зима				в/х год
			IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
1	14,3	1991-92	29,7	37,9	7,58	2,90	1,43	2,08	7,09	12,1	18,4	3,83	2,01	1,38	126
2	28,6	1989-90	40,9	19,9	1,61	0,57	2,02	7,45	23,1	7,88	2,87	1,68	4,58	8,82	121
3	42,9	1988-89	20,3	27,4	5,44	2,14	4,55	8,86	12,4	10,2	4,86	2,49	4,88	5,32	109
4	57,1	1990-91	38,8	20,2	9,33	2,72	4,40	1,64	7,10	6,18	2,83	1,68	1,01	0,88	96,8
5	71,4	1987-88	2,79	43,7	16,8	9,25	1,76	3,83	2,32	0,91	0,53	0,47	0,34	0,41	83,1
6	85,7	1992-93	11,8	43,8	1,66	0,89	0,57	0,90	2,66	2,04	3,02	1,66	1,14	1,35	71,5
среднее			24,0	32,2	7,07	3,08	2,46	4,13	9,11	6,55	5,42	1,97	2,33	3,03	101,3
в %			23,7	31,7	6,98	3,04	2,42	4,07	8,99	6,47	5,35	1,94	2,30	2,99	100,0
Q _{90%}			1,70	2,27	0,50	0,22	0,17	0,29	0,64	0,46	0,38	0,14	0,16	0,21	7,15

Таблица 3.10 – Расчет внутригодового распределения стока (среднее по маловодной группе лет) для года 90%-ной обеспеченности; река Рагнукса – д. Харловская

№	P%	год	Весна			Лето-Осень					Зима				в/х год
			IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
22	68,75	2007-08	13,3	8,45	6,75	5,64	3,44	6,34	3,71	3,21	3,14	2,33	2,16	2,25	60,7
23	71,88	1996-97	2,06	20,6	6,00	4,05	2,5	1,95	1,72	4,33	7,66	3,36	2,26	3,3	59,8
24	75,00	2001-02	18,8	10,9	6,53	2,59	1,26	1,36	2,41	5,99	3,02	2,05	2,23	2,39	59,5
25	78,13	1987-88	1,96	22,4	10,4	5,22	5,96	4,95	2,54	1,71	0,69	0,71	0,52	0,62	57,7
26	81,25	1992-93	2,26	34,7	4,26	1,99	1,67	1,71	2,13	1,50	1,22	1,13	1,09	0,98	54,6
27	84,38	2011-12	7,25	20,8	3,77	1,51	1,07	2,41	4,46	3,12	2,68	2,22	1,84	1,54	52,7
28	87,50	2014-15	9,71	11,1	4,47	4,00	1,75	1,51	2,89	4,81	3,68	2,59	2,08	3,53	52,1
29	90,63	2002-03	7,42	22,8	3,88	2,15	1,52	1,49	1,82	1,60	1,14	0,86	1,01	1,00	46,7
30	93,75	1993-94	3,48	18,6	4,54	2,19	2,28	3,40	3,94	2,15	1,20	0,78	0,64	0,77	44,0
31	96,88	2010-11	9,94	10,9	3,32	1,38	0,78	1,47	2,65	4,69	2,97	1,90	1,57	1,42	43,0
среднее			7,62	18,1	5,39	3,07	2,22	2,66	2,83	3,31	2,74	1,79	1,54	1,78	53,1
в %			14,4	34,1	10,2	5,79	4,19	5,01	5,33	6,24	5,16	3,38	2,90	3,35	100,0
Q _{90%}			0,63	1,49	0,44	0,25	0,18	0,22	0,23	0,27	0,23	0,15	0,13	0,15	4,36

Таблица 3.11 – Расчет внутригодового распределения стока (среднее по маловодной группе лет) для года 90%-ной обеспеченности; река Большая Велмуksa – г. Пудож

№	P%	год	Весна			Лето-Осень					Зима				в/х год
			IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	
24	66,7	1993-94	5,77	9,97	0,47	0,34	0,60	1,75	1,01	0,29	0,15	0,12	0,12	0,14	20,7
25	69,4	1990-91	10,6	4,33	0,81	0,32	0,33	0,33	1,25	1,10	0,39	0,30	0,25	0,56	20,6
26	72,2	2015-16	5,47	8,91	0,34	0,19	0,31	0,40	0,61	0,76	2,28	0,56	0,24	0,31	20,4
27	75,0	1996-97	0,38	9,55	1,79	1,10	0,22	0,16	0,42	1,99	2,64	0,22	0,26	1,53	20,3
28	77,8	1987-88	0,77	9,32	3,62	1,96	0,77	1,31	0,68	0,30	0,15	0,09	0,08	0,14	19,2
29	80,6	2018-19	4,66	5,72	0,30	0,24	0,46	1,12	3,89	1,13	0,32	0,31	0,28	0,42	18,9
30	83,3	2014-15	5,96	4,19	1,12	0,62	0,31	0,37	1,30	2,08	0,97	0,32	0,36	1,22	18,8
31	86,1	2016-17	6,74	2,05	0,52	0,35	1,82	1,29	1,08	2,22	0,67	0,55	0,38	1,07	18,7
32	88,9	2010-11	5,24	4,12	0,80	0,22	0,15	0,40	1,43	4,66	0,77	0,25	0,25	0,26	18,6
33	91,7	2002-03	5,21	7,98	0,42	0,41	0,24	0,31	0,62	0,24	0,10	0,093	0,15	0,24	16,0
среднее			5,08	6,61	1,02	0,58	0,52	0,74	1,23	1,48	0,84	0,28	0,24	0,59	19,2
В %			26,4	34,4	5,30	2,99	2,71	3,87	6,40	7,69	4,39	1,46	1,23	3,07	100,0
Q _{90%}			0,40	0,52	0,08	0,05	0,04	0,06	0,10	0,12	0,07	0,02	0,02	0,05	1,51

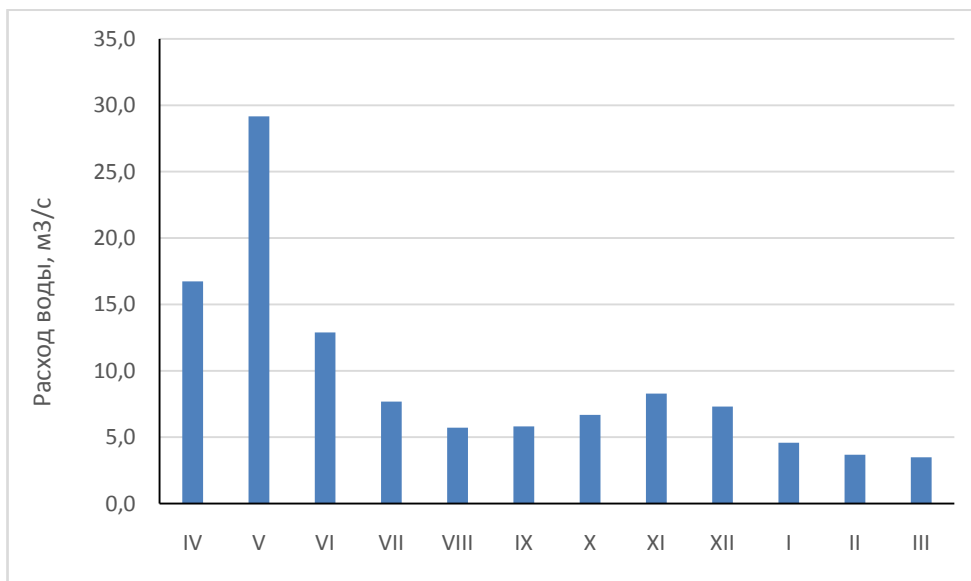


Рисунок 3.4 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года 90%-ной обеспеченности; р. Водла – г. Пудож.

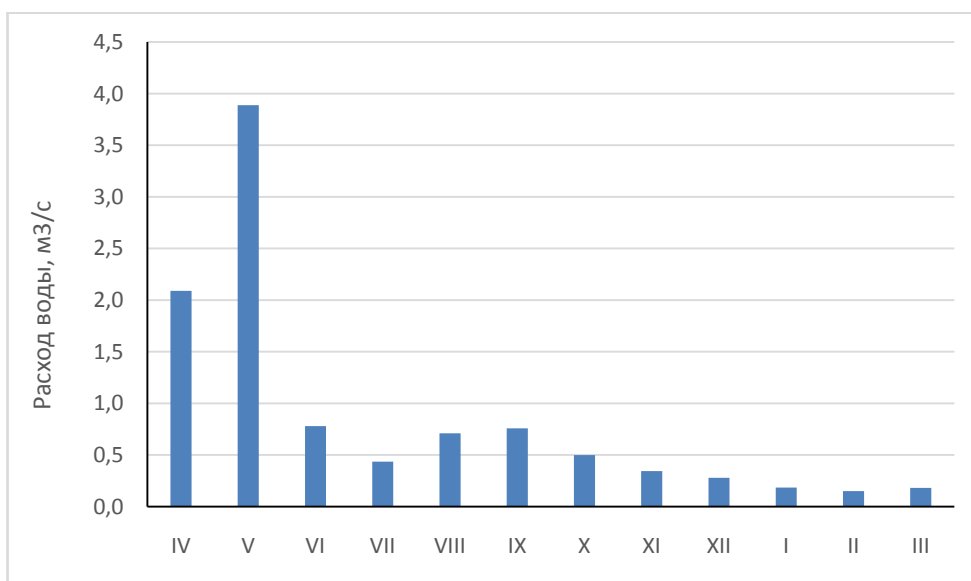


Рисунок 3.5 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года 90%-ной обеспеченности; р. Колода – д. Кубовская.

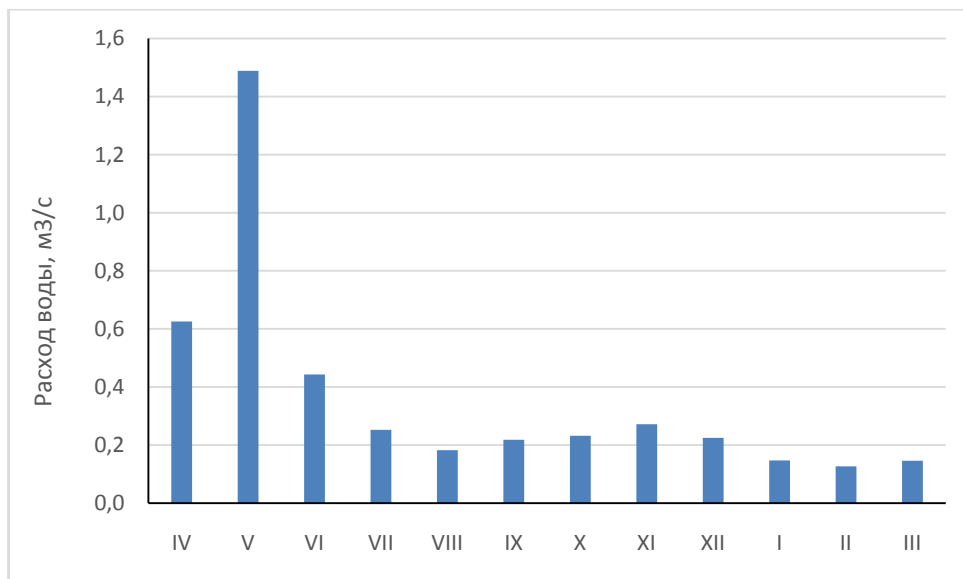


Рисунок 3.6 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года 90%-ной обеспеченности; р. Рагнукса – д. Харловская.

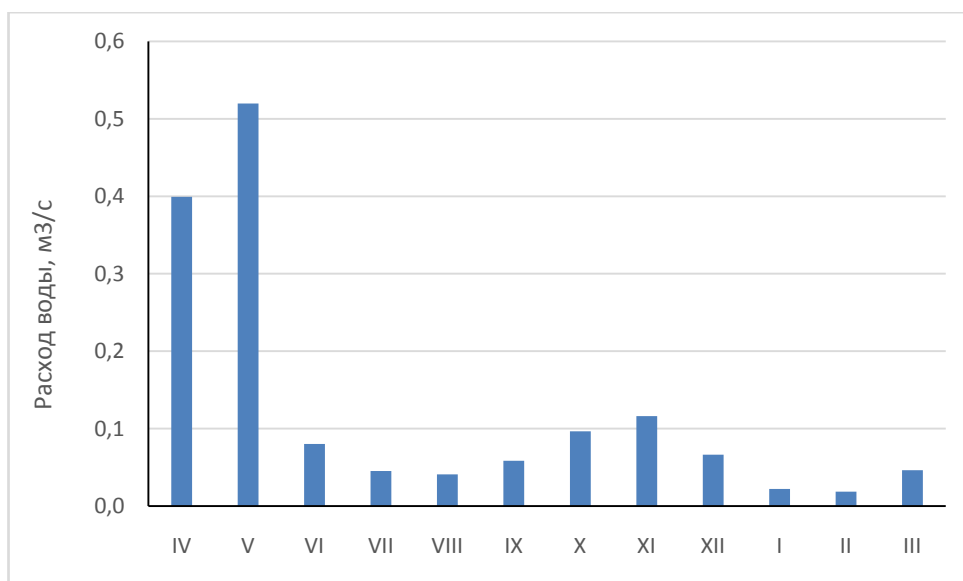


Рисунок 3.7 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года 90%-ной обеспеченности; р. Большая Велмукса – г. Пудож.

Для анализа влияния изменений климата на внутригодовое распределение стока были построены графики процентного распределения стока по сезонам водохозяйственного года за современный период (с 1987 по 2022 г.) и по данным справочника «Ресурсы поверхностных вод СССР» (РПВ) (рисунки 3.8 -3.14).

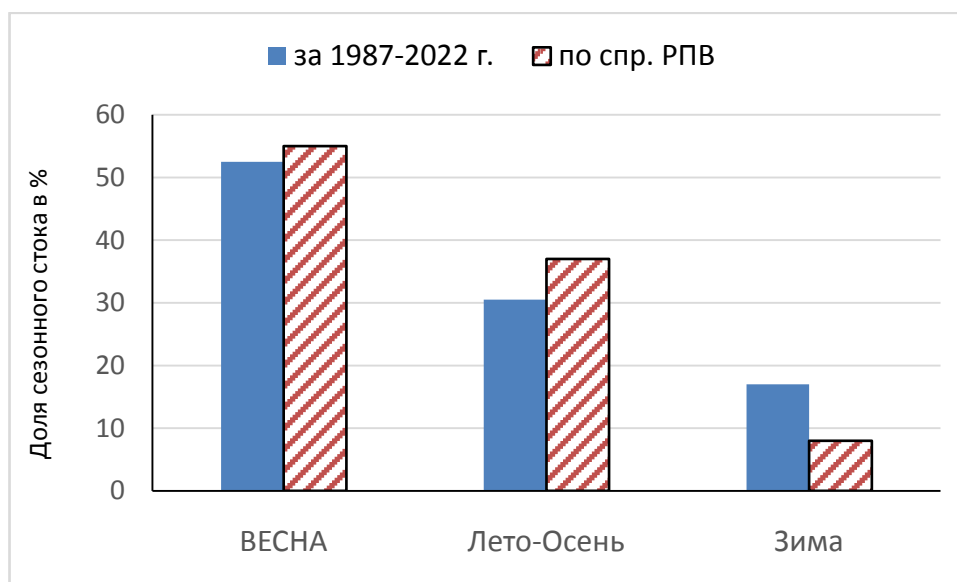


Рисунок 3.8 – Процентное распределение стока по сезонам в/х года; р. Водла – г. Пудож.

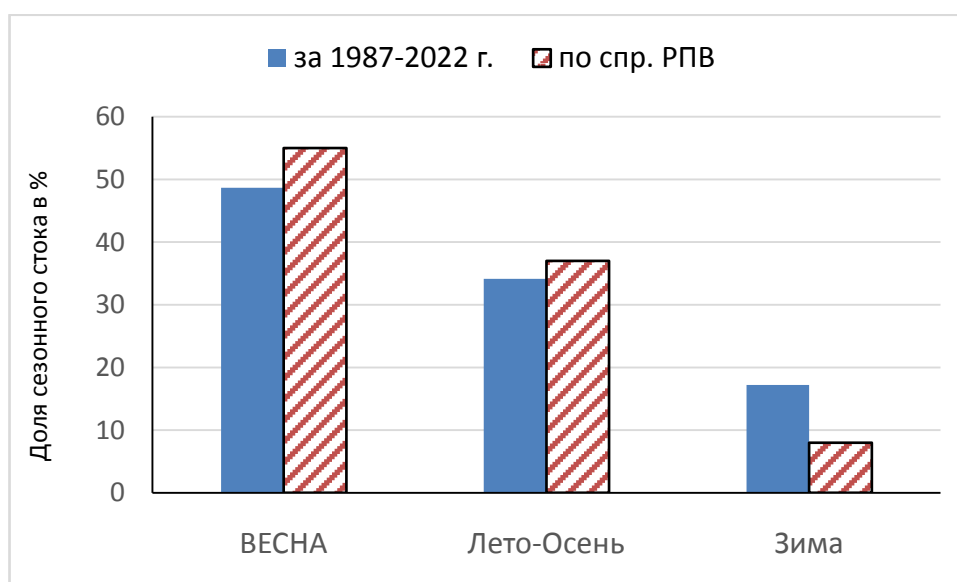


Рисунок 3.9 – Процентное распределение стока по сезонам в/х года; р. Водла – п. Водла.

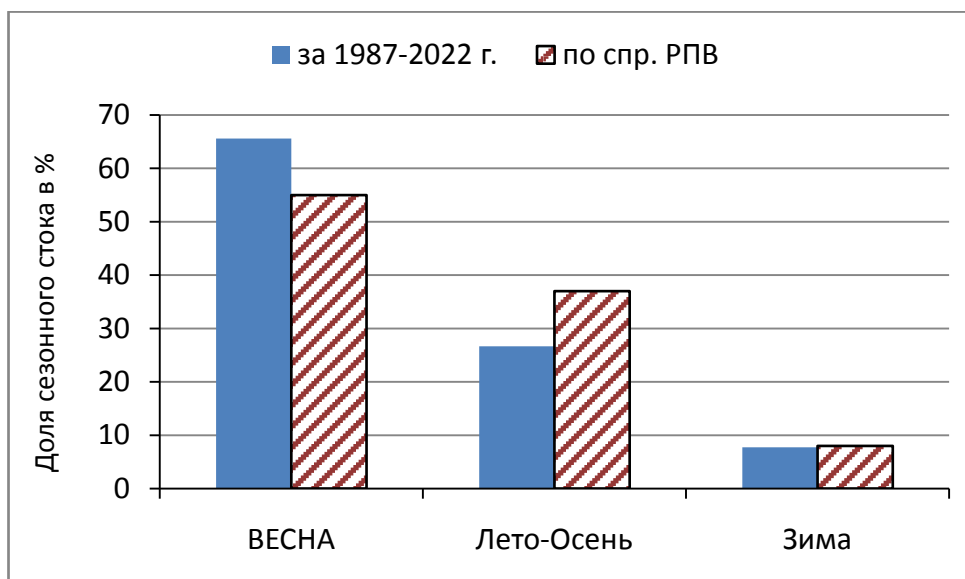


Рисунок 3.10 – Процентное распределение стока по сезонам в/х года;
р. Колода – д. Кубовская.

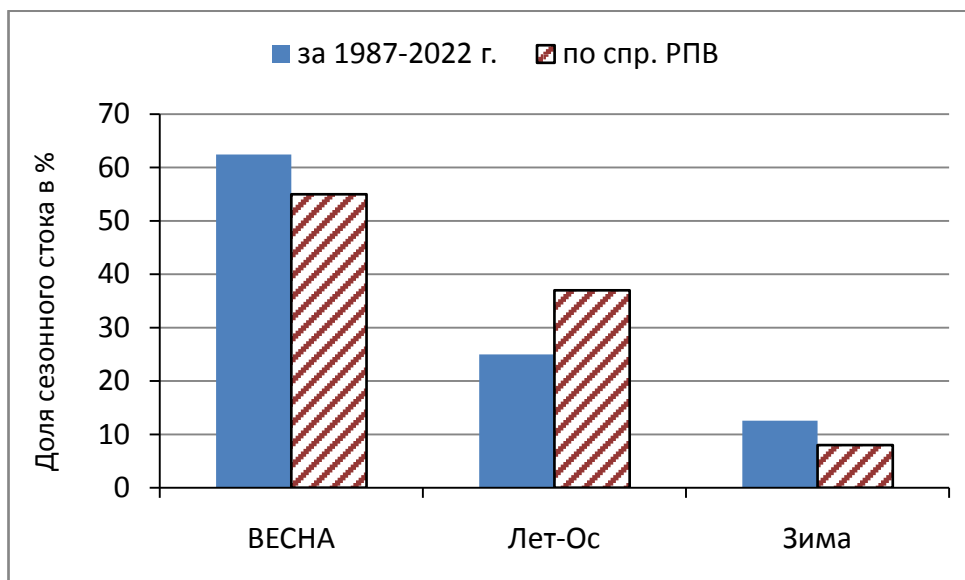


Рисунок 3.11 – Процентное распределение стока по сезонам в/х года;
р. Сомба – д. Кривцы.

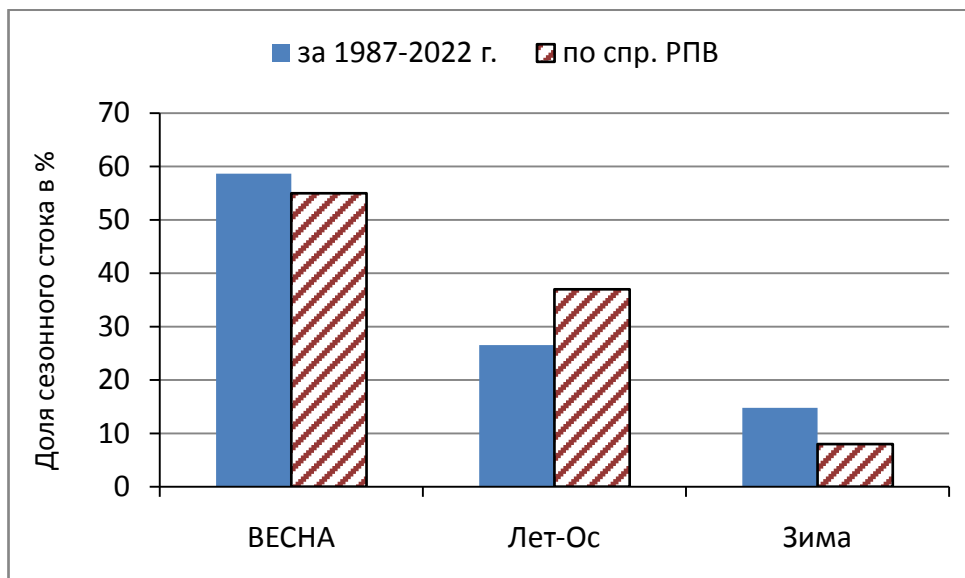


Рисунок 3.12 – Процентное распределение стока по сезонам в/х года; р. Рагнукса – д. Харловская.

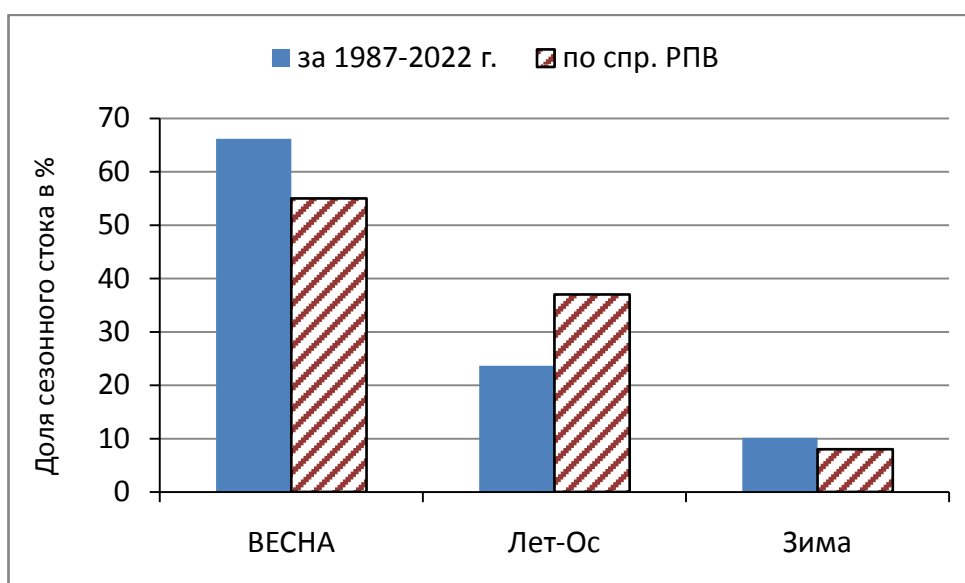


Рисунок 3.13 – Процентное распределение стока по сезонам в/х года; р. Большая Велмукса – г. Пудож.

На рисунке 3.14 представлен типовой районный график процентного распределения стока по сезонам водохозяйственного года за современный период (с 1987 по 2022 г.) и построенный по данным справочника «Ресурсы поверхностных вод СССР», исходные данные для построения графика представлены в таблице 3.12.

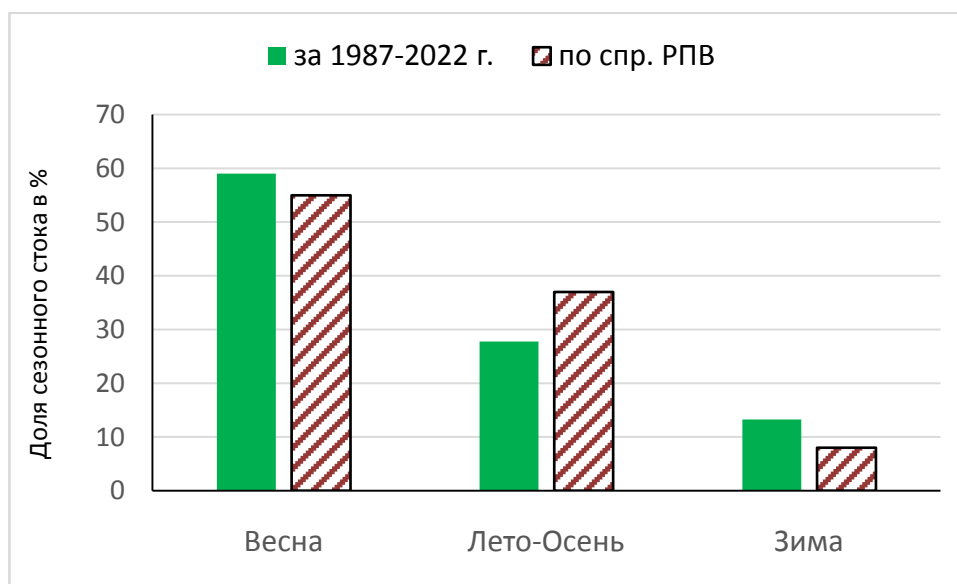


Рисунок 3.14 – Среднее по району процентное внутригодовое распределение стока по сезонам в/х года.

Таблица 3.12 – Процентное распределение стока по сезонам водохозяйственного года для рек бассейна реки Водла

№	Река – пост	Доля стока в %		
		Весна	Лето-Осень	Зима
1	Водла – г.Пудож	52	31	17
2	Водла – п.Водла	49	34	17
3	Колода – д.Кубовская	66	27	8
4	Сомба – д.Кривцы	62	25	13
5	Рагнукса – д.Харловская	59	27	15
6	Большая Велмукса – г. Пудож	66	24	10
	Среднее	59	28	13
	Справочник Ресурсы	55	37	8
	Приращение в %	4	– 9	5

Как видно из таблицы, в бассейне реки Водла в результате изменения климата произошла перестройка внутригодового распределения стока, доля весеннего стока увеличилась на 4%, на 5% увеличилась доля зимнего стока, а доля летне-осеннего стока уменьшилась на 9%.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В последние десятилетия на юго-востоке Карелии произошли существенные климатические изменения. Наблюдаются хорошо выраженные тренды на повышение в рядах среднегодовых температур воздуха и годовых сумм осадков.

2. Климатические изменения привели к изменению условий формирования стока в бассейне реки Водла. За последние 30-35 лет среднегодовые расходы воды в бассейне реки Водла увеличились с средним на 18%, а коэффициенты вариации уменьшились на 22%.

3. В результате изменения климата произошла перестройка внутригодового распределения стока, доля весеннего стока увеличилась на 4%, на 5% увеличилась доля зимнего стока, а доля летне-осеннего стока уменьшилась на 9%.

4. Учитывая сказанное при расчете годового стока и его ВГРС следует использовать данные за последний квазистационарный период (т.е. за последние 30 лет).

5. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 *Богословский Б.Б.* Общая гидрология: учебник для студ. ВУЗов/ Богословский Б.Б. [и др.] – Л.: Гидрометеиздат, 1984.–356 с.
- 2 *Владимиров А.М.* Гидрологические расчёты. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 365 с.
- 3 *Владимиров А.М., Дружинин В.С.* Сборник задач и упражнений по гидрологическим расчётам. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 208 с.
- 4 Гидрологические ежегодники. Том 1. Вып. 5. Бассейн Балтийского моря. – Л.: Гидрометеиздат, 1926-2015 гг.
- 5 Гидрологические ежегодники. Том 1. Вып. 7. Бассейн западного побережья Белого моря. – Л.: Гидрометеиздат, 1926-2015 гг.
- 6 Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Том 1, РСФСР, Бассейны рек Балтийского моря, Онежского и Ладожского озёр. Вып. 5. – Л.: Гидрометеиздат, 1986.
- 7 Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Том 1, РСФСР, Бассейн западного побережья Белого моря. Вып. 7. – Л.: Гидрометеиздат, 1987.
- 8 *Евстигнеев В. М.* Речной сток и гидрологические расчеты.– М.: Изд-во МГУ, 1990. – 304 с.
- 9 *Лучшева А.А.* Практическая гидрометрия: издание 2-е дополненное и переработанное. Рецензент: Ленинградский гидрометеорологический институт (канд. Геогр. Наук Г. Н. Угренинов)
- 10 Международное руководство по методам расчета основных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 248 с.
- 11 Методические рекомендации по определению расчётных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометрических наблюдений. – Нижний Новгород: Вектор-ТиС, 2007. – 134 с.
- 12 Методические рекомендации по определению расчётных

гидрологических характеристик при недостаточности данных гидрометрических наблюдений. – СПб.: Ротапринт ГНЦ ААНИИ, 2007. – 67 с.

- 13 Методические рекомендации по определению расчётных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. – СПб.: «Нестор-История», 2009. – 193 с.
- 14 Наставление гидрометеорологическим станциям и постам : выпуск 2, часть 2. Гидрологические наблюдения на постах. – Ленинград: гидрометеоздат, 1975.–264 с.
- 15 Наставление гидрометеорологическим станциям и постам: выпуск 6, часть 1. Гидрологические наблюдения и работы на больших и средних реках. – Ленинград: гидрометеоздат, 1978.–382 с.
- 16 Наставление гидрометеорологическим станциям и постам: выпуск 6, часть 3. Составление и подготовка к печати гидрологического ежегодника. – Ленинград: гидрометеоздат, 1958.–283 с.
- 17 Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеоздат, 1984. – 444 с.
- 18 Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 2. Карелия и Северо-запад. Часть 2. – Гидрометеоздат. Ленинград. – 1972 год. – 528
- 19 Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии. – Л.: Гидрометеоздат, 1974. – 424 с.
- 20 Свод правил СП 529.1325800.2023. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М.: Стройиздат, 2023.
- 21 *Сикан А.В.* Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. – СПб.: изд. РГГМУ, 2007.–279 с.

ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕСУРСЫ

- 22 Большая российская энциклопедия/Карелия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://bigenc.ru/geography/text/5666060> (дата обращения: 16.04.2025).

- 23 Википедия/Карелия – Климат. Режим доступа:
<https://ru.wikipedia.org/wiki/Карелия#Климат> (дата обращения:
19.04.2025).
- 24 Гидрология Карелии [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://my-life-story.narod.ru/vodnik/karelia/002.html> (дата обращения: 11.05.2025).
- 25 Действующие гидрологические посты сети Росгидромета [Электронный ресурс]. Режим доступа:
http://esimo.ru/dataview/viewresource?resourceId=RU_RIHMI-WDC_2665
(дата обращения: 02.11.2025).
- 26 Институт водных проблем Севера Карельского научного центра
Российской академии наук (ИВПС КарНЦ РАН) [Электронный ресурс].
Режим доступа:
<http://nwpi.krc.karelia.ru/atlas/home/priroda/klimat/index.html>. (дата
обращения: 16.04.2025).

6. ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А.1 – Средняя месячная температура воздуха, °С. МС Пудож

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1966	-22,0	-20,5	-8,0	-0,4	9,2	15,0	16,8	13,5	6,5	2,1	-0,4	-12,7
1967	-16,2	-10,2	-0,7	3,2	9,2	12,7	15,9	17,3	9,7	5,8	1,0	-12,9
1968	-22,0	-9,3	-3,2	0,1	7,1	15,0	13,2	14,5	7,5	-0,6	-4,3	-6,7
1969	-19,9	-15,8	-9,6	1,2	6,2	11,5	15,1	14,5	8,4	3,1	-1,0	-10,0
1970	-13,4	-14,2	-3,2	1,7	8,3	15,0	17,8	14,7	9,8	3,5	-5,8	-8,8
1971	-5,0	-14,5	-7,3	-1,1	6,6	12,4	15,5	14,2	7,5	1,1	-4,0	-8,3
1972	-16,0	-9,9	-7,6	1,0	7,3	16,1	20,4	17,6	8,6	3,0	-3,4	-0,8
1973	-11,2	-8,1	-5,7	3,2	9,8	15,9	18,2	13,5	4,8	0,3	-5,3	-11,8
1974	-14,4	-2,3	-2,7	-0,9	5,5	16,2	19,0	14,3	11,5	4,8	-1,4	-2,0
1975	-6,2	-10,6	-1,4	3,8	11,6	12,7	16,8	12,4	10,8	1,4	-2,6	-6,4
1976	-18,3	-14,6	-6,3	0,6	8,9	11,4	15,0	11,8	7,2	-1,9	-3,1	-6,2
1977	-11,9	-10,5	-5,4	2,2	9,1	14,3	17,3	13,7	7,0	0,9	-0,5	-10,8
1978	-11,1	-18,0	-3,4	-1,0	8,8	12,8	15,2	12,5	7,3	1,4	-1,3	-21,4
1979	-14,8	-14,2	-3,2	-1,1	11,5	12,9	16,3	17,9	7,9	0,8	-1,1	-7,8
1980	-13,2	-9,5	-8,7	2,2	6,6	17,1	16,0	13,5	7,9	2,9	-5,2	-7,9
1981	-7,3	-9,9	-10,6	-1,0	9,1	14,7	18,5	15,2	8,7	6,2	-2,0	-7,7
1982	-19,5	-9,9	-3,5	1,9	9,1	10,2	17,0	13,0	8,8	2,0	1,2	-3,3
1983	-6,2	-11,2	-4,5	4,9	11,3	13,1	18,2	13,3	10,5	4,0	-4,4	-6,2
1984	-7,8	-9,7	-6,1	1,9	12,1	14,0	16,7	12,8	8,8	3,1	-3,9	-10,2
1985	-21,4	-20,5	-3,7	-0,3	7,9	13,2	16,0	16,7	8,9	3,9	-4,1	-12,4
1986	-12,5	-18,2	-2,7	2,2	8,7	16,3	16,7	12,8	6,0	3,4	0,8	-14,0
1987	-24,1	-10,8	-7,0	0,5	8,7	14,9	15,0	12,5	7,8	4,1	-7,6	-12,7

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1988	-11,6	-8,3	-2,2	-0,4	9,9	16,9	19,9	17,7	9,2	3,7	-7,1	-11,1
1989	-5,7	-3,9	0,1	3,7	10,6	18,2	17,4	14,5	10,6	2,8	-2,7	-9,3
1990	-12,3	-0,5	-2,3	4,6	6,8	12,8	16,5	14,1	6,5	2,2	-5,9	-4,9
1991	-11,4	-10,4	-5,7	2,3	9,3	15,8	15,9	14,2	7,7	5,1	1,2	-6,6
1992	-9,6	-6,0	-0,7	0,5	9,0	13,6	15,6	14,0	12,0	-1,9	-7,6	-3,5
1993	-7,6	-6,6	-4,1	1,2	10,7	12,1	16,4	13,6	4,6	0,9	-10,0	-8,4
1994	-9,7	-18,2	-4,6	3,8	6,5	14,1	16,9	13,9	10,6	3,4	-5,9	-7,1
1995	-7,2	-3,6	-1,0	2,9	9,9	17,4	14,5	14,2	10,0	5,0	-6,2	-13,1
1996	-10,8	-14,8	-5,9	0,5	7,7	13,5	15,1	15,0	7,0	3,6	2,2	-8,2
1997	-13,6	-7,6	-3,8	0,1	6,6	15,7	17,5	15,6	7,7	1,1	-4,6	-11,2
1998	-7,4	-16,3	-7,3	-2,2	9,1	15,8	17,8	12,9	9,4	4,2	-7,3	-8,4
1999	-13,1	-11,6	-4,6	4,3	4,5	19,5	18,1	13,3	10,1	5,2	-6,5	-4,2
2000	-9,6	-6,0	-3,0	5,3	8,7	15,2	18,9	13,7	8,4	6,1	-2,3	-7,1
2001	-6,2	-12,6	-7,6	6,8	7,8	15,2	20,4	13,9	10,4	1,9	-4,5	-12,5
2002	-9,9	-3,9	-2,8	3,0	9,0	15,1	19,1	13,9	8,4	-0,2	-7,6	-15,1
2003	-16,9	-8,6	-3,6	0,8	11,5	10,8	20,4	15,7	10,1	3,8	-0,9	-4,1
2004	-12,7	-9,1	-2,6	1,8	9,7	13,7	18,1	14,5	10,7	3,4	-3,8	-5,3
2005	-5,5	-10,7	-8,3	2,0	10,5	15,1	18,4	16,2	10,7	4,9	2,4	-7,9
2006	-11,6	-16,3	-9,6	3,4	10,3	16,2	15,7	16,1	11,1	3,8	-2,5	0,2
2007	-6,9	-17,8	1,4	2,9	10,0	12,6	17,4	17,2	9,8	4,9	-3,4	-1,9
2008	-6,9	-4,4	-3,1	3,0	7,7	12,6	16,4	13,5	7,6	6,4	0,8	-2,6
2009	-9,7	-6,8	-3,8	0,4	10,2	14,0	16,4	14,8	11,3	1,7	-0,3	-10,4
2010	-17,5	-12,4	-7,0	-4,0	13,4	13,9	22,3	16,1	9,4	2,8	-4,4	-14,9
2011	-11,0	-15,6	-4,2	-3,0	9,9	16,4	21,5	14,4	10,0	5,3	-0,6	-0,7
2012	-9,7	-15,2	-5,6	2,4	10,2	14,3	17,6	14,1	10,3	3,5	-0,7	-13,7
2013	-11,4	-5,2	-12,3	2,1	12,5	17,6	17,2	16,0	8,8	4,5	1,8	-3,2

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2014	-11,8	-2,7	-1,2	2,8	10,7	13,2	18,3	16,3	9,9	0,7	-1,6	-5,1
2015	-8,8	-4,0	-1,2	2,2	11,8	14,4	14,5	14,6	11,3	3,3	-1,1	-2,7
2016	-16,4	-2,6	-2,3	4,5	13,4	14,7	19,3	15,8	9,5	2,4	-5,5	-4,9

Приложение А.2 – Месячные суммы осадков МС Пудож

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1966	33,8	32,8	62,9	64,1	52,7	48,9	106,4	68,6	119,8	113,9	52,9	39,4
1967	31,3	31,9	61,6	51,7	61,6	55,3	14,9	88,1	30,8	125,8	37,3	66
1968	23,2	51,2	81,8	65,8	69,2	32,2	61,3	38,2	67,8	84,6	28,5	48,8
1969	25	18,6	21,4	45,2	67	22,9	59,5	35,7	94,1	89,4	91	61
1970	33,5	21,1	30,5	56,1	52,2	55,4	41,4	109	130	68,8	27,8	54,1
1971	85,4	29,2	78,3	23,3	36,4	58,2	44,8	88	56,3	83,9	112,8	44,5
1972	11	27,7	24,6	49,1	19,4	29,8	41,1	39	41,9	85,3	97,4	52,7
1973	64,6	43	41,4	71,8	56,4	82,2	21,1	72,3	56,4	121,3	81	57
1974	27,9	63,4	35,3	18	25,4	29,9	91,3	98,8	59,8	63,2	74,7	62,9
1975	43	24,5	39,4	64,1	48	91,3	33,3	27,2	76,2	63	68,8	80,2
1976	36,7	18,2	41,7	61,6	29,2	66,7	66,3	139,6	113,7	24,1	32,4	39,3
1977	32,3	26,4	48,4	43,5	87,6	81,8	53,4	51,6	75,5	95,5	94,7	23,4
1978	53	10,2	52,3	25,4	5,9	49,7	46,9	127,7	81,2	89,8	105,2	20,5
1979	43,8	17	29,9	23,2	44,5	61,1	46,2	84,4	66,7	54,4	97,3	55,1
1980	25,9	55,7	11,3	24,5	14,2	39,2	16,1	35,3	36,6	61,7	122,8	86,3
1981	58,8	32,9	31	45,5	45	94,2	69,9	100,5	83,3	138,7	49,2	92,6
1982	39,7	15,2	29,7	36,7	45,3	60,2	59	67,4	94,9	48,8	95,8	98,4
1983	50,2	23,8	56,9	23,1	48,9	40,9	62,6	35	85,3	158,9	107,2	95,7

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1984	75,1	14,9	48,6	13,7	68,4	36,3	102,4	71,9	85,1	93,1	13,4	30,6
1985	25	8,1	26	49,5	44,7	94,3	120,3	68,8	55,1	84,5	49,1	77,7
1986	41,9	17,9	24,5	46,8	42,4	33,5	48,4	88,9	103,2	49,9	79,5	45,1
1987	10,2	54,8	24,5	14,8	68,9	131,4	89	90,5	56,5	3,3	32,1	50,6
1988	40,3	32,5	29,4	92,1	20,3	81,8	101,1	129,3	89,1	81,9	59,3	56
1989	68	51,8	48,6	21,1	31,9	81,6	20,4	148	50,3	118,5	45,6	65,6
1990	48,2	51,8	67,1	27,7	69	37,8	117,5	70,9	32,8	65,6	66,8	67,1
1991	63,7	23	27,4	70,3	57,3	67,8	95,4	43,1	73,2	67,1	128	61,3
1992	41,8	32,1	49,3	59,1	72,1	32,5	40,6	73,7	55,3	50,2	48,1	69,6
1993	40,6	30,2	36	22,7	12,7	52,2	85,6	124,9	67,2	75,3	9,1	70,6
1994	45,5	10,3	46,2	56,5	50,7	48,9	36	21,7	97,2	142,2	68,5	63,9
1995	48	78,3	53,7	40,5	92,1	20,9	65,3	64,3	41,8	99,2	102,2	33,5
1996	19,1	28,6	10,1	24,9	38,5	104	79,2	5,1	18,8	50,6	115,7	55,4
1997	49,8	54	53,6	66,1	98	38,3	41,5	35,1	100,8	91,6	49,3	28,6
1998	54,2	78,9	47	7	42,3	127,9	57,7	86,8	54,9	98,9	32,6	58,8
1999	64,8	23,8	22,1	41,5	35,2	20,6	52,1	50,9	51,3	107,3	42	107,9
2000	48,2	63,3	47,3	18,9	30,4	68,9	126,5	55,4	93,9	84,2	56,5	50,9
2001	27,1	53,3	42	31,5	85,8	40,4	31,1	48,7	45,6	83,3	93,2	33,8
2002	70,4	65	58,3	8	49,5	67,1	30,3	35,5	71,6	50,5	71,1	29,7
2003	54,5	11,5	37,1	45,2	34,5	33,4	108,6	158,4	27,9	100,8	58,2	101,3
2004	38,1	56,9	34,4	13,3	59,8	41,3	89,3	126,6	85,5	51,8	82,3	64,9
2005	65,4	14,6	43,7	36,5	64,6	42	63,2	56,3	43,6	36,3	115	51,8
2006	39	13,2	23,8	40	25,6	45,3	47,1	66,9	67	142,5	64,1	84,2
2007	75,8	31,3	51,6	41,5	76,5	78,4	194,5	81,1	88,8	22,2	78	43,8
2008	77,4	59,9	35	42,4	19,6	92,5	87,4	120,7	37,1	160	91	54
2009	75,1	55,2	55,1	17,8	30,3	89,2	116,3	86	60,9	77,1	82,3	83,8

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2010	17,3	48	45,2	21,4	57,3	65,2	65	60	74,2	84	85,2	50,9
2011	78,5	33	53,1	24	59,2	44,4	21,5	96,6	125,9	81,1	56,2	147,3
2012	61,5	26,7	40	35,3	50,3	76,1	63,6	87,4	82,8	109,9	81,2	48,4
2013	39,7	42,2	21,2	37,1	35,5	79,6	51	79,1	29,3	103,8	141,1	94,5
2014	24	49,5	36	22	67,6	97,3	50,3	139,2	34,7	40,3	38,3	86,5
2015	83,5	58,8	44,3	53,3	46,9	33,3	120,3	66,7	77,5	34,9	66,5	105,8
2016	63,5	34	6,8	45	27,8	48,9	120,1	159,7	66	44,6	45,9	91

Приложение Б – Эмпирические и аналитические кривые обеспеченностей среднегодовых расходов воды

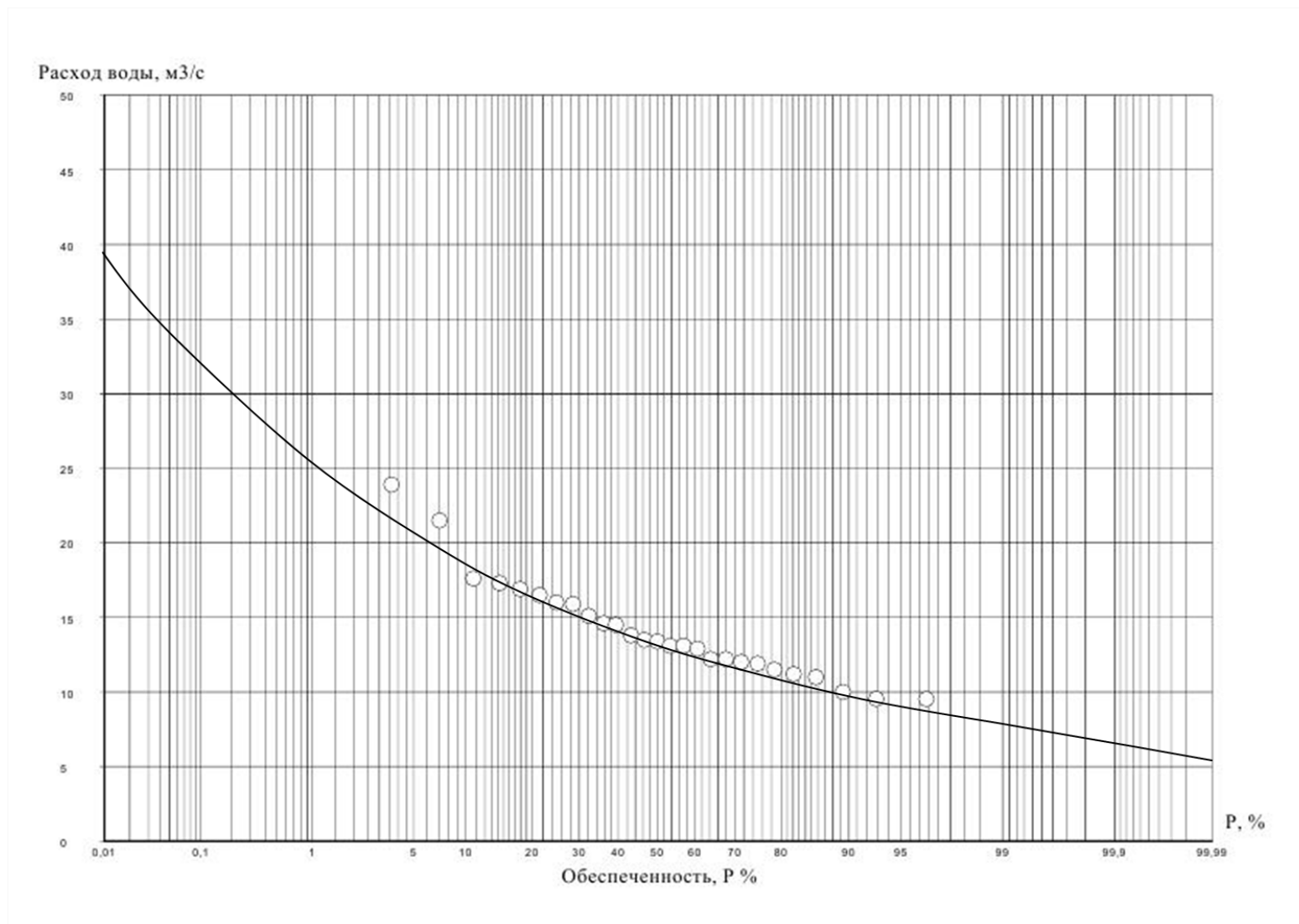


Рисунок Б.1 – Кривая обеспеченностей среднегодовых расходов воды; р. Колода – д. Кубовская.

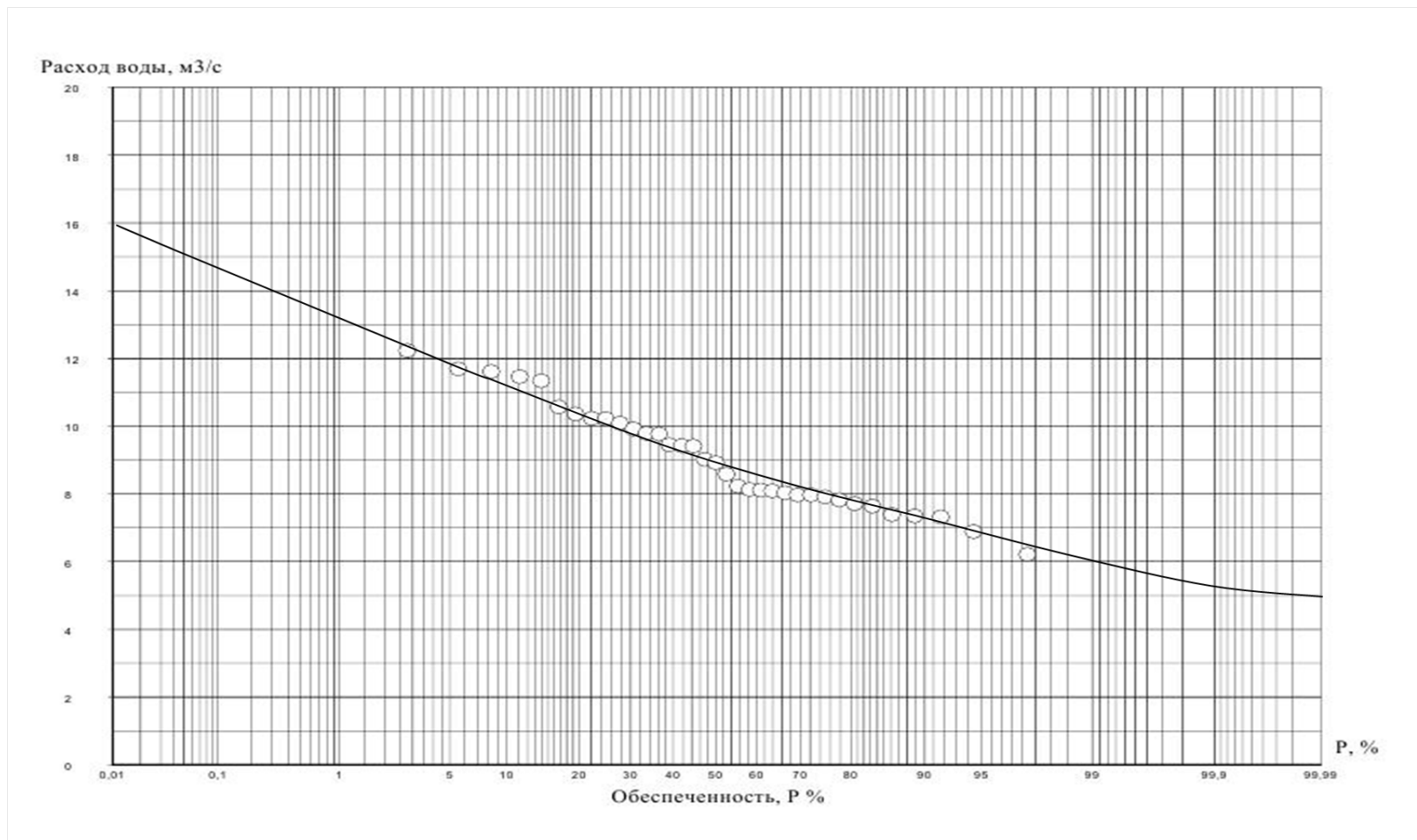


Рисунок Б.2 – Кривая обеспеченностей среднегодовых расходов воды; р. Сомба– д. Кривцы

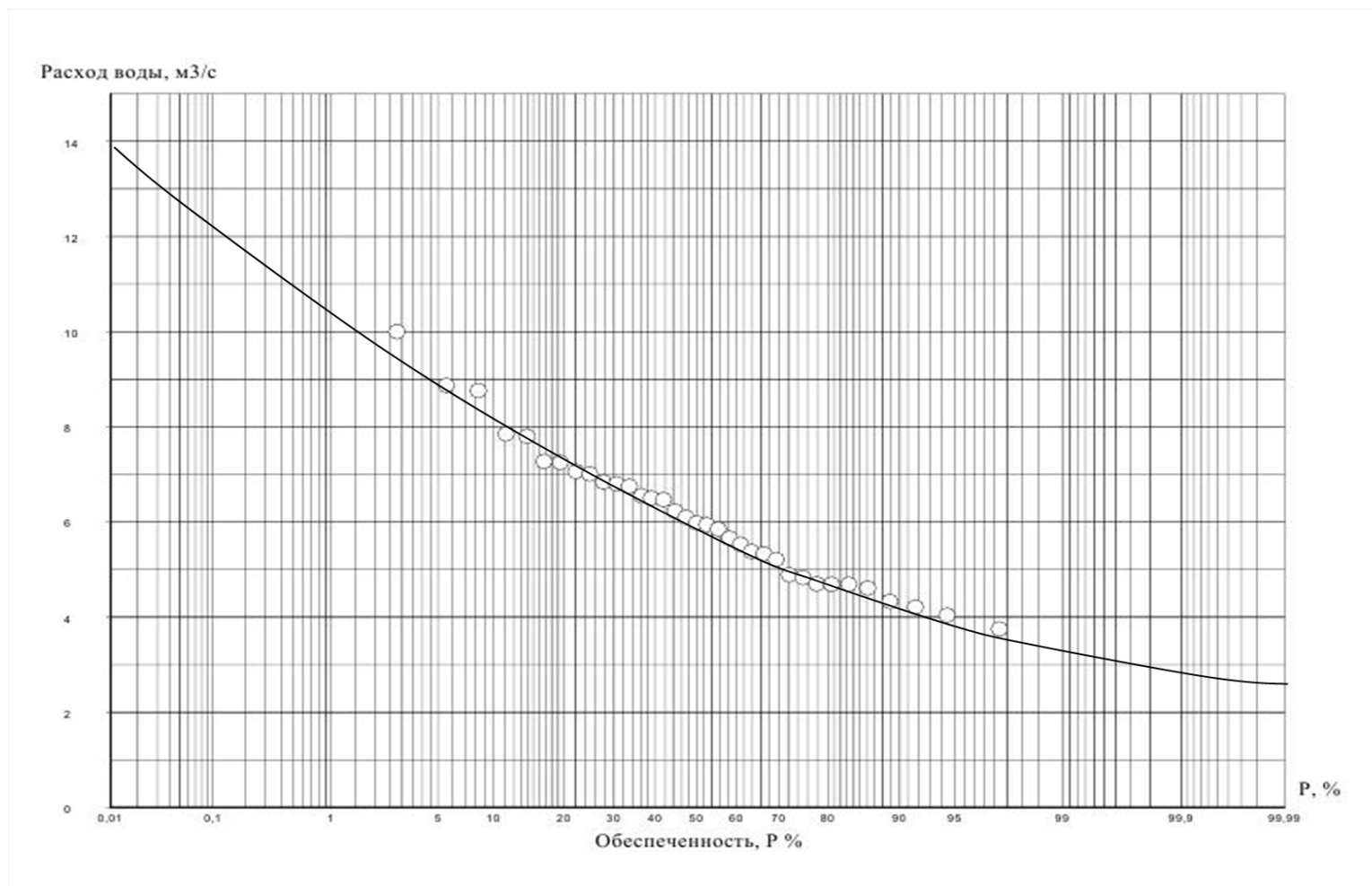


Рисунок Б.3 – Кривая обеспеченностей среднегодовых расходов воды; р. Рагнукса – д. Харловская

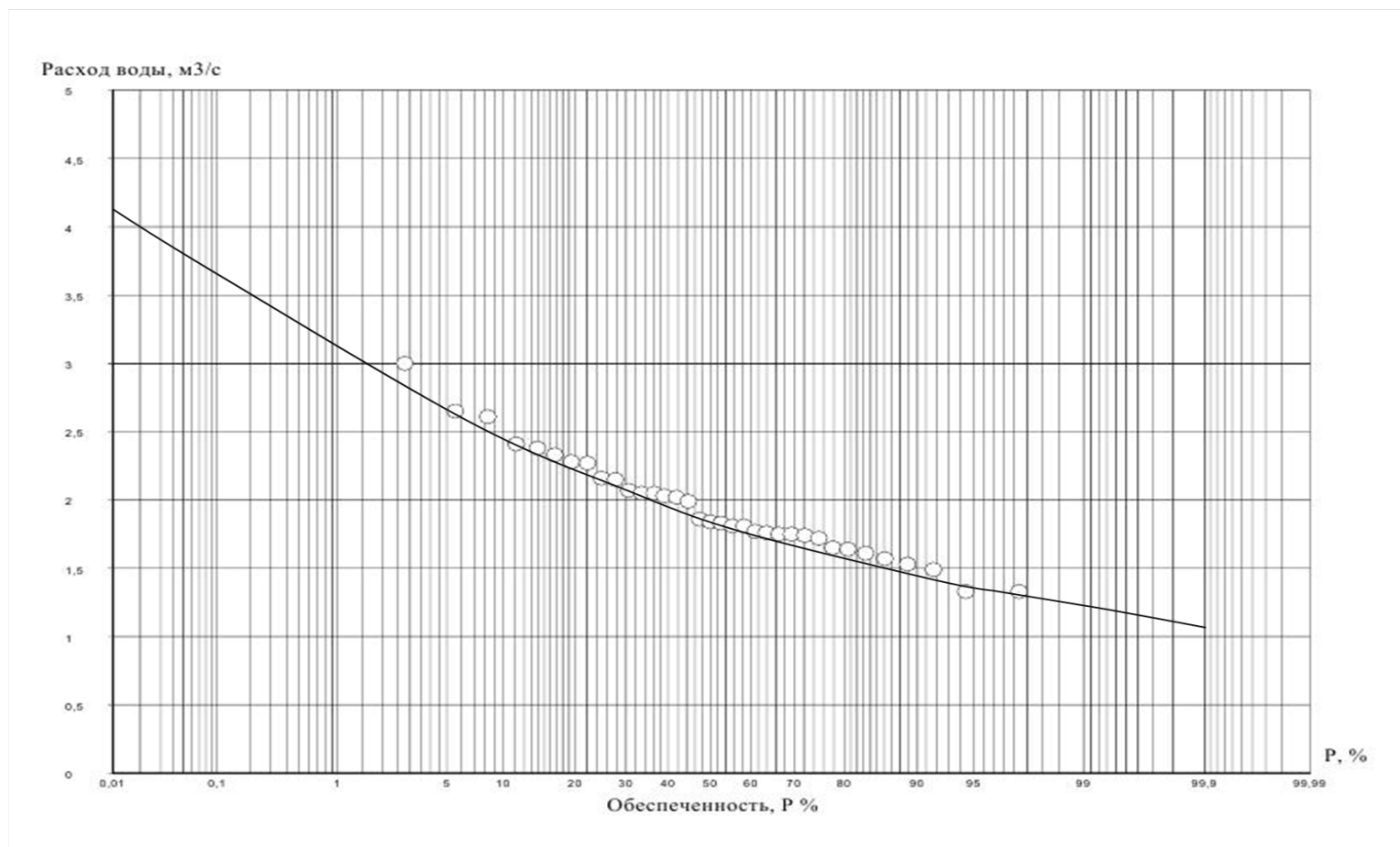


Рисунок Б.4 – Кривая обеспеченностей среднегодовых расходов воды; р. Большая Велмуksa