



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

Кафедра инженерной гидрологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему **Исследование вероятностной структуры
рядов максимального стока рек Карелии**

Исполнитель

Носач Валерия Павловна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель

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

Сикан Александр Владимирович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

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

Хаустов Виталий Александрович
(фамилия, имя, отчество)

«12» июни 2023 г.

Санкт-Петербург
2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ..... | 4 |
| 1 ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ И ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ..... | 6 |
| 1.1 Географическое положение | 6 |
| 1.2 Рельеф и геологическое строение | 7 |
| 1.3 Почвенный покров | 8 |
| 1.4 Растительность | 9 |
| 1.5 Гидрографическая сеть..... | 10 |
| 1.6 Климат..... | 12 |
| 2 ОСОБЕННОСТИ ВОДНОГО РЕЖИМА РЕК ИССЛЕДУЕМОГО РАЙОНА | 15 |
| 2.1 Весеннее половодье | 15 |
| 2.2 Летняя межень..... | 16 |
| 2.3 Осенне-зимний период | 17 |
| 2.4 Зимняя межень | 17 |
| 2.5 Внутригодовое распределение стока | 18 |
| 3 АНАЛИЗ РЯДОВ МАКСИМАЛЬНОГО ВЕСЕННЕГО СТОКА..... | 21 |
| 3.1 Исходные данные..... | 21 |
| 3.2 Приведение рядов к многолетнему периоду..... | 23 |
| 3.3 Проверка рядов на однородность..... | 28 |
| 4 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТНОЙ СТРУКТУРЫ РЯДОВ МАКСИМАЛЬНОГО ВЕСЕННЕГО СТОКА | 29 |
| 4.1 Методика исследований..... | 29 |
| 4.2 Обоснование порядка модели авторегрессии для рядов максимальных расходов весеннего половодья..... | 30 |
| 4.3 Обоснование порядка модели авторегрессии для рядов слоя весеннего половодья | 32 |
| 4.4 Влияние озерности на порядок авторегрессионной модели для малых и средних рек | 33 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 37 |

| | |
|--|----|
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ | 38 |
| ПРИЛОЖЕНИЯ..... | 40 |
| Приложение А – Пространственные корреляционные матрицы для максимальных расходов и слоев весеннего половодья..... | 40 |
| Приложение Б – Графики связи и хронологические графики максимальных расходов и слоев весеннего половодья..... | 42 |
| Приложение В – проверка рядов на однородность и стационарность..... | 52 |

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с действующими нормативными документами при выполнении гидрологических расчетов используются две вероятностные модели: модель случайной величины и модель авторегрессии первого порядка [9,19]. При этом принято считать, что ряды среднегодовых и минимальных расходов воды в большинстве случаев соответствуют модели авторегрессии первого порядка, а ряды максимального стока – модели случайной величины. Исключение составляют реки, вытекающие из крупных озер и большие реки с широкой поймой, где даже в рядах максимального стока фиксируются значимые коэффициенты автокорреляции. В тоже время влияние малых и средних озер на автокорреляцию рядов максимального стока изучено недостаточно хорошо.

Следует отметить, что корректный выбор вероятностной модели имеет не только научное, но и практическое значение, поскольку коэффициенты автокорреляции должны учитываться при выполнении конкретных видов гидрологических расчетов. В соответствии с СП 33-101-2003 это требуется при проверке рядов на однородность по критериям Стьюдента и Фишера, при расчете коэффициентов вариации и асимметрии, при оценке погрешностей выборочных параметров распределения.

Цель настоящей работы: на примере рек Карелии оценить роль озерности водосборов в формировании вероятностной структуры рядов максимальных расходов и слоев весеннего половодья. В связи с этим решались следующие задачи:

- дать краткую физико-географическую и климатическую характеристику района исследований;
- выполнить проверку рядов максимальных расходов и слоев весеннего половодья на однородность и стационарность;

- с использованием модуля программы *Statistica* «АРПСС и автокорреляционные функции» выполнить обоснованный выбор вероятностной модели для каждого ряда.

Работа состоит из 4 глав, введения и заключения.

В первой главе дана краткая физико-географическая и климатическая характеристика района исследований. Дано описание рельефа, почвенного покрова, растительности, гидрографической сети. Выполнен пространственно-временной анализ основных климатических показателей.

Во второй главе описаны особенности внутригодового распределения стока рек Карелии. Даны даты наступления характерных фаз водного режима.

В третьей главе выполнен статистический анализ рядов максимальных расходов и слоев весеннего половодья. Проведена проверка рядов на однородность и стационарность, рассчитаны основные статистические характеристики и их погрешности.

В четвертой главе с использованием программы STATISTICA выполнен анализ вероятностной структуры рядов максимального стока. Проведена проверка рядов на соответствие моделям авторегрессии и скользящего среднего.

В заключении представлены основные результаты проделанной работы.

ВКР содержит 16 рисунка, 9 таблиц, 3 приложения и список использованных источников из 21 наименования. Общий объем работы 53 страницы.

1 ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ И ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ

1.1 Географическое положение

Республика Карелия расположена в северо-западной части России. Граничит с Ленинградской, Вологодской, Мурманской и Архангельской областями, на западе – с Финляндией, на северо-востоке омывается Белым морем, как показано на рисунке 1.1. Протяженность с севера на юг составляет 660 км, с запада на восток – 424 км.



Рисунок 1.1 Карта-схема республики Карелия.

1.2 Рельеф и геологическое строение

Основной рельеф республики Карелия – холмистая равнина, переходящая на западе в Западно-Карельскую возвышенность, как показано на рисунке 1.2.

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 широкая, реже северо-восточная и северо-западная.

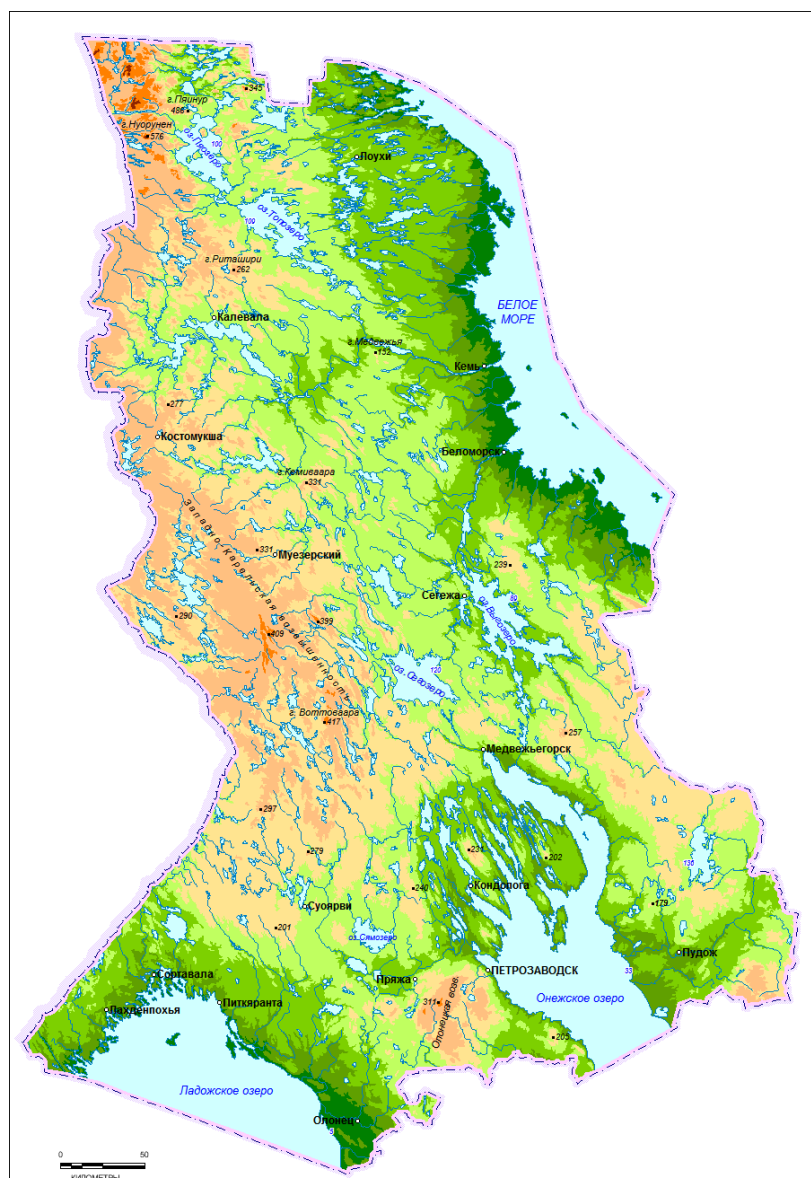


Рисунок 1.2 – Физико-географическая карта республики Карелия.

В геологическом отношении территория Карелии является восточной частью Балтийского кристаллического щита и представляет собой область распространения преимущественно древнейших кристаллических пород архейско-протерозойского комплекса.

Кристаллические породы и осадки палеозоя покрыты плащом четвертичных отложений. Четвертичные отложения представлены сложным комплексом ледниковых отложений (глинистые и песчано-валунные морены, ленточные глины, озовые и камовые пески и супеси), морских песчано-глинистых отложений межледникового и послеледникового времени, озерно-аллювиальных и болотных отложений (торфяников). Мощность четвертичных отложений неравномерна: минимальная наблюдается близ северо-западных побережий Белого моря, Онежского и Ладожского озер, а наибольшая (100 м и более) – в районах развития ледниковых и водно-ледниковых аккумулятивных форм (юго-восточная часть Карелии) и в районах крупных понижений поверхности дочетвертичных пород (Олонецкая равнина, Шуйская равнина и т. п.).

1.3 Почвенный покров

Основными процессами почвообразования на территории Карелии являются подзолообразование и заболачивание. Преимущественно преобладает хвойная растительность.

В северо-западной части Карелии преобладают подзолы с железистыми и гумусово-железистыми иллювиальными горизонтами. По механическому составу большая часть почв отличается высоким содержанием относительно крупных не выветрившихся обломков кристаллическим пород, за исключением оз. Среднее Куйто, где почвы имеют песчано-пылеватый состав. Также на территории значительно распространены примитивные и скелетные почвы на выходах коренных пород (гольцы с лишайниковым покровом и

примитивные подзолы на кристаллических породах, маломощные подзолы с гумусово-железистым иллювиальным горизонтом на склонах выступов кристаллических пород).

Болотные торфяно-подзолистые-глеевые почвы наиболее распространены по побережью Белого моря.

В южной части Карелии благоприятные природные условия и относительно более древний возраст почв способствовали проникновению процесса почвообразования. В юго-восточных районах, с преобладанием супесчаных и суглинистых почв и пород, хорошо выражен дерновый процесс.

Южная часть Карелии богата фракциями песчано-пылевых частиц, и малым содержанием грубых элементов, чем в северной части. Встречаются дерново-подзолистые, суглинистые и супесчаные почвы.

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

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

Изредка встречаются дерново-карбонатные и аллювиальные почвы.

1.4 Растительность

Карелия расположена преимущественно в таежной зоне: северотаежной (полоса воронично-лишайниково-зеленомошных хвойных лесов) и среднетаежная (полоса зеленомошных хвойных лесов).

На крайнем севере территории в горах северного озерного района находятся тундровые и лесотундровые группировки растительности. Наблюдаются растительные сообщества от основания крупных гряд к их вершинам: сосновые лишайниковые и зеленомошные леса – еловые зеленомошные,

березово-еловые редколесья – тундровые сообщества с карликовой березой и кустарниками.

Господствующим типом растительности являются леса, состоящие преимущественно из хвойных пород – сосны и ели. Преобладание сосновых лесов объясняется широким распространением песчаных отложений и обнаженных коренных пород. Еловые леса распространены на территориях, где подстилающими породами супесчаные, суглинистые и глинистые ледниковые отложения характерным для них содержанием валунов.

Растительность болот, ее состав и распределение зависят от степени увлажнения, проточности и химизма питательной среды. На территории Карелии 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 (эвтрофные). Наибольшее распространение болота имеют в пониженных частях рельефа: Прибеломорская низменность, Куйтозерская впадина и многочисленные впадины среднетаежной полосы.

Для среднетаежной полосы характерна смена еловых лесов смешанными хвойно-лиственными и лиственными. Изменения происходят из-за значительного влияния хозяйственной деятельности человека путем вырубki лесов в больших размерах.

Незначительную часть рассматриваемой территории занимают луга преимущественно низинные, заболоченные и болотные. Наибольшее распространение лугов наблюдается в долинах рек и по берегам озер. Суходольных лугов относительно больше на юге.

1.5 Гидрографическая сеть

На территории Карелии хорошо развита речная сеть, густота которой составляет 0,56 км/км².

Гидрографическая сеть Карелии и Карельского перешейка представлена большей частью небольшими реками или короткими протоками, которые, соединяя между собой многочисленные озера, образует отдельные озерно-речные системы. Направление гидрографической сети находится в полном соответствии с ее геоморфологическим строением. Резко выделяется северо-западное простирание, преобладающее для рек и озер, и только в северной части территории достаточно распространенным является широтное направление.

Общее число рек в Карелии и на Карельском перешейке составляет 26,7 тыс.; суммарная протяженность их 83,0 тыс. км. Преобладают водотоки длиной менее 10 км. Количество их 25,3 тыс. (95 %), а общая протяженность 52,3 тыс. км, что составляет 63 % длины всех рек. Длину более 150 км имеют 12 рек.

Реки Карелии молодые, следовательно, очень слабо врезанные.

Большая озерность водосборов обуславливает особый гидрологический режим. Озерность отдельных рек достигает 32 %. От широты г. Петрозаводска озерность возрастает к северу и быстро падает к югу. Значительно резко озерность снижается к востоку от 35° в. д.; крупных озер здесь уже нет, а озерность водосборов рек составляет 5 % за исключением р. Сумы.

Большое значение для водности реки имеет размещение озер на водосборе. Основные типы рек на территории Карелии: верховые, каскадные, низовые.

Водоразделы рек преимущественно узкие, заболоченные, с большим количеством озер, не имеющих видимого поверхностного стока. Это создает хорошие условия для переброски стока в соседний бассейн в период весеннего половодья.

1.6 Климат

По данным статьи Л. Е. Назаровой [12] территории Карелии относится к зоне избыточного увлажнения, среднегодовое количество атмосферных осадков возрастает с севера на юг и составляет 550 -750 мм, как показано на рисунке 1.3.

Средняя годовая температура воздуха меняется от 0,0 °С на севере и до + 3,5 °С на юге. Самый холодный месяц года — январь, средняя месячная температура от -9,0 °С до -13,0 °С. Самый тёплый месяц года — июль, средняя месячная температура от + 14,0 °С до + 17,0 °С.

По данным исследований ИВПС на всей территории Карелии начиная с конца 80-х годов XX века наблюдается устойчивое превышение средней годовой температуры воздуха на 1-2 °С. Наиболее интенсивное потепление отмечается в зимние месяцы.

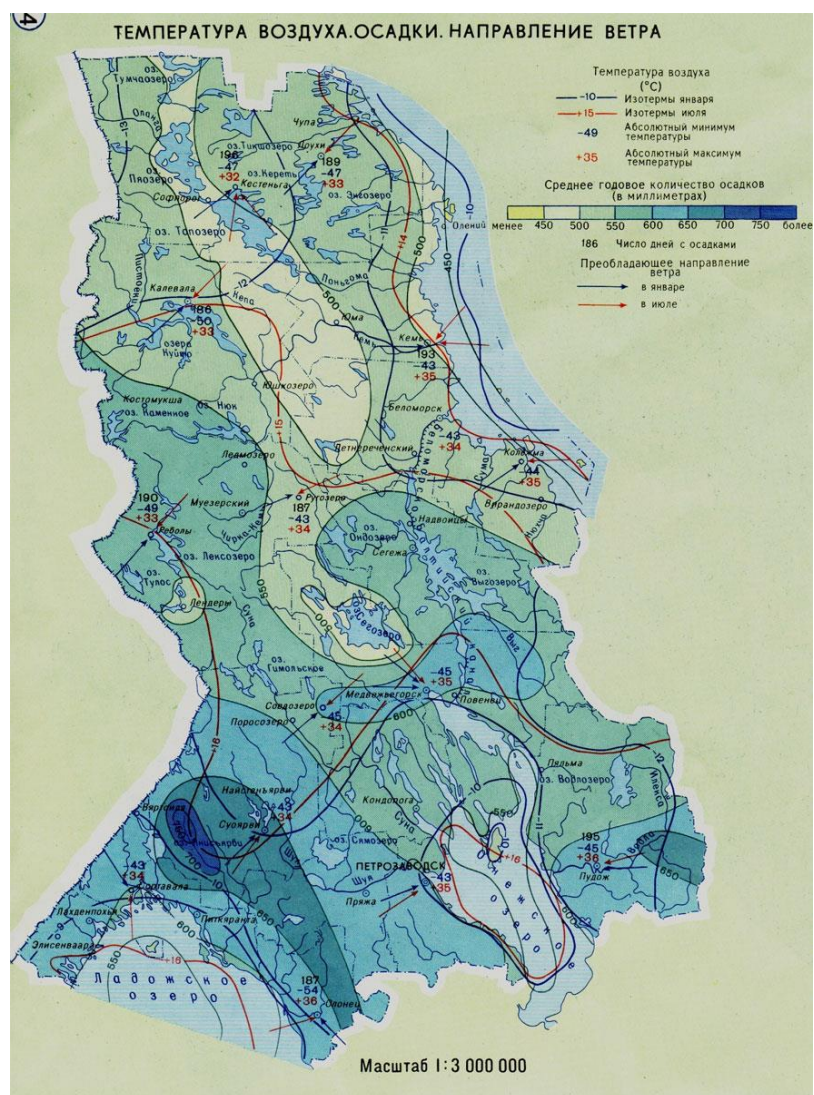


Рисунок 1.3 – Климатическая карта Карелии.

Весна на территории Карелии наступает на юге – 10-15 апреля, на севере – в конце апреля, когда средняя суточная температура воздуха переходит через ноль в сторону повышения. Весна характеризуется частыми возвратами холодов, а иногда и кратковременным установлением снежного покрова. В среднем к концу апреля вся территория освобождается от снега.

Лето (устойчивый переход среднесуточных температур воздуха через 10 °C) наступает в конце мая на юге и в середине июня на севере республики. Средняя продолжительность летнего сезона 2,5-3,5 месяца. Летний сезон в Карелии короткий и относительно прохладный.

Осень наступает на севере в конце августа, на юге – в конце первой-начале второй декады сентября и продолжается около двух месяцев. Осенние месяцы, как правило, теплее весенних.

Зима в Карелии продолжительна. Начало зимнего сезона (устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через -5°C в сторону понижения) совпадает со средней датой образования устойчивого снежного покрова. Устойчивого периода времени с температурами воздуха ниже -15°C не наблюдается. В зимний период часто могут наблюдаться оттепели до $+2 - +5^{\circ}\text{C}$, которые нередко сменяются резкими похолоданиями, когда минимальная температура воздуха может достигать -30°C . Переход температуры через -5°C осуществляется в середине ноября в северных и в конце ноября в южных районах. Обратный переход – в последние числа марта на севере и 20-25 марта – на юге Карелии.

2 ОСОБЕННОСТИ ВОДНОГО РЕЖИМА РЕК ИССЛЕДУЕМОГО РАЙОНА

Все реки имеют смешенное питание с преобладанием снегового. В годовом ходе уровня воды выражены четыре фазы: весеннее половодье, летняя межень, осенне-зимний период и зимняя межень. Эти фазы отчетливо выражены на реках с малой озерностью. На реках с большим процентом озерности и в истоках из озер гидрографы имеют более сглаженный вид. На этих реках наблюдается сравнительно невысокое растянутое весеннее половодье и нечетко выраженные дождевые паводки.

Распределение весеннего (снегового), дождевого и грунтового стока находится в прямой зависимости от физико-географических факторов: рельефа, характера почво-грунтов, озерности водосборов и расположении озер по длине реки.

2.1 Весеннее половодье

Весеннее половодье является характерной фазой режима рек, во время которой происходит в среднем от 40 до 60 % суммарного стока за год.

Раньше всего начинается половодье на реках Приладожья. Средние даты наступления половодья на юге территории наблюдаются с середины апреля; на севере – в первой декаде мая.

Продолжительность половодья зависит от характера реки. Таким образом, на крупных реках и на реках с большим процентом озерности (от 70 до 100 дней) продолжительность половодья больше, чем на малых и средних реках (от 50 до 70 дней).

Весеннее половодье в основном имеет один пик. Но есть и исключения, когда наблюдается значительный возврат холода или выпадение осадков, что приводит к двум и более пикам.

Средний слой стока весеннего половодья колеблется от 140 до 230 мм.

Большая часть объема половодья формируется поверхностным стоком талых вод. Доля дождевого стока составляет от 5 до 15 % суммарного стока. Доля грунтового стока в общем стоке весеннего половодья зависит от характера почво-грунтов, уровня грунтовых вод и глубины вреза русла и составляет в среднем от 2 до 10 %.

В распределении весеннего стока по территории наблюдается общая тенденция увеличения его с севера на юг. Но следует учитывать, отклоняющиеся величины, связанные с орографическими особенностями бассейнов.

Отсутствует зависимость влияния заболоченности и залесенности водосборов на слой стока за половодье.

Коэффициент вариации слоя стока весеннего половодья на территории Карелии изменяется от 0,20 до 0,40. Коэффициент асимметрии слоя весеннего половодья колеблется от 0,0 до 0,70.

Отсутствие четкой связи между коэффициентом естественной зарегулированности (δ_1) и средней взвешенной озерностью водосбора ($f_{оз}$) объясняется тем, что на регулирование стока влияет емкость озер, а не площадь зеркала озера, являющаяся лишь грубой косвенной характеристикой их емкости.

2.2 Летняя межень

Летняя межень на большинстве рек начинается с конца спада половодья и нарушается подъемами уровня воды от дождей. Четко выделяется летняя межень только на реках с малым процентом озерности (до 5%). На таких реках дождевые паводки выделяются более четко. В отдельные годы подъемы от дождей по своей величине приближаются к высшим уровням половодья. Низшие

уровни летней межени наблюдаются в августе–сентябре. Уровень воды рек, на которых расположены ГЭС, искажается их работой в течение года.

На некоторых малых и средних реках в вегетационный период наблюдается зарастание русла водной растительностью, создающее подпор уровня воды.

2.3 Осенне-зимний период

Осенне-зимний период обычно начинается в конце сентября – начале октября подъемом уровня воды от дождей, превышающим летнюю межень до 1 м. На многих реках с появлением ледяных образований образуются зажоры. В отдельные годы подъемы уровня от зажоров достигают уровней весеннего половодья, а иногда превышают их.

На участках рек, расположенных вблизи истоков из озер, в осенне-зимний период наблюдается изъятие стока на ледообразование.

2.4 Зимняя межень

Зимней межени свойственен медленный спад уровней, характеризующий истощение стока, более резкое в начале сезона и медленное в конце. В некоторые зимы плавный ход уровня нарушается незначительным подъемом от оттепелей и очень редко от зажоров. Продолжительность зимней межени для большинства рек составляет 130–150 дней. Питание рек в этот сезон происходит за счет грунтовых вод и сработки озер. Величина зимнего стока изменяется по территории в небольшом диапазоне (25–75 мм). На реках, вытекающих из озер, величина стока составляет 75–92 мм, а на безозерных реках уменьшается до 8–15 мм.

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

2.5 Внутригодовое распределение стока

По данным справочника Ресурсы поверхностных вод [16] на территории Карелии по типу внутригодового распределения стока можно выделить три района: северный озерный район, центральный и юго-восточный.

I. Северный озерный район. Характерной особенностью этого района является зарегулированность крупных рек озерами, расположенными по длине их. Озерность отдельных участков рек достигает 32 %, а средняя озерность рек района равна 18 %. Водохозяйственный год на крупных реках начинается в мае, а на притоках – в конце апреля. Доля весеннего стока для всех рек района 40–45 % годового. Распределение стока по сезонам внутри лимитирующего периода довольно равномерное: лето–осень – 32–34 %, зима – 20–27 %.

Наибольшая относительная водность месячного стока наблюдается в мае. Наименьшая водность наблюдается в апреле, реже – в марте и зависит не только от озерности водосбора, но и от места расположения створа по отношению к озеру.

II. Центральный район. Этот район охватывает более половины территории Карелии. Средняя озерность водосборов составляет 10 %. Наибольшая озерность отдельных участков водосборов не превышает 18 %. Характер распределения внутригодового стока рек этого района можно считать типичным для рек Карелии.

Доля весеннего стока составляет 35–50 % годового, иногда 40–44 %. Внутри лимитирующего периода водность летне-осеннего сезона колеблется от 30 до 50 %. Водность лимитирующего сезона (зима) изменяется в пределах 12–20 % от года.

Внутри центрального района в отдельную группу выделены реки с озерностью менее 8 %. Им свойственно значительное увеличение весеннего стока и уменьшение зимнего стока.

Наибольшая водность наблюдается в мае, за исключением рек, сильно зарегулированных озерами, где наибольшая водность отмечается в июне,

наименьшая – в марте. Характер распределения стока р. Гридина (озерность 15 %) свойствен распределению стока рек с малой озерностью, а доля стока зимнего сезона – рекам района II. Это объясняется тем, что река не испытывает постоянного регулирующего влияния озер (особенно весной) вследствие наличия бифуркации внутри водосбора.

III. Юго-восточный район. В этот район входят малоозерные реки (озерность до 5–6 %, в среднем 4 %). Территория этого района граничит с центральным районом с востока и юга и охватывает пониженную местность (Прибеломорскую низменность, впадины Онежского и Ладожского озер). Район характерен реками с площадью водосбора до 1000 км². Лишь отдельные реки имеют площадь водосборов от 1000 до 3000 км². Исключением является р. Водла ($F = 12\,000$ км²). На реках рассматриваемой территории больше половины годового стока проходит в весенний сезон, в мае. Наименьшая водность в году отмечается в марте. Внутри лимитирующего периода преобладает доля летне-осеннего стока, которая превышает сток лимитирующего сезона (зимы) в 4–5 раз. Наименьшая для всей рассматриваемой территории доля зимнего стока на реках района колеблется от 3 до 12 %.

Физико-географические факторы, влияющие на распределение стока:

а) Почвенно-геологические и геоморфологические условия. Сочетание почво-грунтов и коренных подстилающих пород не вносит значительного разнообразия во внутригодовое распределение на рассматриваемой территории. На водосборах с преобладанием различных типов почво-грунтов при наличии против равных физико-географических условий влияние их выражено слабо.

б) Площадь водосбора. Сезонный сток рек не имеет четко выраженной зависимости от величины площади водосбора.

в) Озерность. Озера способствуют выравниванию стока в году как по сезонам, так и по месяцам. С увеличением озерности уменьшается сток весеннего сезона и возрастает сток летне-осеннего и зимнего сезонов.

г) Заболоченность и лесистость. Значительная часть лесов заболочена. Уменьшение лесистости водосбора связано с увеличением площади болот. С

увеличением площади болот и уменьшением площади леса доля весеннего стока возрастает

Изменчивость сезонного стока, как и его величина, зависит от физико-географических факторов. С увеличением озерности уменьшаются как значения коэффициента вариации (C_v), так и пределы их колебания.

Нет четко выраженной связи коэффициента вариации с площадью водосбора. С увеличением площади водосбора увеличивается C_v зимнего сезона и уменьшается лимитирующего периода, летне-осеннего сезона. Влияние на весенний сезон не прослеживается

Влияние заболоченности и лесистости не прослеживается, так как наблюдается взаимосвязь влияния их на сток.

Связь между значениями коэффициента вариации года и сезона отсутствует по всей территории.

3 АНАЛИЗ РЯДОВ МАКСИМАЛЬНОГО ВЕСЕННЕГО СТОКА

3.1 Исходные данные

В качестве исходных данных использовались ряды максимальных расходов и слоев весеннего половодья по 59 постам за период с начала наблюдений до 2020 года.

Исходные данные получены из справочников Государственного водного кадастра [5,6] и электронной базы данных АИС ГМВО [1]. Схемы расположения постов показаны на рисунках 3.1 и 3.2. Распределение постов по грациям площадей водосборов представлено в таблице 3.1.

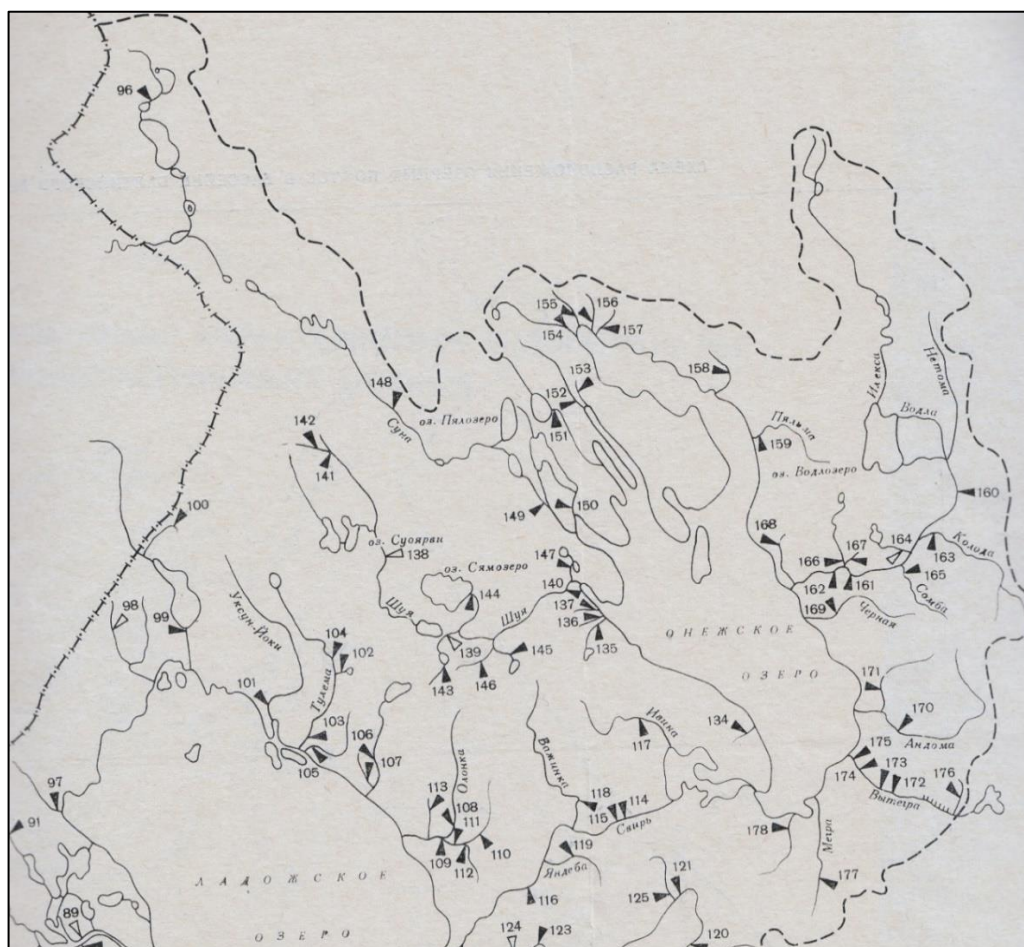


Рисунок 3.1 – Схема расположения г/м постов на реках бассейна Балтийского моря.

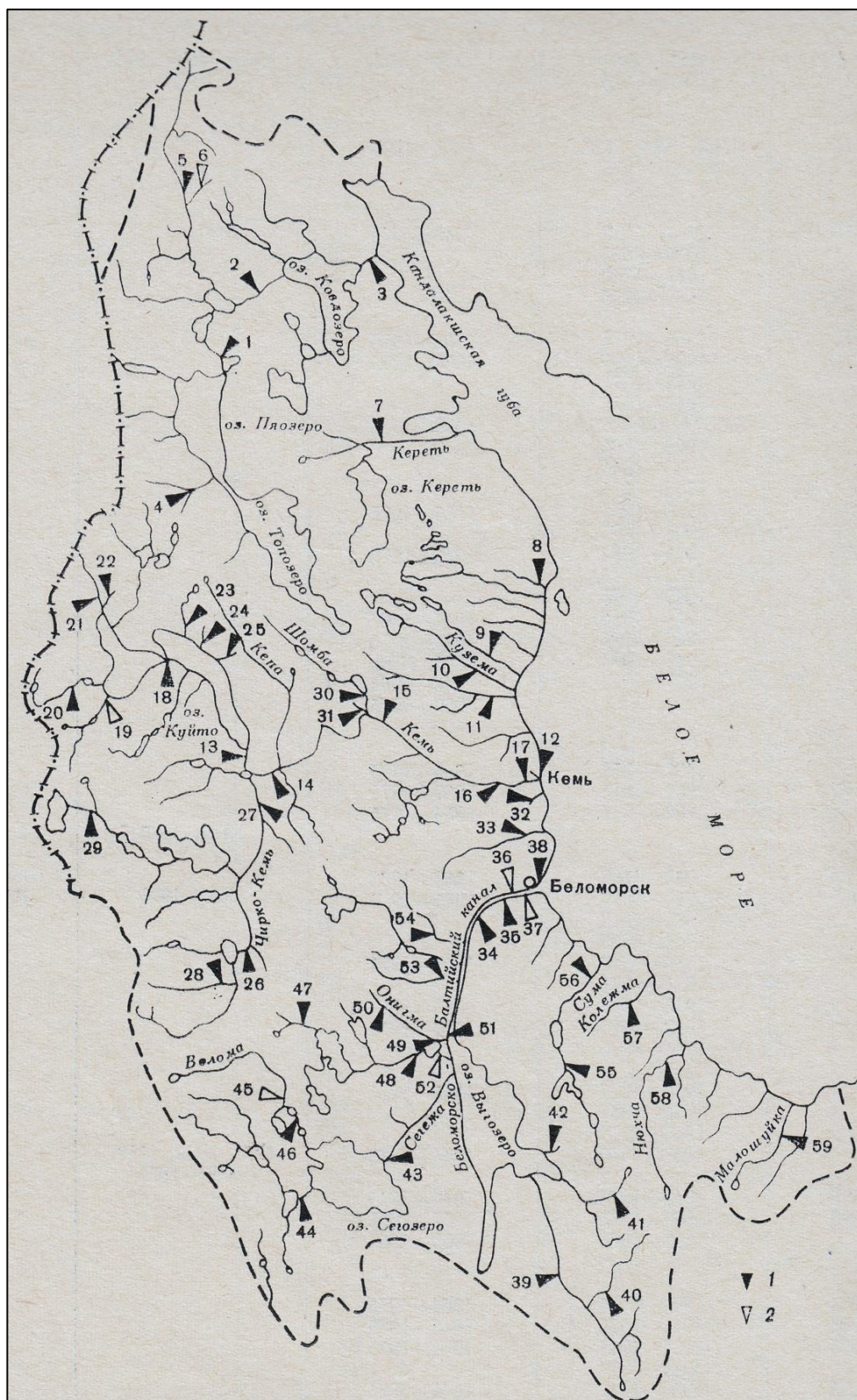


Рисунок 3.2 – Схема расположения г/м постов на реках бассейна Белого моря.

В таблице 3.1 представлено распределение постов по градациям площадей водосборов.

Таблица 3.1 – Распределение постов по грациям площадей водосборов

| Диапазон площадей водосборов, км ² | | | |
|---|---------------------|----------------------|------------|
| $F \leq 200$ | $200 < F \leq 1000$ | $1000 < F \leq 5000$ | $F > 5000$ |
| 17 % | 49 % | 27 % | 7 % |

3.2 Приведение рядов к многолетнему периоду

На начальном этапе исследований все короткие ряды были приведены к многолетнему периоду. Для выбора рек-аналогов были построены пространственные корреляционные матрицы для максимальных расходов и слоев весеннего половодья (см. приложение А). Восстановление рядов проводилось в соответствии с требованиями нормативных документов [10,19].

Для рядов максимальных расходов весеннего половодья восстановлено 26 рядов. Для слоев стока – 29 рядов. А в общей сложности было восстановлено 55 рядов.

Примеры графиков связи и примеры восстановленных рядов представлены на рисунках 3.3–3.6, а также в приложении Б.

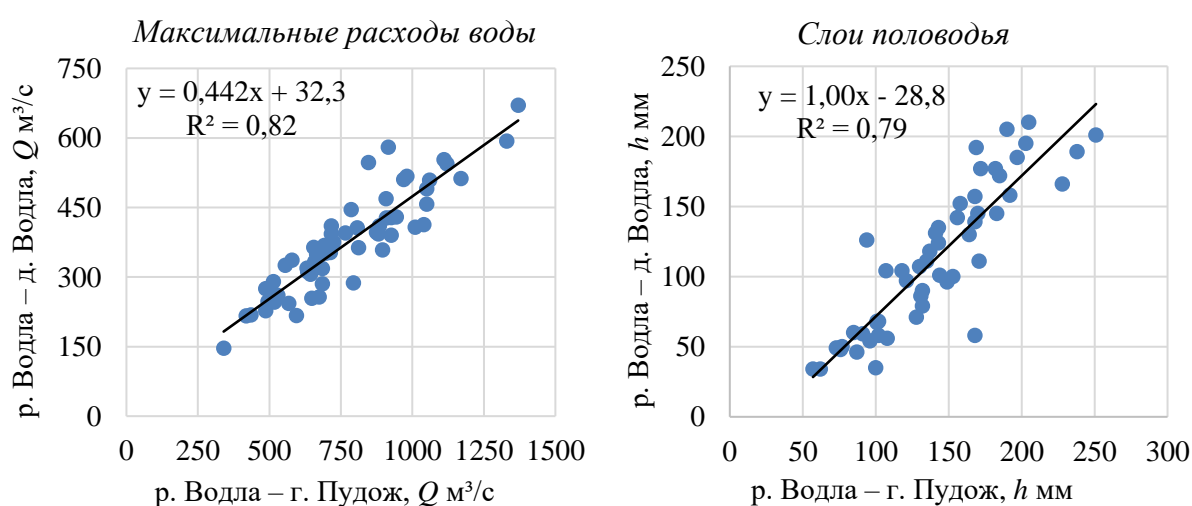


Рисунок 3.3 – Графики связи максимальных расходов и слоев весеннего половодья для постов р. Водла – д. Водла и р. Водла – г. Пудож.

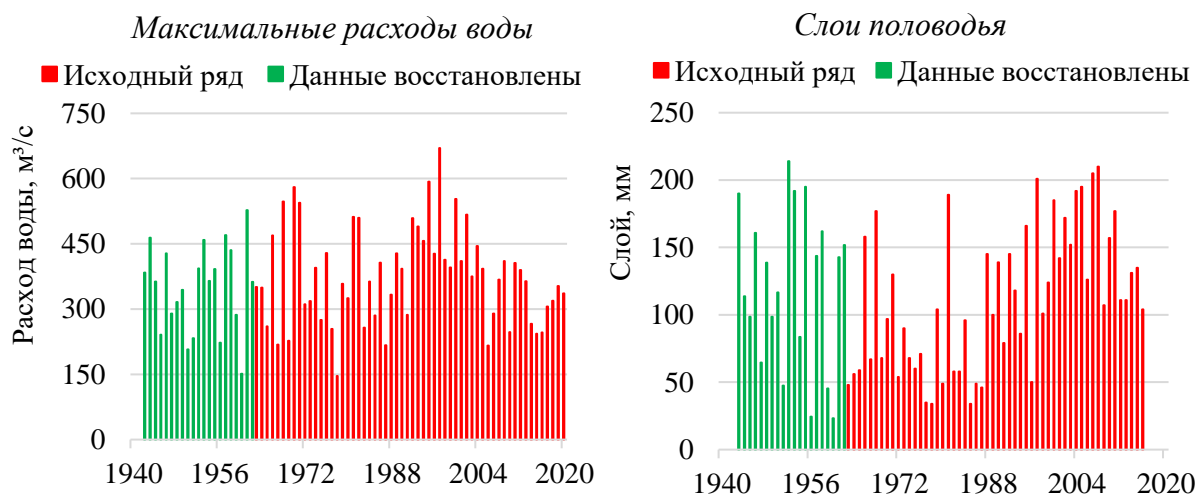


Рисунок 3.4 – Хронологические графики максимальных расходов и слоев весеннего половодья реки Водла – д. Водла.

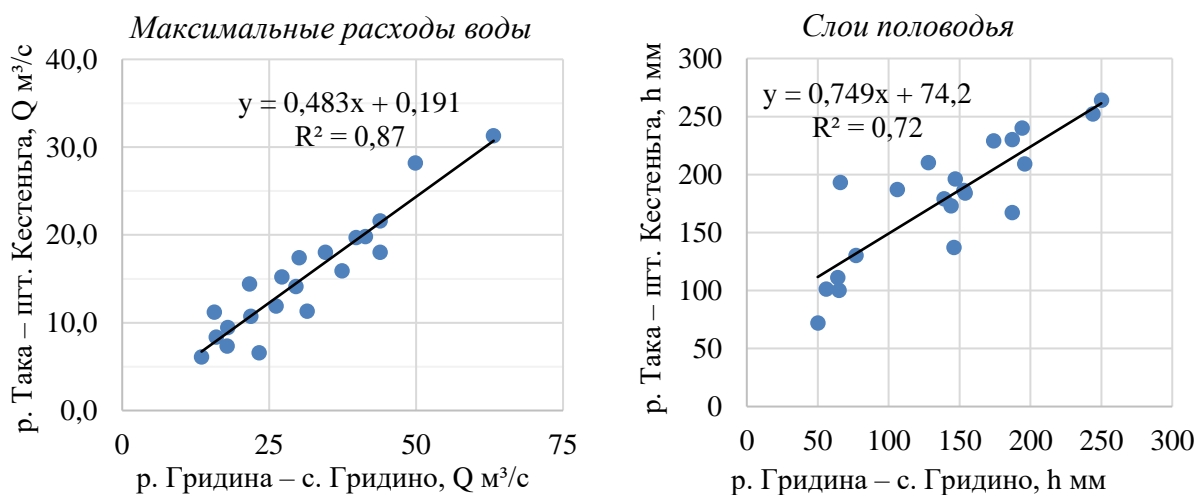


Рисунок 3.5 – Графики связи максимальных расходов и слоев весеннего половодья для постов р. Гридина – с. Гридино и р. Така – пгт. Кестеньга.

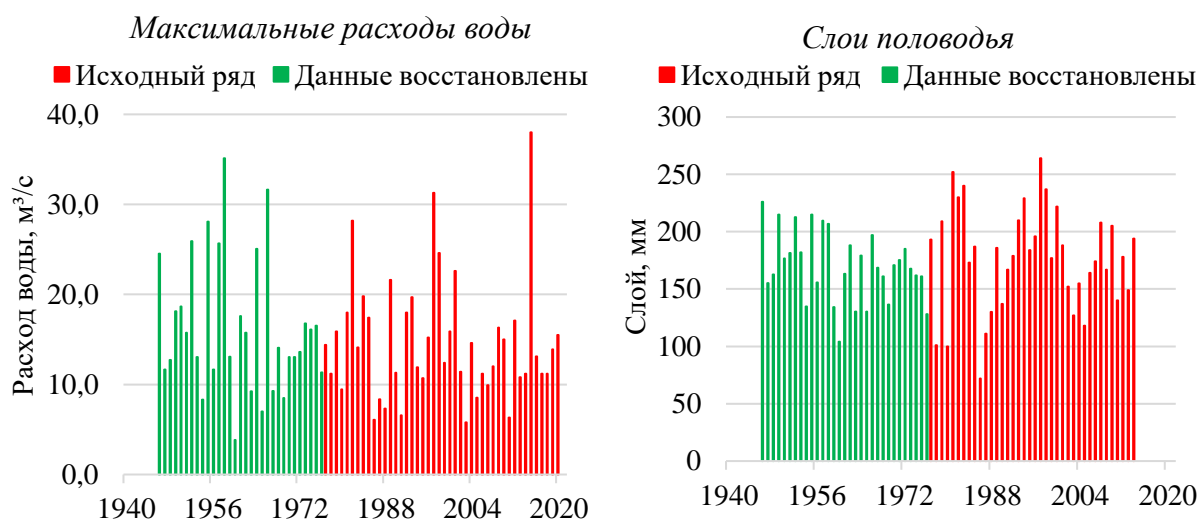


Рисунок 3.6 – Хронологические графики максимальных расходов и слоев весеннего половодья реки Така – пгт. Кестеньга.

В таблицах 3.2 и 3.3 представлены параметры уравнения линейной регрессии для рядов максимальных расходов и слоев весеннего половодья.

Таблица 3.2 – Параметры уравнений регрессии для рядов максимальных расходов весеннего половодья

| № | Расчетная река | Река-аналог | Параметры | | | Длина ряда | |
|----|-----------------------------|--------------------------------|-----------|------|-------|------------|-----|
| | | | R | a | b | n | N |
| 1 | Лососинка – г. Петрозаводск | Черная – с. Каршево | 0.76 | 0.30 | 8.12 | 32 | 60 |
| 2 | Шуя – д. Бесовец | Суна – пгт Поросозеро | 0.84 | 3.56 | 19.2 | 84 | 90 |
| 3 | Святрека – пгт Пряжа | Водла – г. Пудож | 0.72 | 0.03 | 3.98 | 82 | 89 |
| 4 | Уница – с. Уница | Чирко-Кемь – с. Андропова Гора | 0.72 | 0.47 | -3.11 | 71 | 72 |
| 5 | Немина – пос. Немино-3 | Пяльма – д. Пяльма | 0.78 | 0.47 | 27.5 | 63 | 68 |
| 6 | Пяльма – д. Пяльма | Водла – г. Пудож | 0.79 | 0.18 | 4.73 | 68 | 79 |
| 7 | Водла – д. Водла | Водла – г. Пудож | 0.90 | 0.44 | 32.3 | 58 | 79 |
| 8 | Колода – д. Кубовская | Водла – г. Пудож | 0.88 | 0.12 | 19.9 | 51 | 79 |
| 9 | Большая Велмукса – г. Пудож | Водла – г. Пудож | 0.84 | 0.03 | -0.58 | 52 | 79 |
| 10 | Шалица – пос. Онежский | Пяльма – д. Пяльма | 0.72 | 0.14 | 18.9 | 62 | 68 |

| № | Расчетная река | Река-аналог | Параметры | | | Длина ряда | |
|----|--------------------------------|------------------------------|-----------|----------|----------|------------|----------|
| | | | <i>R</i> | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>n</i> | <i>N</i> |
| 11 | Корпи-йоки – пос. Пяозерский | Гридина – с. Гридино | 0.82 | 0.23 | 3.08 | 46 | 75 |
| 12 | Гридина – с. Гридино | Корпи-йоки – пос. Пяозерский | 0.82 | 3.00 | 0.56 | 52 | 75 |
| 13 | Кузема – ст. Кузема | Поньгома – с. Поньгома | 0.90 | 0.82 | 7.24 | 61 | 63 |
| 14 | Поньгома – с. Поньгома | Кузема – ст. Кузема | 0.90 | 1.01 | 8.46 | 36 | 63 |
| 15 | Судно – с. Вокнаволоок | Поньгома – с. Поньгома | 0.73 | 0.57 | 42.3 | 49 | 61 |
| 16 | Войница – с. Войница | Кузема – ст. Кузема | 0.72 | 3.96 | 25.7 | 47 | 62 |
| 17 | Чирко-Кемь – с. Андропова Гора | Шуя – с. Шуерецкое | 0.73 | 0.49 | 49.5 | 57 | 88 |
| 18 | Вожма – пос. Вожозеро | Выг (Верхний)–д. Огорельши | 0.81 | 0.23 | -4.74 | 49 | 69 |
| 19 | Лужма – д. Ильина Гора | Суна – пгт Поросозеро | 0.89 | 1.40 | -5.24 | 37 | 71 |
| 20 | Нюхча – с. Нюхча | Лекса – пос. Сергиево | 0.85 | 1.34 | 49.3 | 60 | 67 |
| 21 | Така – пгт Кестеньга | Гридина – с. Гридино | 0.93 | 0.48 | 0.19 | 44 | 75 |
| 22 | Мининька – д. Тунгозеро | Гридина – с. Гридино | 0.86 | 0.38 | 1.96 | 43 | 75 |
| 23 | Юуван-йоки – пгт Вяртсиля | Тулема-йоки – пгт Салми | 0.85 | 0.14 | 4.41 | 37 | 64 |
| 24 | Олонка – с. Верховье | Мегрега – д. Куйтежа | 0.86 | 1.89 | 19.9 | 80 | 88 |
| 25 | Олонка – г. Олонец | Олонка – с. Верховье | 0.85 | 1.44 | 51.4 | 66 | 71 |
| 26 | Тукса – с. Тукса | Олонка – г. Олонец | 0.78 | 0.07 | 2.01 | 50 | 71 |

Таблица 3.3 – Параметры уравнений регрессии для рядов слоев весеннего половодья

| № | Расчетная река | Река-аналог | Параметры | | | Длина ряда | |
|---|-----------------------------|---------------------------|-----------|----------|----------|------------|----------|
| | | | <i>R</i> | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>n</i> | <i>N</i> |
| 1 | Лососинка – г. Петрозаводск | Пяльма – д. Пяльма | 0.83 | 0.83 | -13.0 | 27 | 55 |
| 2 | Неглинка – г. Петрозаводск | Ивина – пгт Ладва | 0.72 | 0.70 | 41.6 | 59 | 64 |
| 3 | Шуя – д. Бесовец | Святрека – пгт Пряжа | 0.79 | 0.66 | 34.3 | 77 | 86 |
| 4 | Сяньга – д. Чуралахта | Видлица – с. Большие Горы | 0.72 | 0.49 | 40.8 | 52 | 67 |
| 5 | Святрека – пгт Пряжа | Олонка – г. Олонец | 0.77 | 0.71 | 8.60 | 77 | 79 |

| № | Расчетная река | Река-аналог | Параметры | | | Длина ряда | |
|----|--------------------------------|--------------------------------|-----------|----------|----------|------------|----------|
| | | | <i>R</i> | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>n</i> | <i>N</i> |
| 6 | Уница – с. Уница | Шуя – д. Бесовец | 0.76 | 0.99 | 58.7 | 65 | 66 |
| 7 | Немина – пос. Немино-3 | Пяльма – д. Пяльма | 0.83 | 0.85 | 32.4 | 57 | 62 |
| 8 | Пяльма – д. Пяльма | Водла – г. Пудож | 0.73 | 0.90 | 88.7 | 62 | 74 |
| 9 | Водла – д. Водла | Водла – г. Пудож | 0.89 | 1.00 | -28.8 | 54 | 74 |
| 10 | Колода – д. Кубовская | Водла – г. Пудож | 0.72 | 0.68 | 77.7 | 45 | 74 |
| 11 | Рагнукса – д. Харловская | Шалица – пос. Онежский | 0.79 | 1.49 | 9.56 | 59 | 65 |
| 12 | Большая Велмукса – г. Пудож | Водла – г. Пудож | 0.73 | 0.95 | 98.5 | 46 | 74 |
| 13 | Шалица – пос. Онежский | Пяльма – д. Пяльма | 0.80 | 0.56 | 42.7 | 58 | 64 |
| 14 | Корпи-йоки – пос. Пяозерский | Гридина – с. Гридино | 0.75 | 0.69 | 37.1 | 40 | 69 |
| 15 | Гридина – с. Гридино | Корпи-йоки – пос. Пяозерский | 0.75 | 0.81 | 29.7 | 52 | 69 |
| 16 | Кузема – ст. Кузема | Поньгома – с. Поньгома | 0.83 | 0.85 | 15.3 | 55 | 57 |
| 17 | Поньгома – с. Поньгома | Кузема – ст. Кузема | 0.83 | 0.82 | 21.8 | 36 | 57 |
| 18 | Судно – с. Вокнаволоок | Чирко-Кемь – с. Андропова Гора | 0.76 | 1.08 | 45.8 | 43 | 55 |
| 19 | Войница – с. Войница | Чирко-Кемь – с. Юшкозеро | 0.76 | 1.03 | 36.4 | 41 | 60 |
| 20 | Чирко-Кемь – с. Андропова Гора | Пяльма – д. Пяльма | 0.71 | 0.50 | 32.5 | 51 | 71 |
| 21 | Вожма – пос. Вожозеро | Нюхча – с. Нюхча | 0.81 | 0.87 | 19.1 | 43 | 61 |
| 22 | Лужма – д. Ильина Гора | Суна – пгт Поросозеро | 0.84 | 0.75 | 30.6 | 33 | 65 |
| 23 | р. Нюхча – с. Нюхча | Вожма – пос. Вожозеро | 0.81 | 0.76 | 40.3 | 54 | 61 |
| 24 | Така – пгт Кестеньга | Гридина – с. Гридино | 0.85 | 0.75 | 74.2 | 38 | 69 |
| 25 | Мининька – д. Тунгозеро | Гридина – с. Гридино | 0.83 | 0.72 | 40.5 | 37 | 69 |
| 26 | Юуван-йоки – пгт Вяртсиля | Тулема-йоки – пгт Салми | 0.89 | 0.95 | 11.9 | 32 | 59 |
| 27 | Олонка – с. Верховье | Мегрега – д. Куйтежа | 0.91 | 0.91 | 5.52 | 76 | 84 |
| 28 | Олонка – г. Олонец | Олонка – с. Верховье | 0.95 | 0.89 | 26.2 | 62 | 67 |
| 29 | Тукса – с. Тукса | Олонка – г. Олонец | 0.81 | 0.98 | 1.57 | 45 | 67 |

3.3 Проверка рядов на однородность

Проверка на однородность была выполнена с использованием критериев Фишера и Стьюдента [11,20]. Результаты проверки представлены в приложении В.

Большинство рядов являются однородными и стационарными. В таблице 3.2 представлены обобщенные результаты для максимальных расходов весеннего половодья, где это подтверждается в 80% случаях, для слоев половодья – более 90%.

Таблица 3.2 – Проверка рядов на однородность и стационарность

| Вид стока | <i>N</i> | Число случаев опровержения гипотезы | | | |
|---------------------------|----------|-------------------------------------|----|-----------------------|----|
| | | по критерию Фишера | | по критерию Стьюдента | |
| | | <i>n</i> | % | <i>n</i> | % |
| Максимальные расходы воды | 59 | 12 | 20 | 10 | 17 |
| Слои половодья | 59 | 1 | 2 | 4 | 7 |

4 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТНОЙ СТРУКТУРЫ РЯДОВ МАКСИМАЛЬНОГО ВЕСЕННЕГО СТОКА

4.1 Методика исследований

Для описания стационарных случайных процессов в настоящее время довольно часто используются модели авторегрессии и их комбинация.

Общая модель авторегрессии имеет вид [2]:

$$\overset{\circ}{X}_t = \varphi_1 \overset{\circ}{X}_{t-1} + \varphi_2 \overset{\circ}{X}_{t-2} + \dots + \varphi_p \overset{\circ}{X}_{t-p} + a_t \quad (1)$$

где $\overset{\circ}{X}_t$ – центрированный случайный процесс; a_t – белый шум с нулевым математическим ожиданием и среднеквадратическим отклонением σ_a ;

$\varphi_1, \varphi_2 \dots \varphi_p$ – коэффициенты модели (константы).

Модель содержит $(p + 2)$ параметров: $\varphi_1, \varphi_2 \dots \varphi_p, m_x, \sigma_a$.

Эту модель называют моделью авторегрессии p -того порядка и обозначают $AR(p)$. Модель $AR(1)$ называют моделью авторегрессии первого порядка или моделью Марковского процесса. Модель $AR(2)$ называют моделью авторегрессии второго порядка или процессом Юла.

В настоящей работе для обоснования порядка модели использовался модуль программы *STATISTICA* «АРПСС и автокорреляционные функции» [3]. Интерфейс программы *STATISTICA* и модуля АРПСС показан на рисунке 4.1.

В качестве возможных моделей рассматривались модели: $AR(0)$, $AR(1)$ и $AR(2)$. Модель принималась если параметры модели были статистически значимы, а остатки были не коррелированы и имели нормальное распределение.

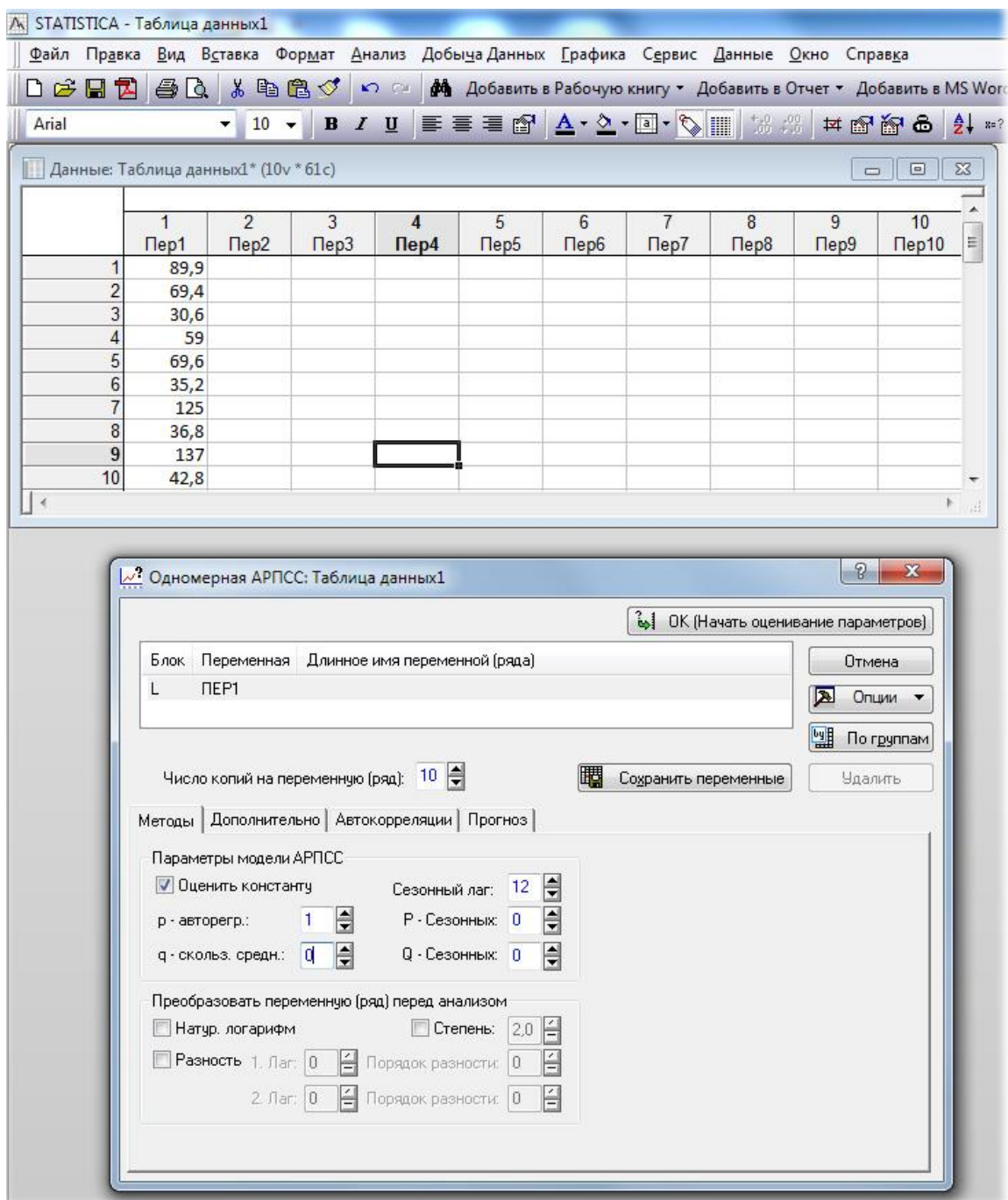


Рисунок 4.1 – Интерфейс программы *STATISTICA* и модуля АРПСС.

4.2 Обоснование порядка модели авторегрессии для рядов максимальных расходов весеннего половодья

В качестве примера в таблицах 4.1 и 4.2 представлены параметры модели $AR(1)$ и $AR(2)$ для максимальных расходов весеннего половодья.

Параметры значимы по критерию Стьюдента. Остатки не коррелированы и имеют распределение близкое к нормальному, как показано на рисунках 4.2 и 4.3.

Таблица 4.1 – Параметры модели авторегрессии AP(1); р. Шелтозерка – с.Шелтозеро

| | Параметр | Стандартная ошибка | Статистика Стьюдента | Уровень значимости, % | Нижняя граница дов. интерв. 95% | Верхняя граница дов. интерв. 95% |
|--------|----------|--------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Конст. | 9,16 | 0,46 | 19,9 | 0,00 | 8,23 | 10,1 |
| p(1) | 0,31 | 0,14 | 2,26 | 0,03 | 0,03 | 0,58 |

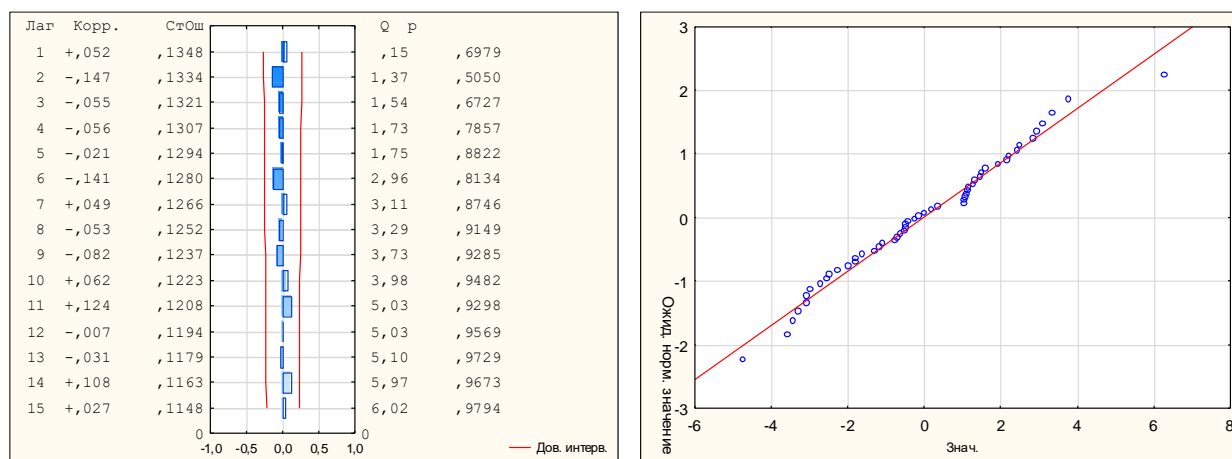


Рисунок 4.2 – Автокорреляционная функция остатков и нормальный вероятностный график остатков для модели AP(1); р. Шелтозерка – с. Шелтозеро.

Таблица 4.2 – Параметры модели авторегрессии AP(2); р. Черная – с. Каршево

| | Параметр | Стандартная ошибка | Статистика Стьюдента | Уровень значимости, % | Нижняя граница дов. интерв. 95% | Верхняя граница дов. интерв. 95% |
|--------|----------|--------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Конст. | 37,2 | 6,07 | 6,12 | 0,00 | 25,0 | 49,3 |
| p(1) | 0,37 | 0,13 | 2,76 | 0,01 | 0,10 | 0,63 |
| p(2) | 0,33 | 0,14 | 2,43 | 0,02 | 0,06 | 0,61 |

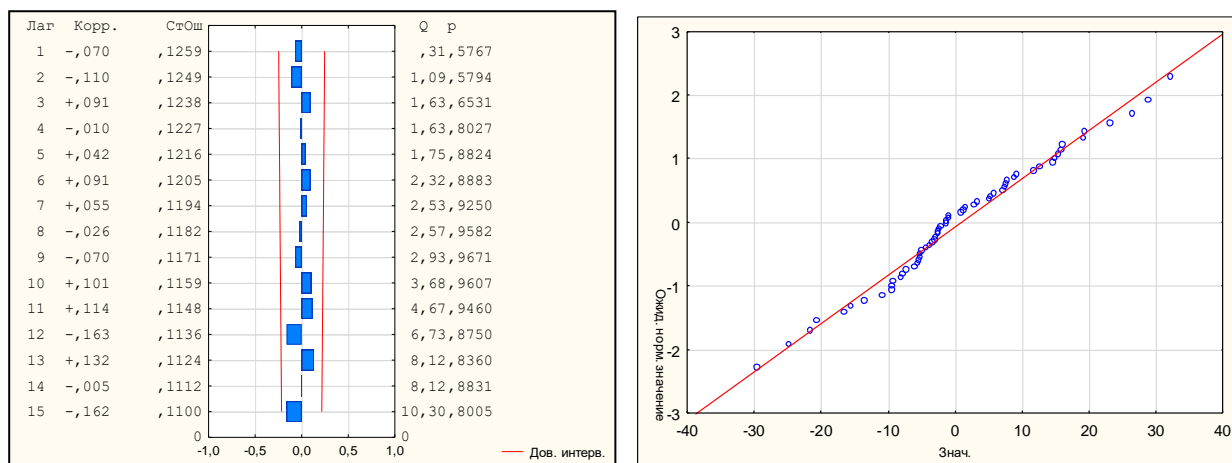


Рисунок 4.3 – Автокорреляционная функция остатков и нормальный вероятностный график остатков для модели AR(2); р. Черная – с. Каршево.

4.3 Обоснование порядка модели авторегрессии для рядов слоя весеннего половодья

В таблице 4.3 представлены параметры для слоев половодья на реке Конторки – с. Костомукша, где наилучшую сходимость дает модель AR(1).

Таблица 4.3 – Параметры модели авторегрессии AR(1); р. Контолки – с. Костомукша

| | Параметр | Стандартная ошибка | Статистика Стьюдента | Уровень значимости, % | Нижняя граница дов. интерв. 95% | Верхняя граница дов. интерв. 95% |
|--------|----------|--------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| Конст. | 113 | 11,1 | 10,2 | 0,00 | 90,4 | 136 |
| p(1) | 0,39 | 0,16 | 2,40 | 0,02 | 0,06 | 0,73 |

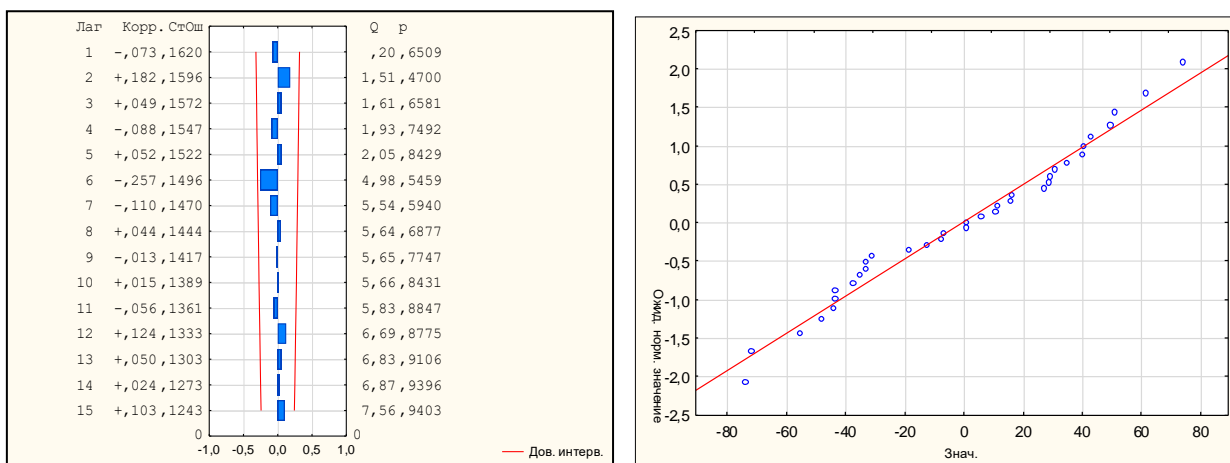


Рисунок 4.4 – Автокорреляционная функция остатков и нормальный вероятностный график остатков для модели $AR(1)$; р. Контолки – с. Костомукша.

4.4 Влияние озерности на порядок авторегрессионной модели для малых и средних рек

Как показал анализ, случаев принятия моделей авторегрессии первого и второго порядка достаточно мало. Гораздо чаще наилучшую сходимость дает модель случайной величины. Для максимальных расходов воды таких рядов 91%, для слоев половодья – 97%. Число рядов, соответствующих моделям авторегрессии различных порядков представлено в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Число рядов, соответствующих моделям авторегрессии различных порядков

| Вид стока | Всего рядов | Прядок модели авторегрессии | | |
|--------------------------|-------------|-----------------------------|---------|---------|
| | | $AR(0)$ | $AR(1)$ | $AR(2)$ |
| Максимальный расход воды | 59 | 54 | 4 | 1 |
| | 100% | 91% | 7% | 2% |
| Слой половодья | 59 | 57 | 2 | 0 |
| | 100% | 97% | 3% | - |

Таблица 4.5 – Реки для которых принята модель AP(1) или AP(2)

| Максимальные расходы воды | | Слои половодья | |
|--------------------------------|-------------------|--------------------------|-------------------|
| Река – пост | $F, \text{ км}^2$ | Река – пост | $F, \text{ км}^2$ |
| Лососинка – г. Петрозаводск | 276 | Черная – с. Каршево | 380 |
| Шелтозерка – с. Шелтозеро | 64,5 | Контолки – г. Костомукша | 41,0 |
| Черная – с. Каршево | 380 | | |
| Чирко-Кемь – с. Андропова Гора | 2730 | | |
| Кепа – пос. Кепа | 651 | | |

Анализ показал, что автокоррелированность рядов наблюдается у рек, которые вытекают из озера или их водосбор включает цепочку проточных озер. В качестве примера можно привести реки: Шелтозерку, Кепу и Чирко-Кемь.

Река Шелтозерка – д. Шелтозеро – ряд максимальных расходов весеннего половодья соответствует модели $AP(1)$. Река Шелтозерка, вытекает из озера Петярви и протекает через озёра Грязное и Кодаярви, впадает в Онежское озеро. В деревне Горное Шёлтозеро принимает правый приток из озера Сарыйярви, как показано на рисунке 4.5.

Гидрологические характеристики:

1. Площадь водосбора $F = 64,5 \text{ км}^2$;
2. Длина реки $L = 9 \text{ км}$;
3. Озерность $f_{оз} = 4\%$;
4. Заболоченность $f_б = 18\%$.

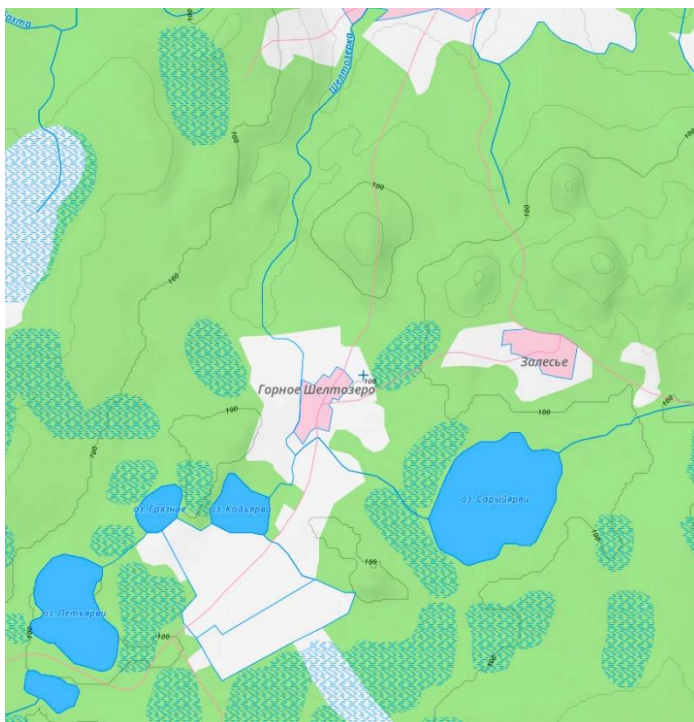


Рисунок 4.5 – Гидрографическая сеть в верхнем течении реки Шелтозерка.

Река Кепа вытекает из озера Талвиярви и протекает через 5 озер, кроме того, к бассейну реки принадлежит еще 12 озер. Гидрографическая сеть реки Кепа представлена на рисунке 4.6.



Рисунок 4.6 – Гидрографическая сеть реки Кепа.

Река Чирко-Кемь протекает через 6 озер и ее водосбор включает еще 11 озер, как показано на рисунке 4.7.



Рисунок 4.6 – Гидрографическая сеть реки Чирко-Кемь.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований подтвердилось общепринятое мнение, что вероятностная структура рядов максимального стока средних и малых рек в большинстве случаев соответствует модели случайной величины. Несмотря на высокую озерность региона на территории Карелии таких рядов более 90 %.

В тоже время имеется небольшое количество малых и средних рек, для которых ряды максимального стока описываются моделью авторегрессии первого порядка. В основном это реки, входящие в озерно-речные системы или реки, режим которых изменен, в результате искусственного регулирования стока.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО). – URL: <https://gmvo.skniivh.ru/index.php>. Дата обращения 17.11.2022.
- 2 Бокс Дж., Дженкинс Г. Анализ временных рядов, прогноз и управление: Пер. с англ. // Под ред. В.Ф. Писаренко. – М.: Мир, 1974, кн. 1. – 406 с.
- 3 Боровиков В. П. Прогнозирование в системе *STATISTICA* в среде *Windows*: Основы теории и интенсив. практика на компьютере: Учеб. пособие для вузов / В. П. Боровиков, Г. И. Ивченко. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 382 с.
- 4 Владимиров А.М. Гидрологические расчёты. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 365 с.
- 5 Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Том 1, РСФСР, вып. 5: Бассейны рек Балтийского моря, Онежского и Ладожского озёр. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 689 с.
- 6 Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Том 1: РСФСР, вып. 7: Бассейны рек Западного побережья Белого моря. - 1987. – 220 с.
- 7 Евстигнеев В. М. Речной сток и гидрологические расчеты. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 304 с.
- 8 Международное руководство по методам расчета основных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 248 с.
- 9 Методические рекомендации по определению расчётных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометрических наблюдений. – Нижний Новгород: Вектор-ТиС, 2007. - 134 с.
- 10 Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при недостаточности данных гидрометрических наблюдений. – СПб: изд. ААНИИ, 2007. – 67 с.

- 11 Методические рекомендации по оценке однородности гидрологических характеристик и определению их расчетных значений по неоднородным данным. – СПб: Нестор-История, 2010.– 162 с.
- 12 Назарова Л. Е. Геополитика и экогеодинамика регионов / Л. Е. Назарова // Климат Республики Карелия (Россия): температура воздуха, изменчивость изменения. – 2014. – Т.10, №1. – С. 746-749
- 13 Озера Карелии: справочник / под ред. Н. Н. Филатова, В. И. Кухарева. ИВПС КарНЦ РАН. – Петрозаводск: 2013. – 462 с.
- 14 Озера, образовавшиеся в пределах Карельского сегмента Балтийского кристаллического щита. – URL: http://wp.limno.org.ru/publ/2_2.pdf. Дата обращения 28.04.2023.
- 15 Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 444 с.
- 16 Ресурсы поверхностных вод СССР. Карелия и Северо-Запад. — Том 2, часть 1. — Ленинград: Гидрометеиздат, 1972. — 528 с.
- 17 Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 2, часть 1. Карелия и Северо-запад. – Л.: Гидрометеиздат, 1972 год. – 528 с.
- 18 Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 424 с.
- 19 Свод правил СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М.: Стройиздат, 2004. – 72 с.
- 20 *Сикан А.В.* Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. – СПб.: изд. РГГМУ, 2007. – 279 с.
- 21 Строительные нормы и правила СНиП 2.01. 14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик. – М.: Стройиздат, 1985. – 35 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А – Пространственные корреляционные матрицы для максимальных расходов и слоев весеннего половодья

Таблица А.1 – Фрагмент пространственной корреляционной матрицы для максимальных расходов весеннего половодья рек Карелии

| | 48006 | 48002 | 48011 | 48021 | 48029 | 48030 | 48038 | 48043 | 48055 | 48056 | 48058 | 48069 | 48071 | 48075 | 48079 | 48085 | 48088 | 48089 | 48090 | 48091 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 48006 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48002 | 0.62 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48011 | 0.47 | 0.21 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48021 | 0.57 | 0.29 | 0.36 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48029 | 0.26 | 0.04 | 0.20 | 0.70 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48030 | 0.71 | 0.36 | 0.40 | 0.69 | 0.48 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 48038 | 0.39 | 0.08 | 0.17 | 0.84 | 0.69 | 0.54 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | |
| 48043 | 0.39 | 0.18 | 0.12 | 0.61 | 0.85 | 0.53 | 0.68 | 1.00 | | | | | | | | | | | | |
| 48055 | 0.46 | 0.27 | 0.50 | 0.56 | 0.42 | 0.54 | 0.52 | 0.32 | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| 48056 | 0.49 | 0.15 | 0.39 | 0.65 | 0.56 | 0.55 | 0.67 | 0.74 | 0.73 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| 48058 | 0.58 | 0.15 | 0.21 | 0.77 | 0.63 | 0.68 | 0.77 | 0.71 | 0.67 | 0.72 | 1.00 | | | | | | | | | |
| 48069 | 0.55 | 0.25 | 0.32 | 0.48 | 0.20 | 0.57 | 0.40 | 0.13 | 0.44 | 0.38 | 0.57 | 1.00 | | | | | | | | |
| 48071 | 0.70 | 0.33 | 0.26 | 0.50 | 0.23 | 0.68 | 0.46 | 0.29 | 0.48 | 0.39 | 0.63 | 0.78 | 1.00 | | | | | | | |
| 48075 | 0.61 | 0.27 | 0.27 | 0.55 | 0.25 | 0.65 | 0.49 | 0.26 | 0.50 | 0.47 | 0.62 | 0.68 | 0.76 | 1.00 | | | | | | |
| 48079 | 0.68 | 0.38 | 0.29 | 0.48 | 0.21 | 0.72 | 0.44 | 0.26 | 0.45 | 0.42 | 0.53 | 0.63 | 0.79 | 0.90 | 1.00 | | | | | |
| 48085 | 0.56 | 0.45 | 0.35 | 0.53 | 0.23 | 0.64 | 0.46 | 0.06 | 0.50 | 0.25 | 0.46 | 0.62 | 0.68 | 0.79 | 0.88 | 1.00 | | | | |
| 48088 | 0.59 | 0.25 | 0.33 | 0.48 | 0.34 | 0.58 | 0.45 | 0.57 | 0.38 | 0.45 | 0.46 | 0.56 | 0.63 | 0.57 | 0.66 | 0.47 | 1.00 | | | |
| 48089 | 0.60 | 0.30 | 0.33 | 0.54 | 0.27 | 0.75 | 0.50 | 0.32 | 0.49 | 0.48 | 0.51 | 0.75 | 0.75 | 0.76 | 0.84 | 0.78 | 0.62 | 1.00 | | |
| 48090 | 0.68 | 0.37 | 0.36 | 0.72 | 0.26 | 0.69 | 0.60 | 0.24 | 0.51 | 0.53 | 0.63 | 0.62 | 0.72 | 0.67 | 0.70 | 0.58 | 0.63 | 0.67 | 1.00 | |
| 48091 | 0.76 | 0.34 | 0.22 | 0.23 | 0.12 | 0.41 | 0.18 | 0.43 | 0.09 | 0.43 | 0.25 | 0.28 | 0.38 | 0.53 | 0.60 | 0.40 | 0.30 | 0.59 | 0.24 | 1.00 |
| 49014 | 0.13 | 0.03 | 0.09 | 0.34 | 0.00 | 0.36 | 0.35 | -0.16 | 0.27 | 0.18 | 0.29 | 0.32 | 0.35 | 0.31 | 0.33 | 0.27 | -0.07 | 0.27 | 0.29 | 0.22 |
| 49026 | -0.14 | -0.27 | 0.22 | 0.64 | 0.22 | 0.40 | 0.55 | -0.35 | 0.40 | 0.15 | 0.34 | 0.35 | 0.37 | 0.51 | 0.44 | 0.49 | 0.14 | 0.42 | 0.46 | 0.15 |

Таблица А.2 – Фрагмент пространственной корреляционной матрицы для слоев весеннего половодья рек Карелии

| | 48006 | 48002 | 48011 | 48021 | 48029 | 48030 | 48038 | 48043 | 48055 | 48056 | 48058 | 48069 | 48071 | 48075 | 48079 | 48085 | 48088 | 48089 | 48090 | 48091 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 48006 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48002 | 0.46 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48011 | 0.76 | 0.58 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48021 | 0.69 | 0.46 | 0.59 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48029 | 0.51 | 0.51 | 0.42 | 0.73 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 48030 | 0.76 | 0.53 | 0.62 | 0.79 | 0.71 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 48038 | 0.64 | 0.36 | 0.48 | 0.78 | 0.63 | 0.60 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | |
| 48043 | 0.72 | 0.47 | 0.65 | 0.74 | 0.82 | 0.71 | 0.59 | 1.00 | | | | | | | | | | | | |
| 48055 | 0.46 | 0.43 | 0.51 | 0.76 | 0.66 | 0.69 | 0.69 | 0.55 | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| 48056 | 0.50 | 0.17 | 0.37 | 0.52 | 0.36 | 0.43 | 0.46 | 0.39 | 0.62 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| 48058 | 0.71 | 0.28 | 0.44 | 0.71 | 0.54 | 0.59 | 0.71 | 0.68 | 0.73 | 0.67 | 1.00 | | | | | | | | | |
| 48069 | 0.64 | 0.28 | 0.61 | 0.72 | 0.49 | 0.69 | 0.58 | 0.58 | 0.67 | 0.55 | 0.67 | 1.00 | | | | | | | | |
| 48071 | 0.83 | 0.41 | 0.55 | 0.76 | 0.55 | 0.75 | 0.65 | 0.61 | 0.68 | 0.54 | 0.72 | 0.83 | 1.00 | | | | | | | |
| 48075 | 0.33 | 0.39 | 0.25 | 0.61 | 0.31 | 0.60 | 0.55 | 0.19 | 0.53 | 0.36 | 0.47 | 0.44 | 0.54 | 1.00 | | | | | | |
| 48079 | 0.60 | 0.47 | 0.37 | 0.76 | 0.46 | 0.69 | 0.65 | 0.39 | 0.57 | 0.38 | 0.54 | 0.59 | 0.73 | 0.89 | 1.00 | | | | | |
| 48085 | 0.01 | 0.43 | 0.29 | 0.61 | 0.29 | 0.48 | 0.53 | -0.28 | 0.48 | 0.25 | 0.26 | 0.33 | 0.32 | 0.66 | 0.72 | 1.00 | | | | |
| 48088 | 0.83 | 0.31 | 0.57 | 0.69 | 0.47 | 0.60 | 0.54 | 0.57 | 0.49 | 0.32 | 0.51 | 0.52 | 0.71 | 0.35 | 0.67 | 0.36 | 1.00 | | | |
| 48089 | 0.56 | 0.44 | 0.38 | 0.61 | 0.40 | 0.56 | 0.56 | 0.28 | 0.41 | 0.28 | 0.52 | 0.56 | 0.67 | 0.58 | 0.74 | 0.45 | 0.42 | 1.00 | | |
| 48090 | 0.79 | 0.40 | 0.58 | 0.75 | 0.48 | 0.63 | 0.63 | 0.50 | 0.51 | 0.41 | 0.58 | 0.68 | 0.80 | 0.48 | 0.74 | 0.39 | 0.79 | 0.74 | 1.00 | |
| 48091 | 0.64 | 0.36 | 0.27 | 0.34 | 0.17 | 0.39 | 0.31 | 0.26 | 0.24 | 0.20 | 0.17 | 0.16 | 0.32 | 0.42 | 0.47 | 0.36 | 0.44 | 0.48 | 0.42 | 1.00 |
| 49014 | -0.06 | 0.07 | 0.11 | 0.35 | 0.29 | 0.23 | 0.50 | -0.10 | 0.10 | 0.01 | 0.21 | 0.14 | 0.21 | 0.03 | 0.19 | 0.23 | 0.15 | 0.22 | 0.26 | 0.23 |
| 49026 | -0.07 | 0.26 | 0.25 | 0.65 | 0.44 | 0.59 | 0.61 | -0.19 | 0.56 | 0.28 | 0.44 | 0.40 | 0.61 | 0.55 | 0.67 | 0.53 | 0.59 | 0.63 | 0.58 | 0.52 |
| 49030 | 0.40 | 0.31 | 0.32 | 0.48 | 0.28 | 0.44 | 0.48 | 0.14 | 0.43 | 0.34 | 0.40 | 0.42 | 0.48 | 0.35 | 0.52 | 0.30 | 0.43 | 0.35 | 0.41 | 0.29 |
| 49031 | 0.32 | -0.04 | 0.29 | 0.45 | 0.26 | 0.35 | 0.47 | 0.09 | 0.51 | 0.66 | 0.42 | 0.51 | 0.58 | 0.19 | 0.34 | 0.14 | 0.29 | 0.19 | 0.41 | 0.18 |
| 49047 | -0.21 | -0.17 | -0.05 | 0.30 | 0.20 | 0.24 | 0.37 | -0.15 | 0.18 | 0.07 | 0.11 | 0.17 | 0.13 | 0.06 | 0.14 | 0.42 | 0.05 | 0.03 | 0.18 | 0.11 |
| 49048 | 0.74 | 0.15 | 0.30 | 0.57 | 0.48 | 0.58 | 0.49 | 0.64 | 0.45 | 0.33 | 0.43 | 0.43 | 0.62 | 0.23 | 0.47 | 0.11 | 0.60 | 0.32 | 0.58 | 0.57 |
| 49052 | -0.02 | 0.12 | 0.08 | 0.47 | 0.25 | 0.41 | 0.36 | 0.10 | 0.35 | 0.15 | 0.22 | 0.19 | 0.29 | 0.15 | 0.34 | 0.21 | 0.28 | 0.18 | 0.22 | 0.19 |
| 49053 | -0.20 | -0.10 | -0.10 | 0.31 | 0.21 | 0.30 | 0.47 | -0.24 | 0.28 | 0.19 | 0.22 | 0.26 | 0.20 | 0.30 | 0.31 | 0.44 | -0.09 | 0.26 | 0.15 | 0.12 |

Приложение Б – Графики связи и хронологические графики максимальных расходов и слоев весеннего половодья

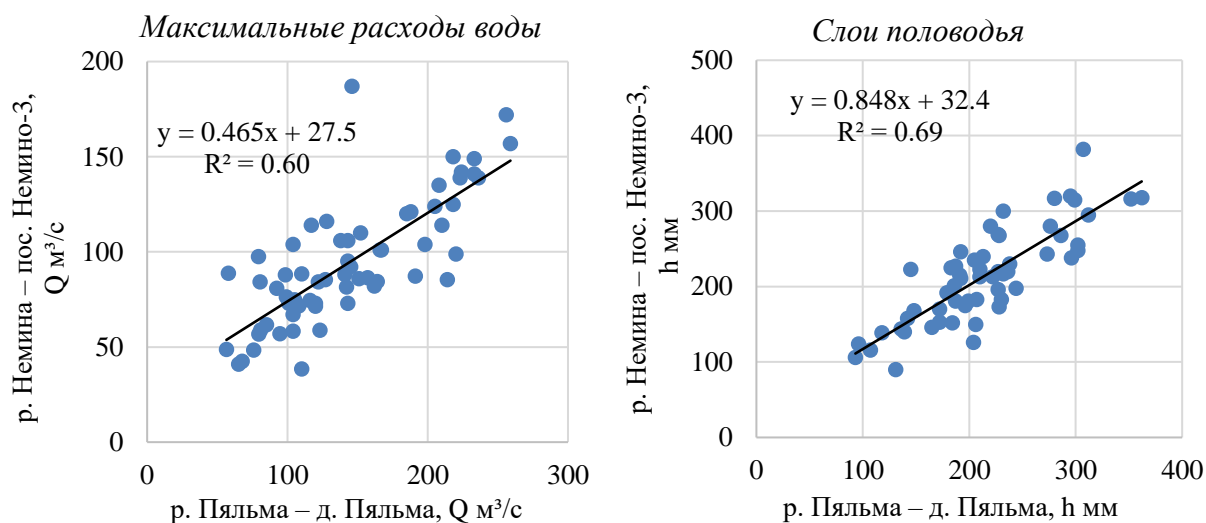


Рисунок Б.1 – Графики связи максимальных расходов и слоев весеннего половодья для постов р. Немина – пос. Немино-3 и р. Пяльма – д. Пяльма.

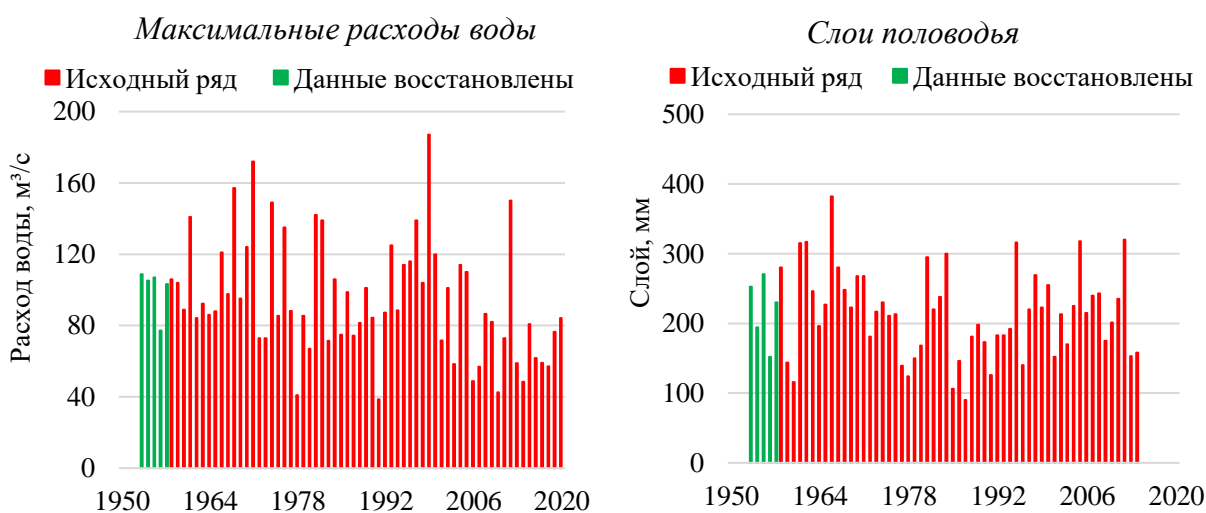


Рисунок Б.2 – Хронологические графики максимальных расходов и слоев весеннего половодья реки Немина – пос. Немино-3.

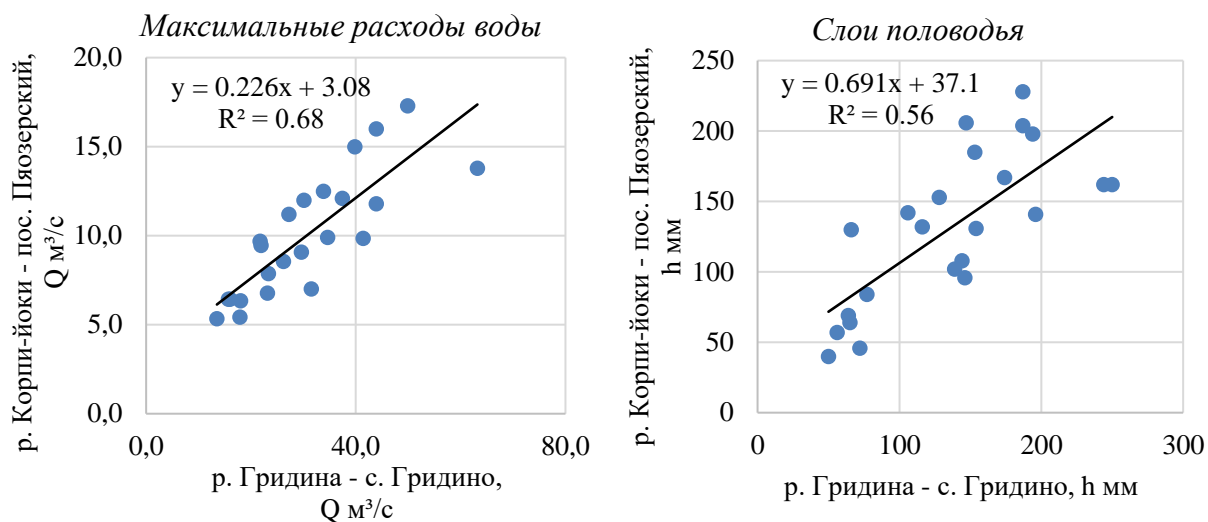


Рисунок Б.3 – Графики связи максимальных расходов и слоев весеннего половодья для постов р. Корпи-йоки – пос. Пяозерский и р. Гридина – с. Гридино.

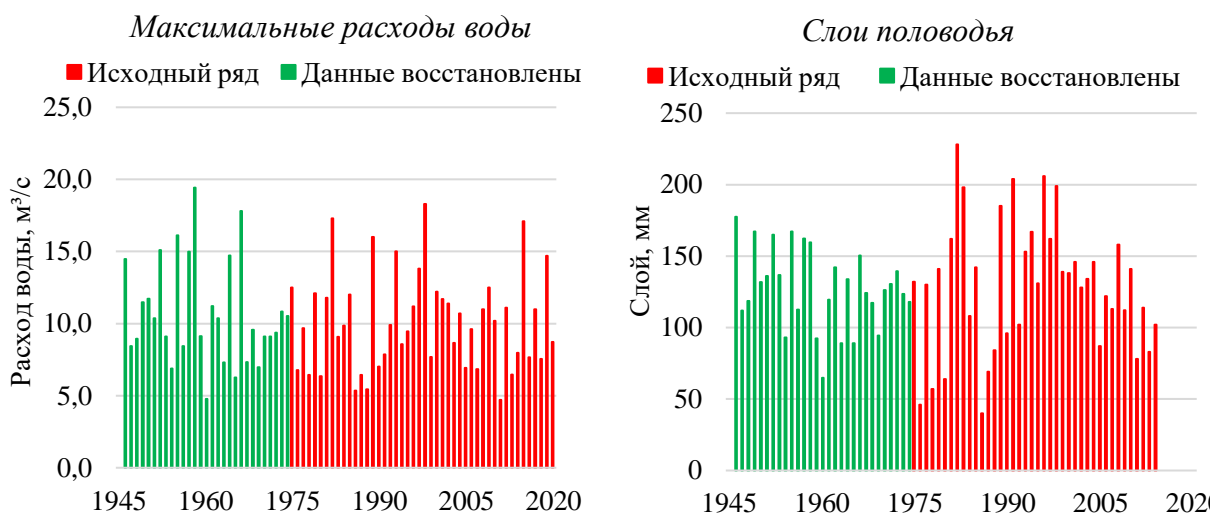


Рисунок Б.4 – Хронологические графики максимальных расходов и слоев весеннего половодья реки Корпи-йоки – пос. Пяозерский.

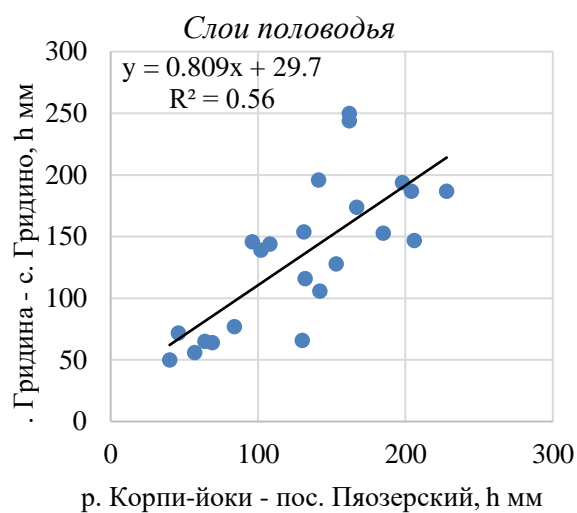
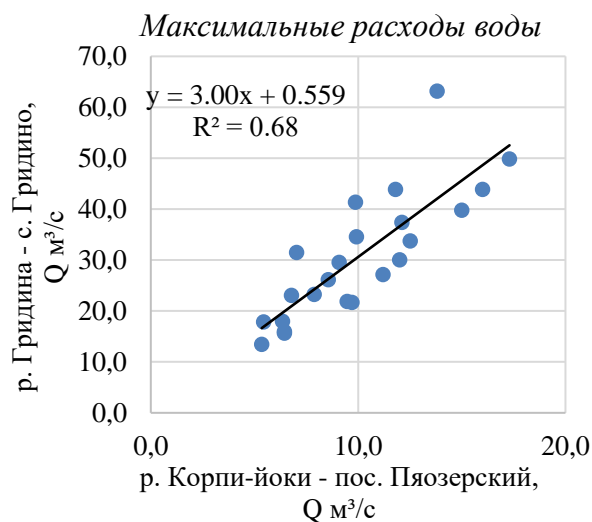


Рисунок Б.5 – Графики связи максимальных расходов и слоев весеннего половодья для постов р. Гридина – с. Гридино и р. Корпи-йоки – пос. Пяозерский.

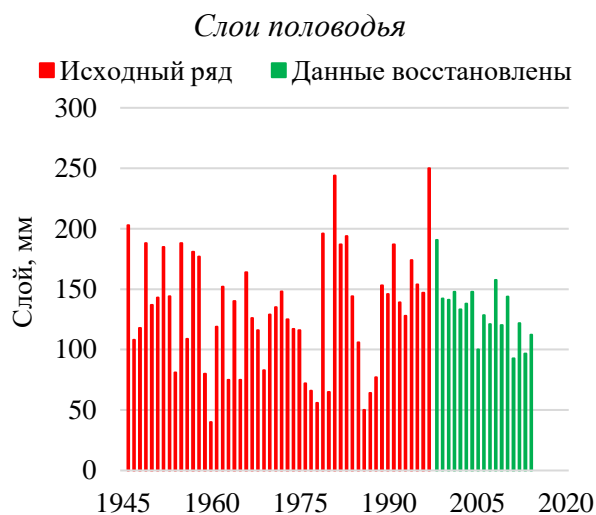
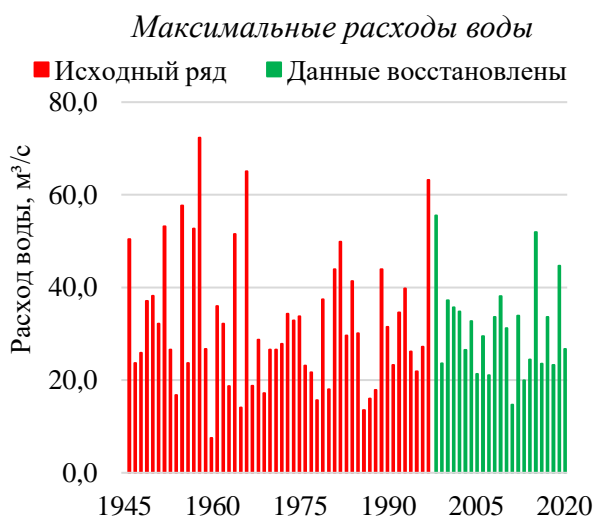


Рисунок Б.6 – Хронологические графики максимальных расходов и слоев весеннего половодья реки Гридина — с. Гридино.

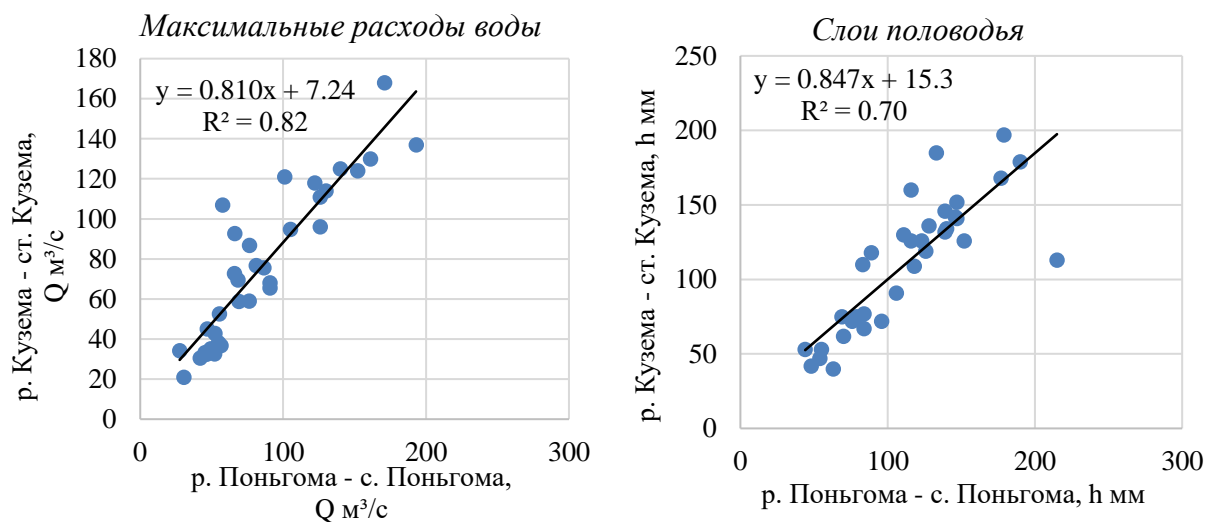


Рисунок Б.7 – Графики связи максимальных расходов и слоев весеннего половодья для постов р. Кузема – ст. Кузема и р. Поньгома – с. Поньгома.

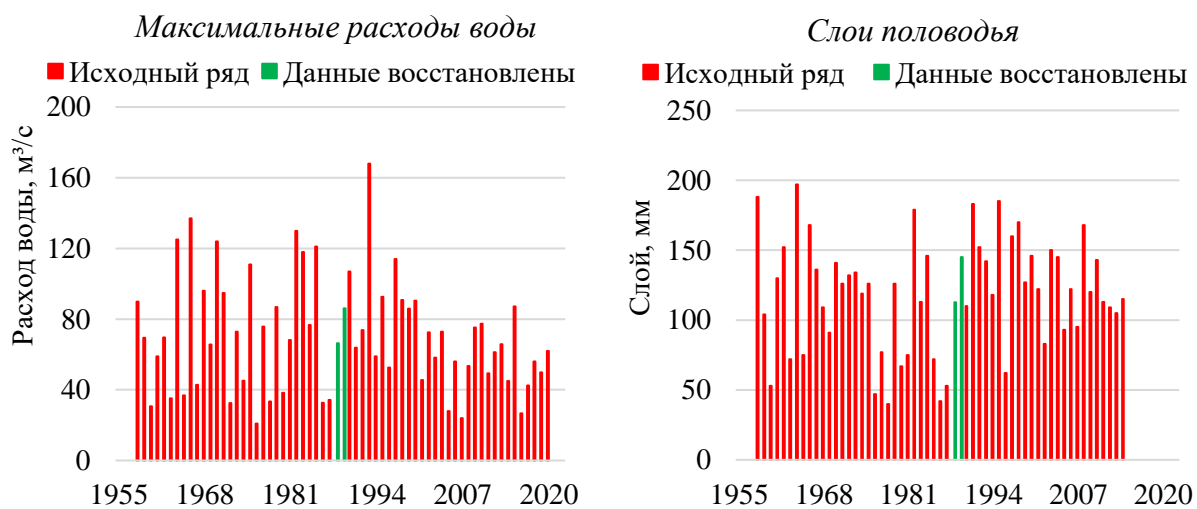


Рисунок Б.8 – Хронологические графики максимальных расходов и слоев весеннего половодья реки Кузема – ст. Кузема.

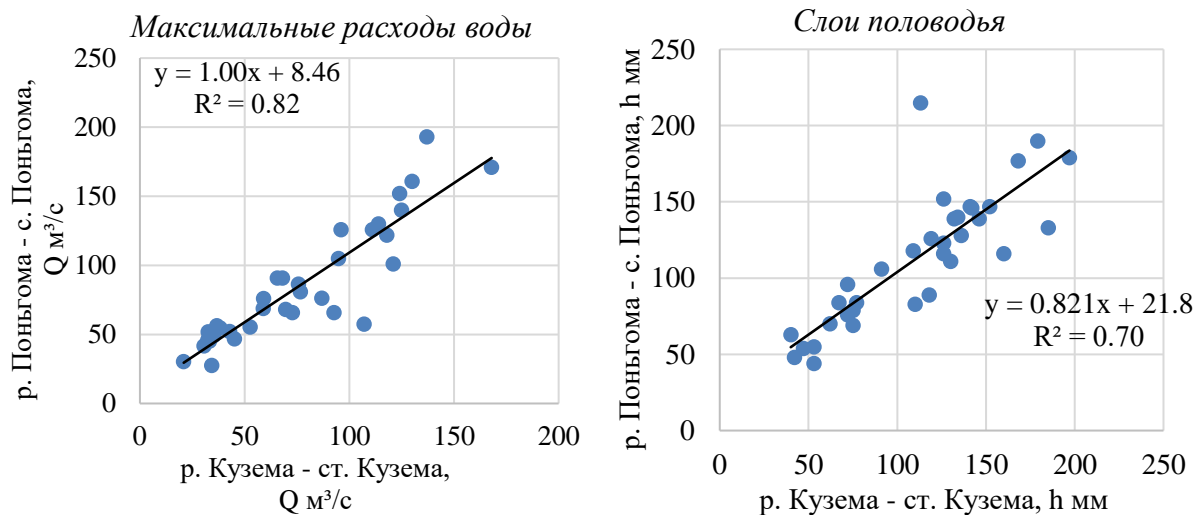


Рисунок Б.9 – Графики связи максимальных расходов и слоев весеннего половодья для постов р. Поньгома – с. Поньгома и р. Кузема – ст. Кузема.

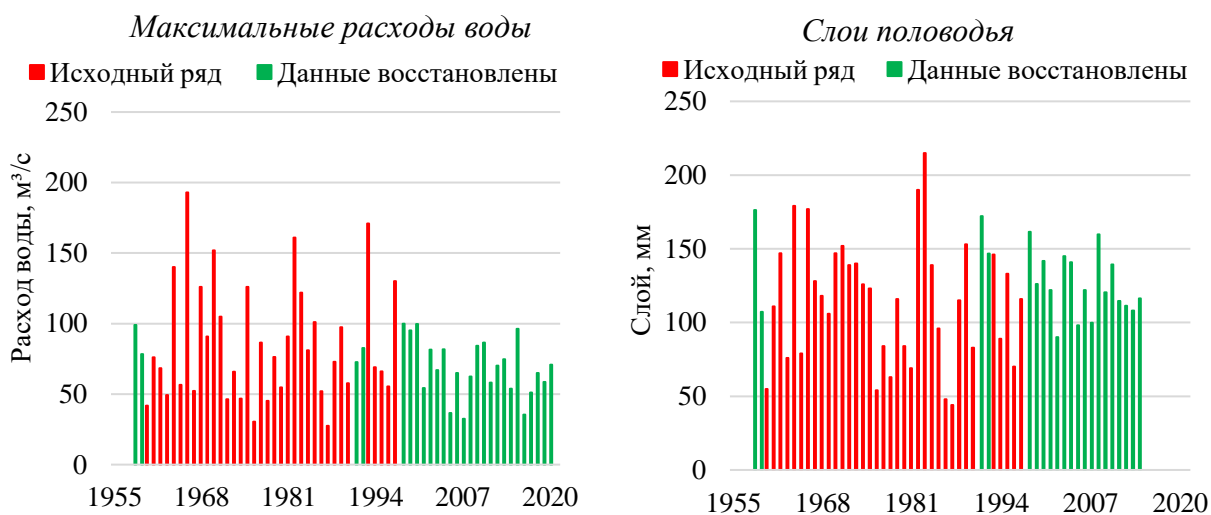


Рисунок Б.10 – Хронологические графики максимальных расходов и слоев весеннего половодья реки Поньгома – с. Поньгома.

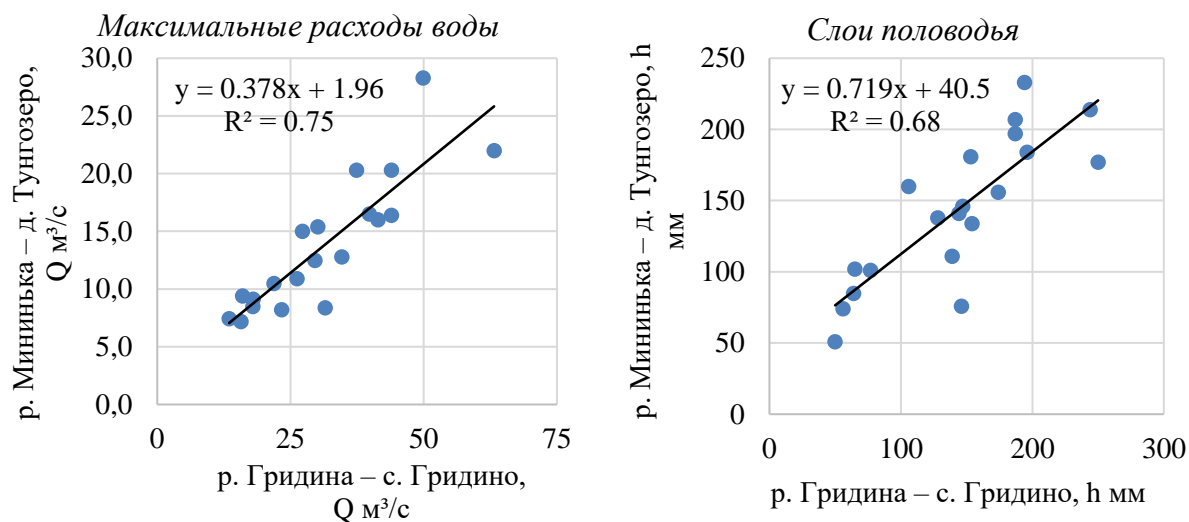


Рисунок Б.11 – Графики связи максимальных расходов и слоев весеннего половодья для постов р. Мининька – д. Тунгозеро и р. Гридина – с. Гридино.

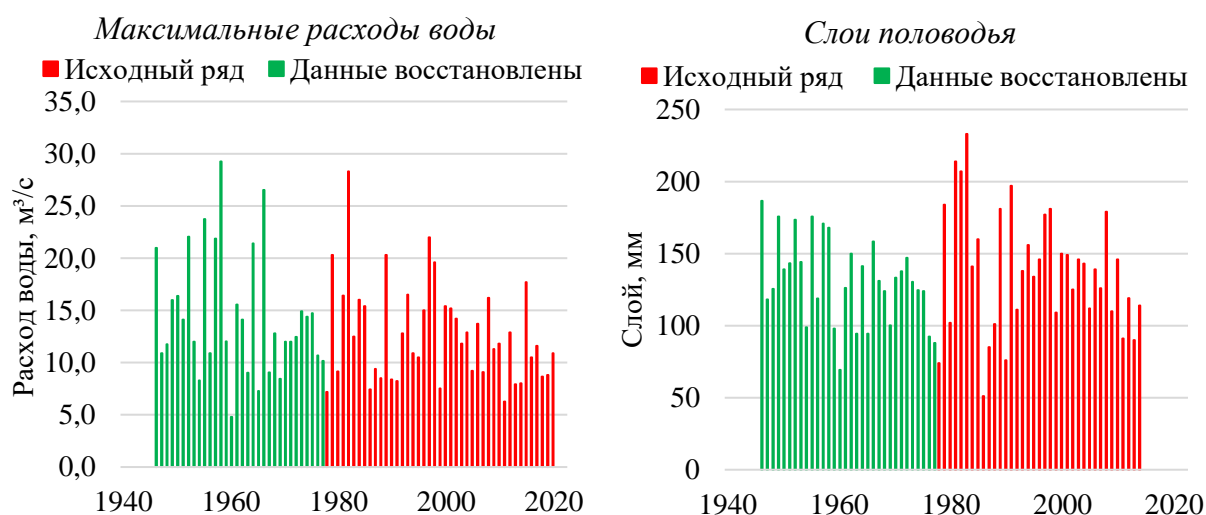


Рисунок Б.12 – Хронологические графики максимальных расходов и слоев весеннего половодья реки Мининька – д. Тунгозеро.

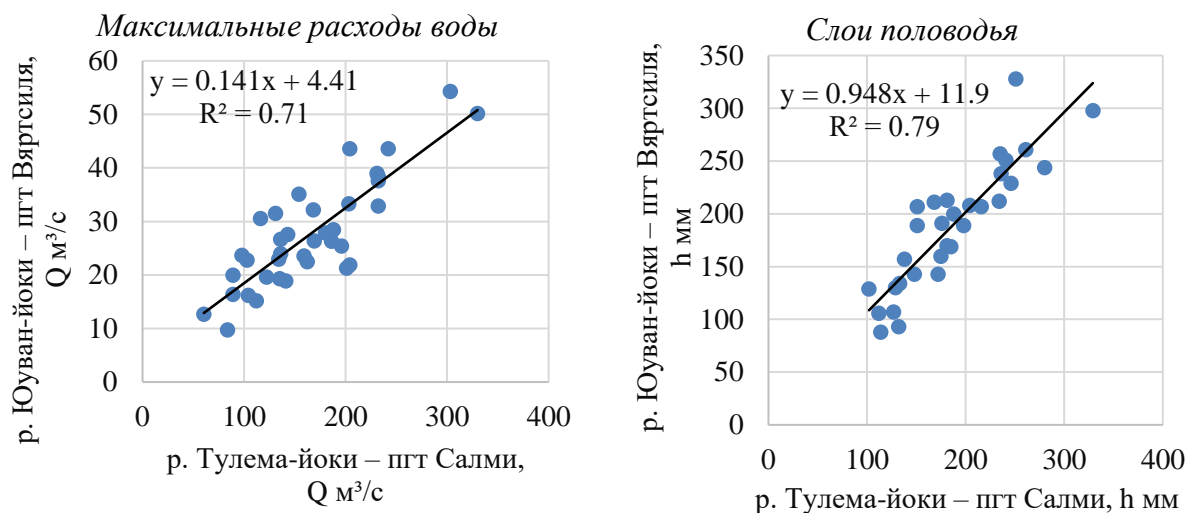


Рисунок Б.13 – Графики связи максимальных расходов и слоев весеннего половодья для постов р. Юуван-йоки – пгт Вяртсиля и р. Тулема-йоки – пгт Салми.

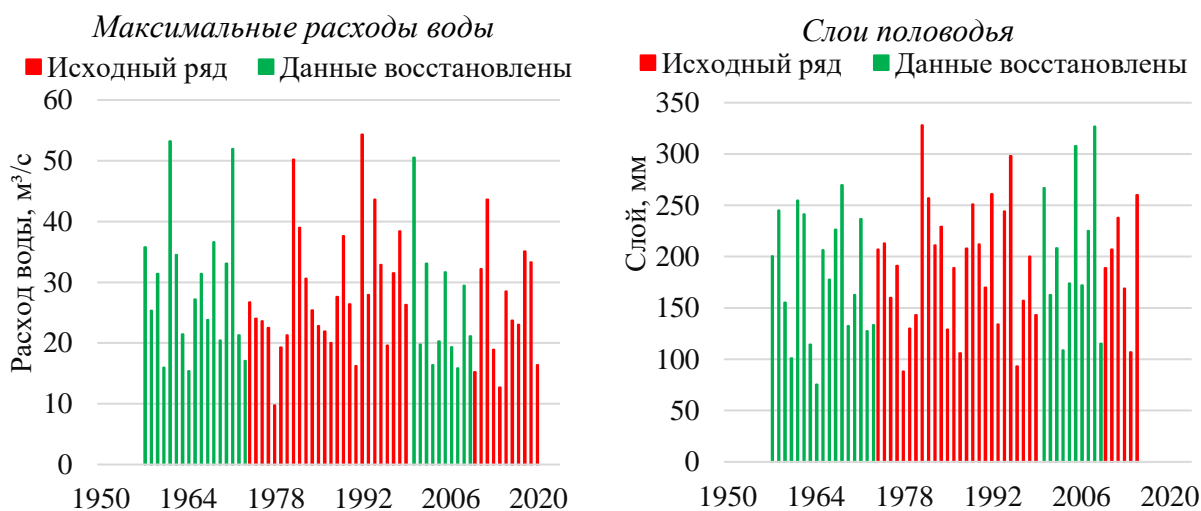


Рисунок Б.14 – Хронологические графики максимальных расходов и слоев весеннего половодья реки Юуван-йоки – пгт Вяртсиля.

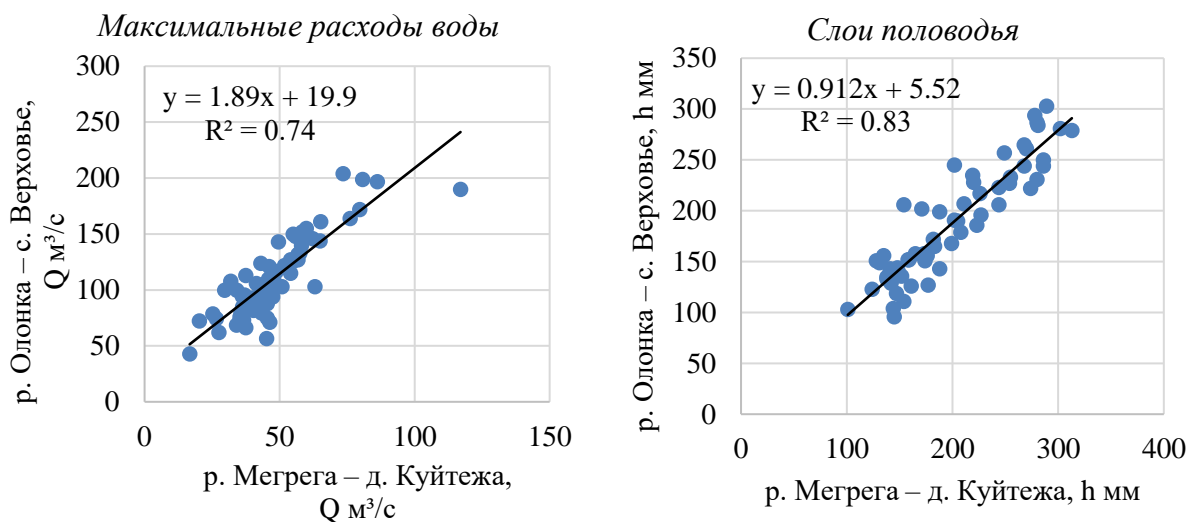


Рисунок Б.15 – Графики связи максимальных расходов и слоев весеннего половодья для постов р. Олонка – с. Верховье и р. Мегрега – д. Куйтежа.

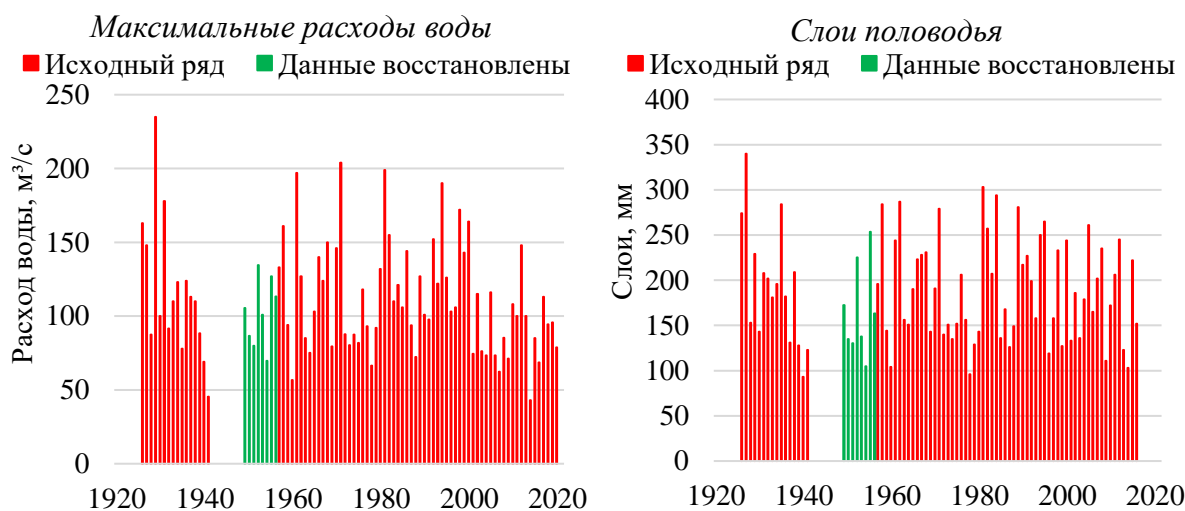


Рисунок Б.16 – Хронологические графики максимальных расходов и слоев весеннего половодья реки Олонка – с. Верховье.

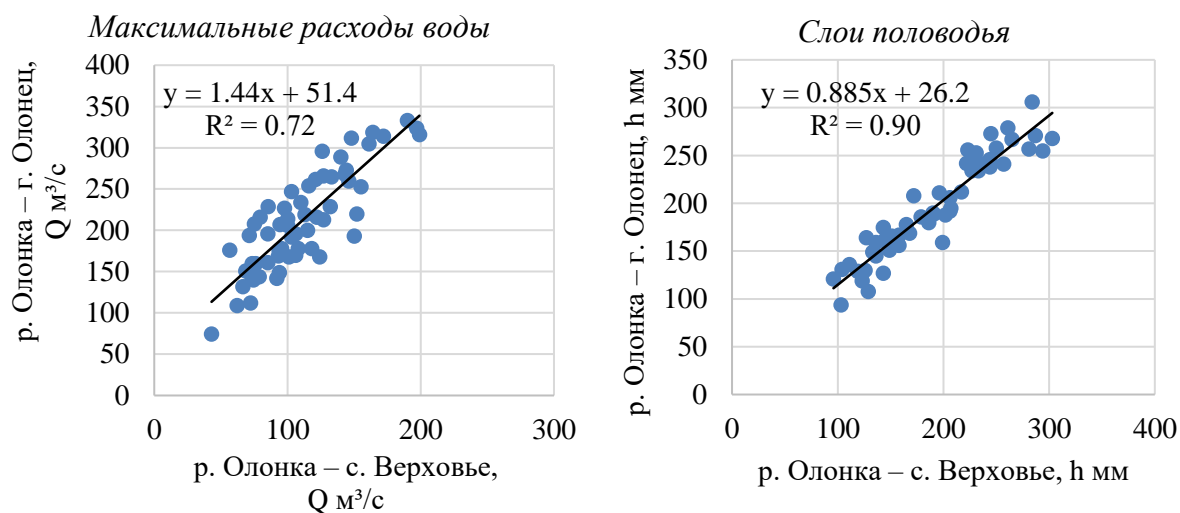


Рисунок Б.17 – Графики связи максимальных расходов и слоев весеннего половодья для постов р. Олонка – г. Олоонец и р. Олонка – с. Верховье.

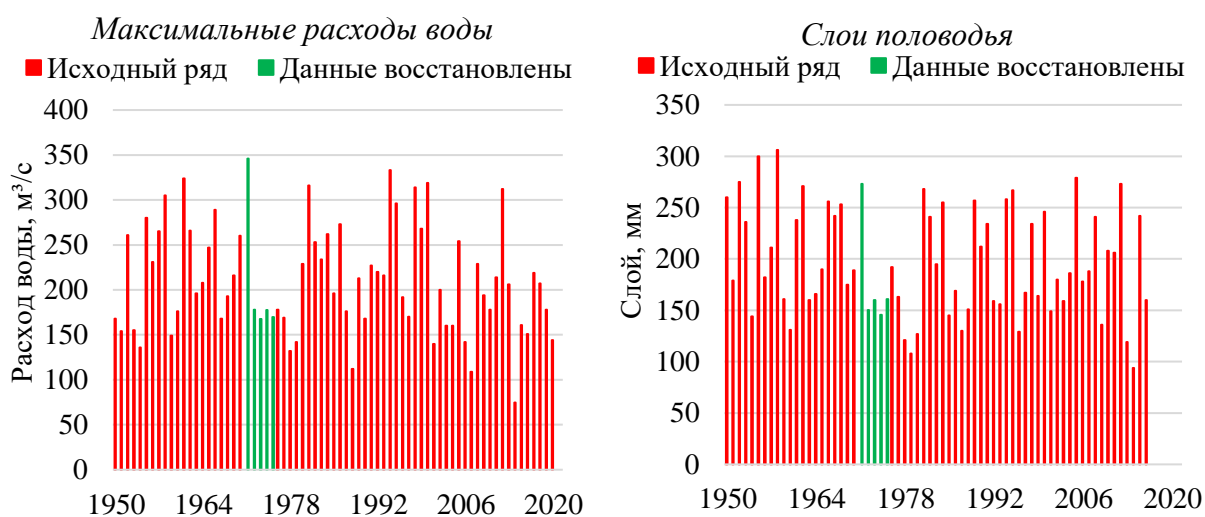


Рисунок Б.18 – Хронологические графики максимальных расходов и слоев весеннего половодья реки Олонка – г. Олоонец.

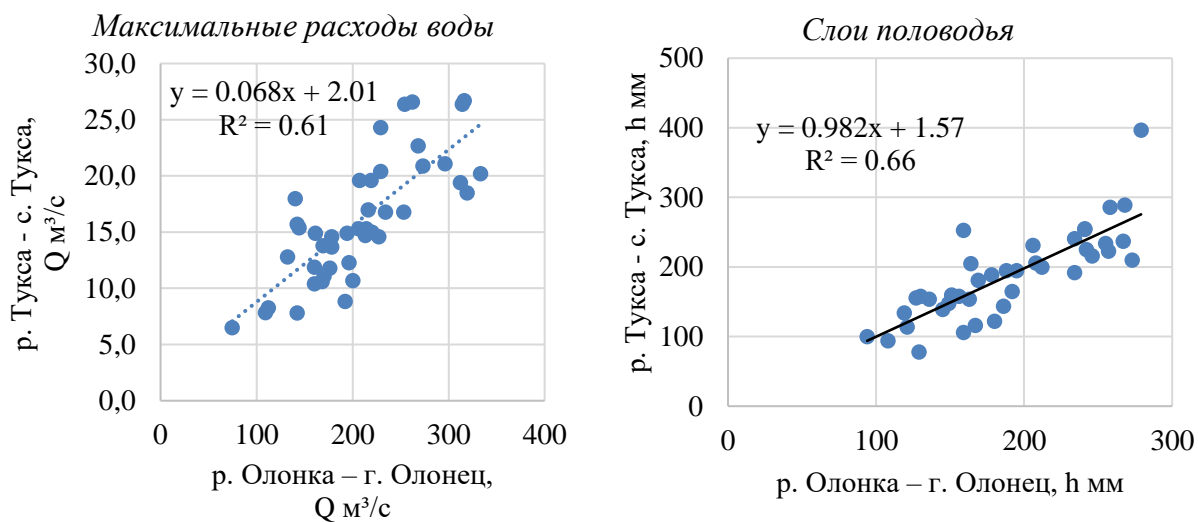


Рисунок Б.19 – Графики связи максимальных расходов и слоев весеннего половодья для постов р. Тукса – с. Тукса и р. Олонка – г. Олонец.

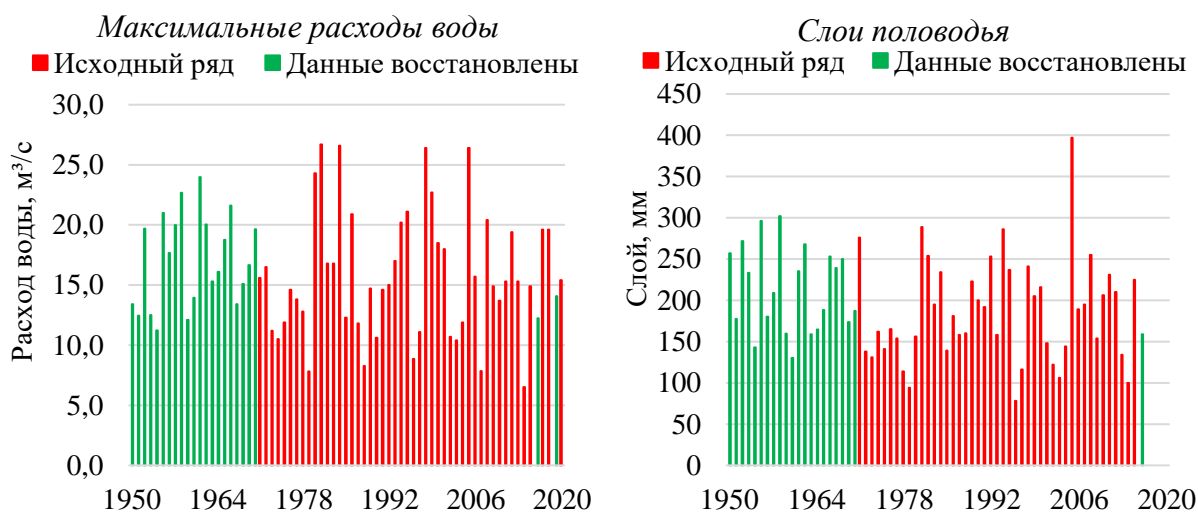


Рисунок Б.20 – Хронологические графики максимальных расходов и слоев весеннего половодья реки Тукса – с. Тукса.

Приложение В – проверка рядов на однородность и стационарность

Таблица В.1 – Результаты проверки рядов максимальных расходов весеннего половодья на однородность; «-» – гипотеза не опровергается, «+» – гипотеза опровергается; $2\alpha = 5\%$

| № п/п | Река – пост | n | t^* | $t_{2\alpha}$ | $H_0:$ | F^* | $F_{2\alpha}$ | $H_0:$ |
|-------|--------------------------------|----|-------|---------------|-------------|-------|---------------|-------------|
| | | | | | $x_1 = x_2$ | | | $D_1 = D_2$ |
| 1 | Лососинка – г. Петрозаводск | 60 | -1.68 | 2.00 | - | 1.45 | 2.10 | - |
| 2 | Шелтозерка – с. Шелтозеро | 52 | -0.61 | 2.01 | - | 1.65 | 2.23 | - |
| 3 | Неглинка – г. Петрозаводск | 65 | 0.62 | 2.00 | - | 1.30 | 2.03 | - |
| 4 | Шуя – д. Бесовец | 90 | 0.99 | 1.99 | - | 1.92 | 1.82 | + |
| 5 | Сяньга – д. Чуралахта | 58 | -1.04 | 2.00 | - | 3.26 | 2.13 | + |
| 6 | Святрека – пгт Пряжа | 89 | -0.94 | 1.99 | - | 1.03 | 1.83 | - |
| 7 | Суна – пгт Поросозеро | 87 | 0.45 | 1.99 | - | 1.84 | 1.84 | - |
| 8 | Суна – д. Кивач | 28 | 0.39 | 2.06 | - | 1.38 | 3.12 | - |
| 9 | Уница – с. Уница | 72 | -0.02 | 1.99 | - | 1.91 | 1.96 | - |
| 10 | Малая Пигма – с. Уница | 51 | 0.85 | 2.01 | - | 3.14 | 2.26 | + |
| 11 | Кумса – г. Медвежьегорск | 63 | 0.18 | 2.00 | - | 1.44 | 2.07 | - |
| 12 | Немина – пос. Немино-3 | 68 | 1.98 | 2.00 | - | 1.30 | 2.00 | - |
| 13 | Пяльма – д. Пяльма | 79 | 1.04 | 1.99 | - | 1.07 | 1.90 | - |
| 14 | Водла – д. Водла | 79 | -1.10 | 1.99 | - | 1.11 | 1.90 | - |
| 15 | Водла – г. Пудож | 79 | -1.62 | 1.99 | - | 1.01 | 1.90 | - |
| 16 | Колода – д. Кубовская | 79 | -2.11 | 1.99 | + | 1.08 | 1.90 | - |
| 17 | Рагнукса – д. Харловская | 65 | 1.60 | 2.00 | - | 1.90 | 2.03 | - |
| 18 | Большая Велмуksa – г. Пудож | 79 | -0.82 | 1.99 | - | 1.46 | 1.90 | - |
| 19 | Шалица – пос. Онежский | 68 | 0.69 | 2.00 | - | 1.25 | 2.00 | - |
| 20 | Черная – с. Каршево | 60 | -1.49 | 2.00 | - | 1.26 | 2.10 | - |
| 21 | Корпи-йоки – пос. Пяозерский | 75 | 0.64 | 1.99 | - | 1.14 | 1.94 | - |
| 22 | Гридина – с. Гридино | 75 | 0.60 | 1.99 | - | 1.78 | 1.94 | - |
| 23 | Кузема – ст. Кузема | 63 | 0.59 | 2.00 | - | 1.44 | 2.07 | - |
| 24 | Поньгома – с. Поньгома | 63 | 1.27 | 2.00 | - | 2.11 | 2.07 | + |
| 25 | Судно – с. Вокнаволоок | 61 | 1.77 | 2.00 | - | 2.64 | 2.09 | + |
| 26 | Войница – с. Войница | 62 | 0.36 | 2.00 | - | 1.58 | 2.07 | - |
| 27 | Ухта – пгт Калевала | 68 | 0.95 | 2.00 | - | 1.10 | 2.00 | - |
| 28 | Норви-йоки – пгт. Калевала | 53 | -2.67 | 2.01 | + | 2.51 | 2.21 | + |
| 29 | Керкешь – устье | 31 | -3.79 | 2.05 | + | 2.00 | 2.89 | - |
| 30 | Чирко-Кемь – с. Андропова Гора | 88 | -3.22 | 1.99 | + | 1.05 | 1.83 | - |
| 31 | Чирко-Кемь – с. Юшкозеро | 66 | -0.42 | 2.00 | - | 1.59 | 2.02 | - |
| 32 | Шуя – с. Шуерецкое | 85 | -4.32 | 1.99 | + | 1.08 | 1.86 | - |
| 33 | Выг (Верхний) – д. Огорельши | 69 | 1.38 | 2.00 | - | 1.08 | 2.00 | - |
| 34 | Лекса – пос. Сергиево | 58 | 0.62 | 2.00 | - | 1.45 | 2.13 | - |
| 35 | Вожма – пос. Вожмозеро | 69 | -0.07 | 2.00 | - | 0.53 | 0.50 | + |
| 36 | Ундужа – д. Вожмогора | 57 | 2.96 | 2.00 | + | 3.71 | 2.15 | + |
| 37 | Лужма – д. Ильина Гора | 71 | 0.57 | 1.99 | - | 2.50 | 1.97 | + |
| 38 | Волома – д. Венгигора | 49 | 0.82 | 2.01 | - | 2.45 | 2.30 | + |
| 39 | Онигма – пос. Черный Порог | 66 | -1.24 | 2.00 | - | 1.18 | 2.02 | - |
| 40 | Летняя – пос. Летний - 1-й | 64 | 1.09 | 2.00 | - | 1.69 | 2.05 | - |

| | | | | | | | | |
|----|---------------------------|----|-------|------|---|------|------|---|
| 41 | Сума – с. Сумский Посад | 89 | -0.87 | 1.99 | - | 1.45 | 1.82 | - |
| 42 | Нюхча – с. Нюхча | 67 | 0.83 | 2.00 | - | 1.41 | 2.02 | - |
| 43 | Понча – пос. Пяозерский | 44 | 2.27 | 2.02 | + | 1.03 | 2.41 | - |
| 44 | Така – пгт Кестеньга | 75 | 1.10 | 1.99 | - | 1.10 | 1.94 | - |
| 45 | Кепа – пос. Кепа | 43 | 3.98 | 2.02 | + | 2.18 | 2.45 | - |
| 46 | Мининька – д. Тунгозеро | 75 | 2.00 | 1.99 | + | 2.34 | 1.94 | + |
| 47 | Контолки – г. Костомукша | 41 | 1.79 | 2.02 | - | 1.66 | 2.48 | - |
| 48 | Юуван-йоки – пгт Вяртсиля | 64 | -0.17 | 2.00 | - | 1.05 | 2.05 | - |
| 49 | Уксун-йоки – д. Ууксу | 59 | 0.28 | 2.00 | - | 1.23 | 2.12 | - |
| 50 | Тулема-йоки – пгт Салми | 64 | 0.40 | 2.00 | - | 1.24 | 2.05 | - |
| 51 | Эня-йоки – д. Ряймяля | 58 | -0.16 | 2.00 | - | 1.37 | 2.13 | - |
| 52 | Видлица – с. Большие Горы | 80 | -2.09 | 1.99 | + | 1.26 | 1.89 | - |
| 53 | Новзема – с. Видлица | 63 | 0.65 | 2.00 | - | 1.36 | 2.07 | - |
| 54 | Олонка – с. Верховье | 88 | 0.48 | 1.99 | - | 1.42 | 1.83 | - |
| 55 | Олонка – г. Олонец | 71 | 0.89 | 1.99 | - | 1.16 | 1.97 | - |
| 56 | Мегрега – д. Куйтежа | 72 | 1.16 | 1.99 | - | 1.94 | 1.96 | - |
| 57 | Ивина – пгт Ладва | 61 | 1.52 | 2.00 | - | 2.36 | 2.09 | + |
| 58 | Лендерка – пос. Лендеры | 63 | -0.38 | 2.00 | - | 1.20 | 2.07 | - |
| 59 | Тукса – с. Тукса | 71 | 0.87 | 1.99 | - | 1.12 | 1.97 | - |

Таблица В.2 – Результаты проверки рядов слоев весеннего половодья на однородность; «-» – гипотеза не опровергается, «+» – гипотеза опровергается; $2\alpha = 5\%$

| № п/п | Река – пост | n | t* | t _{2α} | H ₀ : | F* | F _{2α} | H ₀ : |
|-------|------------------------------|----|-------|-----------------|---------------------------------|------|-----------------|---------------------------------|
| | | | | | x ₁ = x ₂ | | | D ₁ = D ₂ |
| 1 | Лососинка – г. Петрозаводск | 55 | 0.82 | 2.01 | - | 1.07 | 2.17 | - |
| 2 | Шелтозерка – с. Шелтозеро | 46 | -1.67 | 2.02 | - | 1.11 | 2.36 | - |
| 3 | Неглинка – г. Петрозаводск | 63 | 1.60 | 2.00 | - | 1.84 | 2.07 | - |
| 4 | Шуя – д. Бесовец | 86 | 0.90 | 2.28 | - | 1.52 | 1.85 | - |
| 5 | Сяньга – д. Чуралахта | 67 | -1.07 | 2.00 | - | 1.57 | 2.01 | - |
| 6 | Святрека – пгт Пряжа | 77 | -1.02 | 1.99 | - | 1.37 | 1.90 | - |
| 7 | Суна – пгт Поросозеро | 81 | -0.83 | 1.99 | - | 1.68 | 1.91 | - |
| 8 | Суна – д. Кивач | 26 | 0.55 | 2.06 | - | 1.42 | 3.28 | - |
| 9 | Уница – с. Уница | 66 | -0.69 | 2.00 | - | 1.26 | 2.02 | - |
| 10 | Малая Пигма – с. Уница | 45 | 0.09 | 2.02 | - | 1.15 | 2.39 | - |
| 11 | Кумса – г. Медвежьегорск | 57 | 0.64 | 2.00 | - | 1.44 | 2.15 | - |
| 12 | Немина – пос. Немино-3 | 62 | 1.41 | 2.00 | - | 1.06 | 1.06 | - |
| 13 | Пяльма – д. Пяльма | 74 | 0.40 | 1.99 | - | 1.14 | 1.94 | - |
| 14 | Водла – д. Водла | 74 | -1.90 | 1.99 | - | 1.13 | 1.94 | - |
| 15 | Водла – г. Пудож | 74 | -1.59 | 1.99 | - | 1.26 | 1.94 | - |
| 16 | Колода – д. Кубовская | 74 | -1.91 | 1.99 | - | 1.12 | 1.94 | - |
| 17 | Рагнуksa – д. Харловская | 65 | 0.54 | 2.00 | - | 1.10 | 2.04 | - |
| 18 | Большая Велмуksa – г. Пудож | 74 | -0.91 | 1.99 | - | 1.53 | 1.94 | - |
| 19 | Шалица – пос. Онежский | 64 | 0.50 | 2.00 | - | 1.42 | 2.05 | - |
| 20 | Черная – с. Каршево | 55 | -2.99 | 2.01 | + | 1.94 | 2.17 | - |
| 21 | Корпи-йоки – пос. Пяозерский | 69 | -1.38 | 2.00 | - | 1.79 | 1.99 | - |

| | | | | | | | | |
|----|--------------------------------|----|-------|------|---|------|------|---|
| 22 | Гридина – с. Гридино | 69 | -1.53 | 2.00 | - | 1.04 | 2.00 | - |
| 23 | Кузема – ст. Кузема | 57 | -1.46 | 2.00 | - | 1.78 | 2.15 | - |
| 24 | Поньгома – с. Поньгома | 57 | -0.21 | 2.00 | - | 2.25 | 2.15 | + |
| 25 | Судно – с. Вокнаволок | 55 | -1.64 | 2.01 | - | 1.72 | 2.17 | - |
| 26 | Войница – с. Войница | 60 | -1.25 | 2.00 | - | 1.37 | 2.10 | - |
| 27 | Ухта – пгт Калевала | 62 | -1.56 | 2.00 | - | 1.05 | 2.07 | - |
| 28 | Норви-йоки – пгт. Калевала | 47 | -3.03 | 2.01 | + | 1.46 | 2.33 | - |
| 29 | Керкешь – устье | 25 | 0.05 | 2.07 | - | 1.51 | 3.32 | - |
| 30 | Чирко-Кемь – с. Андропова Гора | 71 | -1.13 | 1.99 | - | 1.11 | 1.97 | - |
| 31 | Чирко-Кемь – с. Юшкозеро | 60 | -0.75 | 2.00 | - | 1.39 | 2.10 | - |
| 32 | Шуя – с. Шуерецкое | 79 | -1.35 | 1.99 | - | 1.22 | 1.90 | - |
| 33 | Выг (Верхний) – д. Огорельши | 63 | 0.50 | 2.00 | - | 1.00 | 2.06 | - |
| 34 | Лекса – пос. Сергиево | 52 | 0.55 | 2.01 | - | 1.44 | 2.23 | - |
| 35 | Вожма – пос. Вожозеро | 61 | -0.69 | 2.00 | - | 1.56 | 2.08 | - |
| 36 | Ундужа – д. Вожмогора | 51 | 0.07 | 2.01 | - | 1.03 | 2.24 | - |
| 37 | Лужма – д. Ильина Гора | 65 | -0.41 | 2.00 | - | 1.97 | 2.04 | - |
| 38 | Волома – д. Венгигора | 43 | -0.14 | 2.02 | - | 1.22 | 2.45 | - |
| 39 | Онигма – пос. Черный Порог | 60 | 0.59 | 2.00 | - | 1.27 | 2.10 | - |
| 40 | Летняя – пос. Летний - 1-й | 58 | 2.33 | 2.00 | + | 1.37 | 2.13 | - |
| 41 | Сума – с. Сумский Посад | 83 | 0.95 | 1.99 | - | 1.32 | 1.87 | - |
| 42 | Нюхча – с. Нюхча | 61 | 0.56 | 2.00 | - | 1.35 | 2.09 | - |
| 43 | Понча – пос. Пяозерский | 38 | 0.62 | 2.03 | - | 2.46 | 2.60 | - |
| 44 | Така – пгт Кестеньга | 69 | -1.24 | 2.00 | - | 1.61 | 1.99 | - |
| 45 | Кепа – пос. Кепа | 37 | 0.07 | 2.03 | - | 1.29 | 2.65 | - |
| 46 | Мининька – д. Тунгозеро | 69 | -1.02 | 2.00 | - | 1.68 | 1.99 | - |
| 47 | Контюкки – г. Костомукша | 35 | 2.73 | 2.03 | + | 1.96 | 2.70 | - |
| 48 | Юуван-йоки – пгт Вяртсиля | 59 | -0.78 | 2.00 | - | 1.12 | 2.11 | - |
| 49 | Уксун-йоки – д. Ууксу | 53 | 0.25 | 2.01 | - | 1.18 | 2.22 | - |
| 50 | Тулема-йоки – пгт Салми | 58 | -1.47 | 2.00 | - | 1.29 | 2.13 | - |
| 51 | Эня-йоки – д. Ряймяля | 52 | -0.77 | 2.01 | - | 1.15 | 2.23 | - |
| 52 | Видлица – с. Большие Горы | 80 | -1.91 | 1.99 | - | 1.06 | 1.89 | - |
| 53 | Новзема – с. Видлица | 57 | -1.22 | 2.00 | - | 1.13 | 2.14 | - |
| 54 | Олонка – с. Верховье | 84 | 0.08 | 1.99 | - | 1.11 | 1.86 | - |
| 55 | Олонка – г. Олонец | 67 | 0.69 | 2.00 | - | 1.19 | 2.02 | - |
| 56 | Мегрега – д. Куйтежа | 68 | -0.21 | 2.00 | - | 1.16 | 2.00 | - |
| 57 | Ивина – пгт Ладва | 60 | 0.92 | 2.00 | - | 1.89 | 2.10 | - |
| 58 | Лендерка – пос. Лендеры | 57 | -0.55 | 2.00 | - | 1.57 | 2.15 | - |
| 59 | Тукса – с. Тукса | 67 | 0.61 | 2.00 | - | 1.17 | 2.01 | - |