



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

Кафедра Гидрологии суши

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему **Максимальный сток рек Карелии**

Исполнитель Кудрявая Татьяна Валерьевна

Руководитель кандидат географических наук, доцент

Сикан Александр Владимирович

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой



(подпись)

канд. геогр. наук. Сикан Александр Владимирович

« 07 » 06 2018 г.

Санкт-Петербург
2018

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ.....	5
1.1 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА.....	5
1.1.1 Геологическое строение и рельеф	5
1.1.2 Почвенно-растительный покров.....	10
1.1.3 Характеристика гидрографической сети.....	14
1.2 КЛИМАТ	17
1.2.1 Общая характеристика климата	17
1.2.2 Температура воздуха	21
1.2.3 Осадки.....	24
2 ВОДНЫЙ РЕЖИМ РЕК	28
3 ОЦЕНКА ОДНОРОДНОСТИ И СТАЦИОНАРНОСТИ РЯДОВ МАКСИМАЛЬНОГО ВЕСЕННЕГО СТОКА.....	31
3.1 ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	31
3.2 ПРОВЕРКА РЯДОВ НА ОДНОРОДНОСТЬ.....	33
3.3 ОЦЕНКА ВРЕМЕННЫХ ТРЕНДОВ.....	35
4 РАСЧЕТ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ И СЛОЕВ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ В ПУНКТАХ НАБЛЮДЕНИЙ ГИДРОМЕТРИЧЕСКОЙ СЕТИ.....	37
4.1 ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ	37
4.2 РАСЧЕТ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ И СЛОЕВ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ РАЗЛИЧНОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ	42
5 РАСЧЕТ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ ПРИ ОТСУТСТВИИ ДАННЫХ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ.....	44
5.1 ОЦЕНКА РАЙОННОГО ПОКАЗАТЕЛЯ РЕДУКЦИИ	46
5.2 РАСЧЕТ ПЕРЕХОДНЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ М	48
5.3 РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА K_0 , ХАРАКТЕРИЗУЮЩЕГО ДРУЖНОСТЬ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ	50
5.4 ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ СЛОЯ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	52
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	54
ПРИЛОЖЕНИЯ	56
ПРИЛОЖЕНИЕ А – СРЕДНИЕ МНОГОЛЕТНИЕ МЕСЯЧНЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА	56
ПРИЛОЖЕНИЕ Б – ХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ ГРАФИКИ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА.....	57
ПРИЛОЖЕНИЕ В – ИНТЕГРАЛЬНЫЕ КРИВЫЕ ГОДОВЫХ ТЕМПЕРАТУР ВОЗДУХА.....	60
ПРИЛОЖЕНИЕ Г – СРЕДНИЕ МНОГОЛЕТНИЕ СУММЫ МЕСЯЧНЫХ ОСАДКОВ	61
ПРИЛОЖЕНИЕ Д – ХРОНОЛОГИЧЕСКИЕ ГРАФИКИ СУММ ОСАДКОВ ЗА ГОД, ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД И ТЕПЛЫЙ ПЕРИОД.....	62
ПРИЛОЖЕНИЕ Е – РАЗНОСТНЫЕ ИНТЕГРАЛЬНЫЕ КРИВЫЕ ГОДОВЫХ СУММ ОСАДКОВ	65
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж - РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕРКИ НА ОДНОРОДНОСТЬ РЯДОВ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ РЕК КАРЕЛИИ	66

ПРИЛОЖЕНИЕ З - Результаты проверки на однородность рядов максимальных слоев стока весеннего половодья рек Карелии	68
ПРИЛОЖЕНИЕ И - Оценка значимости линейных трендов в рядах максимальных расходов весеннего половодья рек Карелии	70
ПРИЛОЖЕНИЕ К - Оценка значимости линейных трендов в рядах слоев весеннего половодья рек Карелии	73
ПРИЛОЖЕНИЕ Л - Максимальные расходы весеннего половодья ($\text{м}^3/\text{с}$) расчетной обеспеченности рек Карелии	76
ПРИЛОЖЕНИЕ М - Слои стока весеннего половодья h (мм) расчетной обеспеченности рек Карелии	78
ПРИЛОЖЕНИЕ Н - Примеры эмпирических и аналитических кривых обеспеченностей максимальных расходов и слоев стока весеннего половодья	80

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с действующими нормативными документами расчетные гидрологические характеристики должны уточняться по мере накопления данных гидрометрических наблюдений. При этом до вступления в действие территориальных строительных норм рекомендуется выполнять уточнение параметров расчетных формул на региональном уровне.

В настоящей работе такие исследования были выполнены для территории Карелии. Была поставлена задача – уточнить параметры районной редуцированной формулы для расчета максимальных расходов воды весеннего половодья малоизученных и неизученных водотоков.

Для решения поставленной задачи были использованы данные по 59 гидрологическим постам с площадями водосборов не более 12000 км², преимущественно с естественным гидрологическим режимом водотоков.

Работа состоит из пяти глав, введения и заключения.

В первой главе приведена физико-географическая и климатическая характеристики рассматриваемой территории.

Во второй главе представлен анализ водного режима рек региона.

В третьей главе выполнена оценка однородности и стационарности рядов максимального весеннего стока, а также оценка временных трендов.

В четвертой главе приведены расчеты максимальных расходов и слоев половодья различной обеспеченности в пунктах наблюдений гидрометрической сети.

Пятая глава посвящена разработке региональной методики для расчета максимальных расходов воды весеннего половодья малоизученных и неизученных водотоков.

В заключении в обобщенном виде представлены результаты проведенного исследования.

Работа содержит 12 рисунков, 13 таблиц, 27 приложений и список литературы из 14 наименований. Общий объем работы 82 страниц.

1 ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ

Район исследований расположен в северо-западной части Российской Федерации (61-67° с.ш. и 30-35° в.д.) и включает территорию Республики Карелия общей площадью 180,5 тыс. км² (рисунок 1.1). С запада эту территорию ограничивает государственная граница между Россией и Финляндией. Изучаемый регион расположен в Восточной Фенноскандии. Около 25 % территории республики заняты водоемами. В Карелии насчитывается более 27 тысяч рек и 60 тысяч озер, среди которых такие крупнейшие водные объекты севера европейской территории России, как Белое море, Ладожское и Онежское озера, оказывающие значительное влияние на региональные и локальные климатические изменения. Район исследований относится к лесной зоне, включая подзоны южной, центральной и северной тайги.

Значительная протяженность территории Республики Карелия с севера на юг определяет зональное распределение всех термических характеристик. К физико-географическим особенностям региона также относятся сильно расчлененный рельеф, большого количества рек и озёр, существенная заболоченность территории, близость Арктического бассейна и Атлантики.

1.1 Физико-географическая характеристика района

1.1.1 Геологическое строение и рельеф

Карелия в основном характеризуется холмисто-равнинным рельефом с абсолютными отметками, не превышающими 200 м над ур. м. Частая смена гряд и холмов различного рода понижениями придает поверхности Карелии чрезвычайно расчлененный характер, несмотря на сравнительно малые относительные высоты. Для южных районов республики характерна северо-западная ориентировка форм рельефа, для северных – преимущественно широтная, реже северо-восточная и северо-западная.



Рисунок 1.1 – Республика Карелия.

Рельеф определил особенности гидрографической сети Карелии. На значительной ее части. На значительной ее части реки прокладывают свой путь в направлении с северо-запада на юго-восток; так же ориентирована большая часть озёр. Более крупные реки в северной части территории текут преимущественно в широтном, в южном – в меридиональном направлении. Наибольшими высотами и расчлененностью отличается северо-западная окраина рассматриваемой территории (Северный возвышенный район) со средними абсолютными высотами 300-400 м над ур. м. Здесь расположена южная часть хребта Маанселькя, северная часть которого расположена за пределами Российской Федерации.

Вторым наиболее приподнятым участком с преобладающими высотами от 180 до 300 м является Западно-Карельская возвышенность. Она представляет собой юго-восточные отроги водораздельного хребта Маанселькя.

На севере Карелии расположено обширное приподнятое озёрное плато, на котором находится множество крупных и мелких озёр (Ковдозеро, Пяозеро, Топозеро, Куйто, Нюк и др.). Высотные отметки в пределах района уменьшаются с запада на восток: если на западе отдельные возвышенности достигают 250-280 м над ур. м., то в восточной части они не превышают 160-180 м. В южной части района находится Куйтозерская впадина, представляющая собой слабовогнутую в центре равнину с высотами 100-120 м.

С запада и северо-запада местность в целом понижается по направлению к трем крупным водным бассейнам, где наблюдаются наименьшие абсолютные высоты: У Онежского озера (Восточно-Онежская равнина) – до 40 м, у Белого моря (Прибеломорская низменность) – до 10-20 м, у Ладожского озера (Северное Приладожье и Олонецкая равнина) – до 5-10 м. Рельеф водораздельных пространств между Онежским озером и Белым морем, Онежским и Ладожским озёрами (100-300 м над ур. м.) в целом спокойный, слабо расчлененный, с незначительными колебаниями относительных высот. Исключение составляет северо-восточная часть Онежско-Беломорского водораздела. Здесь протягивается северо-западная часть кряжа Ветреный Пояс с от-

дельными возвышенностями более 200 м. Центральная часть указанного водораздела – район Выгозерской впадины – характеризуется наименьшими абсолютными высотами (50-100 м). В пределах Онежско-Ладожского водораздела максимальные высоты более 200 м сосредоточены в районе озер Лососино и Машозера. Между кряжем Ветреный Пояс и Восточно-Онежской равниной до водораздельной линии с бассейном р. Онега расположен Водлозерско-Андомский холмистый район (150-250 м). Он характеризуется сложной расчлененностью, обусловленной широким развитием здесь водноледниковых аккумулятивных форм, а также неровностью поверхности подстилающих пород. Колебания относительных высот 30-60 м.

Своеобразным рельефом, нигде больше не встречающимся в Карелии, отличается Заонежский сельговый район. Он охватывает полуостров Заонежье и участки, прилегающие к северному побережью Онежского озера. Основной чертой его является частое чередование узких и длинных гряд, сложенных преимущественно дочетвертичными породами, узкими понижениями, заполненными озёрами и заливами Онежского озера. Чётко выражена ориентировка форм рельефа с северо-востока на юго-восток. Абсолютные отметки редко превышают 100 м, относительные высоты колеблются от 5 до 30 м.

В геологическом отношении территория Карелии является восточной частью Балтийского или Фенноскандинавского кристаллического щита и представляет собой область распространения преимущественно древнейших кристаллических пород архейско-протерозойского комплекса. Древнейшие архейские и протерозойские образования в Карелии представлены изверженными и обломочно-осадочными породами, метаморфизованными в толщу кристаллических сланцев. Они имеют преимущественно северо-западное распространение. Развита по побережью Белого моря, в бассейнах рек Кереть, Гридина, Поньгома и в нижнем течении р. Кемь.

Молодые архейские образования представлены огнейсованными гранитами, грано-диоритами и магматитами, объединенными под общим названи-

ем гнейсо-гранитов. Они широко развиты в бассейнах рек Тумча, Кемь, Чирко-Кемь, Выг, Сегежа, Шуя и в верхнем течении р. Водла.

Породы протерозойского возраста распространены к северо-западу от оз. Онежское, протягиваясь полосой до озёр Куйто, а также к северо-западу от оз. Ладожское. В составе протерозоя выделяются нижняя и верхняя подгруппы.

В западной и отчасти центральной Карелии (озёра Гимольское и Поросозеро) развиты разнообразные сланцы, представляющие собой глубоко измененные эффузивы и туфы и подчиненные им терригенные и карбонатные отложения. На севере, в районе Тикшозера (бассейн р. Ковда), распространены первично-осадочные гнейсосланцевые породы. В центральных районах (верхнее течение рек Кемь и Онигма) преобладают основные эффузивы и сланцы. В юго-западной части Карелии развиты сланцы и гнейсы, реже кварциты и конгломераты.

Породы среднего протерозоя представлены, главным образом, терригенными осадками, а также известняками, доломитами и вулканогенными образованиями. Последние широко развиты к северу от г. Петрозаводск. Карбонатные породы распространены в бассейнах рек Пяльма и Повенчанка, в нижней части водосбора р. Шуя (Онежская) и в верхней части водосбора р. Чирко-Кемь.

Верхний протерозой включает в себя иотническую серию, представленную Петрозаводской свитой, и более молодые интрузии. В состав Петрозаводской свиты входят кварциты, кварцитопесчаники (западный берег оз. Онежское) и глинистые сланцы. К интрузиям верхнего протерозоя относятся граниты рапакиви, образующие два массива: значительный по площади на северо-восточном берегу Ладожского озера и меньший – между озерами Ведлозером и Шотозером.

Более поздние палеозойские отложения наблюдаются только в южной части Карелии и представляют собой окраинную часть полого залегающих палеозойских толщ Русской платформы. Сложены они песчано-глинистыми

осадками девона, а в юго-восточной части – известняками, мергелями и песчаниками карбона.

Кристаллические породы и осадки палеозоя покрыты плащом четвертичных отложений, из-под которого нередко выходят на поверхность подстилающие коренные породы. Четвертичные отложения представлены сложным комплексом ледниковых отложений (глинистые песчано-валунные морены, ленточные глины, озовые и камовые пески и супеси), морских песчано-глинистых отложений межледникового и послеледникового времени, озёрно-аллювиальных и болотных отложений (торфяников). Мощность четвертичных отложений неравномерна: минимальная наблюдается близ северо-западных побережий Белого моря, Онежского и Ладожского озёр, а наибольшая – в районах развития ледниковых и водно-ледниковых аккумулятивных форм (юго-восточная часть Карелии) и в районах понижений поверхности дочетвертичных пород (Олонецкая и Шуйская равнины).

1.1.2 Почвенно-растительный покров

Основными процессами почвообразования на территории Карелии являются подзолообразование и заболачивание, что обусловлено положением территории в зоне с холодным и влажным климатом, а также преобладанием лесной, преимущественно хвойной растительности. По характеру почвообразования территория может быть разделена на две зоны: северную и южную. Граница между ними проходит примерно на широте Ладожского и Онежского озёр.

Почвообразующей породой в северной части являются ледниковые наносы, преимущественно неоднородные, грубые по механическому составу; в южной части моренные отложения имеют различный состав – от песков до глин, что и определяет различие в механическом составе почв.

В северо-западной части Карелии преобладают подзолы с железистыми и гумусово-железистыми иллювиальными горизонтами. На вершинах холмов

и гряд под сосновыми лесами большей частью образуются подзолы с железистым иллювиальным горизонтом. На склонах, особенно на выходах кристаллических пород, а также по границам болот и заболоченных участков преобладают подзолы с гумусово-железистым иллювиальным горизонтом. На сравнительно равнинных песчаных участках мощность иллювиального горизонта меньше. По механическому составу большая часть почв отличается высоким содержанием относительно крупных не выветрившихся обломков кристаллических пород; только в районе оз. Среднее Куйто почвы имеют песчано-пылеватый состав.

Кроме широко распространенных на грубых песчаных отложениях поверхностных подзолов, на северо-западе Карелии значительно распространены примитивные и скелетные почвы на выходах коренных пород.

Болотные торфяно-подзолисто-глеевые почвы наиболее распространены по побережью Белого моря. Здесь они развиваются в условиях равнинного рельефа и на морских засоленных глинах. По сложению и механическому составу почвы, сформировавшиеся на беломорских засоленных глинах, напоминают почвы в долине р. Кемь, где также преобладают безвалунные глины с глеево-подзолистыми почвами.

В южной части Карелии сравнительно благоприятные условия и относительно более древний возраст почв способствовали проникновению процесса почвообразования на глубину до 60-85 см, что в 2 раза глубже, чем в северной части. В юго-восточных районах, с преобладанием супесчаных и суглинистых почв и пород, хорошо выражен дерновый процесс. Мощность перегнойно-аккумулятивного горизонта колеблется от 15 до 25 см, а подзолистый горизонт практически отсутствует.

По механическому составу почвы южной части Карелии отличаются большим разнообразием и по сравнению с составом почв северной части содержат меньше грубых элементов и относительно богаче фракциями песчано-пылеватых частиц. Наряду с весьма грубыми почвами на средних высотах

в пониженных участках встречаются площади суглинистых и супесчаных почв.

Карбонатная морена встречается в Заонежском сельговом районе и на Восточно-Онежской равнине.

На Онежско-Ладожском водоразделе преобладают слабоподзолистые почвы, развитые на суглинистых и супесчаных породах. На Восточно-Онежской равнине преобладают суглинистые и песчано-пылеватые почвы.

Вблизи Ладожского и Онежского озёр расположены низины, сложенные отложениями различного механического состава, с признаками заболачивания и почти не содержащие валунов. На восточном берегу Ладожского озера (Олонецкая равнина) они сочетаются с крупными болотными массивами, среди которых распространены подзолисто-глеевые почвы.

В Заонежском сельгиевом районе встречаются углисто-сланцевые отложения – шуньгиты, на которых формируются темноцветные неоподзоленные почвы.

В южной части Карелии встречаются также и дерново-подзолистые почвы.

На территории, расположенной к югу от Ладожского и Онежского озер, широко распространены и слабо - и среднедерновоподзолистые почвы, подзолистые и болотные.

Изредка встречаются дерново-карбонатные и аллювиальные почвы.

По механическому составу здесь различаются почвы глинистые, тяжелосуглинистые, средне- и легкосуглинистые, супесчаные и песчаные. Преобладают суглинистые почвы на валунных суглинках, но много почв и супесчаных.

Республику Карелия пересекают две широтные полосы таежной зоны: северотаежная (полоса воронично-лишайниково-зеленомошных хвойных лесов) и среднетаежная (полоса зеленомошных хвойных лесов). Граница этих полос совпадает с границей почвенных подзон и проходит примерно по 63°с.ш. Только на крайнем севере территории в горах северного озёрного

района находятся тундровые и лесотундровые группировки растительности. Здесь же наиболее ярко выражена вертикальная поясность растительности, которая характеризуется следующим чередованием растительных сообществ от основания крупных гряд к их вершинам: сосновые лишайниковые и зеленомошные леса – еловые зеленомошные, березово-еловые редколесья – тундровые сообщества с карликовой берёзой и кустарниками.

Типы растительности таёжных полос:

- 1) еловые леса – на возвышенно-равнинных участках с супесчаными и суглинистыми подзолистыми почвами, в долинах рек и ручьёв и по окраинам сфагновых болот с торфяно-подзолистыми почвами;
- 2) сосновые леса – на дренированных возвышенных участках с песчаными и песчано-каменистыми подзолистыми почвами и в замкнутых низинах с торфяно-болотными почвами;
- 3) сфагновые торфяно-осоковые и кустарничковые болота совершенно не облесённые или с редкостной сосной.

Распределение растительности по территории определяется климатом, рельефом, почвогрунтовыми условиями и фитоценоотическими взаимоотношениями растений. Господствующим типом растительности являются леса, состоящие преимущественно из хвойных пород – сосны и ели. Облесённость отдельных водосборов рек достигает 95%, преобладающая – 75-85%.

Преобладание сосновых лесов объясняется широким распространением песчаных отложений и обнажённых коренных пород. В некоторых районах удельный вес сосновых древостоев на покрытой лесом площади достигает 92%.

Еловые леса господствуют на территориях, где подстилающими породами служат супесчаные, суглинистые и глинистые ледниковые отложения с характерным для них содержанием валунов, что наблюдается главным образом в южной части среднетаёжной зоны.

Растительность болот, её состав и распределение зависят от степени увлажнения, проточности и химизма питательной среды. На территории Ка-

релии преобладают болота с умеренным минеральным питанием (олиготрофные и мезотрофные) моховые и торфяно-моховые; реже встречаются болота богатого минерального питания с хорошо развитой травянистой, кустарниковой и древесной растительностью. Наибольшее распространение болота имеют в пониженных частях рельефа, где заболоченность отдельных водосборов рек достигает 57% (р. Мяг-река). К ним относится Прибеломорская низменность, Куйтозерская впадина и многочисленные впадины среднетаёжной полосы.

Хозяйственная деятельность человека проявляется в вырубке лесов и в создании на их месте окультуренных земель и лугов. На вырубках происходит смена еловых лесов смешанными хвойно-лиственными и лиственными (берёзовыми и осиновыми). Это особенно характерно для среднетаёжной полосы, где рубка производилась в больших объёмах.

Луга занимают незначительную часть Карелии и в соответствии с особенностями рельефа они преимущественно низинные, заболоченные и болотные. Суходольных лугов относительно больше на юге. Наибольшее распространение лугов наблюдается в долинах рек и по берегам озёр.

1.1.3 Характеристика гидрографической сети

Обширная территория Карелии имеет хорошо развитую гидрографическую сеть, принадлежащую бассейнам Белого и Балтийского морей. Густота ее составляет 0,53 км/км². Наличие большого количества рек, озёр и болот обуславливается в первую очередь избыточно влажным климатом этого района.

Гидрографическая сеть Карелии представлена большей частью либо небольшими реками, либо короткими протоками, которые, соединяя между собой многочисленные озёра, образуют отдельные озёрно-речные системы.

Очень часты случаи, когда протяжённость озёр больше длины речных участков. Например, протяжённость озёрных участков на реках Ковда, Лендерка, Ногеус-йоки и других достигает 64-67% всей длины реки.

Направление гидрографической сети на территории Карелии находится в полном соответствии с её геоморфологическим строением. Особенно резко выделяется северо-западное простирание, господствующее для рек и озёр, и только в северной части территории достаточно распространённым является широтное направление.

Большинство речных и озёрных котловин приурочено к тектоническим рвам, смягчённым сглаженным действием ледника.

Общее число рек в Карелии составляет 23,6 тыс.: суммарная протяжённость их 83,0 тыс. км. Преобладают водотоки длиной менее 10 км. Количество их 25,3 тыс. (95%), а общая протяжённость 52,3 тыс. км, что составляет 63% длины всех рек. Только 12 рек имеют длину более 150 км.

Геологический реки Карелии очень молоды. Этим объясняется характер их долин, очень слабо врезанных; близость истоков соседних рек в условиях сглаженных водоразделов и связанные с этим случаи бифуркации; ступенчатый характер продольного профиля, представляющего собой ряд порожистых участков с сосредоточенным падением, чередующихся с плёсами.

Реки, несмотря на сравнительно небольшую длину, имеет большие площади водосборов за счет большой озёрности водосборов.

Большая озёрность водосборов обуславливает не только общий облик водосборов, но и особый гидрологический режим. Озёрность некоторых рек достигает 32%. На территории республики Карелия наблюдается хорошо выраженная закономерность изменения озёрности: от широты г. Петрозаводск озёрность возрастает к северу и быстро падает к югу. Особенно резко снижается к востоку от 35° в. д.; крупных озёр здесь уже нет, а озёрность водосборов рек менее 5%.

Для водности реки большое значение имеет размещение озёр на водосборе. По размещению более крупных озёр на водосборе в Карелии можно выделить три основных типа рек:

1) верховой – крупные озёра лежат в верхней части водосбора, замыкая собой от трети до половины всего бассейна (рр. Кемь, Суна, Олонка и др.);

2) каскадный – наиболее крупные озёра расположены цепочкой на протяжении всей реки (рр. Ковда, Лендерка, Сума, Шалица и др.);

3) низовой – главное крупнейшее озеро лежит в нижней части бассейна и река, вытекая из него, представляет собой короткий сточный канал (р. Янис-йоки). Этот тип рек особенно характерен для рек Заонежского сельгового района.

По расположению озёр на водосборе выделяются реки Верхний и Нижний Выг. Здесь самое крупное водохранилище (Выгозерско-Ондское) делит речную систему на две части, большинство же озёр сосредоточено в бассейне главного притока (р. Сегежа).

Значительная приподнятость водоразделов и относительная близость к ним основных базисов эрозии (Белого моря, Онежского и Ладожского озёр) обусловили значительное падение рек. Большая часть величины падения (80-90%) приходится на пороги и малые порожки. Многие реки имеют наибольшие падения в среднем и нижнем течении, при выходе с высоко расположенной части республики Карелия к береговым полосам Белого моря, Ладожского и Онежского озёр. Это обстоятельство создает благоприятные условия для энергетического использования водных объектов.

Водоразделы рек Карелии в большинстве случаев узкие, заболоченные, с большим количеством озёр, не имеющих видимого поверхностного стока. Это создаёт хорошие условия для переброски стока (бифуркации) в соседний бассейн в период весеннего половодья.

1.2 Климат

1.2.1 Общая характеристика климата

Республика Карелия относится к атлантико-арктической зоне умеренного пояса, для которой характерно преобладание воздушных масс арктического и атлантического происхождения, которые переносятся в район РК из мест формирования благодаря циклонической деятельности.

В Карелии интенсивная циклоническая деятельность преобладает во все времена года. Число подвижных циклонов ежемесячно может достигать 20. В районе Петрозаводска в среднем за год наблюдается 215 дней с циклонами.

Циклоны приходят преимущественно с запада, юго-запада и северо-запада. Зимой, весной и осенью их суммарная повторяемость составляет 83-88%, а летом – 66%, причем 13,5 % из них приходится на циклоны, образовавшиеся вблизи Петрозаводска.

Траектории смещения антициклонов более разнообразны. Весной, летом и осенью наибольшую повторяемость (29-35%) имеют антициклоны, приходящие с запада. В осенне-зимний период увеличивается число антициклонов, приходящих с северо-запада (30-31). Повторяемость восточных антициклонов достигает максимума в зимний период (16,8%). Вблизи Петрозаводска антициклоны образуются чаще зимой (18,7%) и летом (15,5%), а весной и осенью их повторяемость приблизительно одинакова (8,6-9,3%).

Малоподвижные барические системы и размытое барическое поле чаще наблюдаются в летнее время. В осенний период их повторяемость наименьшая (0,6-0,7 дня).

Основным фактором, определяющим направление и скорость движения воздушных масс (ветер) является атмосферное давление. Оно связано с условиями общей циркуляции атмосферы, преобладающей в данном районе.

Наибольшие колебания средних месячных значений наблюдаются зимой (ноябрь-март), наименьшие – летом (июнь – август).

Ветры юго-западных и западных направлений являются господствующими в течение всего года, но в теплую половину года увеличивается повторяемость и других направлений. В теплое время циклоническая деятельность ослабевает и в связи с этим увеличивается повторяемость ветров северного и северо-восточного направлений.

В годовом ходе скорости ветра наибольшие значения наблюдаются в холодную половину года, наименьшие – в теплую. Значения средней месячной скорости ветра колеблются от 3,2 м/с (август) до 4,2 м/с (март, декабрь) и мало меняются от года к году. Наибольшую повторяемость во все месяцы года имеют ветры со скоростью 2-3 м/с. Вероятность скоростей ветра более 10 м/с составляет 4 % в год. Наиболее вероятны такие ветры в холодную половину года. Ветер со скоростью более 15 м/с наблюдается редко (0,3 % случаев за год).

Изменение относительной влажности тесно связано с изменением температуры воздуха. В период с мая по ноябрь при ветрах с озера относительная влажность резко увеличивается в районах, прилегающих к озеру, различия составляют 10-20%.

Значения радиационного баланса изменяется в пределах 28-32 ккал/см², период с положительным радиационным балансом длится от первой декады марта до второй декады октября. Наибольшие значения наблюдаются в мае-июле, составляя 7,0-8,5 ккал/см², т.е. 50-60% суммарной радиации, наименьшие – в декабре-январе и колеблются в пределах 0,5-1,2 ккал/см². Сумма отрицательного радиационного баланса в среднем равна 2-3 ккал/см².

Средняя годовая температура воздуха на территории Карелии колеблется от 0° на севере до 3° на юге. Самыми холодными месяцами в году являются январь и февраль, среднемесячная температура которых составляет -12, -13° в северной и -10° в южной части. Понижение температуры воздуха

до -40° наблюдается 1-2 раза в 10 лет, в отдельные годы (1 раз в 100 лет) она может снизиться до -50° и более.

Самым теплым месяцем является июль, со средней температурой $14-15^{\circ}$ на севере Карелии и $16-17^{\circ}$ на остальной части территории. Абсолютный максимум температуры воздуха составляет $31-36^{\circ}$ (на севере Карелии $31-32^{\circ}$), на водоёмах $28-31^{\circ}$.

За начало весны принимается дата устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через 0° . На севере Карелии переход осуществляется в конце апреля, на юге – 10-15 мая. Период с положительными средними суточными температурами составляет 175-190 и 190-200 дней соответственно.

Лето, за начало которого принимается переход средней суточной температуры воздуха через 10° , наступает в конце мая, на севере республики – в середине июня. Средняя продолжительность лета на юге Карелии составляет 3,5 месяца, на севере – 3 месяца.

Осень в Карелии наступает в конце первой-начале второй декады сентября, на севере рассматриваемой территории - в конце августа и длится около двух месяцев.

Зима на территории Карелия не суровая, но длительная, период со средними суточными температурами воздуха ниже -5° составляет 125-135 дней на севере и 115-125 дней на юге республики. Переход температуры воздуха через -5° осуществляется в середине ноября в северных и в конце ноября – в южных районах Карелии и длится до конца марта на севере и до 20-25 марта на юге. Период со средними суточными температурами ниже -10° непродолжительный и колеблется от 70-80 дней на севере и 50-60 дней на юге Карелии. Устойчивого периода с температурами ниже -15° по республике не наблюдается.

Территория Карелии относится к зоне избыточного увлажнения. Это объясняется сравнительно небольшим приходом тепла и хорошо развитой

здесь циклонической деятельностью, которая активно проявляется во все времена года.

На распределение осадков большое влияние оказывают орографические особенности местности и подстилающая поверхность, ведущие к нарушению плавного характера изменения осадков. Даже небольшие возвышенности обуславливают перераспределение осадков: увеличение их на наветренных возвышенных участках и уменьшение на подветренных склонах и в понижениях за возвышенностями. Заметно уменьшаются осадки вблизи крупных водоёмов таких, как Белое море, Ладожское и Онежское озёра. Всё это обуславливает неравномерность распределения осадков по территории.

Годовое количество осадков в Карелии возрастает в направлении с севера на юг, среднее количество осадков за год составляет 550-750 мм.

Наименьшая годовая сумма осадков (550-570 мм) наблюдается в Прибеломорской низменности и в Куйтозерской впадине. В районах, прилегающих к Ладожскому и Онежскому озёрам, годовая сумма осадков не превышает 600-650 мм. Максимум годовых осадков (700-750 мм) отмечается в южной части Карелии.

Внутри года осадки распределяются неравномерно. Характер их распределения по территории в тёплый и холодный период имеет много общего с годовым, однако в тёплый период года влияние возвышенностей на распределение осадков более заметно, нежели в холодный. Количество осадков за тёплый период (май-октябрь) колеблется от 350 до 400 мм, за холодный период (ноябрь-апрель) от 150 до 200 мм, что составляет 40-45% от суммы годовых осадков.

Максимум количества осадков на большей части территории приходится на июль - сентябрь. В эти месяцы выпадает от 70 мм по северным районам до 80-90 мм по центральным и южным районам республики.

Изменчивость месячных сумм осадков из года в год для тёплого периода особенно велика.

В отдельные годы в августе на территории Карелии были отмечены месячные суммы осадков 5-20 мм (1936, 1947 гг.) и 170-220 мм (1903, 1961 гг.), что составляет соответственно 10-15% и 300-350% месячной нормы.

Величина суточных максимумов как по годам, так и по пунктам наблюдений бывает весьма различна. Наибольших значений они достигают в летние месяцы – июль и август.

Для более детального анализа климата были использованы данные по 4 метеорологическим станциям: Калевала, Медвежьегорск, Олонец и Пудож.

1.2.2 Температура воздуха

Анализ средних многолетних месячных температур воздуха, выполненный по 4 метеорологическим станциям (рисунок 1.2, Приложение А), показал, что для всей территории Карелии теплый период продолжается с мая по октябрь, холодный – с ноября по апрель.



Рисунок 1.2 – Средняя многолетняя месячная температура воздуха; м/с Калевала.

Для оценки изменения климата были построены хронологические графики среднегодовых температур воздуха и средних температур воздуха за теплый и холодный периоды года (рисунок 1.3, Приложение Б).

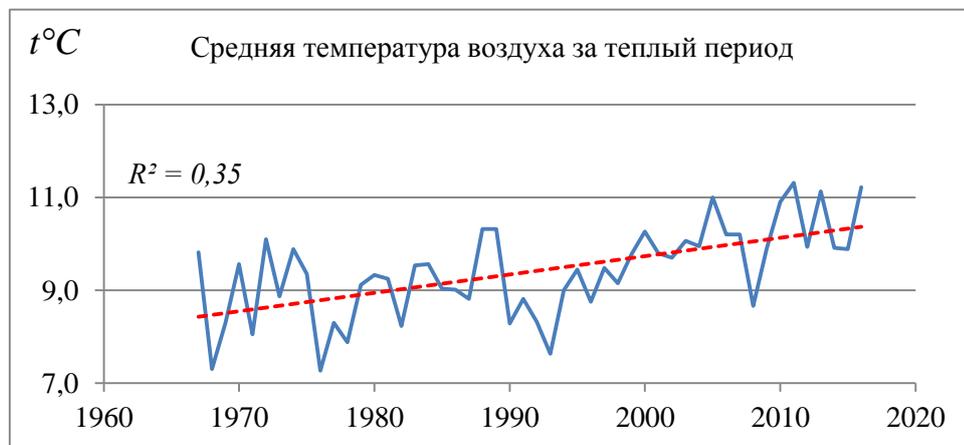
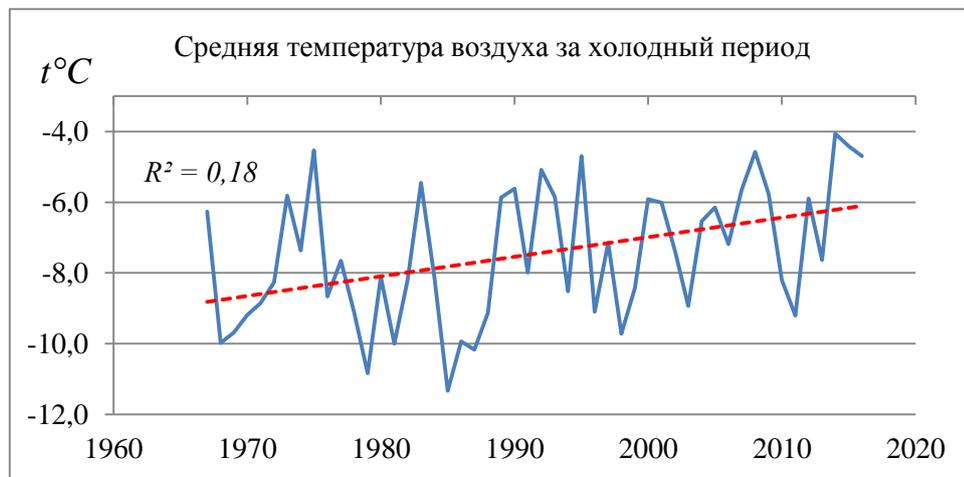
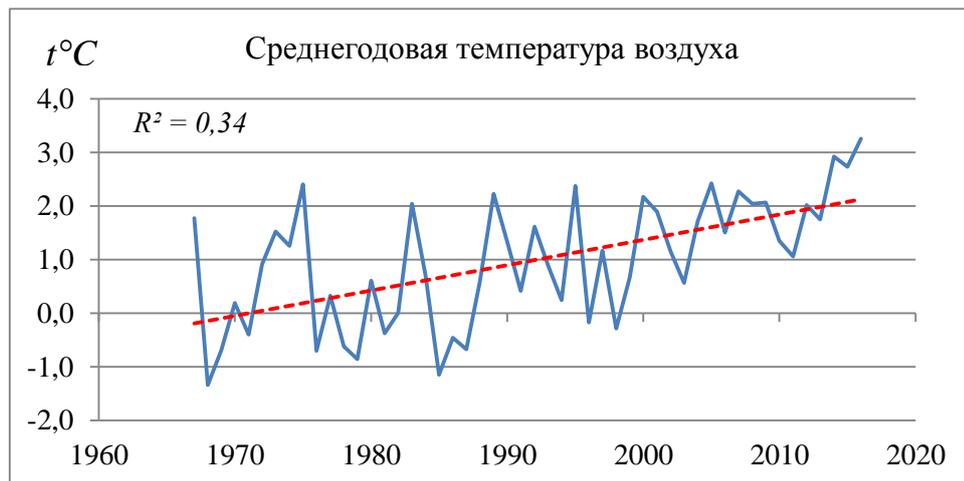


Рисунок 1.3 – Хронологические графики средней температуры воздуха за год, за холодный период и за теплый период; м/с Калевала.

Как видно на рисунках, во всех рядах прослеживается значимый тренд на повышение. Результаты оценки значимости трендов представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Оценка значимости линейных трендов в рядах средних температур воздуха (при $2\alpha = 5\%$)

Метеорологическая станция	Интервал	R	σ_R	$t_{2\alpha}\sigma_R$	Значимость тренда
Калевала	год (I - XII)	0,58	0,136	0,27	+
	холодный период (XI - IV)	0,42	0,142	0,28	+
	теплый период (V - X)	0,59	0,132	0,27	+
Медвежьегорск	год (I – XII)	0,62	0,134	0,27	+
	холодный период (XI – III)	0,37	0,143	0,29	+
	теплый период (IV – X)	0,58	0,136	0,27	+
Олонец	год (I – XII)	0,56	0,137	0,27	+
	холодный период (XI – III)	0,39	0,143	0,29	+
	теплый период (IV – X)	0,58	0,136	0,27	+
Пудож	год (I – XII)	0,50	0,140	0,28	+
	холодный период (XI – III)	0,35	0,143	0,29	+
	теплый период (IV – X)	0,52	0,139	0,28	+

Примечание: «+» – тренд значим.

Для выявления примерной даты изменения климата строились интегральные кривые среднегодовых температур воздуха. Так как среднегодовые температуры воздуха в отдельные годы были отрицательными – строилась зависимости вида $\Sigma(t_i - t_{\min}) = f(T)$, где t_i – среднегодовая температура воздуха в i -том году; t_{\min} – абсолютный наблюдаемый минимум среднегодовой температуры воздуха; T – время (годы).

Графики интегральных кривых представлены на рисунке 1.4 и в Приложении В. Как видно на рисунках, период потепления начался в конце 80-х годов XX века и продолжается по настоящее время.

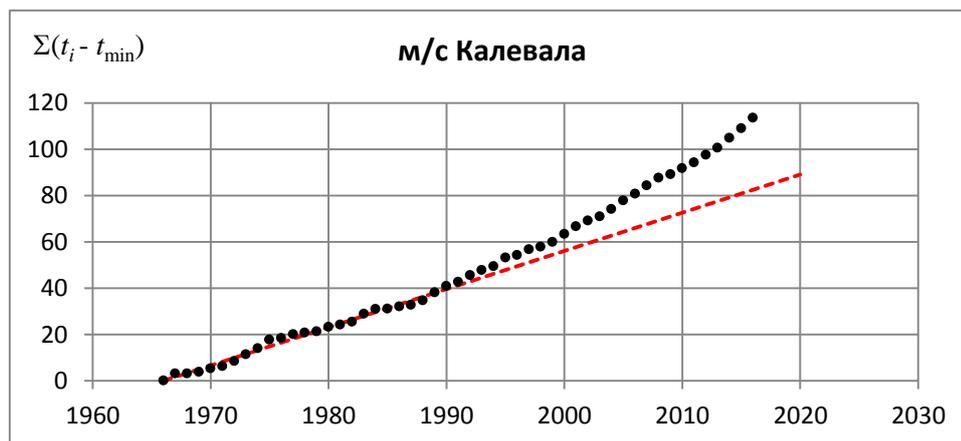


Рисунок 1.4 – Интегральная кривая среднегодовых температур воздуха; м/с Калевала.

1.2.3 Осадки

На рисунке 1.5 и в Приложении Г показаны графики средних многолетних сумм месячных осадков по 4-м метеостанциям.

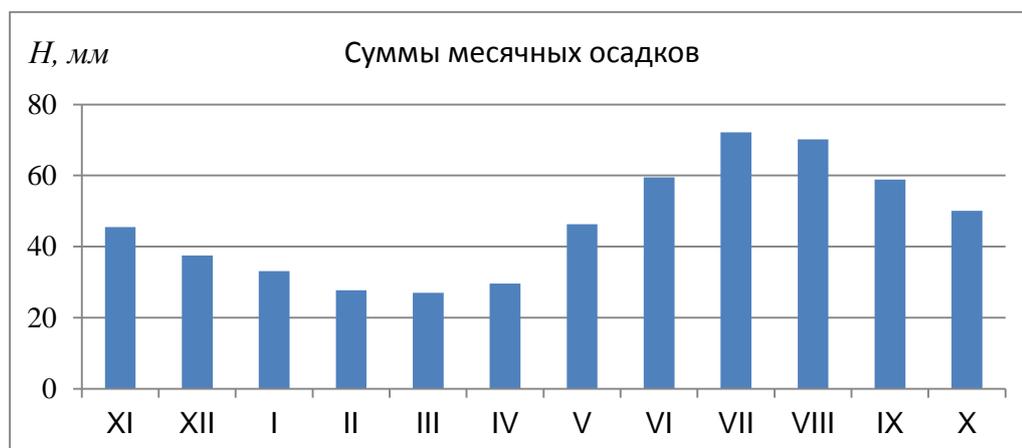


Рисунок 1.5 – Средние многолетние суммы месячных осадков; м/с Калевала.

Как видно на рисунках, за теплый период года (с мая по октябрь) выпадает 63-64% годовых осадков. Наименьшее количество осадков выпадает в период с февраля по апрель.

Для оценки изменения климата были построены хронологические графики сумм осадков за год, за теплый и холодный периоды года (рисунок 1.6, Приложение Д).

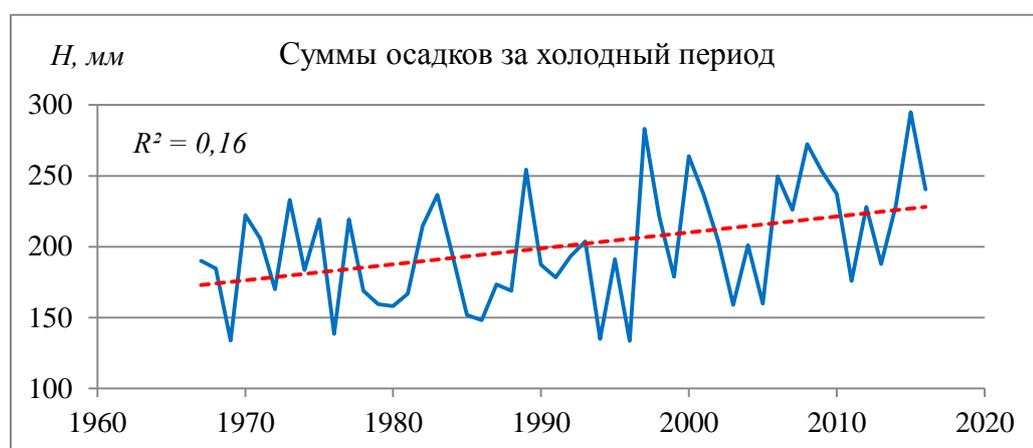
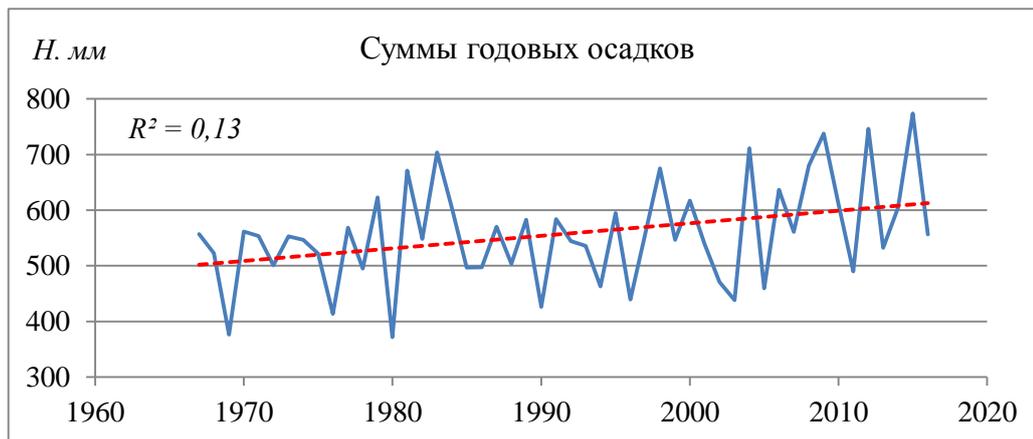


Рисунок 1.6 – Хронологические графики сумм осадков за год, холодный период и теплый период; м/с Калевала.

Оценка значимости трендов в рядах осадков представлена в таблице 1.2. Как видно из таблицы, по всем метеостанциям наблюдается значимый тренд на повышение в рядах годовых сумм осадков и сумм осадков за холодный период года. В рядах сумм осадков за теплый период года значимые тренды отсутствуют.

Таблица 1.2 – Оценка значимости линейных трендов в рядах сумм осадков (при $2\alpha = 5\%$)

Метеорологическая станция	Интервал	R	σ_R	$t_{2\alpha}\sigma_R$	Значимость тренда
Калевала	год (I - XII)	0,36	0,143	0,29	+
	холодный период (XI - IV)	0,40	0,142	0,28	+
	теплый период (V - X)	0,23	0,144	0,29	-
Медвежьегорск	год (I - XII)	0,33	0,143	0,29	+
	холодный период (XI - III)	0,33	0,143	0,29	+
	теплый период (IV - X)	0,22	0,144	0,29	-
Олонец	год (I - XII)	0,29	0,144	0,29	+
	холодный период (XI - III)	0,36	0,143	0,29	+
	теплый период (IV - X)	0,16	0,144	0,29	-
Пудож	год (I - XII)	0,33	0,143	0,29	+
	холодный период (XI - III)	0,37	0,143	0,29	+
	теплый период (IV - X)	0,16	0,144	0,29	-

Примечание: «+» – тренд значим.

Для выявления примерной даты изменения климатических условий строились разностные интегральные кривые годовых сумм осадков (рисунок 1.7, Приложение Е).

Как видно на рисунках, более влажный период начался в 2003-2006 годах и продолжается до настоящего времени. По сравнению с периодом 1967-1991 гг. в период с 1992 по 2016 год норма осадков выросла по отдельным метеостанциям на 5-10%.

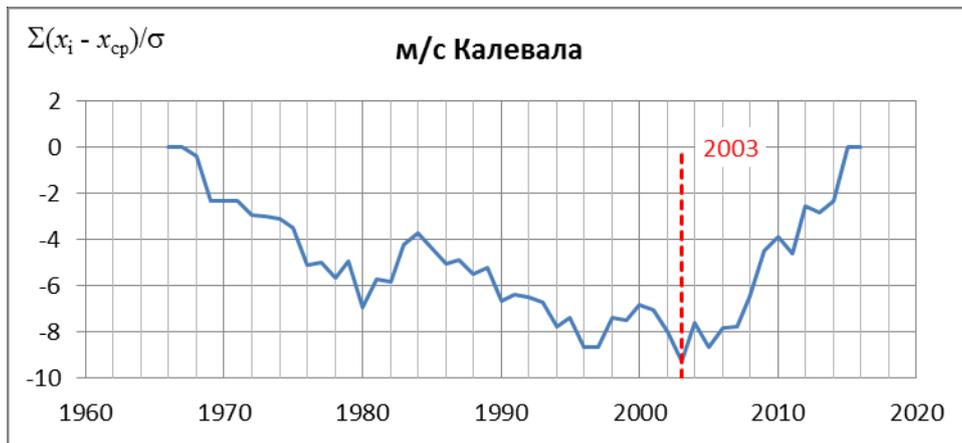


Рисунок 1.7 – Разностная интегральная кривая годовых сумм осадков; м/с Калевала.

2 ВОДНЫЙ РЕЖИМ РЕК

Реки Карелии имеют смешанное питание с преобладанием снегового. В годовом ходе уровня воды чётко выражены четыре фазы: весеннее половодье, летняя межень, осенне-зимний период и зимняя межень. Эти фазы более чётко выражены на реках с малой озёрностью. На реках с большим процентом озёрности и в истоках из озёр гидрографы имеют более сглаженный вид. На этих реках наблюдается сравнительно невысокое растянутое весеннее половодье и нечётко выраженные дождевые паводки.

Для наглядности построены совмещенные гидрографы стока по двум рекам: р. Сяньга – д. Чуралахта с процентом озёрности 23% и р. Ивина – пгт Ладва – озёрность 1%.

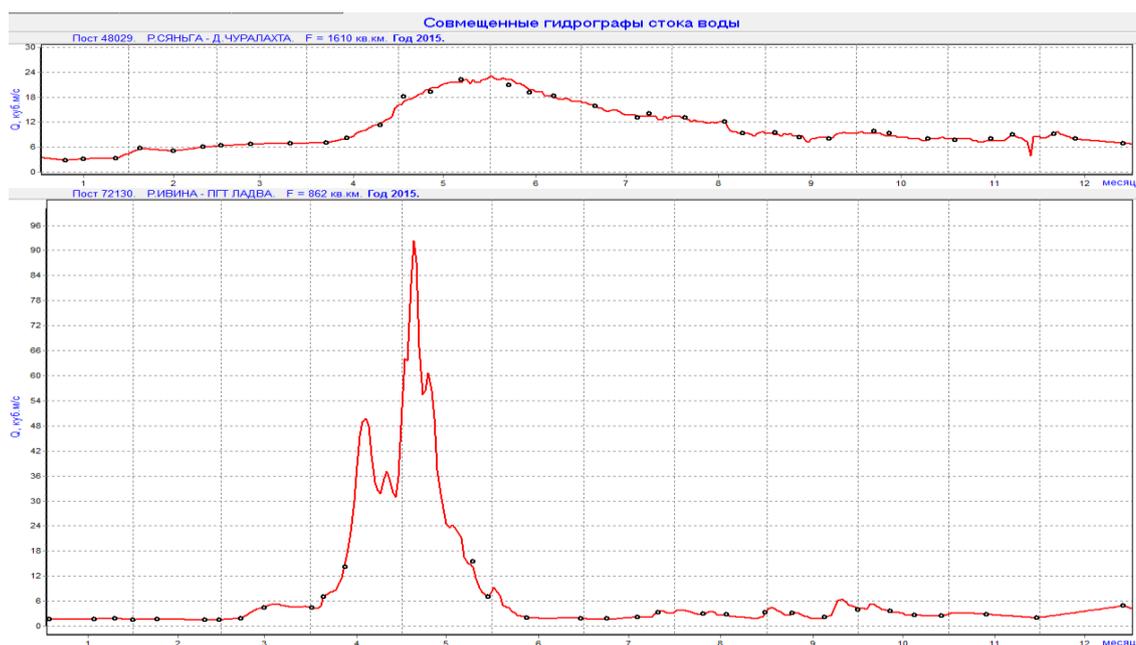


Рисунок 2.1 - Совмещенные гидрографы стока.

Распределение весеннего, дождевого и грунтового стока находится в прямой зависимости от физико-географических факторов: рельефа, характера почво-грунтов, озёрности водосборов и расположения озёр по длине реки.

Для рек с большим процентом озёрности водосборов и для участков рек, расположенных у истоков из больших озёр, отделить долю грунтового стока от озёрных вод, аккумулированных озёрами в предшествующий тёплый период, не представляется возможным. Поэтому для таких рек величина грунтового и озёрного питания приводится суммарная.

Весеннее половодье является наиболее многоводной фазой и составляет 40-50% годового стока. Весеннее половодье, в основном, имеет один пик, исключением являются годы, когда наблюдается возврат холода, приводящий к временному снижению интенсивности снеготаяния и спаду уровней воды с последующим повышением. На отдельных участках шугоносных рек почти ежегодно наблюдается два пика: первый в результате промыва шуги на вышележащих участках, второй – от снеготаяния. В последние годы наблюдается от двух до четырех пиков половодья, обусловленные выпадающими осадками, которые, накладываясь на спад весеннего половодья, вызывают повышение уровня воды.

Подъёмы уровня воды от снеготаяния начинаются в среднем: на севере рассматриваемой территории в третьей декаде апреля, на юге – во второй декаде апреля; в ранние весны: на севере – в первой декаде апреля, на юге – в третьей декаде марта. Для весеннего половодья на реках Карелии характерен сначала медленный подъём уровня, 5-15 см/сутки, затем интенсивность возрастает до 30-60 см/сутки. Подъём уровня воды в истоках и на небольших реках обычно проходит за 13-18 дней, а на более крупных реках и реках с большим процентом озёрности – за 20-35 дней. Наивысших уровней половодья достигает в первой декаде мая, на больших реках и на реках, вытекающих из озёр, - 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 раза дольше, чем подъём. Общая продолжительность весеннего половодья в среднем 40-100 дней.

Летняя межень на большинстве рек Карелии начинается с конца спада весеннего половодья и нарушается дождевыми паводками. Чётко летняя межень выделяется только на реках с процентом озёрности до 5%, где дождевые паводки чётко выражены. В отдельные годы подъёмы от дождей по своей величине достигают, а иногда и превышают высшие уровни весеннего половодья. Низшие уровни воды летней межени отмечаются в августе-сентябре.

На некоторых реках рассматриваемой территории в вегетационный период наблюдается зарастание русла водной растительностью, вызывающее подпор уровня воды.

Осенне-зимний период в основном начинается в конце сентября – начале октября подъёмом уровня воды от дождей. На многих реках с появлением ледовых явлений образуются зажоры. В отдельные годы подъёмы уровня воды от зажоров достигают и даже превышают уровни весеннего половодья. На некоторых реках зажоры наблюдаются всю зиму.

На участках рек, расположенных вблизи истоков из озёр, в осенне-зимний период наблюдается изъятие стока на ледообразование (рр. Сяньга, Шуя (Онежская)).

Зимней межени свойственен медленный спад уровней, характеризующий иссяканием стока. В некоторые годы плавный ход уровня воды нарушается незначительными подъёмами от оттепелей и зажоров. Продолжительность зимней межени для большинства рек рассматриваемой территории 130-150 дней. Низшие зимние уровни обычно наблюдаются в конце марта – начале апреля и являются низшими за год.

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

3 ОЦЕНКА ОДНОРОДНОСТИ И СТАЦИОНАРНОСТИ РЯДОВ МАКСИМАЛЬНОГО ВЕСЕННЕГО СТОКА

3.1 Исходные данные

В качестве исходных данных использовались ряды максимальных расходов и слоев весеннего половодья по 59 постам рек Карелии. Сведения о продолжительности рядов наблюдений приведены в таблице 3.1. Использовались посты с диапазоном площадей водосборов от 41,0 до 12000 км², сводные данные по ним приведены в таблице 3.2.

Схема расположения гидрометрических постов представлена на рисунке 3.1.

Таблица 3.1 – Распределение постов по продолжительности рядов наблюдений

Продолжительность рядов, лет	$n < 30$	$30 < n \leq 40$	$40 < n \leq 50$	$50 < n \leq 60$	$n > 60$	всего
Количество лет, ряды максимальных расходов	3	9	10	22	15	59
Количество лет, ряды слоев весеннего половодья	3	9	10	22	15	59

Таблица 3.2 – Распределение постов по градациям площадей водосборов

Диапазон площадей водосборов, км ²	$A \leq 200$	$200 < A \leq 1000$	$1000 < A \leq 5000$	$5000 < A \leq 10000$	$10000 < A$
Количество	11	28	16	3	1

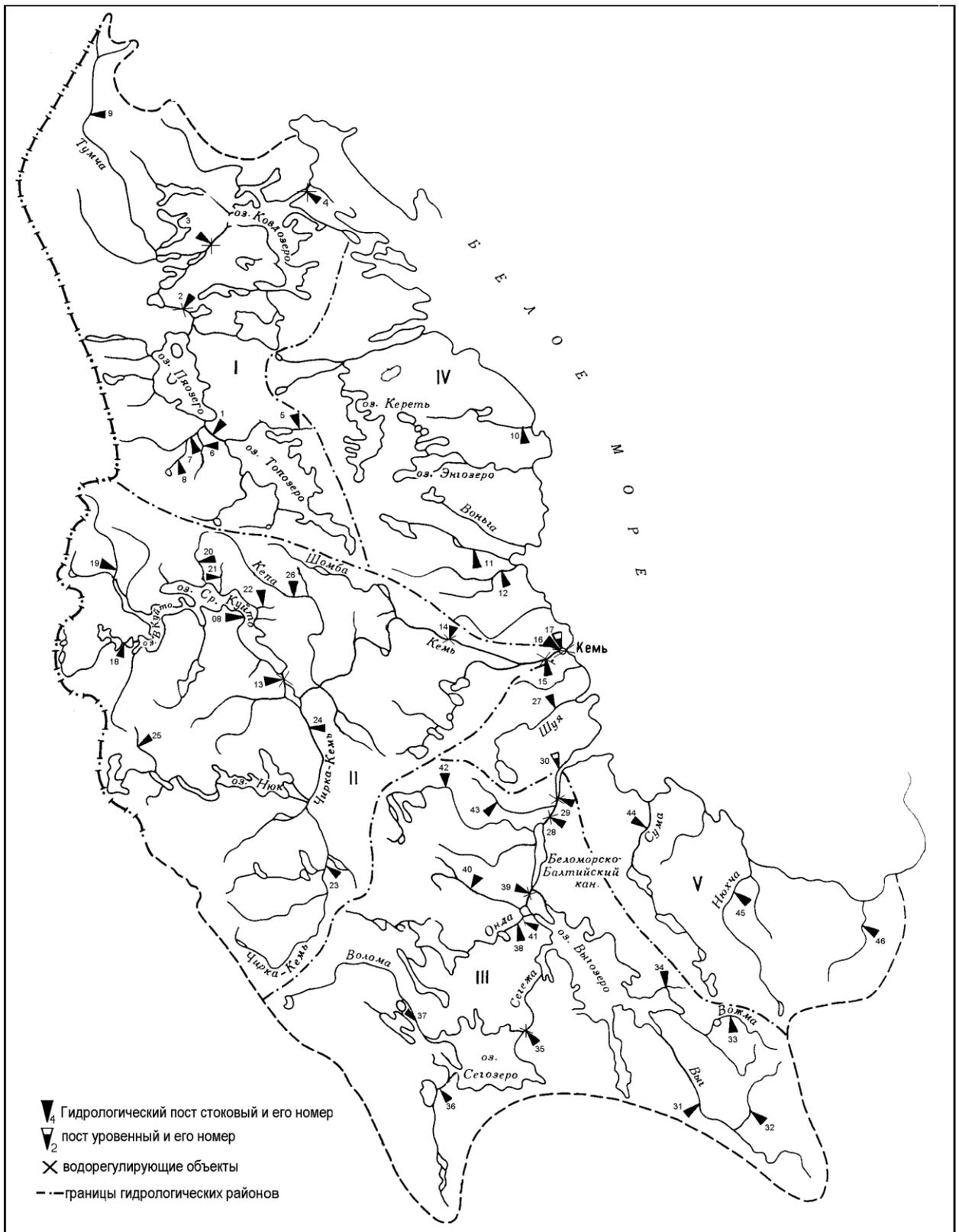


Рисунок 3.1 – Схема гидрографической сети рек Карелии бассейн Белого моря.

3.2 Проверка рядов на однородность

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

Критерий Фишера позволяет оценить однородность ряда по дисперсии. Эмпирическое значение Статистика Фишера рассчитывалось по формуле:

$$F^* = \frac{D_1^*}{D_2^*} \quad (3.1)$$

где D_1^* и D_2^* – дисперсии по первой и второй частям анализируемого ряда, при этом в качестве первой дисперсии обычно рассматривают ту, которая больше ($D_1^* > D_2^*$).

Критическое значение статистики Фишера определялось по таблицам, опубликованным в [9], в зависимости от числа степеней свободы $\nu_1 = n_1 - 1$, $\nu_2 = n_2 - 1$ при уровне значимости $2\alpha = 5\%$ (n_1 и n_2 – длина первой и второй частей ряда).

Гипотеза об однородности рядов не опровергалась, если выполнялось условие:

$$F^* < F_{2\alpha}, \quad (3.2)$$

Критерий Стьюдента позволяет оценить однородность ряда по среднему значению. Эмпирическое значение Статистика Стьюдента рассчитывалось по формуле:

$$t^* = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S} \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}}, \quad (3.3.)$$

где \bar{x}_1, \bar{x}_2 – средние значения по первой и второй частям анализируемого ряда;

σ_1, σ_2 – среднеквадратические отклонения по первой и второй частям ряда;

S – среднеквадратическое отклонение разности $(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)$, определяе-

мое по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}, \quad (3.4)$$

Критическое значение статистики Стьюдента определялось по таблицам, опубликованным в [9], в зависимости от числа степеней свободы $\nu = n_1 + n_2 - 2$ при уровне значимости $2\alpha = 5\%$.

Гипотеза об однородности рядов не опровергалась, если выполнялось условие:

$$|t^*| < t_{2\alpha}, \quad (3.5)$$

Результаты проверки рядов на однородность представлены в приложении Ж, З. Сводные данные по проверке рядов на однородность приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Результаты проверки на однородность рядов максимальных расходов и слоев стока за половодье рек Карелии

Вид стока	Общее число случаев	Число случаев опровержения гипотезы об однородности			
		по критерию Фишера		по критерию Стьюдента	
		абсолютное	относительное, %	абсолютное	относительное, %
Максимальные расходы весеннего половодья	59	8	13,6	9	15,3
Слои стока за половодье	59	3	5,1	7	11,9

Как видно из таблицы, гипотеза об однородности рядов расходов половодья опровергается в 13,6% случаев по критерию Фишера и в 15,3% случаев по критерию Стьюдента, и, следовательно, большинство рядов расходов половодья для рек Карелии являются однородными.

Гипотеза об однородности рядов слоя половодья опровергается в 5,1% случаев по критерию Фишера и 11,9% по критерию Стьюдента, и, следова-

тельно, можно считать, что ряды слоя половодья для рек Карелии являются однородными.

3.3 Оценка временных трендов

Оценка линейных трендов проводилась для рядов максимальных расходов и слоев весеннего половодья.

Для оценки линейных трендов использовался критерий значимости выборочного коэффициента корреляции (R) для зависимости $Q_{\max} = f(t)$. Гипотеза об отсутствии тренда не опровергалась, если выполнялось условие

$$|R| < t_{2\alpha} \sigma_R \quad (3.6)$$

где $t_{2\alpha}$ - теоретическое значение статистики Стьюдента при уровне значимости $2\alpha = 5\%$;

σ_R - стандартная ошибка коэффициента корреляции, определяемая по формуле:

$$\sigma_r = \frac{\sqrt{1-r^2}}{\sqrt{n-2}} \quad (3.7)$$

Результаты проверки представлены в приложениях И, К. Сводные данные по проверке рядов на значимость линейных трендов приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Результаты оценки значимости линейных трендов рядов максимальных расходов и слоев стока весеннего половодья рек Карелии

Вид стока	Общее число случаев	Число случаев со значимостью тренда	
		абсолютное	относительное, %
Максимальные расходы весеннего половодья	59	8	13,6
Слой стока за половодье	59	9	15,3

Как видно из таблицы, число рядов со значимыми трендами для рядов максимальных расходов воды 13,6%, для рядов слоя половодья 15,3% . Проведенный анализ показал, что выявленные тренды связаны с антропогенной деятельностью. Следовательно, можно считать, что большинство рядов расходов и слоев весеннего половодья для рек Карелии являются однородными и стационарными.

4 РАСЧЕТ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ И СЛОЕВ ВЕСЕННОГО ПОЛОВОДЬЯ В ПУНКТАХ НАБЛЮДЕНИЙ ГИДРОМЕТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

4.1 Оценка основных статистических характеристик и их погрешностей

Расчет основных статистических характеристик рядов максимальных расходов и рядов слоя весеннего половодья рек Карелии выполнялся методом моментов, для построения эмпирических и аналитических кривых обеспеченностей максимальных расходов весеннего половодья и слоёв стока весеннего половодья различной вероятности ежегодного превышения использовались кривые Крицкого-Менкеля и Пирсона III типа.

Среднее значение ряда максимальных расходов весеннего половодья определялось по формуле:

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n} \quad (4.1)$$

Среднее значение ряда слоя весеннего половодья определялось по формуле:

$$\bar{h} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n} \quad (4.2)$$

Коэффициент вариации:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n - 1}} \quad (4.3)$$

где k_i - модульный коэффициент, который определяется по формуле:

для максимальных расходов весеннего половодья:

$$k_i = \frac{Q_i}{\bar{Q}} \quad (4.4)$$

для слоя весеннего половодья:

$$k_i = \frac{h_i}{h} \quad (4.5)$$

Коэффициент асимметрии определялся по формуле:

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3}{(n-1)(n-2)C_v^3} \quad (4.6)$$

Среднеквадратичное отклонение:

для максимальных расходов весеннего половодья:

$$\sigma = C_v \bar{Q} \quad (4.7)$$

для слоя весеннего половодья:

$$\sigma = C_v \bar{h} \quad (4.8)$$

Относительные погрешности рассчитывались по формулам:

для среднего значения:

$$\varepsilon_{\bar{Q}} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} 100\% \quad (4.9)$$

для коэффициента вариации:

$$\varepsilon_{C_v \%} = \frac{1}{n + 4C_v^2} \sqrt{\frac{n(1 + C_v^2)}{2}} 100\% \quad (4.10)$$

Результаты расчета основных статистических характеристик рядов максимальных расходов весеннего половодья и рядов слоя весеннего половодья рек Карелии приведены в таблицах 4.1-4.2.

Таблица 4.1 – Основные статистические характеристики рядов максимальных расходов весеннего половодья рек Карелии

№	Река – створ	Площадь водосбора, км ²	Средний расход, м ³ /с	Коэфф. вариации, C_v	Коэфф. асимметрии, C_s	C_v/C_s	Относительная погрешность, %	
							среднего	C_v
1	р. Большая Велмукса - г. Пудож	139	24,0	0,37	0,49	1,34	5,43	11,0
2	р. Видлица - с. Большие Горы	977	45,6	0,44	0,86	1,96	4,91	8,55
3	р. Водла – г. Пудож	12000	767	0,30	0,20	0,68	3,48	8,49
4	р. Водла – д. Водла	8010	379	0,30	0,31	1,03	4,10	10,0
5	р. Волома – д. Венгигора	1860	84,8	0,35	0,51	1,46	5,29	11,3
6	р. Выг (Верхний) – д. Огорельши	2210	361	0,32	0,13	0,40	4,00	9,29
7	р. Гридина – с. Гридино	540	32,3	0,45	0,86	1,92	6,18	10,6
8	р. Кепа – пос. Кепа	651	24,2	0,35	0,31	0,89	5,76	12,2
9	р. Корпи-йоки - пос. Пяозерский	217	9,95	0,33	0,63	1,93	5,19	11,6
10	р. Лужма – д. Ильина Гора	3480	107	0,32	0,53	1,66	5,59	12,8
11	р. Мегрега – д. Куйтежа	381	48,5	0,34	1,33	3,95	4,08	8,99
12	р. Немина – пос. Немино-3	601	97,3	0,34	0,50	1,47	4,50	9,81
13	р. Новзема – с. Видлица	245	23,9	0,31	0,54	1,77	4,07	9,73
14	р. Нюхча – с. Нюхча	1350	177	0,36	0,52	1,45	4,90	10,1
15	р. Олонка – г. Олонец	2120	212	0,29	0,19	0,65	3,66	9,30
16	р. Олонка – с. Верховье	1090	113	0,35	0,80	2,30	3,99	8,53
17	р. Онигма - пос. Черный Порог	349	29,7	0,39	0,45	1,15	5,06	9,70
18	р. Пяльма – д. Пяльма	908	151	0,35	0,20	0,59	4,39	9,43
19	р. Сума - с. Сумский Посад	1990	59,2	0,35	0,45	1,31	3,80	8,17
20	р. Суна – пгт Поросозеро	3370	80,2	0,30	0,73	2,41	3,38	8,18
21	р. Така – пгт Кестеньга	132	14,3	0,42	0,91	2,17	6,83	12,2

№	Река – створ	Площадь водосбора, км ²	Средний расход, м ³ /с	Коэфф. вариации, C_v	Коэфф. асимметрии, C_s	C_s/C_v	Относительная погрешность, %	
							среднего	C_v
22	р. Тукса – с. Тукса	142	15,6	0,34	0,56	1,64	5,11	11,0
23	р. Тулема-йоки - пгт Салми	1700	168	0,41	0,86	2,07	5,43	9,93
24	р. Уксун-йоки - д. Ууксу	1080	59,9	0,34	0,61	1,78	4,71	10,2
25	р. Ундужа – д. Вожмогора	81,0	15,7	0,54	1,65	3,05	7,56	11,0
26	р. Уница – с. Уница	340	45,0	0,41	1,42	3,49	5,03	9,37
27	р. Ухта – пгт Калевала	361	30,6	0,39	0,65	1,67	4,94	9,54
28	р. Чирко-Кемь - с. Андропова Гора	2730	104	0,30	0,24	0,79	4,25	10,3
29	р. Шелтозерка - с. Шелтозеро	64,6	9,34	0,26	-0,13	-0,50	3,90	10,7
30	р. Шуя – с. Шуерецкое	934	113	0,42	0,84	1,99	4,75	8,56
31	р. Эня-йоки – д. Ряймяля	450	43,4	0,33	0,62	1,89	4,52	10,2
32	р. Юуван-йоки - пгт Вярсиля	270	27,8	0,38	0,75	2,00	6,66	13,1

Таблица 4.2 – Основные статистические характеристики рядов слоев весеннего половодья рек Карелии

№	Река – створ	Площадь водосбора, км ²	Средний слой, мм	Коэфф. вариации, C_v	Коэфф. асимметрии, C_s	C_s/C_v	Относительная погрешность, %	
							среднего	C_v
1	р. Большая Велмукса - г. Пудож	139	233	0,26	0,58	2,23	3,85	10,7
2	р. Видлица - с. Большие Горы	977	126	0,43	0,76	1,78	4,78	8,52
3	р. Водла – г. Пудож	12000	142	0,35	0,13	0,37	4,04	8,65
4	р. Водла – д. Водла	8010	112	0,47	0,26	0,55	6,36	10,5
5	р. Волома – д. Венгигора	1860	127	0,28	-0,02	-0,09	4,25	11,1
6	р. Выг (Верхний) – д. Огорельши	2210	193	0,26	-0,26	-0,99	3,25	9,16
7	р. Гридина –	540	133	0,37	0,17	0,45	5,12	10,3

№	Река – створ	Площадь водо- сбора, км ²	Сред- ний слой, мм	Коэфф. вариа- ции, C_v	Коэфф. асиммет- рии, C_s	C_s/C_v	Относительная погрешность, %	
							сред- него	C_v
	с. Гридино							
8	р. Кепа – пос. Кепа	651	145	0,30	-0,47	-1,60	4,87	12,0
9	р. Корпи-йоки - пос. Пяозерский	217	129	0,35	0,09	0,26	5,59	11,7
10	р.Лужма – д. Ильина Гора	3480	142	0,27	0,11	0,39	4,66	12,6
11	р. Мегрега – д. Куйтежа	381	198	0,28	0,38	1,32	3,44	8,87
12	р. Немина – пос. Немино-3	601	214	0,29	0,31	1,05	3,88	9,70
13	р. Новзема – с. Видлица	245	195	0,30	0,65	2,17	3,96	9,72
14	р. Нюхча – с. Нюхча	1350	164	0,30	0,27	0,89	4,12	10,0
15	р. Олонка – г. Олонец	2120	198	0,27	0,14	0,53	3,41	9,26
16	р. Олонка – с. Верховье	1090	189	0,30	0,43	1,41	3,50	8,44
17	р. Онигма - пос. Черный Порог	349	136	0,34	0,57	1,70	4,35	9,56
18	р. Пяльма – д. Пяльма	908	215	0,28	0,20	0,72	3,58	9,28
19	р. Сума - с. Сум- ский Посад	1990	137	0,33	0,09	0,27	3,66	8,14
20	р. Суна – пгт Поросозеро	3370	147	0,30	0,20	0,66	8,30	8,16
21	р. Така – пгт Кестеньга	132	176	0,25	-0,24	-0,95	4,11	11,8
22	р. Тукса – с. Тукса	142	186	0,34	0,86	2,54	5,02	11,0
23	р. Тулема-йоки - пгт Салми	1700	187	0,33	0,36	1,09	4,33	9,70
24	р. Уксун-йоки - д. Уксу	1080	167	0,32	0,79	2,47	4,42	10,1
25	р. Ундужа – д. Вожмогора	81,0	178	0,29	-0,01	-0,03	4,09	10,2
26	р. Уница – с. Уница	340	191	0,29	0,16	0,54	3,57	9,08
27	р. Ухта – пгт Калевала	361	146	0,28	0,47	1,69	3,55	9,28
28	р. Чирко-Кемь - с. Андропова Гора	2730	140	0,32	0,15	0,49	4,47	10,3
29	р. Шелтозерка -	64,6	199	0,27	0,36	1,33	4,01	10,7

№	Река – створ	Площадь водосбора, км ²	Средний слой, мм	Коэфф. вариации, C_v	Коэфф. асимметрии, C_s	C_s/C_v	Относительная погрешность, %	
							среднего	C_v
	с. Шелтозеро							
30	р. Шуя – с. Шуерецкое	934	146	0,33	0,46	1,39	3,75	8,34
31	р. Эня-йоки – д. Ряймяля	450	180	0,30	0,54	1,77	4,21	10,2
32	р. Юуван-йоки пгт Вяртсиля	270	191	0,31	0,17	0,54	5,49	12,9

Как видно из таблиц относительные погрешности в рядах максимальных расходов весеннего половодья для среднего значения находятся в интервале от 3,4% до 7,6%. Относительные погрешности коэффициента вариации колеблются в интервале от 8,2% до 13,1%.

Относительные погрешности в рядах слоя весеннего половодья для среднего значения находятся в интервале от 3,3% до 8,3%, для коэффициента вариации – от 8,1% до 12,9%.

Так как во всех случаях погрешности расчета числовых характеристик не превышают допустимых значений, расчет можно считать надежным.

Значения коэффициентов вариации для рек Карелии относительно не велики. Для максимальных расходов C_v меняется от 0,26 до 0,54 и в среднем равно 0,36. Для слоев половодья диапазон изменения C_v от 0,25 до 0,47 при среднем 0,31.

Соотношение C_s/C_v для максимальных расходов преимущественно равно 1,5-2,0, для слоев половодья 1,0-1,5.

4.2 Расчет максимальных расходов и слоев весеннего половодья различной обеспеченности

С использованием полученных статистических параметров были построены эмпирические и аналитические кривые обеспеченностей и рассчита-

ны максимальные расходы и слои половодья различной обеспеченности. Расчет выполнен с использованием программы HydroStatCalc. Результаты выполненных расчетов представлены в приложении Л, М.

Примеры кривых обеспеченностей максимальных расходов и слоев половодья показаны на рисунках 4.1, 4.2 и в приложении Н.

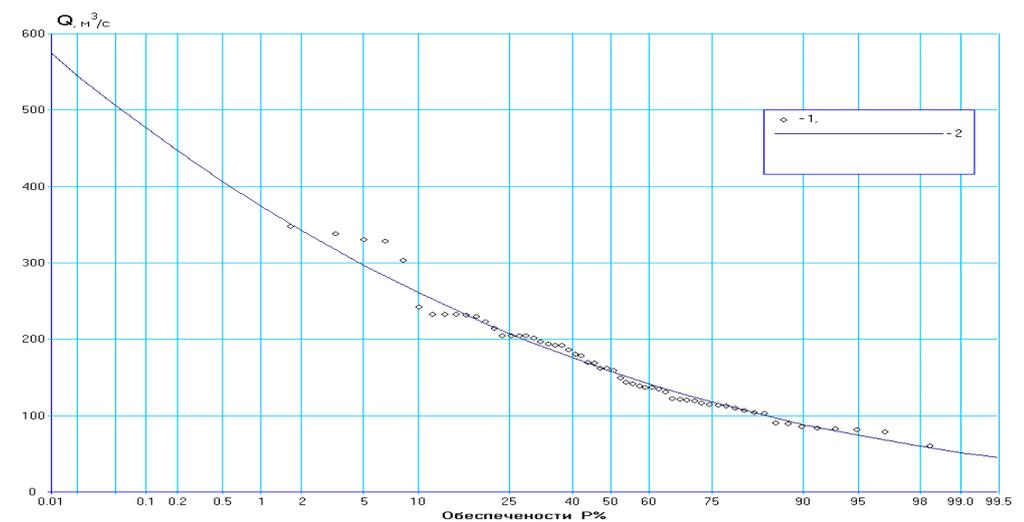


Рисунок 4.1 - Эмпирическая и аналитическая кривые обеспеченностей максимальных расходов весеннего половодья; р. Тулема-йоки – пгт Салми.

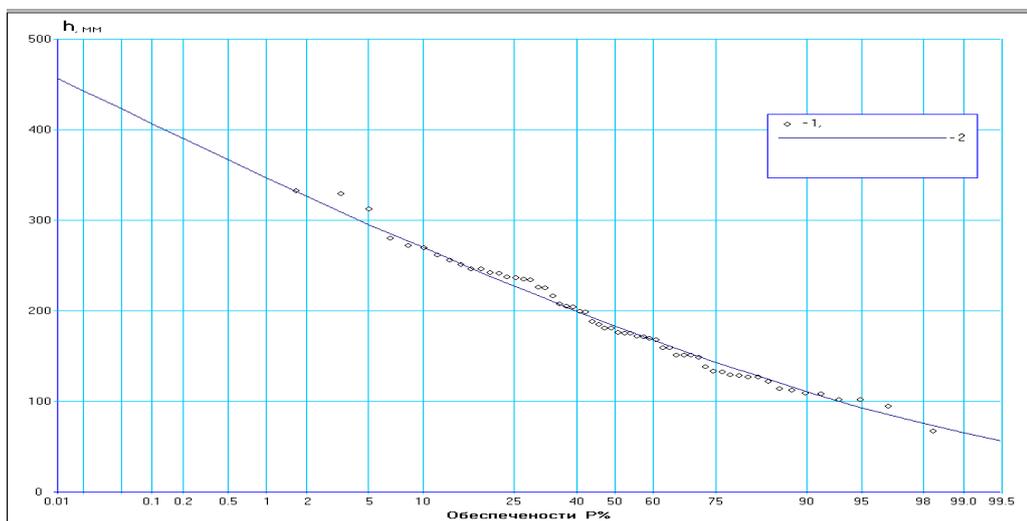


Рисунок 4.2 - Эмпирическая и аналитическая кривые обеспеченностей максимальных расходов весеннего половодья; р. Тулема-йоки – пгт Салми.

5 РАСЧЕТ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ ПРИ ОТСУТСТВИИ ДАННЫХ ГИДРОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ

В соответствии с СП 33-101-2003 [16] расчет максимальных расходов весеннего половодья $Q_{P\%}$ ($\text{м}^3/\text{с}$) заданной ежегодной вероятностью превышения $P\%$ при отсутствии данных гидрометрических наблюдений производится по формуле:

$$Q_{P\%} = K_0 h_{P\%} \mu \delta \delta_1 \delta_2 A / (A + A_1)^n \quad (5.1)$$

- где K_0 – параметр, характеризующий дружность весеннего половодья; рассчитывают как среднее из значений, определенных по данным нескольких рек-аналогов обратным путем из формулы (5.1);
- $h_{P\%}$ – расчетный слой суммарного весеннего стока (без срезки грунтового питания), мм, ежегодной вероятности превышения $P\%$; определяют в зависимости от коэффициента вариации C_v и отношения C_s/C_v , а также среднего многолетнего слоя стока h_0 ;
- μ – коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров кривых распределения слоев стока и максимальных расходов воды;
- $\delta, \delta_1, \delta_2$ – коэффициенты, учитывающие влияние водохранилищ, прудов и проточных озер (δ), залесенности (δ_1) и заболоченности речных водосборов (δ_2) на максимальные расходы воды;
- A – площадь водосбора исследуемой реки до расчетного створа, км^2 ;
- A_1 – дополнительная площадь, учитывающая снижение интенсивности редукции модуля максимального стока с уменьшением площади водосбора, км^2 ;
- n – показатель степени редукции.

Коэффициент δ , учитывающий снижение максимального расхода воды весеннего половодья на реках, зарегулированных проточными озерами, определяется по формуле:

$$\delta = 1/(1 + C A_{оз}) \quad (5.2)$$

где C – коэффициент, принимаемый равным 0,2 для лесной и лесостепной зон и 0,4 для степной зоны.

Коэффициент δ_1 , учитывающий снижение максимальных расходов воды в залесенных бассейнах, определяется по формуле:

$$\delta_1 = \alpha / (A_l + 1)^{n'} \quad (5.3)$$

где n' – коэффициент редукации; устанавливаются по зависимости $q_{\max} = f(A_l)$ с учетом преобладающих на водосборе почвогрунтов;

α – коэффициент, учитывающий расположение леса на водосборе (в верхней или нижней части водосбора), а также природную зону (лесная или лесостепная).

Коэффициент δ_2 , учитывающий снижение максимальных расходов воды с заболоченных водосборов, определяется по формуле:

$$\delta_2 = 1 - \beta \lg(0,1A_б + 1) \quad (5.4)$$

где β – коэффициент, определяемый в зависимости от типа болот и механического состава почвогрунтов вокруг болот и заболоченных земель (со слоем торфа не менее 30 см);

$A_б$ – относительная площадь болот, заболоченных лесов и лугов в бассейне реки, %.

При заболоченности менее 3% или проточной средневзвешенной озерности более 6% коэффициент δ_2 принимают равным единице.

Для горных рек коэффициенты δ_1 и δ_2 равны единице.

Для уточнения районных параметров редукационной формулы были использованы результаты расчетов, выполненных в разделе 4.

5.1 Оценка районного показателя редукции

Для построения районной редуционной зависимости были использованы данные по 32 постам. Исходные данные для построения редуционной зависимости приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Исходные данные для построения редуционной зависимости

Река – пункт	$A, \text{ км}^2$	$q_{1\%}$ л/с км ²	$h_{1\%}$ мм	$q_{1\%}/h_{1\%}$	$\lg(A+1)$	$\lg(q_{1\%}/h_{1\%})$
р. Большая Велмуksa – г. Пудож	139	343	403	0,852	2,15	-0,07
р. Видлица – с. Большие Горы	977	107	280	0,384	2,99	-0,42
р. Водла – г. Пудож	12000	112	260	0,430	4,08	-0,37
р. Водла – д. Водла	8010	84	238	0,353	3,90	-0,45
р. Волома – д. Венгигора	1860	88	208	0,424	3,27	-0,37
р. Выг (Верхний) – д. Огорельши	2210	290	299	0,972	3,34	-0,01
р. Гридина – с. Гридино	540	139	251	0,554	2,73	-0,26
р. Кепа – пос. Кепа	651	76	249	0,307	2,81	-0,51
р. Корпи-йоки – пос. Пяозерский	217	88	236	0,373	2,34	-0,43
р. Лужма – д. Ильина Гора	3480	58	235	0,246	3,54	-0,61
р. Мегрега – д. Куйтежа	381	268	344	0,778	2,58	-0,11
р. Немина – пос. Немино-3	601	309	344	0,900	2,78	-0,05
р. Новзема – с. Видлица	245	179	360	0,498	2,39	-0,30
р. Нюхча – с. Нюхча	1350	258	290	0,889	3,13	-0,05
р. Олонка – г. Олонец	2120	172	328	0,523	3,33	-0,28
р. Олонка – с. Верховье	1090	209	341	0,613	3,04	-0,21
р. Онигма – пос. Чёрный Порог	349	173	262	0,659	2,54	-0,18
р. Пяльма – д. Пяльма	908	309	367	0,843	2,96	-0,07
р. Сума – с. Сумский Посад	1990	57	248	0,231	3,30	-0,64
р. Суна – пгт Поросозеро	3370	45	256	0,174	3,53	-0,76
р. Така – пгт Кестеньга	132	248	273	0,910	2,12	-0,04
р. Тукса – с. Тукса	142	213	372	0,574	2,16	-0,24
р. Тулема-йоки – пгт Салми	1700	221	347	0,636	3,23	-0,20
р. Уксун-йоки – д. Уксу	1080	108	325	0,333	3,03	-0,48
р. Ундужа – д. Вожмогора	81	572	299	1,912	1,91	0,28
р. Уница – с. Уница	340	315	325	0,968	2,53	-0,01
р. Ухта – пгт Калевала	361	177	255	0,694	2,56	-0,16
р. Чирко-Кемь – с. Андропова Гора	2730	67	250	0,270	3,44	-0,57
р. Шелтозерка – с. Шелтозеро	64,6	229	341	0,672	1,82	-0,17

Река – пункт	A, км ²	q _{1%} л/с км ²	h _{1%} мм	q _{1%} /h _{1%}	lg(A+1)	lg(q _{1%} /h _{1%})
р. Шуя – с. Шуерецкое	934	272	276	0,985	2,97	-0,01
р. Эня-йоки – д. Ряймяля	450	184	329	0,561	2,65	-0,25
р. Юуван-йоки – пгт Вяртсиля	270	217	339	0,640	2,43	-0,19

По данным таблицы 5.1 построен график зависимости $lg(q_{1\%}/h_{1\%}) = f[lg(A+1)]$ (рисунок 5.1). Показатель степени редукции составляет 0,22.

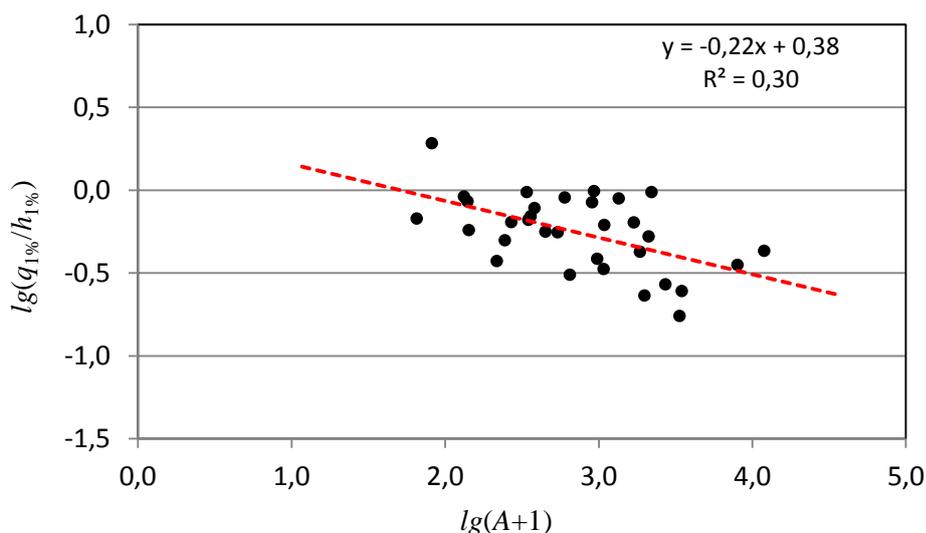


Рисунок 5.1 – Районная редукционная зависимость для рек Карелии.

Полученные результаты сравнивались, с данными, представленными в монографии «Ресурсы поверхностных вод» и СНиП 2.01.14-83, таблица 5.2.

Таблица 5.2 – Сравнение результатов расчетов

Источник данных	Территориальный охват	Показатель степени редукции, n
«Ресурсы поверхностных вод»	вся рассматриваемая территория	0,17
СНиП 2.01.14-83	вся рассматриваемая территория	0,17
Результаты расчетов	вся рассматриваемая территория	0,22

Учитывая, что в работе использовались данные по гидрологическим постам за более продолжительный период времени (до 2015 г.), чем в моно-

графии «Ресурсы поверхностных вод» и СНиП 2.01.14-83, результаты расчетов, представленные в данной работе, следует считать более надежными.

5.2 Расчет переходных коэффициентов μ

Расчет переходных коэффициентов μ ежегодной вероятностью превышения $P\%$ выполнен по формуле:

$$\mu_{P\%} = \frac{q_{P\%} h_{1\%}}{h_{P\%} q_{1\%}} \quad (5.2.1)$$

Результаты расчетов приведены в таблице 5.3. Осредненные величины переходных коэффициентов μ по гидрологическим районам приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.3 – Расчет переходных коэффициентов μ ежегодной вероятностью превышения $P\%$ для рек Карелии

Река – створ	Обеспеченность, $P\%$						
	0,1	1	2	5	10	25	50
р. Большая Велмуksa – г. Пудож	1,01	1,00	0,99	0,98	0,97	0,93	0,86
р. Видлица – с. Большие Горы	1,02	1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96
р. Водла – г. Пудож	1,00	1,00	0,99	1,00	1,00	1,02	1,04
р. Водла – д. Водла	1,01	1,00	1,00	1,01	1,04	1,09	1,21
р. Волома – д. Венгигора	1,07	1,00	0,98	0,95	0,91	0,87	0,82
р. Выг (Верхний) – д. Огорельши	1,05	1,00	0,98	0,95	0,93	0,89	0,86
р. Гридина – с. Гридино	1,11	1,00	0,96	0,91	0,87	0,81	0,77
р. Кепа – пос. Кепа	1,10	1,00	0,97	0,92	0,89	0,84	0,79
р. Корпи-йоки – пос. Пяозерский	1,07	1,00	0,98	0,95	0,94	0,92	0,92
р. Лужма – д. Ильина Гора	1,07	1,00	0,99	0,95	0,93	0,90	0,85
р. Мегрега – д. Куйтежа	1,17	1,00	0,95	0,90	0,86	0,81	0,79
р. Немина – пос. Немино-3	1,03	1,00	0,99	0,97	0,97	0,93	0,90
р. Новзема – с. Видлица	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	1,01
р. Нюхча – с. Нюхча	1,04	1,00	0,99	0,97	0,95	0,91	0,87
р. Олонка – г. Олонец	1,02	1,00	1,00	0,99	0,98	0,97	0,97
р. Олонка – с. Верховье	1,06	1,00	0,98	0,95	0,93	0,90	0,87
р. Онигма – пос. Чёрный Порог	0,99	1,00	1,01	1,00	1,00	0,99	0,95

Река – створ	Обеспеченность, $P\%$						
	0,1	1	2	5	10	25	50
р. Пяльма – д. Пяльма	1,02	1,00	0,99	0,98	0,97	0,95	0,91
р. Сума – с. Сумский Посад	1,04	1,00	0,99	0,97	0,96	0,94	0,92
р. Суна – пгт Поросозеро	1,06	1,00	0,98	0,96	0,95	0,92	0,91
р. Така – пгт Кестеньга	1,18	1,00	0,95	0,86	0,80	0,71	0,62
р. Тукса – с. Тукса	0,97	1,00	1,01	1,02	1,04	1,04	1,05
р. Тулема-йоки – пгт Салми	1,08	1,00	0,97	0,93	0,89	0,84	0,80
р. Уксун-йоки – д. Ууксу	0,98	1,00	1,01	1,02	1,02	1,01	1,00
р. Ундужа – д. Вожмогора	1,26	1,00	0,92	0,81	0,71	0,58	0,48
р. Уница – с. Уница	1,17	1,00	0,94	0,87	0,80	0,72	0,65
р. Ухта – пгт Калевала	1,04	1,00	0,98	0,96	0,93	0,88	0,82
р. Чирко-Кемь – с. Андропова Гора	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
р. Шелтозерка – с. Шелтозеро	0,96	1,00	1,02	1,04	1,06	1,09	1,10
р. Шуя – с. Шуерецкое	1,06	1,00	0,98	0,95	0,92	0,86	0,81
р. Эня-йоки – д. Ряймяля	1,02	1,00	0,99	0,98	0,98	0,96	0,95
р. Юуван-йоки – пгт Вярсиля	1,08	1,00	0,98	0,93	0,90	0,85	0,81

Таблица 5.4 – Осредненные величины переходных коэффициентов μ ежегодной вероятностью превышения $P\%$

Гидрологический район (природная зона)	Обеспеченность, $P\%$						
	0,1	1	2	5	10	25	50
По данным расчетов	1,05	1,00	0,98	0,96	0,94	0,91	0,88
По СНиП 2.01.14-83	1,04	1,00	0,98	0,93	0,89	0,80	0,72

Полученные значения коэффициентов μ в диапазоне обеспеченностей от 0,1% до 50% сравнивались с коэффициентами, представленными в СНиП 2.01.14-83 (см. таблица 5.4). При сравнении таблиц, видно, что наибольшие отклонения наблюдаются для обеспеченностей более 10%. Для обеспеченностей $P = 0,1-5\%$ расхождение не превышает 0,03.

Учитывая, что в работе использовались данные по гидрологическим постам за более продолжительный период времени (до 2015 г.) и степень генерализации более подробная, чем в СНиП 2.01.14-83, результаты расчетов, представленные в данной работе, следует считать более надежными. Поэтому для неизученных рек исследуемой территории следует принимать осредненные значения коэффициентов μ , представленные в настоящей работе.

5.3 Расчет коэффициента K_0 , характеризующего дружность весеннего половодья

Для рек Карелии выполнен расчет коэффициента K_0 , таблица 5.6.

Таблица 5.6 – Расчет коэффициента K_0 для рек Карелии
(для лесной зоны: $n = 0,12$, $A_1 = 1$, $n_2 = 0,22$)

Река, пункт	A , км ²	$Q_{1\%}$, м ³ /с	$h_{1\%}$, мм	$f_{оз}$, %	$f_{л}$, %	$f_{б}$, %	δ	δ_1	δ_2	K_0
р. Большая Велмукса – г. Пудож	139	343	403	<1	96	4	1,00	0,37	0,90	0,008
р. Видлица – с. Большие Горы	977	107	280	11	80	9	0,80	0,38	0,80	0,007
р. Водла – г. Пудож	12000	112	260	7	63	30	0,80	0,40	0,58	0,018
р. Водла – д. Водла	8010	84	238	6	70	24	0,80	0,39	0,63	0,013
р. Волома – д. Венгигора	1860	88	208	15	73	12	0,80	0,39	0,76	0,009
р. Выг (Верхний) – д. Огорельши	2210	290	299	2	55	43	0,80	0,41	0,49	0,033
р. Гридина – с. Гридино	540	139	251	(15)	(76)	(9)	0,80	0,38	0,80	0,009
р. Кепа – пос. Кепа	651	76	249	6	79	15	0,80	0,38	0,72	0,006
р. Корпи-йоки – пос. Пяозерский	217	88	236	14	80	6	0,80	0,38	0,86	0,005
р. Лужма – д. Ильина Гора	3480	58	235	11	77	12	0,80	0,38	0,76	0,006
р. Мегрега – д. Куйтежа	381	268	344	2	90	8	0,80	0,37	0,82	0,012
р. Немина – пос. Немино-3	601	309	344	3	81	16	0,80	0,38	0,71	0,017
р. Новзема – с. Видлица	245	179	360	3	84	6	0,80	0,38	0,86	0,006
р. Нюхча – с. Нюхча	1350	258	290	3	71	26	0,80	0,39	0,61	0,023
р. Олонка – г. Оло-нец	2120	172	328	3	82	12	0,80	0,38	0,76	0,012
р. Олонка – с. Верховье	1090	209	341	4	87	9	0,80	0,37	0,80	0,012
р. Онигма – пос. Чёрный Порог	349	173	262	6	63	31	0,80	0,40	0,57	0,013
р. Пяльма – д. Пяльма	908	309	367	2	88	10	0,80	0,37	0,79	0,016
р. Сума – с. Сумский Посад	1990	57	248	14	65	21	0,80	0,40	0,66	0,006
р. Суна – пгт Поросозеро	3370	45	256	14	68	18	0,80	0,39	0,69	0,005
р. Тукса – с. Тукса	142	213	372	3	67	25	0,80	0,40	0,62	0,009
р. Тулема-йоки – пгт Салми	1700	221	347	(5)	(79)	(16)	0,80	0,38	0,71	0,015

Река, пункт	$A, \text{ км}^2$	$Q_{1\%}, \text{ м}^3/\text{с}$	$h_{1\%}, \text{ мм}$	$f_{03}, \%$	$f_{л}, \%$	$f_{б}, \%$	δ	δ_1	δ_2	K_0
р. Уксун-йоки – д. Ууксу	1080	108	325	(5)	(89)	(6)	0,80	0,37	0,86	0,006
р. Ундужа – д. Вожмогора	81	572	299	1	60	39	1,00	0,40	0,52	0,024
р. Уница – с. Уница	340	315	325	3	82	10	0,80	0,38	0,79	0,015
р. Ухта – пгт Калевала	361	177	255	6	78	16	0,80	0,38	0,71	0,012
р. Чирко-Кемь – с. Андропова Гора	2730	67	250	6	79	15	0,80	0,38	0,72	0,007
р. Шелтозерка – с. Шелтозеро	64,6	229	341	4	78	18	0,80	0,38	0,69	0,008
р. Шуя – с. Шуерецкое	934	272	276	8	72	20	0,80	0,39	0,67	0,021
р. Эня-йоки – д. Ряймяля	450	184	329	1	95	4	1,00	0,37	0,90	0,007
р. Юуван-йоки – пгт Вяртсиля	270	217	339	4	92	4	0,80	0,37	0,90	0,008
Среднее										0,012
Максимальное										0,005
Минимальное										0,033

Как видно из таблицы коэффициент K_0 в пределах территории Карелии меняется в довольно широких пределах от 0,005 до 0,033 и в среднем равен 0,012. Это значение несколько выше, чем в справочнике «Ресурсы поверхностных вод».

5.4 Пространственная изменчивость слоя весеннего половодья

На рассматриваемой территории значения нормы слоя половодья лежат в диапазоне 112-233 мм, среднее значение 168 мм. Коэффициент вариации изменяется от 0,25 до 0,47 при среднем значении 0,37. Отношение C_s/C_v в среднем по территории Карелии равно 1,0. Но по отдельным водотокам может отклоняться как в большую, так и в меньшую сторону.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По данным проведенных исследований в дипломном проекте были получены следующие результаты.

Выполнен сбор и анализ исходной информации – данных по максимальным расходам и слоям весеннего половодья рек Карелии. Из общего числа данных отобраны 59 гидрологических поста, которые отвечали следующим требованиям: продолжительность наблюдений не менее 30 лет, площадь водосбора не более 50000 км², отсутствие значимых антропогенных изменений.

Для выбранных постов выполнена оценка однородности и стационарности рядов максимального весеннего стока. Для дальнейших расчетов использовались 32 ряда, которые можно считать однородными и стационарными.

Была выполнена оценка основных статистических характеристик и их погрешностей. Относительные погрешности средних значений и коэффициентов вариации в исследуемых рядах максимальных расходов и слоев половодья не превышают допустимых.

Построены эмпирические и аналитические кривые обеспеченностей и рассчитаны максимальные расходы и слои половодья различной обеспеченности. Расчет выполнен с использованием программы HydroStatCalc.

С использованием полученных данных проведено уточнение значения районного показателя редукации.

Получены значения переходных коэффициентов μ , которые в диапазоне обеспеченностей от 0,1% до 10% незначительно отличаются от коэффициентов, представленных в СНиП 2.01.14-83.

Выполнен расчет коэффициента K_0 , характеризующего дружность весеннего половодья. Коэффициент K_0 по территории Карелии колеблется в весьма широких пределах от 0,005 до 0,033 и в среднем равен 0,012.

На рассматриваемой территории значения нормы слоя половодья лежат в диапазоне 112-233 мм, среднее значение 168 мм. Коэффициент вариации изменяется от 0,25 до 0,47 при среднем значении 0,37. Отношение C_s/C_v в среднем по территории Карелии равно 1,0. Но по отдельным водотокам может отклоняться как в большую, так и в меньшую сторону.

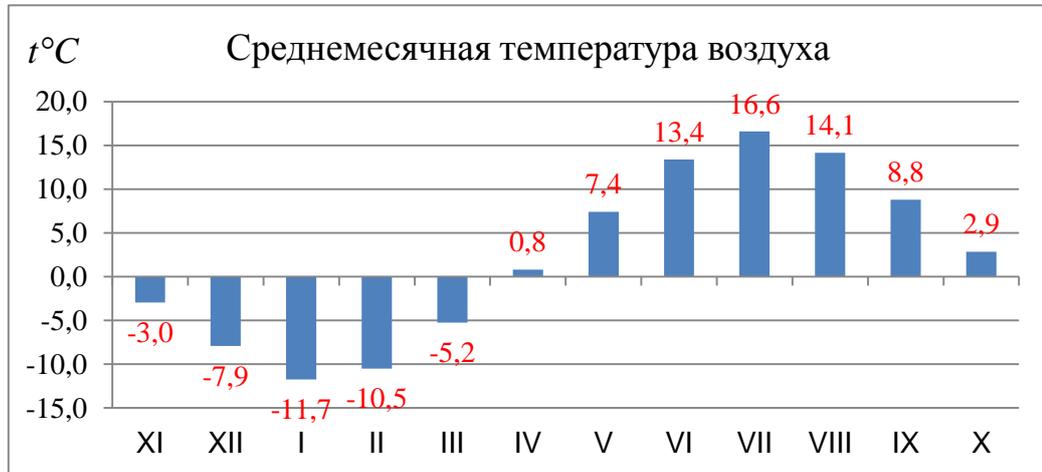
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 365 с.
- 2 Владимиров А.М., Дружинин В.С. Сборник задач и упражнений по гидрологическим расчетам. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 208 с.
- 3 Гидрологические ежегодники. Том 1. Вып. 5. Бассейн Балтийского моря. – Л.: Гидрометеиздат, 1926-2015 гг.
- 4 Гидрологические ежегодники. Том 1. Вып. 7. Бассейн западного побережья Белого моря. – Л.: Гидрометеиздат, 1926-2015 гг.
- 5 Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Том I, РСФСР, Бассейны рек Балтийского моря, Онежского и Ладожского озёр. Вып. 5. – Л.: Гидрометеиздат, 1986.
- 6 Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Том I, РСФСР, Бассейн западного побережья Белого моря. Вып. 7. – Л.: Гидрометеиздат, 1987.
- 7 Метеорологический ежемесячник многолетние данные (1966-2016 гг.).
- 8 Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1- 6. Вып. 3. – Л.: Гидрометеиздат, 1988.
- 9 Научно-прикладной справочник «Климат Карелии» 2014. – ФГБУ «ВНИИГМИ – МЦД».
- 10 Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 444 с.
- 11 Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 2., ч. 1. Карелия и Северо-Запад. – Л.: Гидрометеиздат, 1973.
- 12 Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. – СПб.: изд. РГГМУ, 2007. – 279 с.
- 13 СНиП 2.01.14-83. Определение расчётных гидрологических

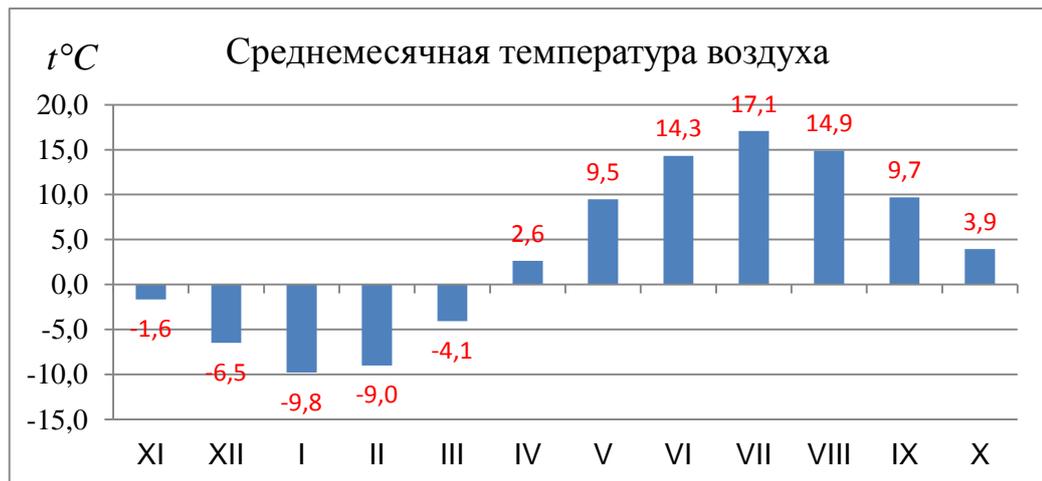
- характеристик. – М.: Стройиздат, 1985. – 35 с.
- 14 СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М.: Госстрой России, 2004. – 73 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А – средние многолетние месячные температуры воздуха

МС Медвежьегорск



МС Олонец



МС Пудож



ПРИЛОЖЕНИЕ Б – хронологические графики температур воздуха

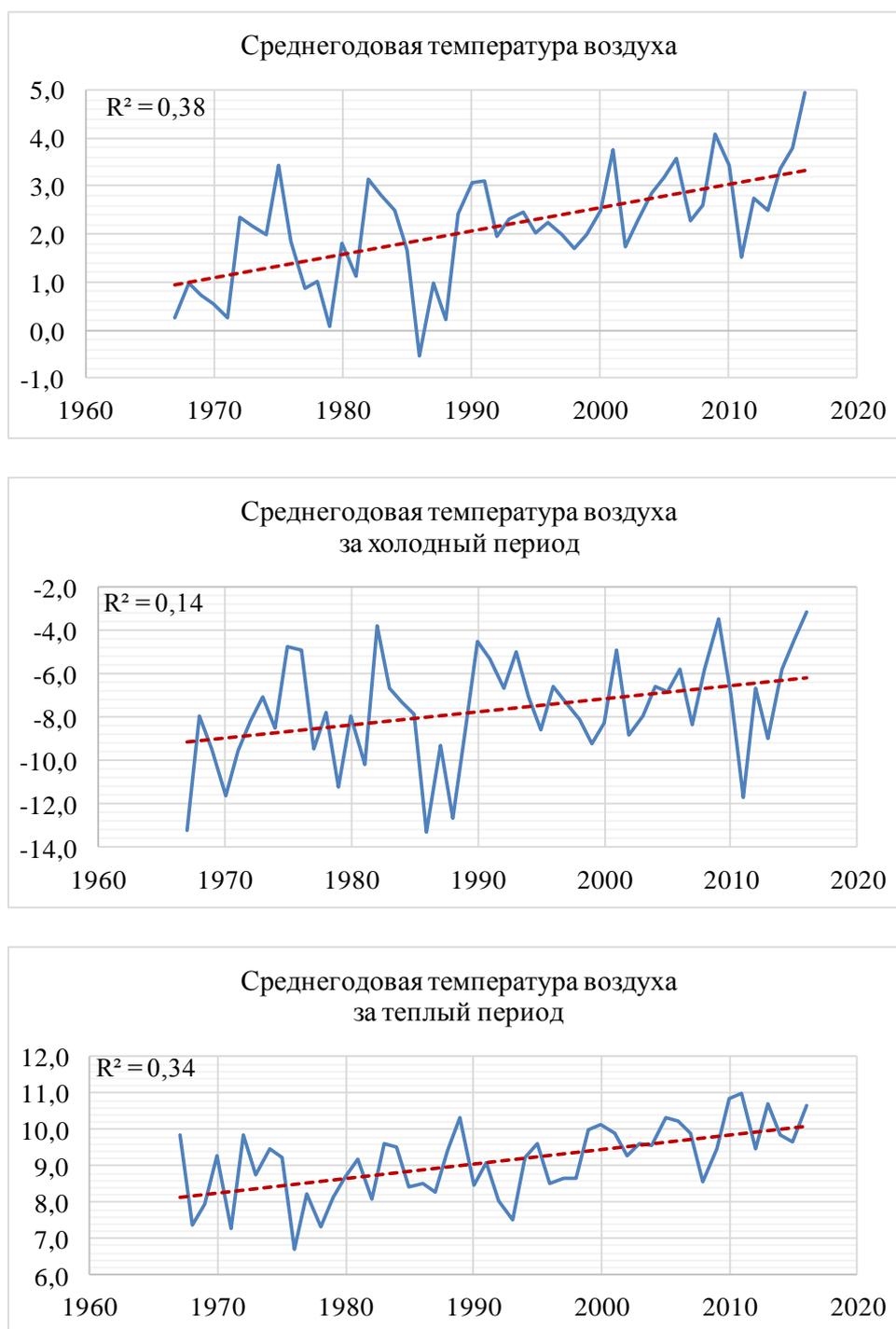


Рисунок Б.1 – хронологические графики средних температур воздуха за год, за холодный период и за теплый период; м/с Медвежьегорск.

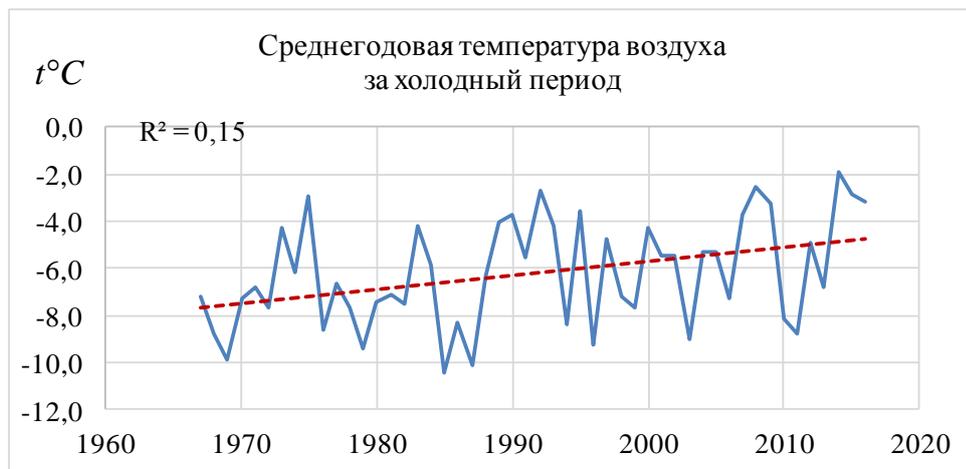
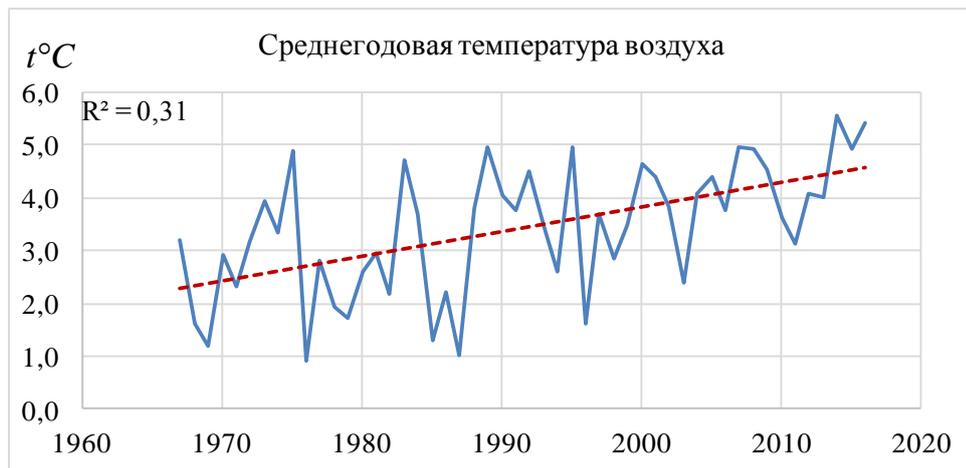


Рисунок Б.2 – хронологические графики средних температур воздуха за год, за холодный период и за теплый период; м/с Олонец.

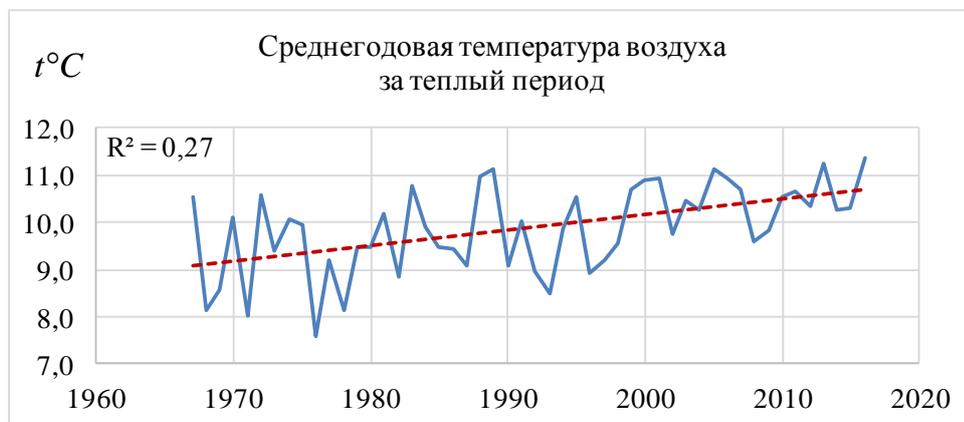
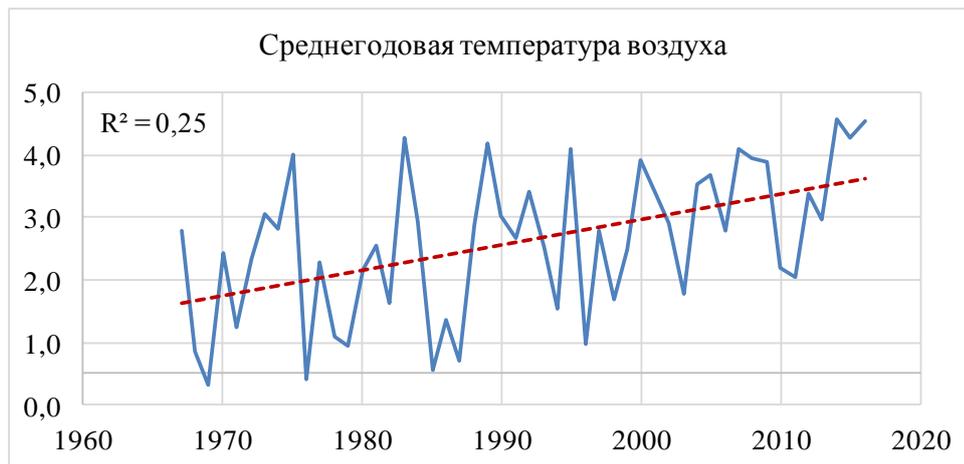
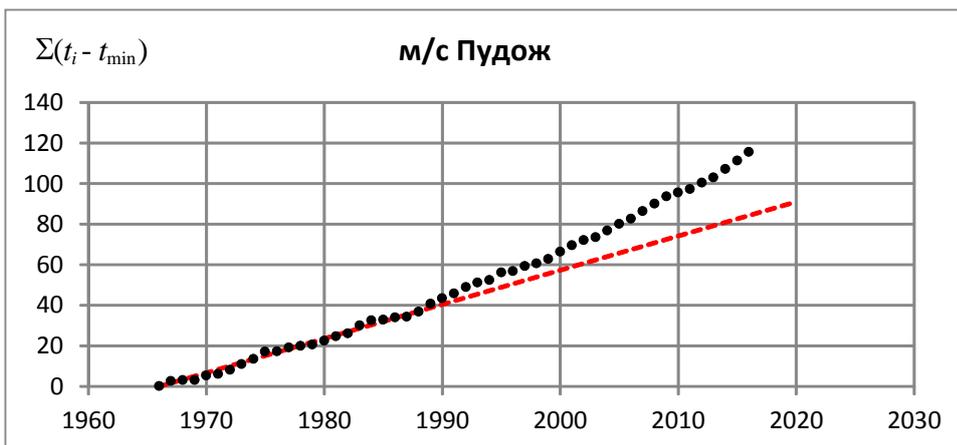
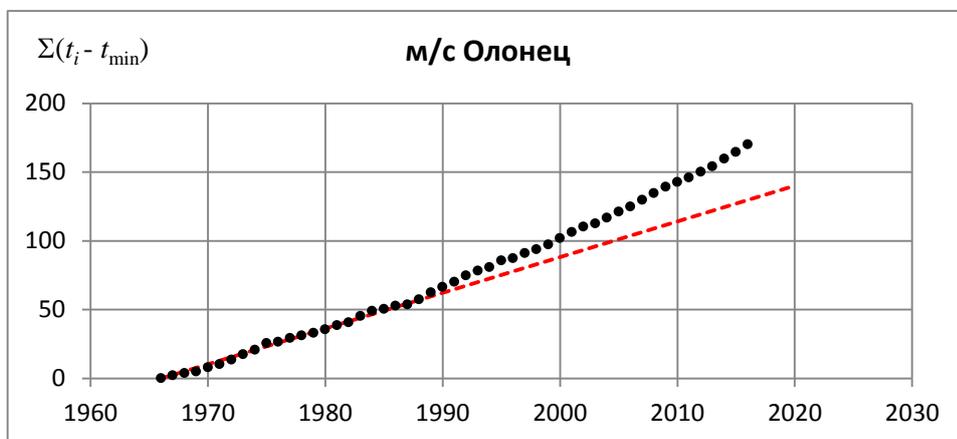
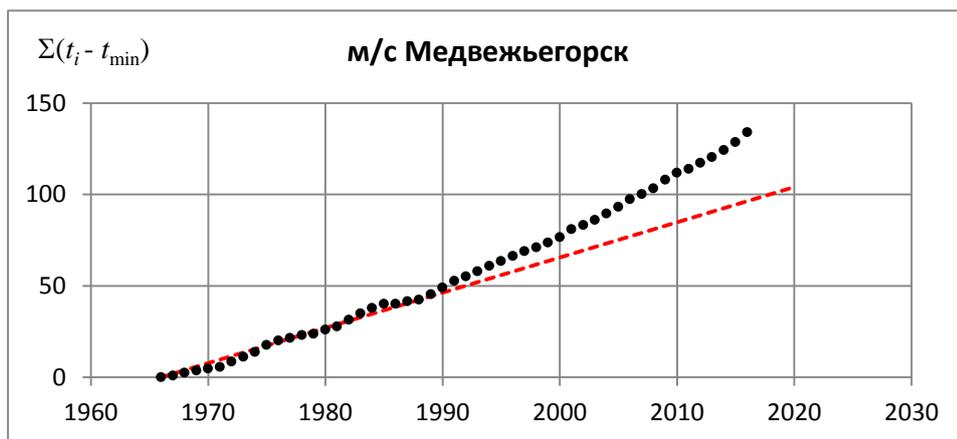
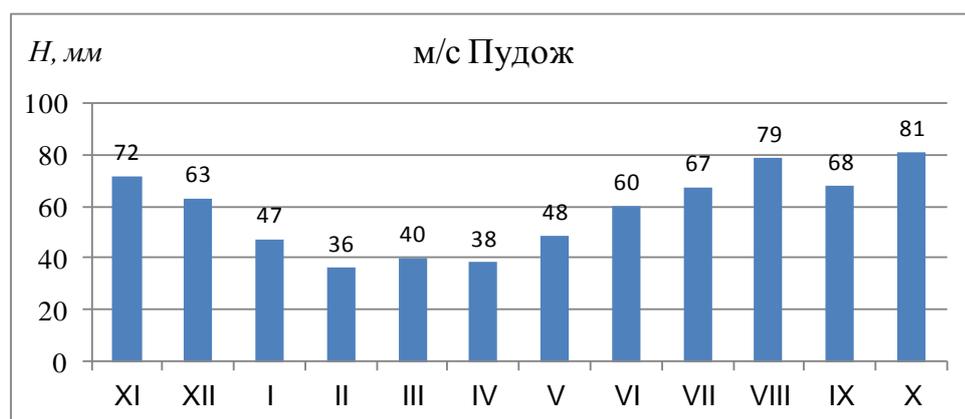
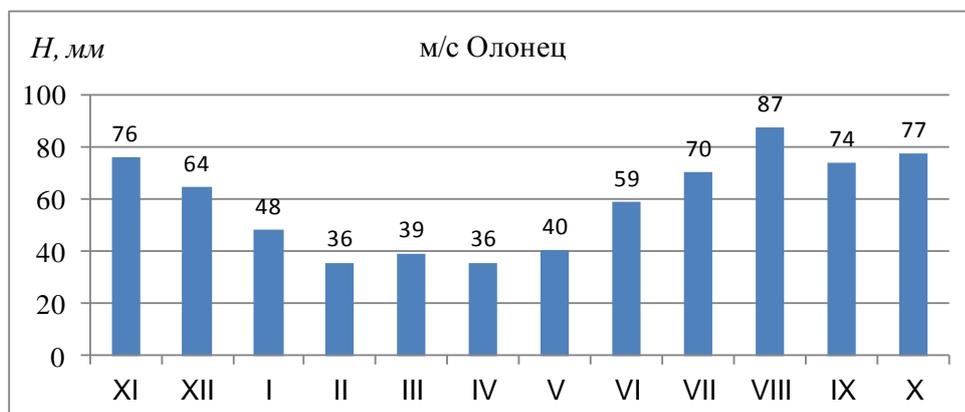
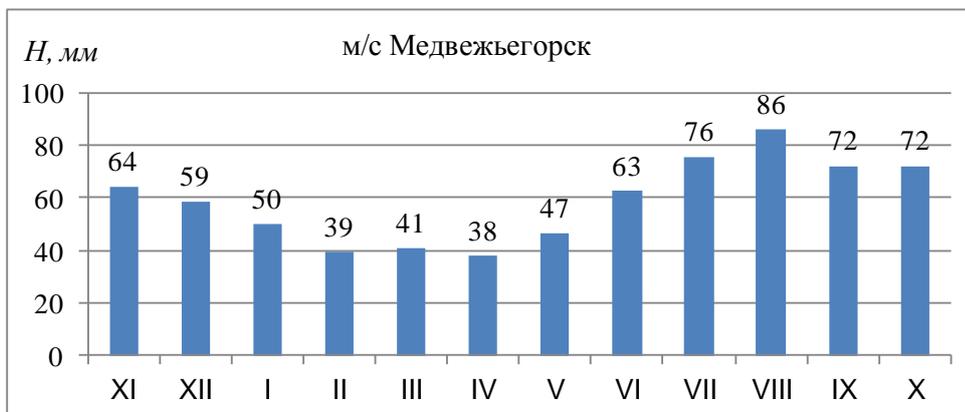


Рисунок Б.2 – хронологические графики средних температур воздуха за год, за холодный период и за теплый период; м/с Пудож.

ПРИЛОЖЕНИЕ В – интегральные кривые годовых температур воздуха



ПРИЛОЖЕНИЕ Г – средние многолетние суммы месячных осадков



ПРИЛОЖЕНИЕ Д – хронологические графики сумм осадков за год, холодный период и теплый период

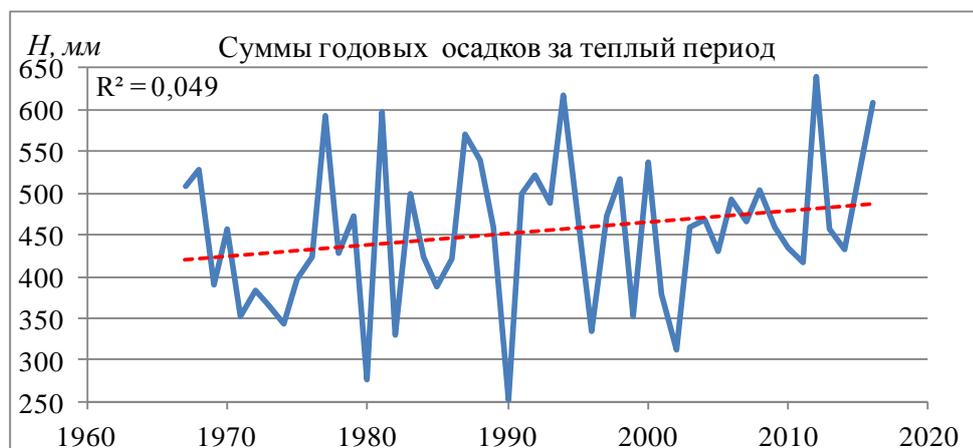
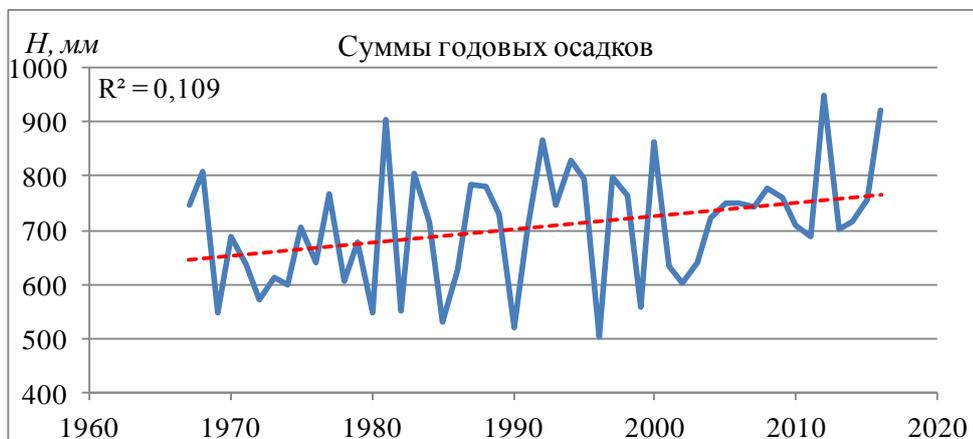


Рисунок Д.1 – Суммы осадков за год, холодный период и теплый период; м/с Медвежьегорск.

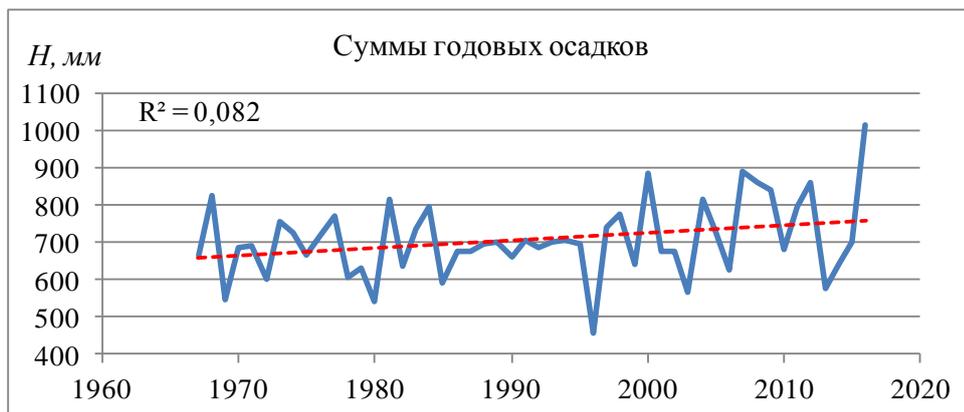


Рисунок Д.2 – Суммы осадков за год, холодный период и теплый период; м/с Олонец.

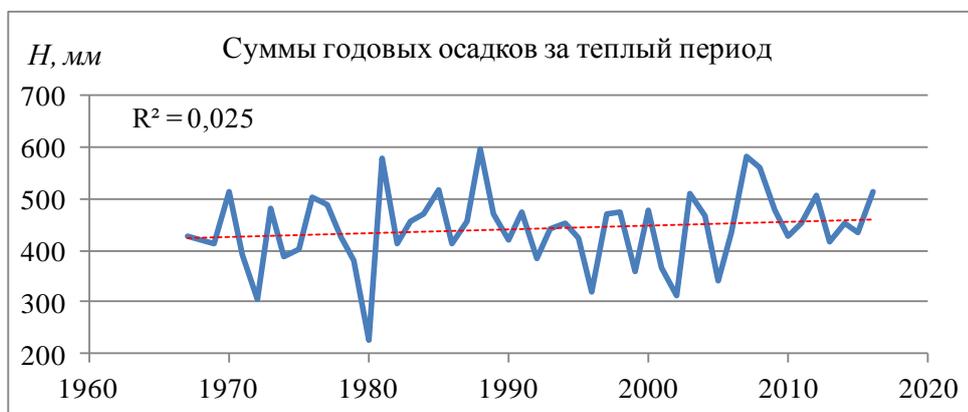
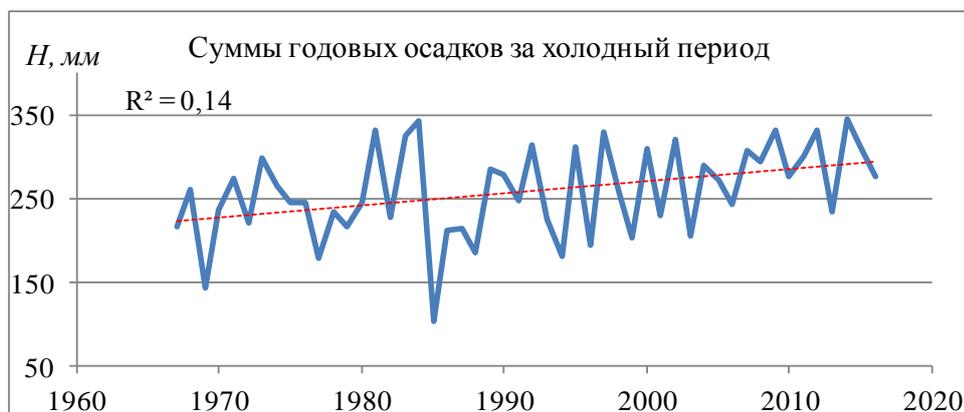
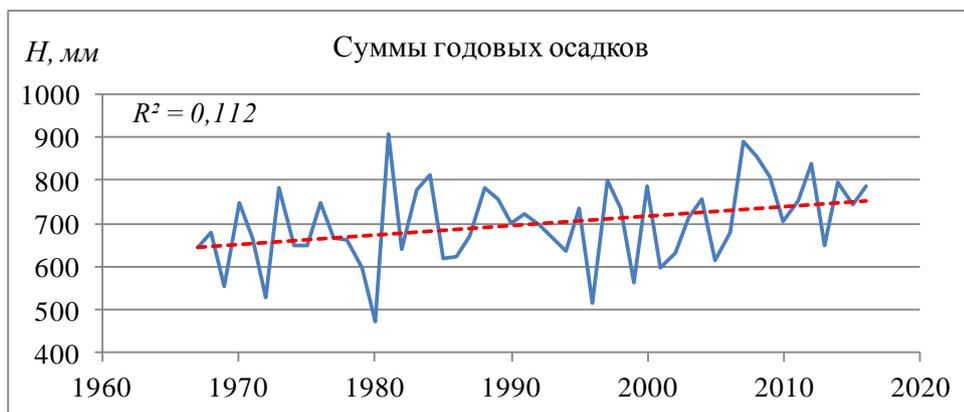
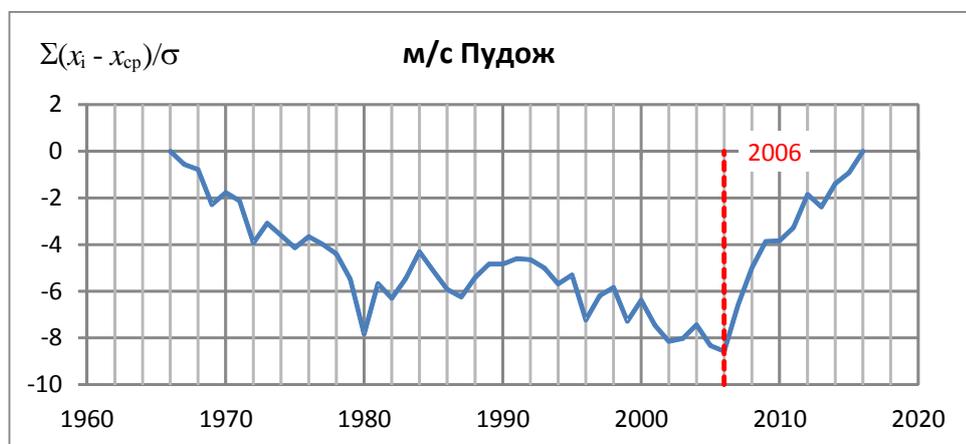
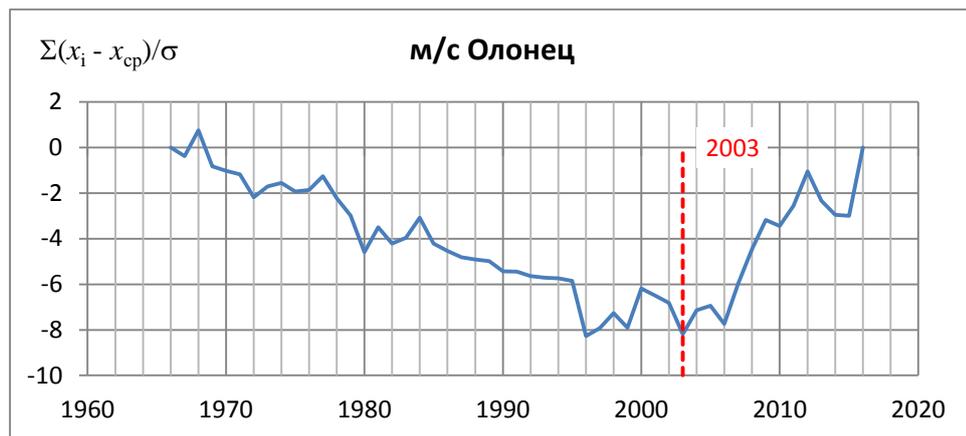
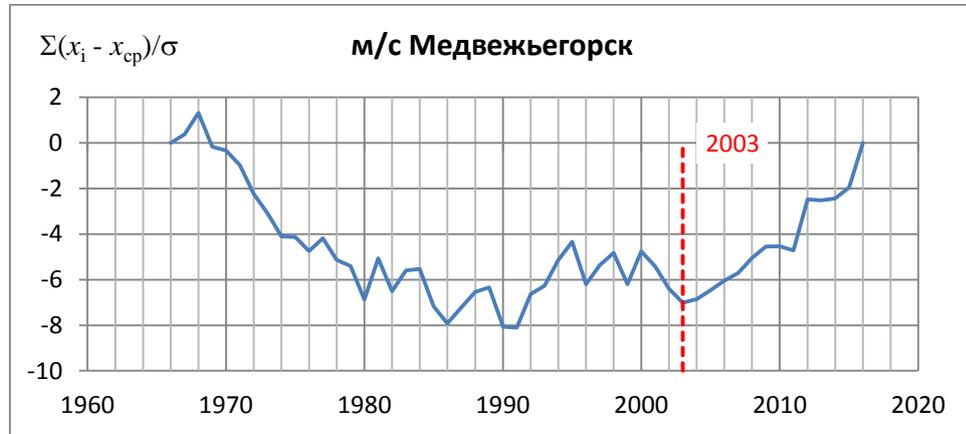


Рисунок Д.3 – Суммы осадков за год, холодный период и теплый период; м/с Пудож.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е – разностные интегральные кривые годовых сумм осадков



ПРИЛОЖЕНИЕ Ж - Результаты проверки на однородность рядов максимальных расходов весеннего половодья рек Карелии

(«←» – гипотеза не опровергается, «+» – гипотеза опровергается); $2\alpha = 5\%$

№ п/п	Река – створ	F, км ²	n	t*	t _{2α}	H ₀ :	F*	F _{2α}	H ₀ :
						x ₁ =x ₂			D ₁ =D ₂
1	р. Большая Велмуksa – г. Пудож	139	46	0,06	2,02	-	1,67	2,36	-
2	р. Видлица – с. Большие Горы	977	80	1,66	1,99	-	1,26	1,89	-
3	р. Водла - г. Пудож	12000	75	2,25	1,99	+	1,13	1,94	-
4	р. Водла - д. Водла	8010	54	1,33	2,01	-	1,05	2,19	-
5	р. Вожма - пос. Вожозеро	595	43	0,61	2,02	-	2,42	2,45	-
6	р. Войница - с. Войница	869	41	0,65	2,02	-	1,69	2,51	-
7	р. Волома - д. Венгигора	1860	43	0,15	2,02	-	2,18	2,42	-
8	р. Выг (Верхний) – д. Огорельши	2210	63	1,08	2,00	-	1,24	2,06	-
9	р. Гридина - с. Гридино	540	52	0,78	2,01	-	2,04	2,23	-
10	р. Ивина - пгт Ладва	862	61	1,52	2,00	-	2,36	2,09	+
11	р. Кепа - пос. Кепа	651	37	2,81	2,03	+	1,95	2,65	-
12	р. Керкешь - устье	77,4	25	2,41	2,07	+	1,81	3,43	-
13	р. Колода - д. Кубовская	1330	45	0,95	2,02	-	2,07	2,36	-
14	р. Контолки – г. Костомукша	41,0	35	2,33	2,03	+	1,55	2,70	-
15	р. Корпи-йоки – пос. Пяозерский	217	40	0,33	2,02	-	1,37	2,53	-
16	р. Кузема - ст. Кузема	882	55	0,76	2,01	-	1,34	2,18	-
17	р. Кумса-г. Медвежьегорск	735	57	0,03	2,00	-	1,46	2,15	-
18	р. Лекса - пос. Сергиево	463	52	0,03	2,01	-	1,52	2,23	-
19	р. Лендерка - пос. Лендеры	4000	57	0,05	2,00	-	1,48	2,13	-
20	р. Летняя - пос. Летний-1-й	570	58	1,27	2,00	-	1,73	2,13	-
21	р. Лососинка – г. Петрозаводск	64,6	27	1,69	2,06	-	1,27	3,15	-
22	р. Лужма - д. Ильина Гора	3480	33	0,65	2,04	-	1,22	2,84	-
23	р. Малая Пигма - с. Уница	166	45	0,47	2,02	-	2,77	2,39	+
24	р. Мегрега - д. Куйтежа	381	68	0,83	2,00	-	1,84	2,00	-
25	р. Мининька - д. Тунгозеро	232	37	0,51	2,03	-	1,70	2,65	-
26	р. Неглинка – г. Петрозаводск	43,3	59	0,72	2,00	-	3,66	2,12	+
27	р. Немина - пос. Немино-3	601	57	1,31	2,00	-	1,26	2,14	-
28	р. Новзема - с. Видлица	245	57	0,92	2,00	-	1,22	2,15	-
29	р. Норви-йоки – пгт Калевала	61,6	47	2,19	2,01	+	2,12	2,33	-
30	р. Нюхча - с. Нюхча	1350	54	0,54	2,01	-	1,55	2,19	-
31	р. Олонка - г. Олонец	2120	62	0,78	2,00	-	1,37	2,07	-
32	р. Олонка - с. Верховье	1090	76	0,36	1,99	-	1,38	1,92	-
33	р. Онигма – пос. Черный Порог	349	60	0,68	2,00	-	1,17	2,10	-
34	р. Понча - пос. Пяозерский	728	38	2,45	2,03	+	1,69	2,60	-
35	р. Поньгома - с. Поньгома	1220	36	0,09	2,03	-	1,31	2,67	-
36	р. Пяльма - д. Пяльма	908	62	1,08	2,00	-	1,36	2,07	-
37	р. Рагнуksa - д. Харловская	328	59	1,35	2,00	-	1,95	2,11	-
38	р. Святрека - пгт Пряжа	355	77	0,91	1,99	-	1,04	1,91	-

№ п/п	Река – створ	F, км ²	n	t*	t _{2a}	H ₀ :	F*	F _{2a}	H ₀ :
						x ₁ =x ₂			D ₁ =D ₂
39	р. Судно - с. Вокнаволок	1160	43	1,25	2,02	-	3,61	2,45	+
40	р. Сума - с. Сумский Посад	1990	83	0,37	1,99	-	1,50	1,87	-
41	р. Суна - д. Кивач	570	26	0,50	2,06	-	1,39	3,28	-
42	р. Суна - пгт Поросозеро	3370	81	0,89	1,99	-	1,76	1,89	-
43	р. Сяньга - д. Чуралахта	1610	52	0,82	2,01	-	3,05	2,23	+
44	р. Така - пгт Кестеньга	132	38	0,06	2,03	-	1,16	2,60	-
45	р. Тукса - с. Тукса	142	45	0,41	2,02	-	1,18	2,37	-
46	р. Тулема-йоки - пгт Салми	1700	58	0,39	2,00	-	1,23	2,13	-
47	р. Уксун-йоки - д. Ууксу	1080	53	0,20	2,01	-	1,13	2,22	-
48	р. Ундужа - д. Вожмогора	81,0	51	2,41	2,01	+	3,64	2,26	+
49	р. Уница - с. Уница	340	65	0,36	2,00	-	2,14	2,04	+
50	р. Ухта - пгт Калевала	361	62	0,43	2,00	-	1,08	2,07	-
51	р. Черная с. Каршево	380	55	2,34	2,01	+	1,39	2,18	-
52	р. Чирко-Кемь – с. Андронова Гора	2730	51	1,23	2,01	-	1,28	2,26	-
53	р. Чирко-Кемь – с. Юшкозеро	8220	60	0,31	2,00	-	1,60	2,10	-
54	р. Шалица - пос. Онежский	593	58	0,27	2,00	-	1,40	2,13	-
55	р. Шелтозерка – с. Шелтозеро	64,6	46	1,69	2,02	-	1,60	2,36	-
56	р. Шуя - д. Бесовец	9560	77	0,97	1,99	-	2,06	1,92	+
57	р. Шуя - с. Шуерецкое	934	79	3,63	1,99	+	1,18	1,90	-
58	р. Эня-йоки - д. Ряймяля	450	52	0,03	2,01	-	1,36	2,23	-
59	р. Юуван-йоки – пгт Вяртсиля	270	32	0,77	2,04	-	1,51	2,86	-

ПРИЛОЖЕНИЕ 3 - Результаты проверки на однородность рядов максимальных слоев стока весеннего половодья рек Карелии

(«←» – гипотеза не опровергается, «+» – гипотеза опровергается); $2\alpha = 5\%$

№ п/п	Река – створ	F, км ²	n	t*	t _{2α}	H ₀ :	F*	F _{2α}	H ₀ :
						x ₁ =x ₂			D ₁ =D ₂
1	р. Большая Велмука – г. Пудож	139	46	1,50	2,02	-	1,60	2,36	-
2	р. Видлица – с. Большие Горы	977	80	1,66	1,99	-	1,06	1,89	-
3	р. Водла - г. Пудож	12000	74	1,47	1,99	-	1,31	1,94	-
4	р. Водла - д. Водла	8010	54	5,16	2,01	+	1,09	2,19	-
5	р. Вожма - пос. Вожозеро	595	43	0,93	2,02	-	1,41	2,45	-
6	р. Войница - с. Войница	869	41	1,21	2,02	-	2,70	2,51	+
7	р. Волома - д. Венгигора	1860	43	0,06	2,02	-	1,34	2,42	-
8	р. Выг (Верхний) – д. Огорельши	2210	63	0,26	2,00	-	1,00	2,06	-
9	р. Гридина - с. Гридино	540	52	0,31	2,01	-	1,74	2,23	-
10	р. Ивина - пгт Ладва	862	60	0,92	2,00	-	1,89	2,10	-
11	р. Кепа - пос. Кепа	651	37	0,07	2,03	-	1,29	2,65	-
12	р. Керкешь - устье	77,4	25	0,05	2,07	-	1,51	3,32	-
13	р. Колода - д. Кубовская	1330	45	2,25	2,02	+	1,40	2,36	-
14	р. Контолки – г. Костомукша	41,0	35	2,73	2,03	+	1,96	2,70	-
15	р. Корпи-йоки – пос. Пяозерский	217	40	0,45	2,02	-	2,72	2,53	+
16	р. Кузема - ст. Кузема	882	55	0,87	2,01	-	1,32	2,18	-
17	р. Кумса-г. Медвежьегорск	735	57	0,64	2,00	-	1,44	2,15	-
18	р. Лекса - пос. Сергиево	463	52	0,55	2,01	-	1,44	2,23	-
19	р. Лендерка - пос. Лендеры	4000	57	0,32	2,00	-	1,73	2,13	-
20	р. Летняя - пос. Летний-1-й	570	58	2,33	2,00	+	1,37	2,13	-
21	р. Лососинка – г. Петрозаводск	64,6	27	1,05	2,06	-	2,04	3,24	-
22	р.Лужма - д. Ильина Гора	3480	33	0,32	2,04	-	1,17	2,84	-
23	р. Малая Пигма - с. Уница	166	45	0,09	2,02	-	1,15	2,39	-
24	р. Мегрега - д. Куйтежа	381	68	0,21	2,00	-	1,16	2,00	-
25	р. Мининька - д. Тунгозеро	232	37	0,57	2,03	-	3,53	2,65	+
26	р. Неглинка – г. Петрозаводск	43,3	59	1,25	2,00	-	1,90	2,12	-
27	р. Немина - пос. Немино-3	601	57	0,98	2,00	-	1,47	2,15	-
28	р. Новзема - с. Видлица	245	57	1,22	2,00	-	1,13	2,14	-
29	р. Норви-йоки – пгт Калевала	61,6	47	3,03	2,01	+	1,46	2,33	-
30	р. Нюхча - с. Нюхча	1350	54	0,15	2,01	-	1,29	2,19	-
31	р. Олонка - г. Олонец	2120	62	0,98	2,00	-	1,21	2,07	-
32	р. Олонка - с. Верховье	1090	76	0,11	1,99	-	1,12	1,92	-
33	р. Онигма – пос. Черный Порог	349	60	0,59	2,00	-	1,27	2,10	-
34	р. Понча - пос. Пяозерский	728	38	0,62	2,03	-	2,46	2,60	-
35	р. Поньгома - с. Поньгома	1220	36	0,67	2,03	-	1,58	2,67	-
36	р. Пяльма - д. Пяльма	908	62	0,66	2,00	-	1,05	2,07	-
37	р. Рагнукса - д. Харловская	328	59	0,43	2,00	-	1,06	2,12	-
38	р. Святрека - пгт Пряжа	355	77	0,96	1,99	-	1,58	1,92	-

№ п/п	Река – створ	F, км ²	n	t*	t _{2a}	H ₀ :	F*	F _{2a}	H ₀ :
						x ₁ =x ₂			D ₁ =D ₂
39	р. Судно - с. Вокнаволоок	1160	43	2,52	2,02	+	1,34	2,42	-
40	р. Сума - с. Сумский Посад	1990	83	0,95	1,99	-	1,32	1,87	-
41	р. Суна - д. Кивач	570	26	0,55	2,06	-	1,42	3,28	-
42	р. Суна - пгт Поросозеро	3370	81	0,21	1,99	-	1,70	1,89	-
43	р. Сяньга - д. Чуралахта	1610	52	1,74	2,01	-	1,85	2,23	-
44	р. Така - пгт Кестеньга	132	38	0,45	2,03	-	1,93	2,16	-
45	р. Тукса - с. Тукса	142	45	0,51	2,02	-	1,96	2,37	-
46	р. Тулема-йоки - пгт Салми	1700	58	1,47	2,00	-	1,29	2,13	-
47	р. Уксун-йоки - д. Ууксу	1080	53	0,25	2,01	-	1,18	2,22	-
48	р. Ундужа - д. Вожмогора	81,0	51	0,07	2,01	-	1,03	2,24	-
49	р. Уница - с. Уница	340	65	0,79	2,00	-	1,21	2,04	-
50	р. Ухта - пгт Калевала	361	62	1,56	2,00	-	1,05	2,07	-
51	р. Черная с. Каршево	380	55	2,99	2,01	+	1,94	2,17	-
52	р. Чирко-Кемь – с. Андронова Гора	2730	51	0,32	2,01	-	1,25	2,24	-
53	р. Чирко-Кемь – с. Юшкозеро	8220	60	0,75	2,00	-	1,39	2,10	-
54	р. Шалица - пос. Онежский	593	58	0,44	2,00	-	1,80	2,13	-
55	р. Шелтозерка – с. Шелтозеро	64,6	46	1,67	2,02	-	1,11	2,36	-
56	р. Шуя - д. Бесовец	9560	77	1,18	1,99	-	1,34	1,92	-
57	р. Шуя - с. Шуерецкое	934	79	1,35	1,99	-	1,22	1,90	-
58	р. Эня-йоки - д. Ряймяля	450	52	0,77	2,01	-	1,15	2,23	-
59	р. Юуван-йоки – пгт Вяртсиля	270	32	0,12	2,04	-	1,14	2,86	-

ПРИЛОЖЕНИЕ И - Оценка значимости линейных трендов в рядах максимальных расходов весеннего половодья рек Карелии

№ п/п	Река – створ	Площадь водосбора, км ²	Длина ряда, <i>n</i>	Параметры тренда			Значимость тренда при $2\alpha = 5\%$
				<i>R</i>	σ_R	$t_{2\alpha}\sigma_R$	
1	р. Большая Велмуksa – г. Пудож	139	46	0,11	0,151	0,30	нет
2	р. Видлица – с. Большие Горы	977	80	0,17	0,113	0,23	нет
3	р. Водла - г. Пудож	12000	74	0,12	0,117	0,23	нет
4	р. Водла - д. Водла	8010	54	0,00	0,139	0,28	нет
5	р. Вожма – пос. Вожмозеро	595	43	0,03	0,156	0,31	нет
6	р. Войница – с. Войница	869	41	0,22	0,160	0,32	нет
7	р. Волома – д. Венгигора	1860	43	0,03	0,156	0,31	нет
8	р. Выг (Верхний) – д. Огорельши	2210	63	0,14	0,128	0,26	нет
9	р. Гридина – с. Гридино	540	52	0,12	0,141	0,28	нет
10	р. Ивина - пгт Ладва	862	60	0,33	0,129	0,26	да
11	р. Кепа - пос. Кепа	651	37	0,49	0,164	0,33	да
12	р. Керкешь - устье	77,4	25	0,49	0,203	0,41	да
13	р. Колода – д. Кубовская	1330	45	0,04	0,151	0,30	нет
14	р. Контолки – г. Костомукша	41,0	35	0,44	0,171	0,34	да
15	р. Корпи-йоки – пос. Пяозерский	217	40	0,06	0,162	0,32	нет
16	р. Кузема - ст. Кузема	882	55	0,10	0,137	0,27	нет
17	р. Кумса – г. Медвежьегорск	735	57	0,07	0,135	0,27	нет
18	р. Лекса – пос. Сергиево	463	52	0,14	0,141	0,28	нет
19	р. Лендерка – пос. Лендеры	4000	57	0,02	0,135	0,27	нет
20	р. Летняя – пос. Летний-1-й	570	58	0,26	0,133	0,27	нет
21	р. Лососинка – г. Петрозаводск	64,6	27	0,27	0,199	0,40	нет
22	р. Лужма – д. Ильина Гора	3480	33	0,04	0,180	0,36	нет
23	р. Малая Пигма – с. Уница	166	45	0,14	0,152	0,30	нет
24	р. Мегрега – д. Куйтежа	381	68	0,16	0,123	0,25	нет
25	р. Мининька – д. Тунгозеро	232	37	0,25	0,169	0,34	нет
26	р. Неглинка – г. Петрозаводск	43,3	59	0,15	0,132	0,26	нет

№ п/п	Река – створ	Площадь водосбора, км ²	Длина ряда, <i>n</i>	Параметры тренда			Значимость тренда при $2\alpha = 5\%$
				<i>R</i>	σ_R	$t_{2\alpha}\sigma_R$	
27	р. Немина – пос. Немино-3	601	57	0,23	0,135	0,27	нет
28	р. Новзема – с. Видлица	245	57	0,15	0,135	0,27	нет
29	р. Норви-йоки – пгт Калевала	61,6	47	0,25	0,149	0,30	нет
30	р. Нюхча - с. Нюхча	1350	54	0,05	0,139	0,28	нет
31	р. Олонка - г. Олонец	2120	62	0,13	0,129	0,26	нет
32	р. Олонка - с. Верховье	1090	76	0,18	0,116	0,23	нет
33	р. Онигма – пос. Черный Порог	349	60	0,07	0,131	0,26	нет
34	р. Понча – пос. Пяозерский	728	38	0,49	0,162	0,32	да
35	р. Поньгома – с. Поньгома	1220	36	0,01	0,171	0,34	нет
36	р. Пяльма - д. Пяльма	908	62	0,15	0,129	0,26	нет
37	р. Рагнукса – д. Харловская	328	59	0,26	0,132	0,26	нет
38	р. Святрека – пгт Пряжа	355	77	0,10	0,115	0,23	нет
39	р. Судно – с. Вокнаволоок	1160	43	0,26	0,156	0,31	нет
40	р. Сума – с. Сумский Посад	1990	83	0,05	0,111	0,22	нет
41	р. Суна - д. Кивач	570	26	0,18	0,204	0,41	нет
42	р. Суна – пгт Поросозеро	3370	81	0,11	0,112	0,22	нет
43	р. Сяньга – д. Чуралахта	1610	52	0,02	0,141	0,28	нет
44	р. Така - пгт Кестеньга	132	38	0,15	0,167	0,33	нет
45	р. Тукса - с. Тукса	142	45	0,00	0,152	0,30	нет
46	р. Тулема-йоки – пгт Салми	1700	58	0,13	0,134	0,27	нет
47	р. Уксун-йоки – д. Ууксу	1080	53	0,16	0,140	0,28	нет
48	р. Ундужа – д. Вожмогора	81,0	51	0,44	0,140	0,28	да
49	р. Уница - с. Уница	340	65	0,03	0,126	0,25	нет
50	р. Ухта - пгт Калевала	361	62	0,01	0,129	0,26	нет
51	р. Черная с. Каршево	380	55	0,32	0,137	0,27	да
52	р. Чирко-Кемь – с. Андропова Гора	2730	51	0,26	0,143	0,29	нет
53	р. Чирко-Кемь – с. Юшкозеро	8220	60	0,02	0,131	0,26	нет
54	р. Шалица – пос. Онежский	593	58	0,19	0,134	0,27	нет
55	р. Шелтозерка – с. Шелтозеро	64,6	46	0,19	0,151	0,30	нет
56	р. Шуя - д. Бесовец	9560	77	0,08	0,115	0,23	нет
57	р. Шуя - с. Шуерецкое	934	79	0,42	0,112	0,22	да

№ п/п	Река – створ	Площадь водосбора, км ²	Длина ряда, <i>n</i>	Параметры тренда			Значимость тренда при $2\alpha = 5\%$
				<i>R</i>	σ_R	$t_{2\alpha}\sigma_R$	
58	р. Эня-йоки – д. Ряймяля	450	52	0,08	0,141	0,28	нет
59	р. Юуван-йоки – пгт Вяртсиля	270	32	0,04	0,183	0,37	нет

ПРИЛОЖЕНИЕ К - Оценка значимости линейных трендов в рядах слоев весеннего половодья рек Карелии

№ п/п	Река – створ	Площадь водосбора, км ²	Длина ряда, <i>n</i>	Параметры тренда			Значимость тренда при $2\alpha = 5\%$
				<i>R</i>	σ_R	$t_{2\alpha}\sigma_R$	
1	р. Большая Велмуksa – г. Пудож	139	46	0,11	0,151	0,30	нет
2	р. Видлица – с. Большие Горы	977	80	0,22	0,113	0,23	нет
3	р. Водла - г. Пудож	12000	74	0,16	0,117	0,23	нет
4	р. Водла - д. Водла	8010	54	0,52	0,134	0,27	да
5	р. Вожма – пос. Вожозеро	595	43	0,06	0,156	0,31	нет
6	р. Войница – с. Войница	869	41	0,17	0,160	0,32	нет
7	р. Волома – д. Венгигора	1860	43	0,04	0,156	0,31	нет
8	р. Выг (Верхний) – д. Огорельши	2210	63	0,02	0,128	0,26	нет
9	р. Гридина – с. Гридино	540	52	0,05	0,141	0,28	нет
10	р. Ивина - пгт Ладва	862	60	0,17	0,130	0,26	нет
11	р. Кепа - пос. Кепа	651	37	0,08	0,169	0,34	нет
12	р. Керкешь - устье	77,4	25	0,00	0,209	0,42	нет
13	р. Колода – д. Кубовская	1330	45	0,41	0,149	0,30	да
14	р. Контолки – г. Костомукша	41,0	35	0,43	0,171	0,34	да
15	р. Корпи-йоки – пос. Пяозерский	217	40	0,00	0,162	0,32	нет
16	р. Кузема - ст. Кузема	882	55	0,06	0,137	0,27	нет
17	р. Кумса – г. Медвежьегорск	735	57	0,16	0,135	0,27	нет
18	р. Лекса – пос. Сергиево	463	52	0,22	0,141	0,28	нет
19	р. Лендерка – пос. Лендеры	4000	57	0,02	0,135	0,27	нет
20	р. Летняя – пос. Летний-1-й	570	58	0,33	0,133	0,27	да
21	р. Лососинка – г. Петрозаводск	64,6	27	0,27	0,199	0,40	нет
22	р. Лужма – д. Ильина Гора	3480	33	0,04	0,180	0,36	нет
23	р. Малая Пигма – с. Уница	166	45	0,03	0,152	0,30	нет
24	р. Мергега – д. Куйтежа	381	68	0,02	0,123	0,25	нет
25	р. Мининька – д. Тунгозеро	232	37	0,21	0,169	0,34	нет
26	р. Неглинка – г. Петрозаводск	43,3	59	0,27	0,132	0,26	да
27	р. Немина –	601	57	0,13	0,135	0,27	нет

№ п/п	Река – створ	Площадь водосбора, км ²	Длина ряда, <i>n</i>	Параметры тренда			Значимость тренда при $2\alpha = 5\%$
				<i>R</i>	σ_R	$t_{2\alpha}\sigma_R$	
	пос. Немино-3						
28	р. Новзема – с. Видлица	245	57	0,15	0,135	0,27	нет
29	р. Норви-йоки – пгт Калевала	61,6	47	0,37	0,148	0,30	да
30	р. Нюхча - с. Нюхча	1350	54	0,05	0,139	0,28	нет
31	р. Олонка - г. Олонец	2120	62	0,19	0,129	0,26	нет
32	р. Олонка - с. Верховье	1090	76	0,09	0,116	0,23	нет
33	р. Онигма – пос. Черный Порог	349	60	0,07	0,131	0,26	нет
34	р. Понча – пос. Пяозерский	728	38	0,13	0,167	0,33	нет
35	р. Поньгома – с. Поньгома	1220	36	0,11	0,171	0,34	нет
36	р. Пяльма - д. Пяльма	908	62	0,05	0,129	0,26	нет
37	р. Рагнукса – д. Харловская	328	59	0,21	0,132	0,26	нет
38	р. Святрека – пгт Пряжа	355	77	0,19	0,115	0,23	нет
39	р. Судно – с. Вокнаволоок	1160	43	0,20	0,156	0,31	нет
40	р. Сума – с. Сумский Посад	1990	83	0,11	0,111	0,22	нет
41	р. Суна - д. Кивач	570	26	0,12	0,204	0,41	нет
42	р. Суна – пгт Поросозеро	3370	81	0,06	0,113	0,23	нет
43	р. Сяньга – д. Чуралахта	1610	52	0,11	0,141	0,28	нет
44	р. Така - пгт Кестеньга	132	38	0,00	0,167	0,33	нет
45	р. Тукса - с. Тукса	142	45	0,11	0,152	0,30	нет
46	р. Тулема-йоки – пгт Салми	1700	58	0,16	0,134	0,27	нет
47	р. Уксун-йоки – д. Ууксу	1080	53	0,13	0,140	0,28	нет
48	р. Ундужа – д. Вожмогора	81,0	51	0,07	0,143	0,29	нет
49	р. Уница - с. Уница	340	65	0,09	0,126	0,25	нет
50	р. Ухта - пгт Калевала	361	62	0,27	0,129	0,26	да
51	р. Черная с. Каршево	380	55	0,36	0,136	0,27	да
52	р. Чирко-Кемь – с. Андропова Гора	2730	51	0,04	0,143	0,29	нет
53	р. Чирко-Кемь – с. Юшкозеро	8220	60	0,17	0,131	0,26	нет
54	р. Шалица – пос. Онежский	593	58	0,06	0,134	0,27	нет
55	р. Шелтозерка – с. Шелтозеро	64,6	46	0,24	0,151	0,30	нет
56	р. Шуя - д. Бесовец	9560	77	0,12	0,115	0,23	нет
57	р. Шуя - с. Шуереккое	934	79	0,31	0,113	0,23	да
58	р. Эня-йоки – д. Раймяля	450	52	0,00	0,141	0,28	нет

№ п/п	Река – створ	Площадь водосбора, км ²	Длина ряда, <i>n</i>	Параметры тренда			Значимость тренда при $2\alpha = 5\%$
				<i>R</i>	σ_R	$t_{2\alpha}\sigma_R$	
59	р. Юуван-йоки – пгт Вяртсиля	270	32	0,03	0,183	0,37	нет

ПРИЛОЖЕНИЕ Л - Максимальные расходы весеннего половодья ($\text{м}^3/\text{с}$)
расчетной обеспеченности рек Карелии

Река - пункт	A, км ²	\bar{Q} , м ³ /с	C _v	Расходы обеспеченностью P %, м ³ /с						
				0,1	1	2	5	10	25	50
р. Большая Велмуksа - г. Пудож	139	24,0	0,37	57,2	47,7	44,6	39,8	35,9	29,6	23,2
р. Видлица - с. Большие Горы	977	45,6	0,44	134	105	95,6	82,9	72,5	57,0	42,7
р. Водла – г. Пудож	12000	767	0,30	1534	1341	1266	1164	1072	921	758
р. Водла – д. Водла	8010	379	0,30	787	672	633	577	529	451	372
р. Волома – д. Венгигора	1860	84,8	0,35	198	164	154	138	124	103	81,9
р. Выг (Верхний) – д. Огорельши	2210	361	0,32	743	642	606	555	510	436	358
р. Гридина – с. Гридино	540	32,3	0,45	96,1	75,1	68,3	59,1	51,6	40,4	30,1
р. Кепа – пос. Кепа	651	24,2	0,35	63,0	49,8	45,7	40,1	35,6	29,1	23,0
р. Корпи-йоки – пос. Пяозерский	217	9,95	0,33	23,3	19,1	17,8	15,9	14,3	11,9	9,58
р. Лужма – д. Ильина Гора	3480	107	0,32	242	201	188	169	153	128	103
р. Мегрега – д. Куйтежа	381	48,5	0,34	140	102	91,6	78,9	69,4	56,3	45,4
р. Немина – пос. Немино-3	601	97,3	0,34	223	186	174	156	142	118	94,3
р. Новзема – с. Видлица	245	23,9	0,31	52,6	43,9	41,0	37,0	33,6	28,4	23,2
р. Нюхча – с. Нюхча	1350	177	0,36	419	348	325	290	262	216	170
р. Олонка – г. Олонец	2120	212	0,29	421	364	344	316	291	251	210
р. Олонка – с. Верховье	1090	113	0,35	285	228	210	185	165	136	108
р. Онигма – пос. Черный Порог	349	29,7	0,39	72,0	60,3	56,6	50,3	45,4	37,2	28,7
р. Пяльма – д. Пяльма	908	151	0,35	330	281	264	240	219	185	149
р. Сума – с. Сумский Посад	1990	59,2	0,35	137	114	106	95,6	86,4	72,1	57,6
р. Суна – пгт Поросозеро	3370	80,2	0,30	184	150	139	125	113	94,8	77,2
р. Така – пгт Кестеньга	132	14,3	0,42	42,6	32,8	29,8	25,6	22,3	17,6	13,3
р. Тукса –	142	15,6	0,34	36,7	30,3	28,2	25,2	22,8	18,8	15,0

Река - пункт	A, км ²	\bar{Q} , м ³ /с	C _v	Расходы обеспеченностью P %, м ³ /с						
				0,1	1	2	5	10	25	50
с. Тукса										
р. Тулема-йоки – пгт Салми	1700	168	0,41	477	375	343	297	261	207	158
р. Уксун-йоки – д. Ууксу	1080	59,9	0,34	142	117	109	97,2	87,5	72,2	57,7
р. Ундужа – д. Вожмогора	81,0	15,7	0,54	65,7	46,3	40,4	32,8	26,9	19,1	13,1
р. Уница – с. Уница	340	45,0	0,41	142	107	95,3	80,9	69,3	53,5	40,5
р. Ухта – пгт Калевала	361	30,6	0,39	78,4	63,9	59,0	52,3	46,6	37,8	29,2
р. Чирко-Кемь – с. Андропова Гора	2730	104	0,30	214	184	173	158	145	124	102
р. Шелтозерка – с. Шелтозеро	64,6	9,34	0,26	16,5	14,8	14,2	13,3	12,5	11,0	9,38
р. Шуя – с. Шуерецкое	934	113	0,42	322	254	232	202	177	140	106
р. Эня-йоки – д. Ряймяля	450	43,4	0,33	101	83,0	77,4	69,2	62,4	51,8	41,9
р. Юуван-йоки – пгт Вяртсиля	270	27,8	0,38	73,6	58,6	54,0	47,2	41,9	33,8	26,4

ПРИЛОЖЕНИЕ М - Слои стока весеннего половодья h (мм) расчетной обеспеченности рек Карелии

Река - пункт	A, км ²	Средний слой, мм	C _v	Слой стока обеспеченностью P %, мм						
				0,1	1	2	5	10	25	50
р. Большая Велмука - г. Пудож	139	233	0,26	480	403	379	343	314	270	227
р. Видлица - с. Большие Горы	977	126	0,43	350	280	256	224	198	157	118
р. Водла – г. Пудож	12000	142	0,35	297	260	247	226	207	175	141
р. Водла – д. Водла	8010	112	0,47	277	238	224	202	181	147	109
р. Волома – д. Венгигора	1860	127	0,28	234	208	199	184	172	150	127
р. Выг (Верхний) – д. Огорельши	2210	193	0,26	329	299	288	271	255	228	195
р. Гридина – с. Гридино	540	133	0,37	289	251	238	216	198	166	131
р. Кепа – пос. Кепа	651	145	0,30	286	249	236	218	201	174	145
р. Корпи-йоки – пос. Пяозерский	217	129	0,35	270	236	224	206	188	159	128
р. Лужма – д. Ильина Гора	3480	142	0,27	265	235	223	207	192	167	141
р. Мегрега – д. Куйтежа	381	198	0,28	403	344	324	296	272	233	194
р. Немина – пос. Немино-3	601	214	0,29	401	344	324	296	272	234	194
р. Новзема – с. Видлица	245	195	0,30	433	360	335	301	273	230	189
р. Нюхча – с. Нюхча	1350	164	0,30	335	290	274	250	231	197	162
р. Олонка – г. Олонец	2120	198	0,27	371	328	311	288	268	233	196
р. Олонка – с. Верховье	1090	189	0,30	403	341	321	291	266	226	185
р. Онигма – пос. Черный Порог	349	136	0,34	317	262	244	219	197	164	131
р. Пяльма – д. Пяльма	908	215	0,28	424	367	347	319	294	254	213
р. Сума – с. Сумский Посад	1990	137	0,33	287	248	234	214	196	167	136
р. Суна – пгт Поросозеро	3370	147	0,30	296	256	242	222	204	175	145
р. Така – пгт Кестеньга	132	176	0,25	300	273	262	247	233	207	178
р. Тукса – с. Тукса	142	186	0,34	464	372	343	303	270	221	176

Река - пункт	A, км ²	Средний слой, мм	C _v	Слой стока обеспеченностью P %, мм						
				0,1	1	2	5	10	25	50
р. Тулема-йоки – пгт Салми	1700	187	0,33	407	347	327	295	270	228	183
р. Уксун-йоки – д. Ууксу	1080	167	0,32	404	325	299	266	238	198	160
р. Ундужа – д. Вожмогора	81,0	178	0,29	338	299	285	263	245	213	178
р. Уница – с. Уница	340	191	0,29	370	325	308	284	263	227	189
р. Ухта – пгт Калевала	361	146	0,28	301	255	240	218	200	171	142
р. Чирко-Кемь – с. Андропова Гора	2730	140	0,32	290	250	235	215	197	169	138
р. Шелтозерка – с. Шелтозеро	64,6	199	0,27	398	341	322	294	271	233	196
р. Шуя – с. Шуерецкое	934	146	0,33	330	276	258	232	210	176	142
р. Эня-йоки – д. Раймяля	450	180	0,30	394	329	309	279	253	214	175
р. Юуван-йоки – пгт Вярсиля	270	191	0,31	394	339	320	293	269	230	189

ПРИЛОЖЕНИЕ Н - Примеры эмпирических и аналитических кривых обеспеченностей максимальных расходов и слоев стока весеннего половодья

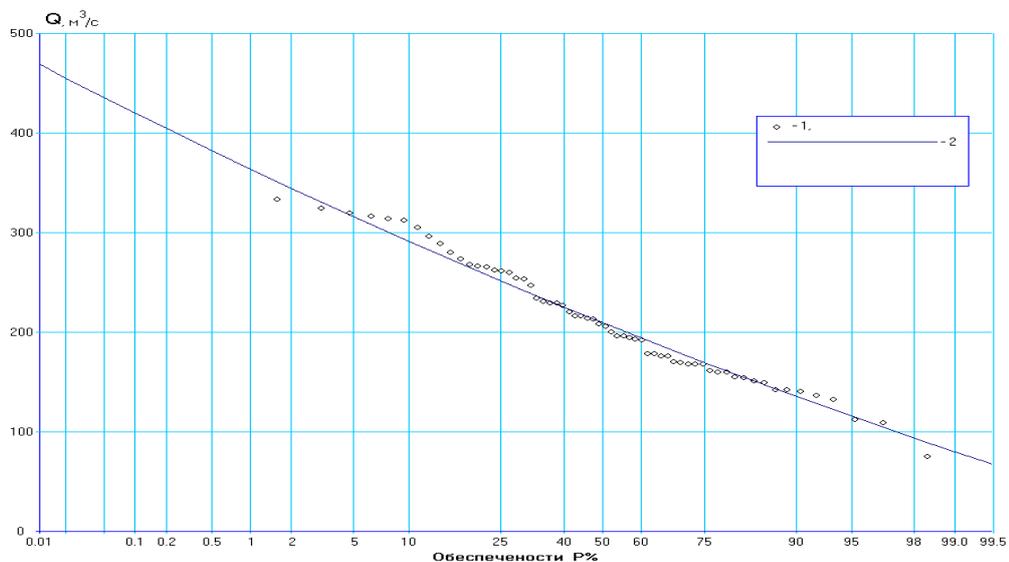


Рисунок Н.1 – Эмпирическая и аналитическая кривые обеспеченностей максимальных расходов весеннего половодья; р. Олонка – г. Олонец

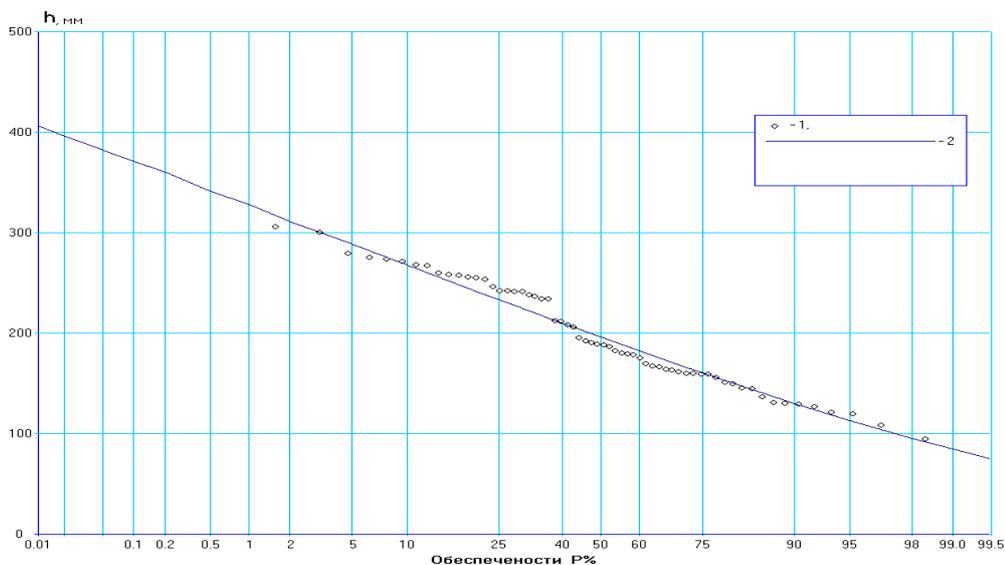


Рисунок Н.2 – Эмпирическая и аналитическая кривые обеспеченностей слоёв весеннего половодья; р. Олонка – г. Олонец

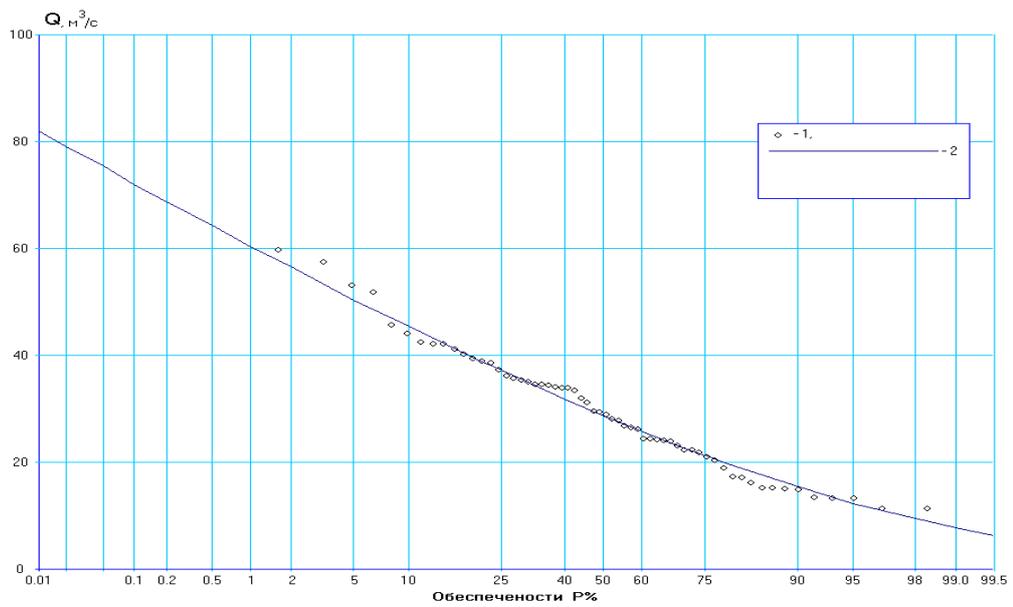


Рисунок Н.3 – Эмпирическая и аналитическая кривые обеспеченностей максимальных расходов весеннего половодья; р. Онигма – пос. Чёрный Порог

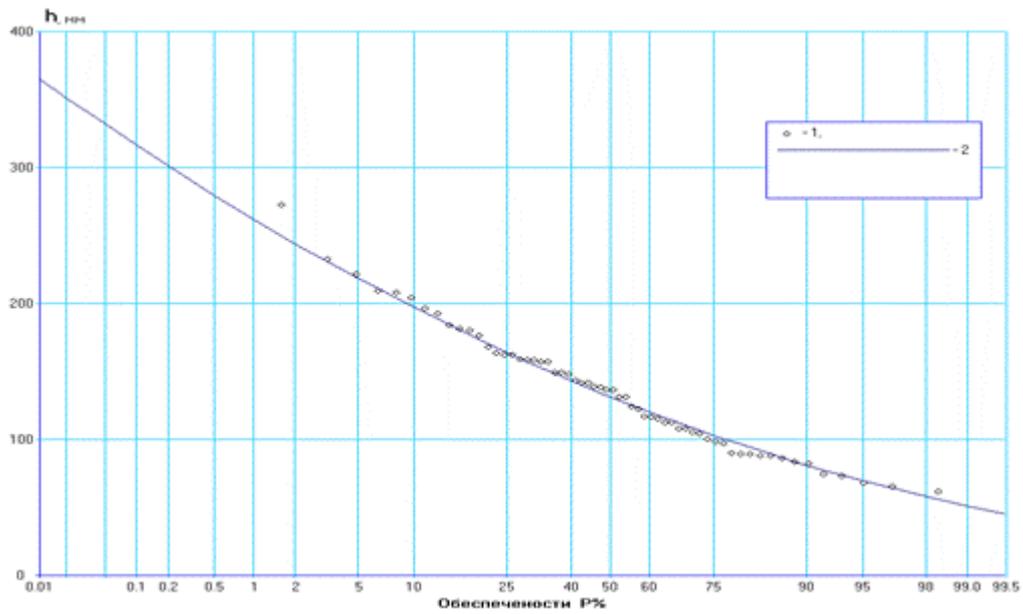


Рисунок Н.4 – Эмпирическая и аналитическая кривые обеспеченностей слоёв весеннего половодья; р. Онигма – пос. Чёрный Порог

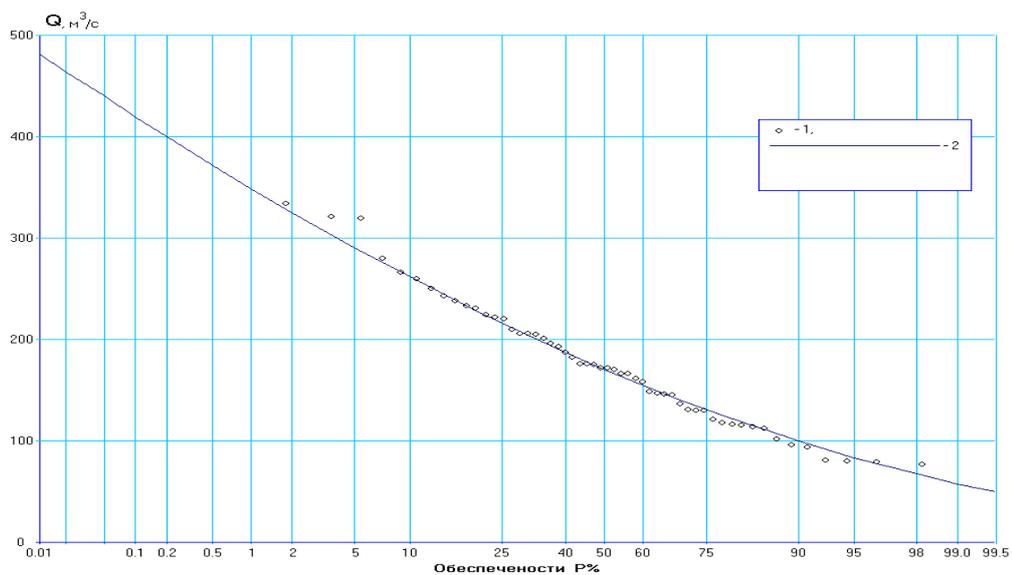


Рисунок Н.5 – Эмпирическая и аналитическая кривые обеспеченностей максимальных расходов весеннего половодья; р. Нюхча – с. Нюхча

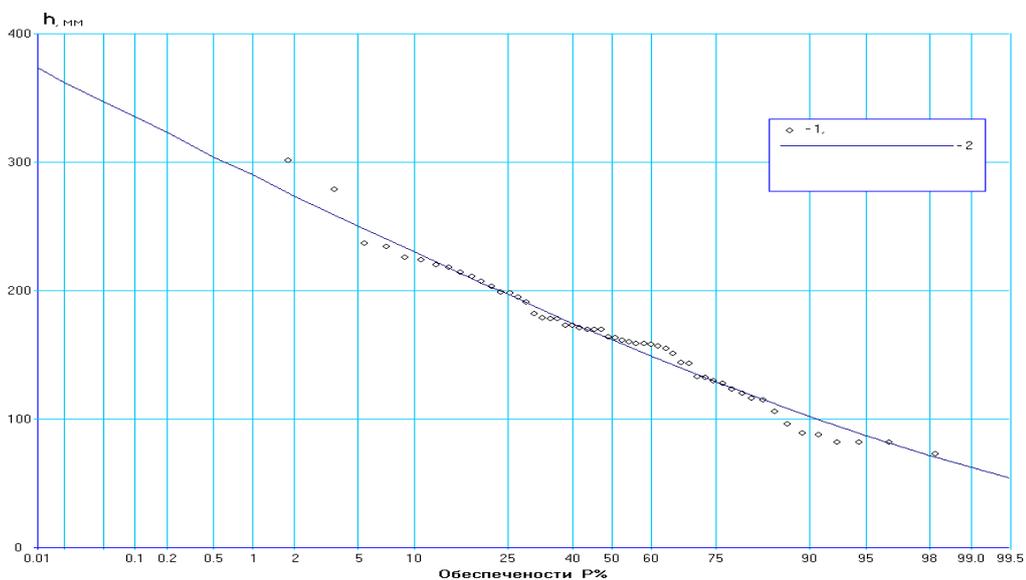


Рисунок Н.6 – Эмпирическая и аналитическая кривые обеспеченностей слоёв весеннего половодья; р. Нюхча – с. Нюхча