



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

Кафедра Гидрологии суши

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему **Расчет максимальных расходов
воды рек Республики Коми**

Исполнитель Шевцов Роман Олегович

Руководитель кандидат географических наук, доцент

Сикан Александр Владимирович

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой



(подпись)

канд. геогр. наук. Сикан Александр Владимирович

«20» 06 2016 г.

Санкт-Петербург
2016

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
СОКРАЩЕНИЯ	4
ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Физико-географическая и климатическая характеристика района исследований	7
1.1 Географическое положение.....	7
1.2 Климат.....	8
1.2.1 Анализ изменения климата	13
1.3 Рельеф и геологическое строение.....	23
1.4 Почвы.....	25
1.5 Растительность.....	29
1.6 Многолетняя мерзлота	32
1.7 Характеристика гидрографической сети.....	35
2 Особенности гидрологического режима рек бассейна Средней и Нижней Печоры	41
3 Анализ рядов максимальных расходов и слоев половодья	45
3.1 Приведение коротких рядов и их параметров к многолетнему периоду.....	47
3.2 Проверка рядов на однородность.....	54
3.3 Оценка временных трендов.....	57
4 Расчет максимальных расходов и слоев половодья в пунктах наблюдений гидрометрической сети.....	61
4.1 Оценка основных статистических характеристик и их погрешностей.....	61
4.2 Расчет максимальных расходов и слоев стока весеннего половодья заданной обеспеченности.....	64
4.3 Расчет слоев стока весеннего половодья заданной обеспеченности при помощи усеченного Γ -распределения	65
5 Расчет максимальных расходов весеннего половодья при отсутствии данных гидрометрических наблюдений	67
5.1 Оценка районного показателя редукции	69
5.2 Расчет коэффициента, характеризующего дружность весеннего половодья (K_0)	70
5.3 Расчет переходных коэффициентов μ от обеспеченности 1% к другим обеспеченностям	74
5.4 Исследование пространственной изменчивости характеристик слоя весеннего половодья.....	76
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	81
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	84
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	87

	стр.
Приложение А – Основные гидрографические характеристики исследуемых рек в створах гидрологических постов.....	87
Приложение Б – Результаты проверки рядов на однородность.....	89
Приложение В – Результаты оценки значимости линейных трендов в рядах максимальных расходов воды и слоев стока весеннего половодья района исследований.....	92
Приложение Г – Примеры эмпирических и аналитических кривых обеспеченностей максимальных расходов воды и слоев стока весеннего половодья района исследований.....	94
Приложение Д – Максимальные расходы и слои стока весеннего половодья расчетной обеспеченности рек района исследований.....	110
Приложение Е – Примеры совмещения эмпирических и аналитических (полное и усеченное) кривых обеспеченностей слоев стока весеннего половодья района исследований.....	114
Приложение Ж – Слои стока весеннего половодья расчетной обеспеченности рек района исследований, с использованием уточняющих статистических параметров.....	116

СОКРАЩЕНИЯ

СНиП	-	строительные нормы и правила
СП	-	свод правил по определению расчетных гидрологических характеристик
г.	-	город
д.	-	деревня
пос.	-	поселок
пгт	-	поселок городского типа
р.	-	река
руч.	-	ручей
с.	-	село
свх.	-	совхоз
ст.	-	станция

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования. Расчеты характеристик максимального стока (прежде всего максимальных расходов воды весенних половодий заданной вероятности превышения, объемов стока) составляют основу инженерно-гидрометеорологических изысканий при проектировании различных объектов. Основным нормативом, регламентирующим особенности гидрологических расчетов, является СП 33-101-2003 [26]. Наибольшим недостатком этого нормативного документа является отсутствие региональных карт и зависимостей. В практике инженерных изысканий до настоящего времени используются карты и расчетные схемы из пособия [22] и региональных справочников [24], которые были выпущены более 30 лет назад и позднее не обновлялись.

Поэтому, изучение характеристик стока для расчета максимальных расходов неизученных рек района исследований, на основе современных результатов наблюдений на реках-аналогах представляет интерес с точки зрения уточнения статистических параметров распределения стока, региональных зависимостей и обновления гидрологических карт для обеспечения новых проектируемых сооружений.

Объектом исследования являлись данные о максимальном стоке на гидрологических постах сети Росгидромета, находящихся в районе исследований.

Предмет исследования – изменения статистических параметров распределения максимального стока и связанные с этим изменения региональных зависимостей и гидрологических карт.

Цель работы: выявить, с помощью методов статистического анализа, изменения статистических параметров распределения максимального стока на основе современных данных по рекам-аналогам.

Задачи:

1. Оценка однородности рядов;
2. Оценка временных трендов;

3. Приведение коротких рядов и их параметров к многолетнему периоду;
4. Оценка основных статистических характеристик и их погрешностей;
5. Расчет максимальных расходов и слоев половодья в пунктах наблюдений гидрометрической сети;
6. Расчет максимальных расходов весеннего половодья при отсутствии данных гидрометрических наблюдений;
7. Корректировка гидрологических карт в районе исследований.

Методика исследования включала в себя: 1.) Анализ качества исходных данных - материалов наблюдений над максимальным стоком на постах; 2.) Обработка материалов наблюдений над максимальным стоком на постах.

Автор выражает благодарность своему научному руководителю к.г.н., доценту и и.о. заведующего кафедрой гидрологии суши РГГМУ Сикану А.В., главному специалисту по гидрометеорологическим изысканиям Уральского филиала ОАО «Гипроспецгаз» (г.Екатеринбург), к.г.н., Клименко Д.Е. и директору АНО УКЦ «Изыскатель» (г.Москва) Кручину М.Н. за консультации при написании выпускной квалификационной работы.

1 Физико-географическая и климатическая характеристика района исследований

1.1 Географическое положение

Район исследований находится на северо-востоке Европейской части России, на территории двух субъектов Российской Федерации: северная часть Республики Коми и южная часть Ненецкого автономного округа (рисунок 1.1).

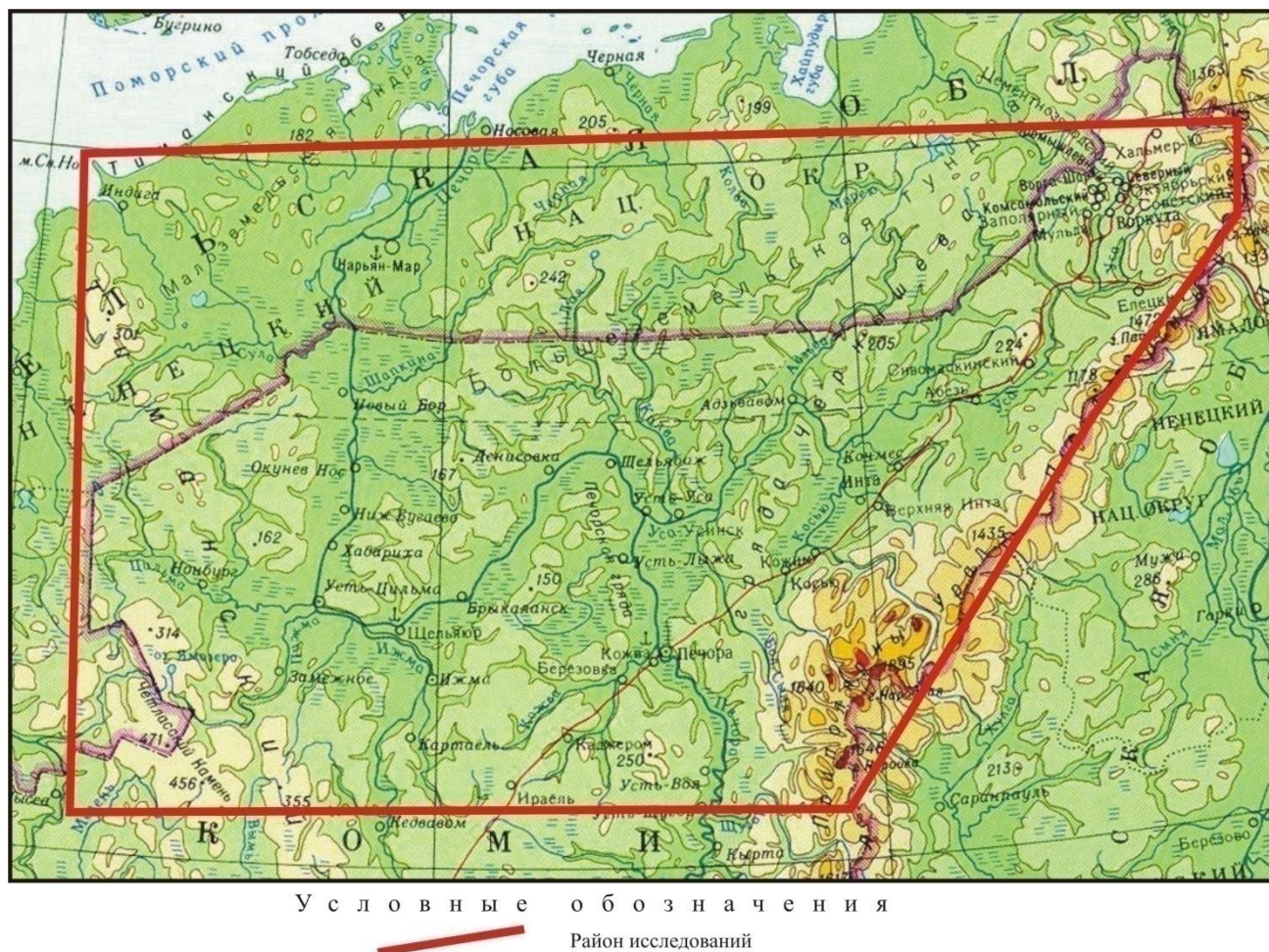


Рисунок 1.1 Обзорная карта района исследований

Район исследований включает в себя следующие водосборы рек: Кожва, Уса, Лая, Нерица, Пижма, Цильма, Сула, которые являются притоками перво-

го порядка реки Печора, и относится к бассейну Баренцевого моря, и реки Хальмер-Ю, которая является притоком второго порядка реки Кара, и относится к бассейну Карского моря.

Площадь района исследований составляет около 155 тысяч км², простираясь с юга на север на 440 км, и с запада на восток на 730 км.

В широтном отношении район исследований располагается между 64 и 68° с.ш., в пределах двух физико-географических зон – тундровой и таежной. Естественными границами района исследований являются: на западе - Тиманский кряж, на востоке - Уральские горы, на севере - небольшие возвышенности Большеземельской тундры, и на юге - Ижма-Печорский водораздел.

1.2 Климат

Географическое положение района исследований в высоких широтах, удаленность его от теплого Атлантического океана и близость обширного Азиатского континента обуславливают в районе исследований умеренно-континентальный климат, значительно отличающийся от климата остальной территории Европы. Значительная протяженность района исследований с юга на север и с запада на восток, а также разнообразие физико-географических условий создают существенную разницу в климате отдельных ее районов [4]. Район исследований, входит в пределы двух климатических областей: арктической и атлантико-арктической. К арктической области относится северная часть района исследований – к северу от Полярного круга. К атлантико-арктической относится область расположенная южнее Полярного круга [1].

Климат района исследований суровый: лето короткое и холодное, зима многоснежная, продолжительная и морозная. В течение года выпадает значительное количество осадков, превышающих испарение.

Климат формируется в условиях малого количества солнечной радиации зимой и повышенного - летом, под воздействием интенсивного западного пе-

реноса воздушных масс. Вынос теплого морского воздуха, связанный с прохождением атлантических циклонов, и частые вторжения арктического воздуха придают погоде большую неустойчивость. Наличие обширных и многочисленных болот, густая речная сеть, обусловленные избыточным увлажнением, способствуют повышенной влажности климата.

Термический режим территории определяется солнечной радиацией, характером подстилающей поверхности и связанной с ними циркуляцией атмосферы (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Среднемесячная и среднегодовая температура воздуха, °С
(по данным [21] и [32])

Метеостанция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Нарьян-Мар	-18,1	-17,4	-11,2	-7,0	0,0	8,0	13,3	10,4	5,8	-1,6	-9,5	-13,8	-3,4
Воркута	-20,3	-20,6	-16,5	-9,0	-2,8	5,8	12,4	9,5	3,8	-5,1	-13,6	-15,7	-6,0
Коткино	-17,3	-17,8	-12,6	-5,4	0,9	8,4	12,9	10,9	5,6	-1,8	-9,0	-13,5	-3,2
Хоседа-Хард	-20,4	-19,7	-13,0	-8,6	-0,8	8,1	13,3	9,9	4,9	-3,4	-12,1	-16,6	-4,9
Елецкая	-20,5	-19,5	-16,0	-9,2	-2,4	6,3	12,5	10,0	4,4	-4,1	-13,3	-17,5	-5,9
Окунев Нос	-17,2	-16,4	-12,1	-4,1	2,1	9,8	14,0	11,7	6,3	-1,0	-8,5	-14,5	-2,5
Петрунь	-20,0	-18,9	-11,7	-7,2	0,4	9,2	14,4	10,7	5,5	-2,9	-11,9	-16,5	-4,1
Усть-Цильма	-17,7	-15,8	-8,1	-2,8	3,7	11,2	15,3	11,7	6,4	-0,9	-8,9	-13,8	-1,6
Мутный Материк	-18,2	-16,7	-11,8	-3,8	2,2	9,9	14,0	11,4	5,8	-1,6	-9,6	-15,2	-2,8
Усть-Уса	-19,0	-17,8	-9,7	-4,8	1,9	10,1	14,8	11,0	5,9	-1,9	-10,4	-15,4	-2,9
Кожим рудник	-19,0	-17,8	-12,4	-4,0	2,0	9,7	13,8	11,2	5,7	-2,5	-11,5	-16,8	-3,5
Левкинская	-17,5	-16,0	-10,5	-2,2	3,8	10,8	13,9	11,3	5,6	-1,3	-9,2	-14,8	-2,2
Ижма	-17,9	-16,4	-11,0	-2,6	3,6	11,3	15,0	12,2	6,4	-1,1	-9,0	-14,8	-2,0
Печора	-19,2	-17,7	-9,0	-3,4	3,6	11,7	16,0	12,0	6,5	-1,3	-10,2	-15,6	-2,2
Ираель	-18,0	-16,1	-10,4	-1,9	3,8	11,2	15,0	12,0	5,9	-1,7	-9,6	-15,5	-2,1

Летом возрастает роль радиационного фактора при ослаблении атмосферной циркуляции, поэтому температура воздуха понижается с юга на север. Вариации температуры связаны, как правило, с местными физико-географическими особенностями местности, особенно рельефа.

В зимнее время на земную поверхность района исследований приходит-ся малое количество солнечной радиации. Для района, расположенного за полярным кругом, в это время года, когда солнечная радиация равна нулю, ха-

рактерна полярная ночь. В это же время значительно активизируется циклоническая деятельность, в связи с чем, температура воздуха понижается с запада на восток. В горах Урала в течение всего года основным фактором, определяющим распределение температуры воздуха по территории, является рельеф, однако характер его влияния на температуру в теплую и холодную часть года различен. Вертикальные градиенты температуры воздуха в горах изменяются по месяцам в значительных пределах, поэтому распределение температуры в горных районах сильно меняется от месяца к месяцу. В отдельные периоды в наиболее высоких горах Урала возможна инверсия, т.е. на вершинах гор бывает теплее, чем в долинах.

Продолжительность холодного периода возрастает с юго-запада на северо-восток. Устойчивый переход температуры воздуха через 0°C весной на юге района исследований наблюдается в среднем около 25 апреля, а на крайнем севере - около 1 июня.

Осенью переход средней суточной температуры воздуха через 0°C происходит на севере района исследований в конце сентября, а на юге района исследований - около 10 октября. Характерной особенностью осени является повышение температуры воздуха в прибрежных районах Нижней Печоры, где большие массы теплой воды, поступающей с юга, длительное время "отепляют" прилегающие к реке местности.

Зима на территории района исследований холодная и является самым продолжительным периодом.

Холодный период года на севере района исследований продолжается 230-250 дней, на юге 200 дней. По мере продвижения на север возрастает не только продолжительность холодного периода, но и его суровость. В наиболее холодном месяце года (в январе) средняя месячная температура воздуха на юге района исследований составляет около -17°C , а на севере $-21...-22^{\circ}\text{C}$. В отдельные дни при вторжениях арктического воздуха, температура может понизиться до -55°C .

Лето района исследований прохладное. В летнее время район исследований находится в очень благоприятных условиях освещения. Севернее полярного круга устанавливается полярный день, во время которого солнце не заходит за горизонт. Благодаря этому земная поверхность получает значительное количество солнечной энергии. Однако, большое количество солнечной радиации отражается земной поверхностью, а также расходуется на таяние снега, на испарение влаги, на прогревание почвы, в результате чего температура летом здесь невысокая.

Переход температуры воздуха через 10°C весной, что характеризует начало лета на юге района исследований, наблюдается в первой декаде июня, а на севере в конце июня - начале июля. Переход температуры воздуха через 10°C осенью (конец лета) на севере начинается уже в первой декаде августа, а на юге - в конце августа. Таким образом, продолжительность лета составляет на севере - 30-40 дней, а на юге - около 80 дней.

В районе исследований в любой из летних месяцев возможны заморозки. Температура воздуха летом понижается с юга на север. Средняя месячная температура воздуха в наиболее теплом месяце (июле) изменяется от $+16^{\circ}\text{C}$ на юге до $+12^{\circ}\text{C}$ - на севере. В кратковременные периоды прорывов тропического воздуха температура его повышается до $+35^{\circ}\text{C}$ на юге и $+30^{\circ}\text{C}$ - на севере.

Летом в ясные и особенно в безветренные дни температура почвы обычно бывает значительно выше температуры воздуха. Даже в районах, где уже на глубине 1,0-1,5 м лежит вечная мерзлота, температура на поверхности почвы в отдельные дни может достигать до $+40^{\circ}\text{C}$. В зимнее время глубина промерзания почвы на юге района исследований составляет около 80 см, а на севере - более 100 см.

Общая циркуляция атмосферы обуславливает на территории района исследований преобладание в зимнее время ветров южного и юго-западного направлений, а летом - северного направления. Средняя месячная скорость ветра в таежной зоне составляет 3-4 м/сек, в зоне тундры - до 6,5 м/сек.

Наибольшая относительная влажность воздуха наблюдается в зимние месяцы. Величина ее мало меняется по территории и составляет 82-86%. В теплый период года относительная влажность воздуха снижается до 63-75%.

Активная циклоническая деятельность над территорией района исследований вызывает выпадение атмосферных осадков. Особенно обильные осадки выпадают в циклонах, поступающих из районов Черного и Средиземного морей.

Циклоны с Атлантики приносят осадки менее интенсивные, но более продолжительные. В соответствии с траекторией движения циклонов по рассматриваемой территории изменяется и распределение осадков. Плавный характер такого изменения нарушается влиянием рельефа (Уральские горы, Тиманский кряж), где происходит возрастание атмосферных осадков с высотой, увеличение их на наветренных склонах и уменьшение на подветренных. Некоторое уменьшение осадков наблюдается вблизи реки Печора в нижнем течении. По территории района исследований годовое количество осадков убывает с юга на север от 560 до 430 мм, однако, на Тимане годовая сумма их возрастает до 750-800 мм, а в горах Урала - до 1500 мм и более (таблица 1.2). Осадки, выпадающие в виде снега, аккумулируются в течение всей зимы, высота снежного покрова достигает 50-60 см на открытом месте и до 100 см в лесу. В горных районах Урала высота снежного покрова может достигать 3-5 м, образуя значительные снежники и подпитывая ледники [4].

Таблица 1.2 – Среднемесячные и годовая суммы осадков, мм (по данным [21])

Метеостанция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Нарьян-Мар	25	18	20	23	30	40	48	60	61	45	34	26	430
Воркута	37	30	29	28	45	54	56	62	70	55	38	44	548
Коткино	30	21	25	26	36	49	54	61	61	53	41	31	488
Хоседа-Хард	23	20	20	21	32	43	52	61	62	47	32	23	436
Петрунь	24	18	20	24	41	50	52	64	67	51	36	26	473
Усть-Цильма	31	24	27	30	43	56	66	66	67	55	42	34	541
Усть-Уса	30	22	24	27	36	46	53	63	66	53	41	34	495
Печора	37	29	30	31	41	47	53	70	72	59	48	39	556

1.2.1 Анализ изменения климата

С начала 20-го столетия в Европе наблюдается потепление, охватившее главным образом ее северные районы. Это дало повод климатологам говорить об изменении климата.

По данным исследований [4], наблюдения за температурой воздуха на территории Республики Коми показывают, что изменения средних годовых температур воздуха за период с 1881 по 1990 гг. по сравнению с периодом с 1881 по 1935 гг. по территории Республики Коми не равнозначны. В северной части республики, севернее 64° с.ш., норма годовой температуры воздуха повысилась от $0,3$ до $0,5^{\circ}$. В центральной части Республики Коми повышение температуры воздуха колебалось от $0,1$ до $0,3^{\circ}$, а в южной части повышения температуры не наблюдалось. Повышение температуры воздуха за период с 1935 по 1990 гг. по сравнению с периодом с 1881 по 1935 гг. составляет в северных районах $0,4 - 0,9^{\circ}$, в центральной части - $0,2 - 0,4^{\circ}$, а в Удорском и южных районах - $0,1 - 0,2^{\circ}$.

В результате повышения температуры воздуха произошло заметное сокращение периода с температурами воздуха ниже -10°C . Среднее многолетнее число дней с температурами ниже -10°C за период с 1881 по 1990 гг. уменьшилось по всей республике на 5-12 дней по сравнению с периодом с 1881 по 1935 гг. Однако продолжительность вегетационного периода с температурами выше 5°C изменилась по территории незначительно. В районах севернее 64° с.ш. число дней с температурой выше 5°C увеличилось, а в южной части республики уменьшилось. Зимние температуры воздуха (с ноября по февраль) за период с 1935 по 1990 гг. по всей республике стали выше, чем за период с 1881 по 1935 гг. В северной и восточной части Республики Коми повышение температуры воздуха составляет от $0,5$ до $1,4^{\circ}\text{C}$, а в юго-западной части - от $0,2$ до $0,5^{\circ}\text{C}$. Что же касается летнего периода (июнь - август), то его температура повысилась от $0,5$ до $0,8^{\circ}\text{C}$ только в северных районах. В цен-

тральных районах изменения температуры воздуха не произошло, а в южных произошло понижение на 0,1- 0,3°С.

Таким образом, полученные данные позволяют сделать вывод о том, что за период с 1935 по 1990 гг. на территории Республики Коми произошло изменение климата, характеризующееся повышением средней годовой температуры воздуха. Величина потепления по территории республики неоднозначна. Наибольшее потепление произошло в северных районах Республики Коми, к югу повышение температуры воздуха уменьшается, а в крайних южных районах изменения температуры почти не произошло. Повышение годовой температуры воздуха обусловлено, главным образом, за счет потепления зимнего периода. В летнее время повышение температуры воздуха произошло только в северной части Республики Коми.

Анализ изменения климата района исследований.

К основным факторам, которые определяют процесс формирования стока весеннего половодья, относятся величина снегозапасов, количество жидких осадков в период половодья и потери на испарение и фильтрацию. Существенное значение в этом случае имеет такие метеорологические факторы, как температура воздуха и осадки в зимний и весенний периоды. Для анализа изменения климата в районе исследований выборочно приняты в рассмотрение данные по двум метеостанциям: ОГМС Нарьян-Мар (период наблюдений 64 года с 1947 по 2010 гг. (таблица 1.3, рисунок 1.2 - 1.3) и период наблюдений с 1926 по 1980 гг. [21]) и АМСГ Усть-Цильма (период наблюдений 75 лет с 1936 по 2010 гг. (таблица 1.4, рисунок 1.4 - 1.5) и период наблюдений с 1889 по 1892 гг. и с 1895 по 1980 гг. [21]).

Таблица 1.3 – Данные о среднегодовой температуре воздуха и годовой суммы осадков по ОГМС Нарьян-Мар

№	Год наблюдений	Среднегодовая температура воздуха, °С	Годовая сумма осадков, мм
1	1947	0,1	395
2	1948	-2,5	386
3	1949	-3,6	392

Продолжение таблицы 1.3

№	Год наблюдений	Среднегодовая температура воздуха, °С	Годовая сумма осадков, мм
4	1950	-2,8	383
5	1951	-2,7	492
6	1952	-3,9	251
7	1953	-2,4	304
8	1954	-1,2	377
9	1955	-4,6	438
10	1956	-3,8	382
11	1957	-3,3	438
12	1958	-5,8	341
13	1959	-2,0	444
14	1960	-4,6	335
15	1961	-1,9	324
16	1962	-1,7	513
17	1963	-4,9	488
18	1964	-5,3	283
19	1965	-4,5	401
20	1966	-6,1	517
21	1967	-1,0	453
22	1968	-5,9	344
23	1969	-6,2	298
24	1970	-3,8	375
25	1971	-5,4	401
26	1972	-3,6	469
27	1973	-3,7	417
28	1974	-2,4	435
29	1975	-2,9	552
30	1976	-2,7	375
31	1977	-3,4	454
32	1978	-6,1	297
33	1979	-4,9	486
34	1980	-4,0	426
35	1981	-1,8	604
36	1982	-3,7	622
37	1983	-3,2	516
38	1984	-2,1	341
39	1985	-5,8	301
40	1986	-4,5	414
41	1987	-5,1	392
42	1988	-3,0	435
43	1989	-1,7	419
44	1990	-2,4	470
45	1991	-2,4	555
46	1992	-4,2	374
47	1993	-1,7	446
48	1994	-3,2	577
49	1995	-1,0	593

Продолжение таблицы 1.3

№	Год наблюдений	Среднегодовая температура воздуха, °С	Годовая сумма осадков, мм
50	1996	-1,9	449
51	1997	-4,8	463
52	1998	-6,4	506
53	1999	-4,9	470
54	2000	-2,0	581
55	2001	-4,0	437
56	2002	-4,5	544
57	2003	-1,9	650
58	2004	-2,6	584
59	2005	-0,8	639
60	2006	-3,6	542
61	2007	-0,6	600
62	2008	-1,3	493
63	2009	-3,8	484
64	2010	-3,2	570

Таблица 1.4 – Данные о среднегодовой температуре воздуха и годовой суммы осадков по АМСГ Усть-Цильма

№	Год наблюдений	Среднегодовая температура воздуха, °С	Годовая сумма осадков, мм
1	1936	-0,3	411
2	1937	-0,2	332
3	1938	-0,6	429
4	1939	-2,0	418
5	1940	-2,9	478
6	1941	-4,6	480
7	1942	-2,7	532
8	1943	0,4	563
9	1944	-0,1	496
10	1945	-2,9	578
11	1946	-1,7	427
12	1947	-2,3	369
13	1948	-0,7	534
14	1949	-1,7	578
15	1950	-1,0	556
16	1951	-1,0	549
17	1952	-2,3	371
18	1953	-1,2	467
19	1954	-0,2	438
20	1955	-3,0	448
21	1956	-2,4	536
22	1957	-1,3	687
23	1958	-3,6	407
24	1959	-1,0	401
25	1960	-2,9	464
26	1961	-0,4	513

Продолжение таблицы 1.4

№	Год наблюдений	Среднегодовая температура воздуха, °С	Годовая сумма осадков, мм
27	1962	0,2	569
28	1963	-3,1	550
29	1964	-2,7	451
30	1965	-2,7	611
31	1966	-4,3	717
32	1967	0,6	446
33	1968	-4,3	509
34	1969	-4,5	461
35	1970	-1,5	515
36	1971	-3,4	517
37	1972	-1,8	483
38	1973	-1,9	649
39	1974	-0,2	537
40	1975	-1,0	703
41	1976	-1,5	547
42	1977	-1,4	647
43	1978	-4,0	436
44	1979	-2,7	637
45	1980	-2,3	483
46	1981	0,4	676
47	1982	-1,6	786
48	1983	-1,1	685
49	1984	-1,0	505
50	1985	-3,6	445
51	1986	-2,8	520
52	1987	-3,1	538
53	1988	-0,7	457
54	1989	-0,2	585
55	1990	-0,8	555
56	1991	-0,6	541
57	1992	-2,5	514
58	1993	-0,8	474
59	1994	-1,4	548
60	1995	0,6	689
61	1996	-0,6	461
62	1997	-3,0	539
63	1998	-4,1	576
64	1999	-2,9	549
65	2000	-0,3	558
66	2001	-2,3	432
67	2002	-2,7	614
68	2003	-0,3	599
69	2004	-0,8	516
70	2005	1,0	543
71	2006	-1,8	662
72	2007	0,6	801
73	2008	0,2	657
74	2009	-1,9	492
75	2010	-1,4	511



Рисунок 1.2 Хронологический график среднегодовой температуры воздуха на ОГМС Нарьян-Мар с 1947 по 2010 гг.

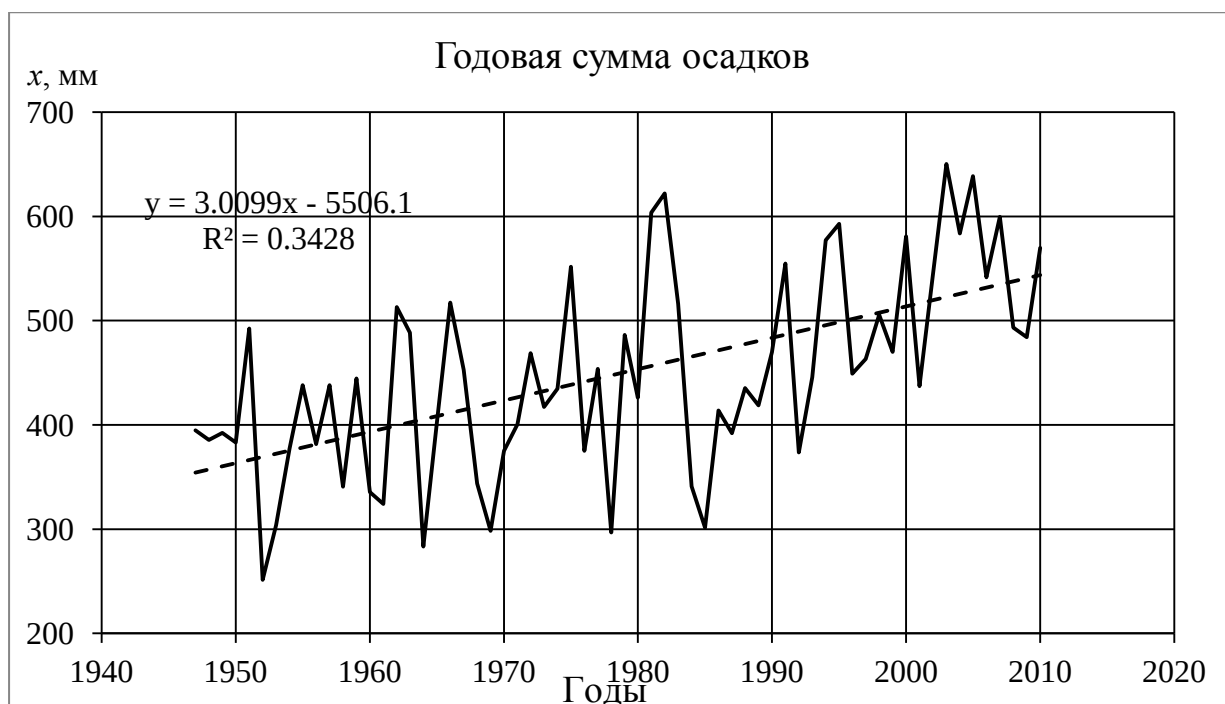


Рисунок 1.3 Хронологический график годовых сумм осадков на ОГМС Нарьян-Мар с 1947 по 2010 гг.



Рисунок 1.4 Хронологический график среднегодовой температуры воздуха на АМСГ Усть-Цильма с 1936 по 2010 гг.

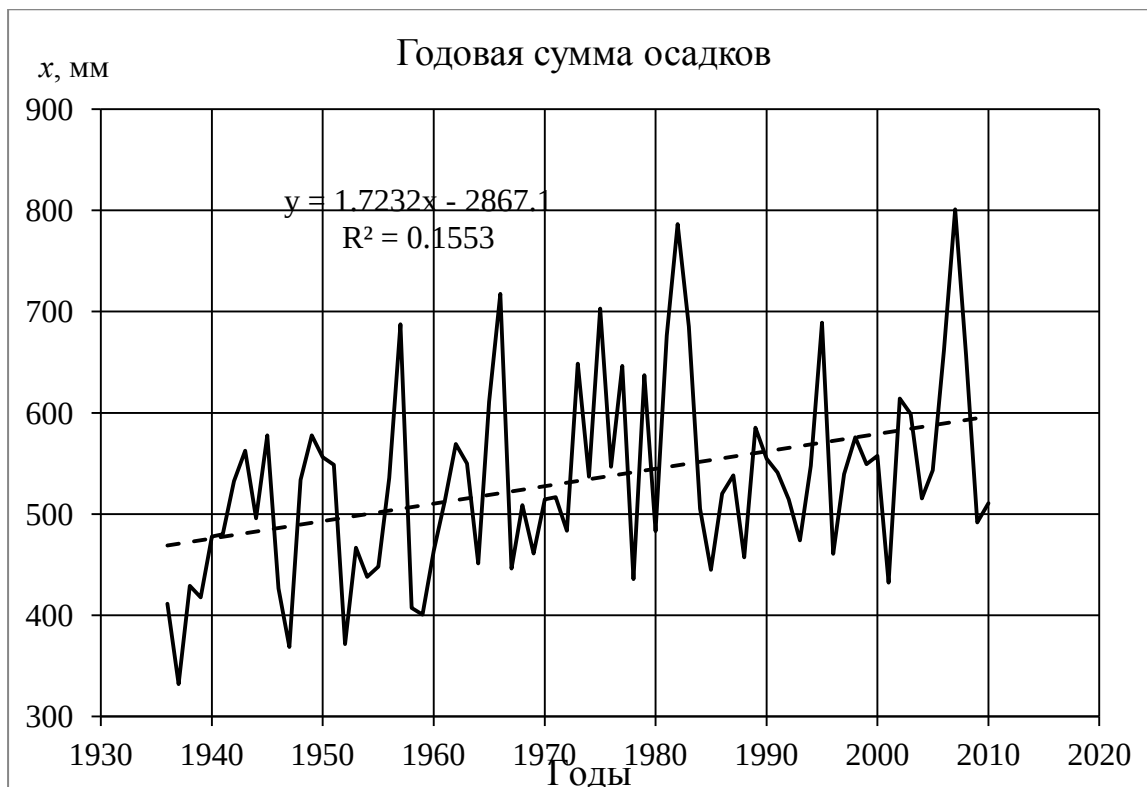


Рисунок 1.5 Хронологический график годовых сумм осадков на АМСГ Усть-Цильма с 1936 по 2010 гг.

Как видно на рисунках 1.2 и 1.4 в рядах среднегодовых температур воздуха сильных изменений на повышение не наблюдается.

На рисунках 1.3 и 1.5 видно, что в годовых суммах осадков наблюдается изменения на повышение.

Результаты оценки по длине ряда среднегодовых температур воздуха по метеостанциям приведены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Оценка по длине ряда среднегодовых температур воздуха

№	Длина ряда, n	Среднегодовая температура воздуха, °С
ОГМС Нарьян-Мар		
1	55 (1926 – 1980 гг.)	-3,5
2	64 (1947 – 2010 гг.)	-3,4
АМСГ Усть-Цильма		
3	90 (1889 – 1892, 1895 – 1980 гг.)	-2,0
4	75 (1936 – 2010 гг.)	-1,7

Результаты оценки значимости линейного тренда в ряде среднегодовых температур воздуха приведены в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Оценка значимости линейных трендов в ряде среднегодовых температур воздуха

№	Длина ряда, n	Параметры тренда			Значимость тренда при $2\alpha = 5\%$
		R	σ_R	$t_{2\alpha}\sigma_R$	
ОГМС Нарьян-Мар					
1	64 (1947 – 2010 гг.)	0,08	0,13	0,29	незначим
АМСГ Усть-Цильма					
2	75 (1936 – 2010 гг.)	0,12	0,11	0,26	незначим

Результаты оценки по длине ряда годовых сумм осадков по метеостанциям приведены в таблице 1.7.

Таблица 1.7 – Оценка по длине ряда годовых сумм осадков

№	Длина ряда, n	Годовое количество осадков, мм
ОГМС Нарьян-Мар		
1	65 (1900 – 1907, 1915 – 1917, 1927 – 1980 гг.)	430
2	64 (1947 – 2010 гг.)	449
АМСГ Усть-Цильма		
3	90 (1891 – 1980 гг.)	541
4	75 (1936 – 2010 гг.)	533

Результаты оценки значимости линейного тренда в ряде годовых сумм осадков приведены в таблице 1.8.

Таблица 1.8 – Оценка значимости линейных трендов в ряде годовых сумм осадков

№	Длина ряда, n	Параметры тренда			Значимость тренда при $2\alpha = 5\%$
		R	σ_R	$t_{2\alpha}\sigma_R$	
ОГМС Нарьян-Мар					
1	64 (1947 – 2010 гг.)	0,58	0,08	0,19	значим
АМСГ Усть-Цильма					
2	75 (1936 – 2010 гг.)	0,39	0,10	0,22	значим

Для определения периода изменений годовых сумм осадков, были построены разностно-интегральные кривые модульных коэффициентов годовых сумм осадков по метеостанциям (рисунок 1.6 - 1.7).

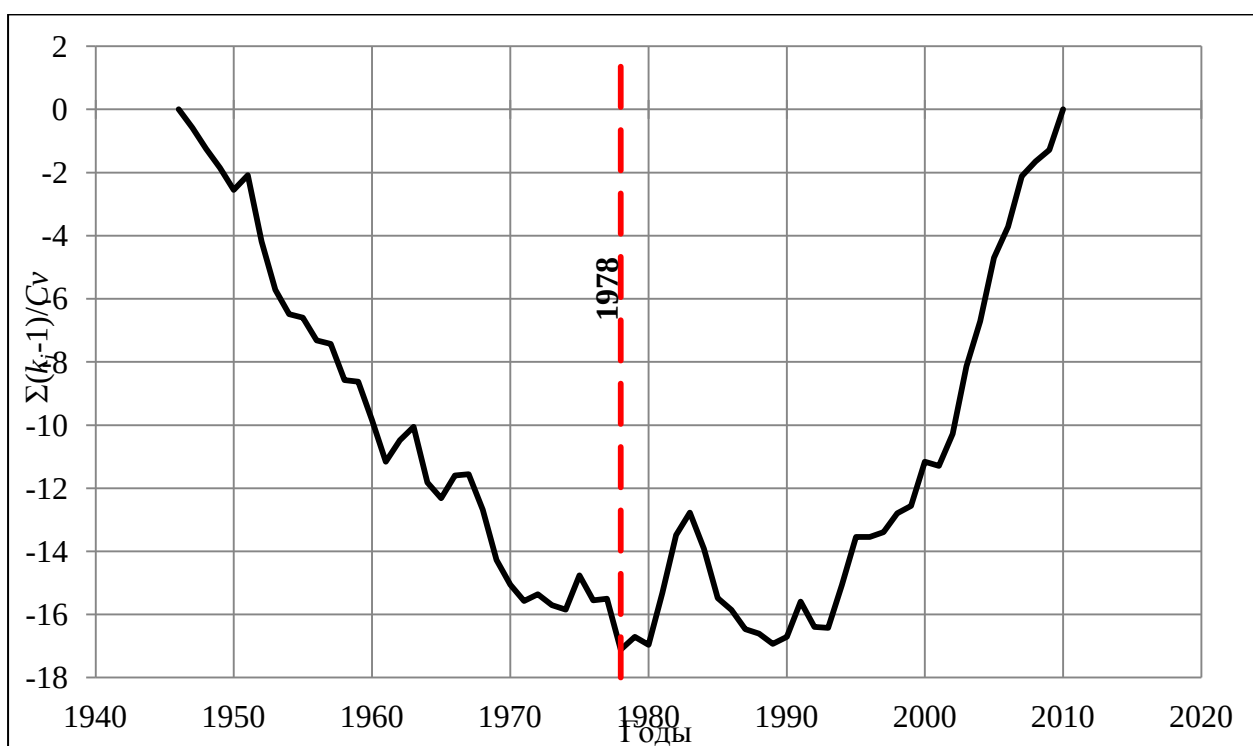


Рисунок 1.6 Нормированная разностно-интегральная кривая модульных коэффициентов годовых сумм осадков по ОГМС Нарьян-Мар с 1947 по 2010 гг.

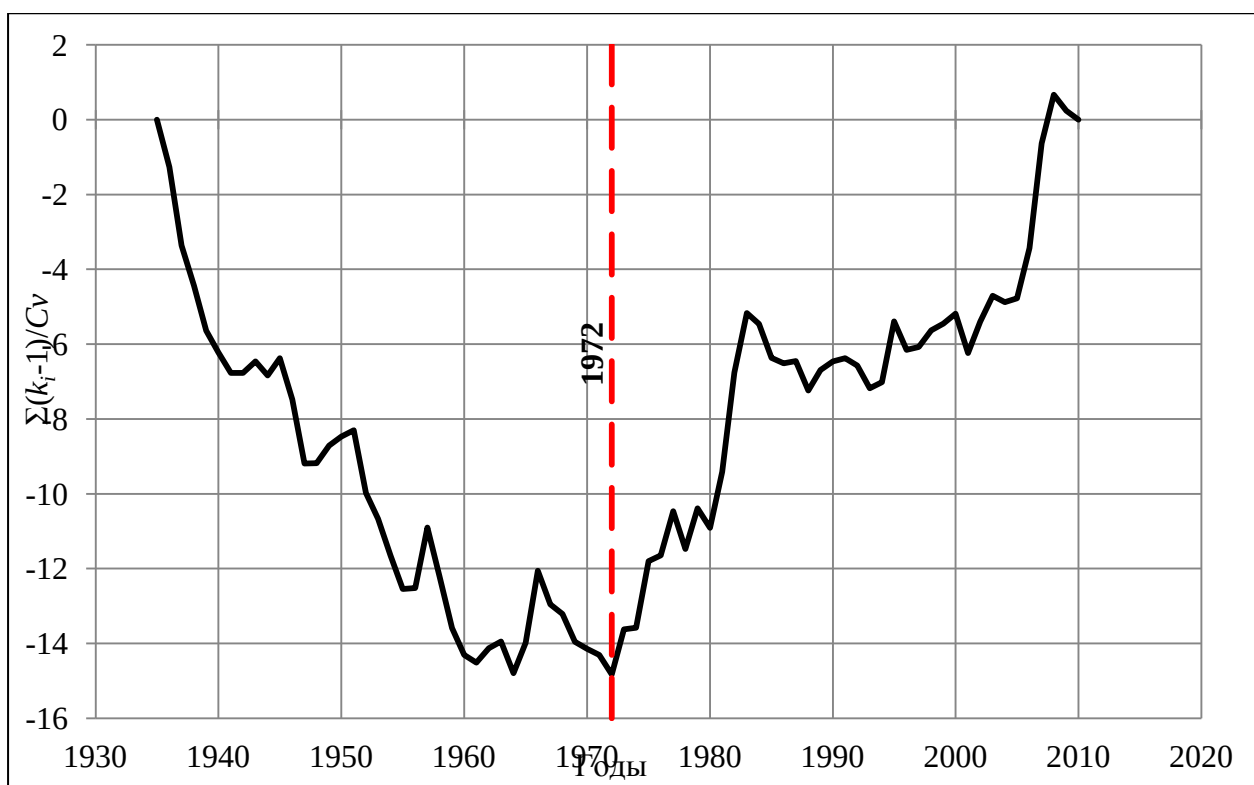


Рисунок 1.7 Нормированная разностно-интегральная кривая модульных коэффициентов годовых сумм осадков по АМСГ Усть-Цильма с 1936 по 2010 гг.

Из рисунков 1.6 и 1.7 видно, что по метеостанции Нарьян-Мар изменения годовых сумм осадков началось в 1978 году, а по метеостанции Усть-Цильма в 1972 году.

Результаты оценки по длине ряда годовых сумм осадков для двух периодов по метеостанциям приведены в таблице 1.9.

Таблица 1.9 – Оценка по длине ряда годовых сумм осадков

№	Длина ряда, n	Годовое количество осадков, мм
ОГМС Нарьян-Мар		
1	31 (1947 – 1977 гг.)	402
2	33 (1978 – 2010 гг.)	493
АМСГ Усть-Цильма		
3	36 (1936 – 1971 гг.)	495
4	39 (1972 – 2010 гг.)	568

Дополнительный анализ месячных сумм осадков показал, что увеличение количества осадков наблюдаются как в холодный период (октябрь - апрель), так и в теплый период года (май-сентябрь). Это, в свою очередь приво-

дит к увеличению снеготазпасов к моменту формирования основной волны половодья и к увеличению количества жидких осадков в период половодья.

Таким образом, можно констатировать, наличие трендов в рядах годовых сумм осадков связаны с естественно-природными колебаниями климата. Поскольку анализ был проведен выборочно для двух метеостанций, данная проблема требует дальнейшего изучения, с использованием большего числа метеостанций по району исследований.

1.3 Рельеф и геологическое строение

Территория района исследований обладает сложным геологическим строением. По характеру рельефа, в котором в определенной степени отражаются особенности геологического строения, она подразделяется на две неравные части. Западная часть представляет собой в основном слабохолмистую равнину, восточная – область горноскладчатых сооружений Урала.

Западная – наибольшая часть территории района исследований, структурно принадлежит к северо-восточной краевой части Европейской платформы, состоящей из Печорской плиты.

Восточная – меньшая часть территории района исследований, относится к палеозойской Уральской складчатой области. В современном структурном плане она соответствует Уральскому кряжу.

В геологическом строении территории района исследований участвуют разнообразные по составу и происхождению горные породы, от древнейших раннедокембрийских с возрастом пород более 2 млрд. лет до современных. В современном структурном плане на поверхности плиты выделяются крупнейшие положительные и отрицательные региональные структуры (с юго-запада на северо-восток): Тиманская гряда, Печорская синеклиза и Предуральский краевой прогиб.

Из позднейших образований на территории района исследований господствуют отложения четвертичной системы, которые включают осадки не менее трех оледенений. Отложения ледниковых эпох представлены моренными валунными суглинками, флювиогляциальными песками. Осадки межледниковий в основном аллювиальные и озерно-болотные.

Основные формы рельефа района исследований отражают элементы доледниковой поверхности. В формировании современного рельефа особенно большое значение имела деятельность экзогенных факторов ледниковой и водно-ледниковой эрозии и аккумуляции и речной эрозии. На территории района исследований выделяется три крупных орографических областей: Тиманская возвышенность, Печорская низменность и западные склоны Урала.

Тиманская возвышенность представляет собой полосу сглаженных денудационных возвышенностей, вытянутых с юго-востока на северо-запад и служащих водоразделом бассейнов Мезени, Вычегды и Печоры. Возвышенности сильно размыты, их преобладающая высота 200-250 м над БС, лишь по осевой части кряжа обнажаются гряды коренных пород высотой до 400-470 м БС. Рельеф приобретает полугорный характер. Это выражено на Северном Тимане, где возвышаются Косминский и Четласский Камни, Каменноугольная гряда. Там, где близко к поверхности подходят коренные карбонатные породы, развиты карстовые формы рельефа в виде воронок, пересыхающих долин с небольшими пещерами.

Печорская низменность расположена между Тиманом и Уралом, представляет собой обширную область опускания земной коры, заполненную четвертичными отложениями. Рельеф обусловлен в основном ледниковой аккумуляцией и последующей водной эрозией. Равнина имеет общий уклон к северу, отметки поверхности водоразделов 150-180 м БС. К югу от широтной части русла Печоры низменность повышается, образуя Ижма-Печорский водораздел, в основном, плоский, лишь местами на нем встречаются аккумулятивные холмы ледникового происхождения. Более рассеченный увалисто-

холмистый рельеф наблюдается в районе Айювинской и Большекожвинской возвышенностей.

Северная часть Печорской низменности входит в Большеземельскую тундру и представляет собой холмистую равнину. Характерными в ее рельефе являются вытянутые возвышенности грядового характера (именуемые «мусюрами»), возвышающиеся над окружающей равниной на 40-50 м, сложенные суглинистым материалом. На востоке Большеземельской тундры расположена гряда Чернышева – слабо повышенная волнистая денудационная равнина в области дислоцированных палеозойских отложений. Преобладают высоты 200-250 м БС, местами развиты карстовые формы рельефа.

Центральную часть Печорской равнины занимает долина р. Печора с эрозионно-аккумулятивными террасами. В среднем и нижнем течениях долины Печоры расширяется, в низовьях доходит до 20-25 км.

Уральский хребет в пределах района исследований по орографии разделяется на Полярный и Приполярный. Полярный Урал представляет суровую скалистую горную систему высотой 800-1200 м БС, с отдельными вершинами до 1500 м БС. В его центральной части наряду с плосковершинными образованиями возвышаются остроконечные вершины, развиты нагорные террасы и ступени, кары, троговые сквозные долины. Приполярный Урал является наиболее возвышенной частью Урала [2].

1.4. Почвы

Почвенно-географическое районирование дано на основе природного районирования территории с учетом региональных особенностей почвенного покрова на фоне всего комплекса местных природных условий.

Район исследований находится в пределах двух почвенно-географических зон – субарктических тундровых почв и таежных подзоли-

стых почв, восточная часть района исследований входит в Уральскую горную провинцию.

Зона субарктических тундровых почв.

Подзона южной тундры. Подзона тундровых поверхностно-глеевых, торфянисто- и торфяно-тундровых глеевых мерзлотных почв охватывает пологоувалистую моренную тундровую равнину полярного Предуралья в бассейне верховьев р. Усы и ее притоков Воркуты и Сейды. В наиболее дренированной холмисто-увалистой части подзоны развиты мерзлотные тундровые поверхностно-глеевые оподзоленные почвы под мохово-лишайниково-ерниковой растительностью. На равнинных водоразделах преобладают тундрово-болотные торфянисто- и торфяно-глеевые мерзлотные почвы.

Подзона лесотундры. Подзона тундровых поверхностно-глеевых оподзоленных, крупнобугристых болотных комплексов с тундровыми остаточноторфяными мерзлотными (бугров) и торфяно-болотными (мочажин), глееподзолистых потечно-гумусовых почв. Территория расположена в переходной полосе от зоны тундры к зоне тайги. Это низменная моренная равнина с комплексом реликтовых бугристых торфяников, сфагновых мочажин и термокарстовых озер. Равнинность территории несколько оживляется конечноморенными увалами – мусюрами. Многолетняя мерзлота распространена островами, приурочена к заболоченным водоразделам.

Зона таежных подзолистых почв.

Подзона крайнесеверной тайги. Подзона болотно-подзолистых, глееподзолистых, болотных торфяных и болотно-тундровых почв. Охватывает расположенную в северной части Печорской низменности обширную пологоувалистую моренную равнину с участками заболоченных аллювиально-морских водно-ледниковых равнин. В почвенном покрове преобладают болотно-подзолистые почвы, занимающие плоские поверхности увалов и заболоченные водоразделы, покрытые заболоченными редколесьями. На дрениро-

ванных приречных увалах и бровках склонов междуречных увалов, сложенных суглинками, господствуют глееподзолистые почвы.

На выпуклых поверхностях водоразделов, в морозобойных долинах мелких рек встречаются тундровые ландшафты с мохово-ерниковым покровом с бугорковатыми трехчленными комплексами тундровых поверхностно-глеевых оподзоленных, тундровых остаточно-поверхностно-глеевых (пятен) и тундровых поверхностно-глеевых сухоторфянистых (бугорков).

К древнеаллювиальным равнинам приурочены крупные олиготрофные сфагновые болота.

Подзона северной тайги.

Тиманский округ глееподзолистых, болотно-подзолистых, низкогорных лесных глееподзолистых иллювиально-гумусовых почв. Тиманский кряж представляет собой сглаженную горную страну, почти повсеместно (кроме останцовых вершин) покрыты четвертичными отложениями. Это денудационная цокольная равнина. Особенность ее рельефа заключается в возвышенном характере гряды, в проявлении местами низкогорных ландшафтов с вертикальной почвенно-растительной поясностью. На наиболее высоких вершинах Тимана формируются горные почвы. Вследствие значительной протяженности в широтном направлении, тундровые почвы на севере Тимана сменяются глееподзолистыми в северной тайге. На равнинных водоразделах преобладают торфянисто-подзолисто-глееватые почвы.

Ижма-Печорский округ торфянисто- и торфяно-подзолисто-глеевых иллювиально-гумусовых почв, иллювиально-гумусово-железистых подзолов, глееподзолистых и болотно-подзолистых почв. Занимает невысокую (100-150 м БС) аккумулятивную моренную равнину. В почвенном покрове широко распространены торфянисто- и торфяно-подзолисто-глеевые иллювиально-гумусовые почвы под долгомошно-сфагновыми ельниками. На равнинных водоразделах развиты грядово-мочажинные сфагновые болота.

Подгорно-Уральский округ глееподзолистых и горных лесных глееподзолистых потечно-гумусовых почв. Охватывает предгорную, довольно сильно расчлененную равнину, представляющую собой систему меридионально вытянутых сглаженных гряд (парм). В почвенном покрове наиболее распространены глееподзолистые потечно-гумусовые почвы под зеленомошными елово-пихтовыми лесами с примесью кедра. В понижениях между грядами формируются болотно-подзолистые почвы.

Уральская горная провинция.

Горные почвы Урала выделяются в особую Уральскую провинцию, в которой границы почвенных подзон проходят южнее, чем на равнине. Округа выделяются с учетом характера вертикальных почвенно-растительных поясов.

Округ Полярного Урала горно-тундровых глеевых и горно-тундровых примитивных почв гольцов. Простирается от лесотундры и входит в подзону крайнесеверной тайги. Представляет собой среднегорную область с сглаженными вершинами. Средние высоты 400-800 м БС. Отдельные вершины имеют резкие формы выветривания – острые пики, гребни, достигают 1350 м и более (Рай-Из, Пай-Ер). В растительном покрове у оснований склонов преобладают ерниковые тундры с горно-тундровыми пропитано-гумусовыми почвами. Выше по склонам идут лишайниковые и моховые тундры с горно-тундровыми пропитано-гумусовыми почвами. Лишь в южной части округа у основания склона появляется лесотундровый ландшафт – по теплым склонам подходят лиственничные и березовые низкорослые редколесья с мохово-ерниковым покровом, которые поднимаются до 300-350 м. Выше идет пояс кустарниковых зарослей из ольхи и разных видов ив, с 450 м начинается пояс горных тундр. Выше 600 м развиты горные пятнистые тундры, луговики, пятна лишайниковых тундр с горно-тундровыми примитивно-аккумулятивными почвами. Выше 600 м преобладают гольцовые поверхности – каменистые россыпи, лишенные связного растительного покрова.

Округ Приполярного Урала горно-тундровых и горно-лесных глееподзолистых потечно-гумусовых почв. На всем протяжении эта часть Урала простирается в северной тайге с глееподзолистыми почвами. Средняя высота в северной части округа 450-600 м с продвижением к югу хребта до 1000 м и выше. Рельеф приближается к высокогорному. Растительный покров претерпевает четкую вертикальную поясность: до высот 450-500 м в северной части округа и до 600 м в южной господствуют леса. Выше идут горные тундры, сменяющиеся на островершинных хребтах скалистыми россыпями. На крутых склонах тундровый покров не сплошной – имеет вытянутый ленточный характер, прерываемый криогенно ориентированными по склону крупнообломочными осыпями кристаллических сланцев. Горно-лесной пояс развит до высоты 450-500 м, выше – пояс редколесий. В лесном поясе наиболее характерны глееподзолистые иллювиально-гумусовые почвы. По южным и юго-западным склонам в горно-лесном поясе развивается богатое лесное разнотравье – образуются горно-лесные торфянисто-дерновые почвы, не имеющие аналогов в равнинных условиях. В полосе перехода от редколесий к тундре также на теплых склонах можно встретить альпийские и субальпийские луга с горно-луговыми дерновыми почвами. В горно-тундровом поясе под лишайниково-моховым покровом развиваются горно-тундровые примитивно-аккумулятивные почвы. На плоских поверхностях под осоково-лишайниковой растительностью с ксерофитными мхами развит криогенный пятнистый микрорельеф с тундровыми глеевыми почвами [2].

1.5 Растительность

Район исследований находится в пределах двух физико-географических зон – тундровой и таежной.

К тундровой зоне с подзонами южных гипоарктических тундр и северной лесотундры относится северная часть района исследований.

К таежной зоне с подзонами южной лесотундры, крайнесеверной и северной тайги относятся центральная и южная часть района исследований.

На западном склоне Уральского хребта четко выражена вертикальная поясность распределения растительности.

Подзона кустарниковых или южных гипоарктических тундр отличается наличием постоянно-мерзлых грунтов, господствуют ерниковые кустарничково-моховые тундры, расположенные на ровных водораздельных пространствах и пологих склонах, в которых доминантом является карликовая березка. Травяно-кустарничковый ярус включает воронику, голубику, бруснику, чернику, из трав чаще встречается осока шаровидная, луговик извилистый. Напочвенный покров тундр образован зелеными, политриховыми и сфагновыми мхами, лишайниками. По долинам рек развиты заросли ив.

В центральных частях плоских водоразделов, в понижениях рельефа развиты реликтовые низинные торфяники с мощностью торфа 1-2 м, с плоскобугристым микротурбированным рельефом, бугры покрыты ксерофильным политрихом, лишайниками, карликовой березкой.

В подзоне северной лесотундры на водоразделах сохраняется господство ерниковых тундр, которые занимают около 75 % ее территории. В долинах рек и на дренированных склонах появляются редкостойные елово-березовые и березовые мелколесья. Высота стволов 6-8 м. Повсеместно распространены заросли карликовой березки высотой 60-80 см. Кустарничковый ярус хорошо выражен: вороника, голубика, багульник, черника, брусника, напочвенный покров мозаичный – пятна зеленых, сфагновых мхов и лишайников. На водораздельных пространствах широко развиты крупнобугристые мерзлотные торфяники. Ближе к Уралу появляются участки редкостойных лиственничников. В поймах обычны древовидные ивняки и крупнотравные луговины.

Подзона южной лесотундры входит в зону тайги. Характерным является расширение местообитаний еловых, елово-березовых, березовых редколесий. На водоразделах преобладают ерниковые тундры и реликтовые мерзлот-

ные торфяники с мочажинно-крупнобугристым рельефом. Широко распространены торфяники смешанного типа – в основе низинные древесно-осоковые, с поверхности верховые сфагновые, зарастающие ксерофильным политрихумом и лишайниками, мощность торфа 1-3(5) м.

К южной лесотундре приурочены самые северные местонахождения сосны обыкновенной. Долины рек заняты редкостойными зеленомошно-сфагновыми лесами, ивняками и разнотравными лугами.

Подзона крайнесеверной тайги. Ее северная граница идет по Полярному кругу, вдаваясь широким языком к северу вдоль Печоры и отступая на юг с приближением к Уралу. Лесная растительность приобретает доминирующее положение. Господствуют еловые и елово-березовые леса долгомошной и зеленомошно-сфагново-долгомошной групп со значительным участием лиственницы.

В северной части подзоны распространены бугристые торфяники. По долинам мелких рек лес отступает, развиты элементы тундровых растительных комплексов в виде безлесных мохово-ерниковых зарослей. В пойме Печоры и ее крупных притоков развиваются елово-ивняковые, березовые и березово-еловые леса, местами встречаются первичные луга.

Подзона северной тайги простирается к северу примерно до 65°10' с.ш. Характерно преобладание лесов и сокращение открытых болот. Господствуют более сомкнутые леса – еловые, березово-еловые, сосновые, иногда с примесью пихты, кедра, осины. По болотам расселяются карликовая березка, касандра, багульник, голубика, клюква.

Низинные болота развиты лишь в долинах рек. Характерным признаком северной тайги является наличие элементов тундрового ландшафта по узким морозобойным долинам, где выпадает лесная растительность, развита карликовая березка с ивовыми зарослями вдоль русла ручьев. Луга распространены только в поймах рек, где они чередуются со смешанными лесами и ивняками.

В горной части района исследований – на Урале и на Тимане – четко выражена вертикальная поясность. На Урале до 450-600 м господствуют леса, выше 450-600 м – горные тундры. Горнолесной пояс подразделяется на вертикальные подпояса: в нижней части преобладают еловые и елово-березовые леса, на верхней границе леса большей частью растет лиственница. На высоте 300-350 м как примесь появляется пихта. Выше 400 м древостой изреживается, в кустарниковом ярусе обилие карликовой березки, покров гипново-политриховый с значительной примесью разнотравья. Выше 450-600 м начинается горная тундра, которая также претерпевает изменения с высотой: развита ерниковые, кустарничковые, моховые, лишайниковые тундры.

Высоты Тимана не выходят за верхнюю границу леса. В нижнем подпоясе (320-430 м БС) ельники-черничники замещаются ельниками луговико-черничными. Примесь березы в древостое достигает 30 %, во втором ярусе густой полог рябины. В верхнем подпоясе (выше 430 м) распространены еловые луговико-зеленомошные леса паркового характера [2].

1.6 Многолетняя мерзлота

На севере района исследований распространена многолетняя («вечная») мерзлота грунтов. Эта территория занимает основную часть мерзлотной области Европейского Севера России, которая протянулась от Кольского полуострова до границы с Азией. Южная граница распространения мерзлоты (островной на своем южном пределе) проходит в пределах района исследований примерно по Полярному кругу, в восточных районах опускаясь немного южнее – до широт гг. Усинска и Инты. По Уральским горам мерзлота проникает далеко к югу до 61° с.ш., т.е. южнее широты города Сыктывкара.

Мерзлота образовалась на Европейском Севере в позднем плейстоцене и в последующие эпохи, хотя и испытывала многочисленные периоды деградации и агградации, никогда не исчезала полностью. Распространение мерзлоты

подчиняется широтной зональности и высотной поясности. С юго-запада на северо-восток и от подножия к вершинам гор уменьшается степень ее горизонтальной прерывистости. В пределах Республики Коми преобладает островная и прерывистая мерзлота, на крайнем северо-востоке Республики Коми и в пределах Ненецкого автономного округа, а так же в верхнем высотном поясе Уральских гор мерзлота сплошная. Мощность мерзлоты меняется в широких пределах – от 10-15 до 500-700 м. Максимальная мощность отмечается в области распространения реликтовой мерзлоты, например, на правобережье широтного отрезка р. Печоры и в верхнем высотном поясе Урала. Преобладающие температуры от -0,5 до -2 °С. Такие температуры – довольно «высокие» по сравнению, например, с температурами сибирской мерзлоты, которые могут быть немного ниже -10 °С. В силу того, что мерзлота в пределах района исследований «теплая», она очень чувствительна к изменениям климата и антропогенным воздействиям.

В последнее десятилетие, в связи с озабоченностью по поводу глобального потепления климата, повысился международный интерес к мерзлоте региона. В рамках международных проектов TUNDRA, PERUSA, SPICE и CALM для бассейна реки Усы и прилегающих территорий была построена на основе ГИС модель распространения мерзлоты. Разработан прогноз эволюции мерзлоты в текущем столетии, проводится мониторинг глубины сезонного оттаивания грунтов как часть циркумполярного мониторинга.

Более половины территории, занятой мерзлотой в Республике Коми, приурочено к бассейну р.Уса.

Площадь бассейна 93,6 тыс.км², он включает часть Печорской низменности и западный макросклон Уральских гор, большая часть бассейна представляет собой таежно-тундровый экотон. Мерзлота разной степени прерывистости распространена на 75 % площади бассейна.

Впервые закартографировано распространение пластовых залежей внутригрунтовых льдов в платформенной и горной частях бассейна. Эта по-

следняя характеристика особенно важна при прогнозировании устойчивости зданий и сооружений в условиях потепления климата.

Глобальное потепление климата, происходящее в настоящее время по свидетельству международных экспертов, на территории района исследований проявляется пока слабо, маскируясь естественной климатической цикличностью и другими факторами. С 1970 года по настоящее время (период, совпадающий с интенсивным мониторингом мерзлоты) наблюдается положительный тренд в среднегодовых температурах воздуха, не выходящий, однако, за рамки многолетней межгодовой изменчивости. Если потепление будет продолжаться, можно ожидать существенные изменения в состоянии и распространении многолетней мерзлоты. Данные прогнозов, полученных разными методами, удовлетворительно согласуются и свидетельствуют, что при умеренном потеплении (на 3 °C по среднегодовой температуре до 2080 г.) время формирования таликов на равнине будет лежать в диапазоне от первых десятилетий на суглинистых грунтах до 90-100 лет на торфяниках. Результаты как мониторинга, так и моделирования показывают, что реакция мерзлоты на любые колебания и изменения климата сильно дифференцирована по территории в соответствии с ландшафтными условиями.

На отдельных участках отмечаются даже тренды изменения температур грунтов, противоположные трендам температур воздуха. Так, на озерно-аллювиальных равнинах, до 15 % территории которых занято естественным образом осушившимися озерами, быстрое новообразование многолетней мерзлоты происходит под днищами озер на фоне многолетнего потепления климата.

В условиях вероятного потепления опасность для инфраструктуры района исследований со стороны нестабильной мерзлоты возрастает. Если определить зону высокого риска как территорию с несплошной мерзлотой (мерзлые массивы занимают 3-90 % площади) и «высокими» температурами грунтов (от 0 до -2 °C), то только в бассейне р. Усы около 60% инфраструктуры

(железные дороги, населенные пункты, автодороги, линии связи) попадают в такую зону [2].

1.7 Характеристика гидрографической сети

Бассейн Печоры определяется координатами 62 и 69° с. ш. и 46 и 66° в.д. Водосборная площадь равна 322 000 км², из которых около 79% находятся в пределах Республики Коми. Северная окраинная часть бассейна расположена в Ненецком Автономном Округе.

По характеру рельефа бассейн Печоры представляет собой равнину, занимающую обширное пространство между Уралом и Тиманом. Наибольшие высоты наблюдаются на восточной окраине бассейна по Уральскому хребту. Западный водораздел значительно ниже. Южные водоразделы Печоры с Вычегдой и Печоры с Волгой понижены и нередко заболочены. Северная граница левобережной части бассейна проходит у отрогов Тимана, а правобережной - по небольшим возвышенностям Большеземельской тундры.

Печору делят Верхнюю - от истока до впадения р.Подчерья, Среднюю - от впадения р.Подчерья до Усы и Нижнюю.

Район исследований находится в пределах бассейна Средней и Нижней Печоры.

Ниже приводится описание четырех притоков Средней и Нижней Печоры находящийся в районе исследований: Кожва, Уса, Пижма, Цильма, которые являются притоками первого порядка реки Печора.

Кожва (или *Большая Кожва*) впадает в Печору слева на 868 км от устья. Площадь водосбора 9560 км², длина 194 км.

Кожва берет начало в болотах Ижма-Печорского водораздела. Верховье ее образуется слиянием двух речек - Белой Кожвы, текущей с запада, и Черной Кожвы, текущей с севера. Общее направление течения Кожвы - северо-восточное.

Бассейн Кожвы расположен в области Печорской низменности. Абсолютные высоты не превышают 100-150 м БС. На поверхности водосбора залегают рыхлые четвертичные отложения. До 60% площади бассейна заболочено. Болота преимущественно верховые, сфагновые; разбросаны по всему бассейну отдельными небольшими массивами. Леса - сосновые, за исключением юго-восточной части бассейна, где господствуют ельники. В северо-западной части бассейна преобладают безлесные лишайниково-моховые пустоши.

От истока и до впадения р.Кыдрым-Ю на протяжении около 50 км ширина долины 0,5-1,5 км, ширина русла 15-20 м, падение 0,60-0,55 м/км. Высота берегов 1,5-4 м, пойма развита только на отдельных участках.

В среднем течении ширина долины повышается до 2-5 км и ширина русла до 40-50 м. Здесь хорошо представлены пойма шириной от 200 до 1000 м, надпойма и боровая терраса. Река блуждает по широкой долине, оставляя в пойме много изогнутых стариц. Высота берегов 2,5-6 м, глубина на плесах 1,5-2,5 м, максимум до 3 м, многочисленны песчаные перекаты глубиной 0,3-0,4 м.

В нижнем течении (ниже устья р.Чикшиной) Кожва течет преимущественно в широкой долине, но в районе Каменки река сечет гряду известняков, и долина суживается. Пойма развита слабо, ее высота 3-4 м; надпойма имеет высоту 5-6 м, боровая терраса – 9 м.

В нижнем течении скорость течения 0,5-0,7 м/сек, падение 0,19 м/км. В самом устье при впадении в Печору русло Кожвы расширяется до 415 м, в нем имеются аллювиальные острова. Главнейшие притоки Большой Кожвы - Чикшина, Луза, Турышева, Кыдрым-Ю и Большая Каменка.

Река *Уса* - правый крупнейший приток Нижней Печоры, впадает в Печору справа на 754 км от устья. Площадь водосбора – 93 600 км², длина 565 км.

Бассейн р.Усы определяется координатами 64°45' - 68°15' с. ш. и 56°10' - 66°10' в.д.. Он захватывает предгорья Полярного Урала, юго-восточную часть

Большеземельской тундры и часть Печорской низменности. Правая часть бассейна развита больше, чем левая. Последняя ограничена склонами Полярного Урала и крайней северной части Приполярного Урала. Истоки Усы находятся в районе примыкания хребта Пай-Хой к Полярному Уралу. Река Уса берет свое начало в месте слияния двух горных рек - Сарт-Ю (Большая Уса) и Сабрей-Яга (Малая Уса).

Основное направление течения Усы с северо-востока на юго-запад, на отдельных участках река значительно отклоняется то к западу (ниже р.Елец), то к югу (ниже с.Седь-Ю), то к северо-западу (после впадения р.Кось-Ю). Почти весь бассейн р. Усы (за исключением небольшого участка течения реки от Макарихи до Усть-Усы) лежит в области вечной мерзлоты. Все протяжение Усы может быть разбито на четыре характерных участка.

От истоков до фактории Хановой (100 км) Уса течет среди сильно дислоцированных палеозойских пород и является типичной горной рекой.

От фактории Хановой и до устья р. Воркуты (50 км) долина на большем протяжении аллювиальная; ширина ее у с. Елец около 500 м, хорошо выражены три террасы. На участке от Ельца до устья Воркуты (23 км) падение Усы равно 0,3м/км. Ширина русла у дер.Елец 100 м, средняя высота берегов 7 м, глубина русла 0,6-2,2 м.

От устья р.Воркуты до устья р.Лемвы (150 км) река часто течет в сближенных коренных берегах, сложенных в основании мергелями верхнего мела, которые покрыты мощной толщей четвертичных отложений - моренных суглинков и флювиогляциальных галечных песков. Правый коренной берег большей частью выше левого. Ширина реки в межень достигает 200-300 м, а в устье р.Лемвы равна 650 м.

От устья р.Лемвы до Усть-Усы (367 км). Приняв р.Лемву, Уса расширяется почти вдвое. На всем дальнейшем протяжении широкая аллювиальная долина довольно однообразна, за исключением небольшого участка в районе Адака, где долина Усы прорезает гряду Чернышева. Здесь долина резко суживается.

вается до 450-500 м; на протяжении 3 км по обе стороны русла возвышаются высокие обрывистые скалистые берега, сложенные палеозойскими осадками.

Ниже гряды долина вновь расширяется и в самом низовье ширина долины Усы близка к 20 км. Река течет ближе к правому берегу, левый остается в отдалении. Высота коренных берегов в нижнем течении - до 30 м, при пересечении гряды Чернышева - не менее 60 м; в самом устье близ с. Усть-Уса - 50 м.

В долине хорошо развита пойма - шириной до 1-2 км, покрытая лугами. Крупные луговые пойменные массивы приурочены к приустьевым участкам притоков Усы. В русле встречаются острова, сложенные аллювием.

Высота пойменной террасы в низовье Усы 5-8 м, выше гряды Чернышева 6 м. В долине развита также надпойменная терраса, высота ее в низовье 12 м, выше гряды Чернышева 8 м. В самом нижнем течении Усы надпойменная терраса занимает огромное пространство. На ней расположено обширное низинное Усинское болото. Падение р. Усы от р. Лемвы до устья 8,5 м, т. е. в среднем около 0,04 м/км, в районе гряды Чернышева оно увеличивается. Ширина русла Усы ниже Адака 400-450 м. Несколько выше устья ширина Усы 1430 м и местами до 1700 м, в самом устье 900-1000 м. Глубина реки от р. Лемвы до р. Большой Роговой - 0,6-1,6 м, у р. Кось-Ю - 0,8-3,0 м, ниже Адака - до 7 м. От р. Адзвы до Усть-Усы в межень средняя глубина 2,5 м, максимальная - 10 м, на перекатах - 1-1,6 м.

В бассейне Усы имеется значительное число малых рек (до 200). Наиболее крупные притоки имеют площадь водосбора от 4500 до 19000 км² (Колва, Адзва, Кось-Ю, Большая Роговая, Большая Сыня, Лемва, Воркута).

Пижма вытекает из Ямозера, расположенного на Тимане под 65°02' с.ш. и 50°16' в. д. Южная часть бассейна Пижмы лежит в пределах Тимана и представляет собой слабо всхолмленную равнину, пересеченную логами и гривами. Абсолютная высота ее до 200 м. В межгривных понижениях широко развиты болота. Растительность - сосновые (до 45%) и еловые леса.

Северная часть бассейна расположена в Печорской низменности, покрыта елово-сосновыми лесами и редколесьем.

На всем протяжении Пижма течет одним руслом, образующим до 30 крупных излучин. О величине этих излучин можно судить по примеру Яранского Мега - излучины, имеющей протяжение в 45 км с перешейком в месте наибольшего сближения русла шириной в 3 км. В долине местами развита пойма высотой в 2-4 м (повышается к низовью), покрытая ивняковыми и елово-березовыми лесами, а в низовье - лугами.

В верховье Пижма представляет собой небольшую извилистую речку с омутами, течение медленное, берега низкие аллювиальные, поросшие кустами ив. Пижма ниже впадения р.Гнилой прорезает массив известняков с высотой отвесных берегов до 20-30 м. Пижма течет в известняках на протяжении 188 км. На этом участке известно до 40 каменистых порогов и 16 плесов глубиной 3-12 м, ширина русла 40-180 м.

После впадения р.Светлой Пижма расширяется и течет вновь в аллювиальных берегах, река сильно меандрирует. Дно песчано-галечное с многочисленными перекатами глубиной 0,8-1,2 м. В районе устья р.Умбы известно 14 плесов глубиной 3-5 м и 16 каменистых порогов. Ширина русла 100-200 м.

Ниже устья р.Умбы Пижма вновь врывается в Тиманский кряж (область Чайцинского камня) и делает ряд поворотов. На этом участке река приобретает полноводный спокойный характер, течет среди берегов, сложенных известняками и имеющих высоту до 60 м.

Ниже дер.Верховской р.Пижма выходит на равнину и течет до устья в широкой террасированной долине. Русло относительно прямолинейное, пойма высотой 3-4 м сложена суглинками, покрыта лугами. Водной растительности в русле нет. Ширина Пижмы на последних 8 км от устья 240-300 м. Глубины достигают 4-6 м.

Устье Пижмы сужено до 50 м (при низком уровне) и замаскировано со стороны Печоры песчаной косой. Глубина в устье всего лишь 0,3-0,4 м.

Главнейшие притоки Пижмы: Умба, Вяткина и Светлая.

Река *Цильма* - левый приток Печоры, впадает на 415 км от устья. Длина - 374 км, площадь водосбора 21 500 км². Примерно половина бассейна Цильмы расположена в области Тимана и его предгорий, нижнее течение - в Печорской низменности. Цильма берет начало на Тимане на склонах Косминского камня, где малые реки бассейна Цильмы сходятся своими верховьями с реками бассейна Мезени.

На территории бассейна преобладают хвойные леса и верховые болота, в северной части бассейна развит лесотундровый и тундровый ландшафт. По характеру течения р.Цильма подразделяется на три типичных участка.

В верхнем течении (от истока до р.Чирка) Цильма имеет меридиональное направление. Долина проходит в понижениях Тимана (области Косминского камня), то суживаясь, то расширяясь.

В среднем течении (от р.Чирка до р.Мылы) река получает широтное направление и приобретает горный характер. Ширина 50-70 м, глубина не более 1 м. Наконец, в нижнем течении (от р.Мылы до устья) река ориентирована с северо-запада на юго-восток. Ширина долины до 5-6 км, долина хорошо разработана, террасирована, имеет боровую террасу, надпойму и пойму, ширина русла до 120-180 м. Река носит равнинный характер, в долине заливные луга.

Сеть притоков Цильмы хорошо развита. Главнейшие из них: Тобыш, Мыла и Косма.

Озера. Среди всей территории района исследований, характеризующейся в общем слабой озерностью, бассейн Нижней Печоры выделяется относительно большим развитием озер как водораздельных, так и долинных. Преимущественно это очень небольшие водоемы. Относительно крупные озера и здесь встречаются редко [23].

2 Особенности гидрологического режима рек бассейна Средней и Нижней Печоры

Реки района исследований (рисунок 2.1) имеют смешанное питание с преобладанием снегового. Доля последнего в годовом стоке рек составляет 50-80%. Дождевые воды имеют подчиненное значение (15-30%). Доля подземных вод в питании рек не превышает 15-25%, а в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов - 10% и менее. Годовой ход речного стока характеризуется высоким весенним половодьем, низкой зимней и летней меженью и относительно небольшими по объему стока осенними дождевыми паводками.

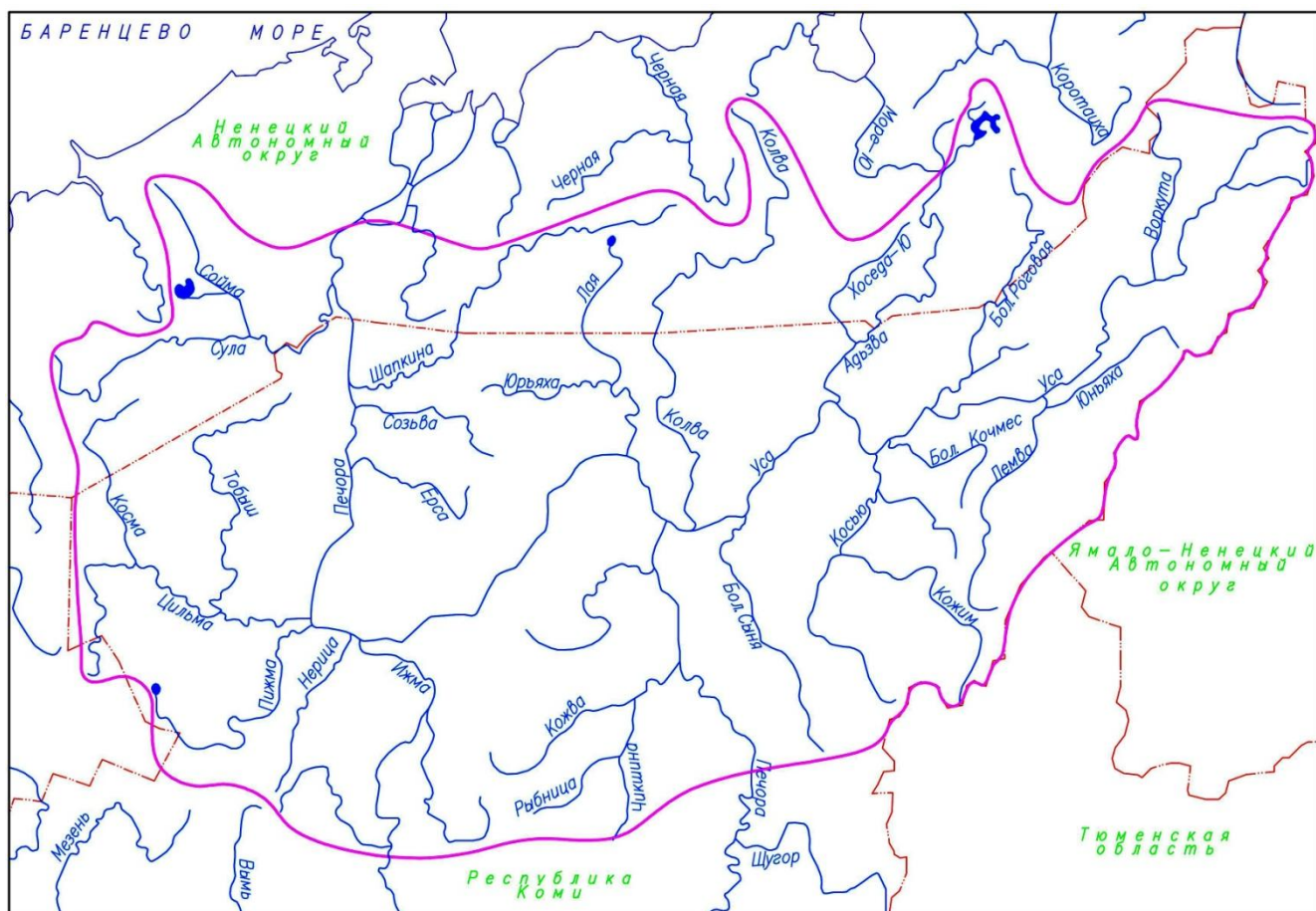


Рисунок 2.1 Бассейн реки Печора (среднее и нижнее течение)
(фиолетовым цветом выделен район исследований)

Весеннее половодье на юге обычно начинается в конце апреля, а на севере в начале третьей декады мая. Амплитуда колебаний сроков начала весеннего подъема по годам сравнительно невелика - в среднем около месяца. Наиболее поздние сроки начала половодья приходится на вторую декаду июня в северных районах, и на середину-конец мая - в южных. Ранние сроки изменяются от первой декады апреля на юге до конца месяца на севере.

Продолжительность половодья зависит от размеров рек и высотного положения их водосборов, а также от увлажненности территории и, прежде всего, от величины снеготаяния к началу снеготаяния. Наибольшая продолжительность половодья характерна для крупных рек (до 66-69 суток в низовьях Усы). В горных районах период половодья при прочих равных условиях больше, чем на равнине, что связано с затяжным характером снеготаяния из-за разновременного перехода температуры воздуха через 0°C в разных высотных поясах.

Обычно половодье на реках рассматриваемой территории проходит в виде одной резкой выраженной волны стока, на спаде несколько осложненной дополнительными пиками. Последнее особенно характерно для малых рек. Иногда дополнительные пики на гидрографах имеют место в период подъема половодья.

В годы с дружным снеготаянием формируются стройные однопиковые половодья, характеризующиеся большой интенсивностью подъема и спада. Как правило, к ним относятся наиболее высокие половодья.

При сильно растянутом из-за похолоданий снеготаяния или при выпадении сильных дождей в конце схода снежного покрова, на реках формируются сложные половодья, представляющие собой несколько почти самостоятельных волн. Такой характер половодья особенно типичен для рек Урала.

Максимум половодья на юге района исследований обычно отмечается в середине мая, на реках Большеземельской тундры и Полярного Урала - в начале июня (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Характеристики стока весеннего половодья по материалам наблюдений на постах за период с начала наблюдений до 2013 г.

Год, выводные характеристики за период наблюдений	Дата			Продолжительность половодья, сутки	Наибольший срочный расход, м³/с	Суммарный слой стока за половодье, мм	Объем стока за половодье, млн. м³	Сток за половодье, % от годового
	начала половодья	наибольшего срочного расхода	окончания половодья					
р.Уса - ст.Сейда. Площадь водосбора 14100 км². 1964-1988, 1992-2000, 2004 гг.								
Средняя	21.05	10.06	10.07	50	5065	414	5830	69
Наибольшая (ранняя)	18.04	08.03	06.06	75	8240	568	8010	84
Год	1995	1997	1982	1967	1983	1984	1984	1970, 1984
Наименьшая (поздняя)	11.06	03.07	05.08	26	2450	224	3160	40
Год	1978	1978	1975	1993	1982	1982	1982	1975
р.Колва - с.Хорей-Вер. Площадь водосбора 5470 км². 1959-1984, 1986-1997, 1999-2013 гг.								
Средняя	21.05	07.06	12.07	53	1294	298	1630	72
Наибольшая (ранняя)	29.04	12.05	10.06	83	2680	488	2670	95
Год	1990	1982	1982	1990	1981	1975	1975	2001
Наименьшая (поздняя)	16.06	27.06	09.08	28	647	162	886	41
Год	1969	1978	1975	1966	2005	1964	1964	2005
р.Большой Кочмес - пос.Кочмес. Площадь водосбора 981 км². 1964-1979, 1982-2013 гг.								
Средняя	09.05	24.05	19.06	42	318	285	285	61
Наибольшая (ранняя)	12.04	22.04	05.05	80	586	480	546	88
Год	1995	1995	1995	1975	1998	1975	2001	1973
Наименьшая (поздняя)	06.06	22.06	21.07	22	105	151	148	35
Год	1985	1978,1999	1975	2001	1965	2013	2013	1968
р.Пижда - д.Боровая. Площадь водосбора 4890 км². 1937-2013 гг.								
Средняя	28.04	13.05	18.06	52	513	139	682	45
Наибольшая (ранняя)	04.04	18.04	14.05	86	1240	245	1200	64
Год	1950	1951	1950	1946	1966	1966	1966	1947, 1972
Наименьшая (поздняя)	24.05	12.06	20.07	31	137	50	245	23
Год	1972	1940	1940	1959,1984	1937	1938	1938	1963
р.Исакова - пос.Каджером. Площадь водосбора 1690 км². 1980-1985, 1989-1992, 1994-1995, 1997-2001, 2003-2011 гг.								
Средняя	25.04	14.05	14.06	52	225	179	292	46
Наибольшая (ранняя)	09.04	22.04	21.05	79	446	299	505	69
Год	1995,2011	1995	2001	1990,2011	2004	1990	1990	1990
Наименьшая (поздняя)	14.05	07.06	03.07	23	79,2	111	188	31
Год	1999	1999	2009	2005	1985	2005	2005	2005

Заканчивается половодье на юге района исследований обычно во второй декаде июня, а в северных районах в первой половине июля.

В пределах таежной зоны за период весеннего половодья по рекам проходит 55-75% годового стока, в тундре и на малых водотоках - более 80-90%, на карстовых реках Тимана и Урала доля вод весеннего половодья в годовом стоке заметно ниже - 45-55%.

С окончанием весеннего половодья на реках устанавливается летне-осенняя межень. Ее устойчивость и водность в значительной мере зависят от количества осадков и времени их выпадения. В засушливые годы ее продолжительность может достигать 3-4 месяцев, в дождливые годы она разбивается дождевыми паводками на отдельные периоды, а общая ее продолжительность сокращается до 0,5 -1,0 месяца. На горных реках и в тундре продолжительность межени редко превышает 2,0 - 2,5 месяцев. Доля летне-осеннего меженного стока в годовом объеме стока составляет в среднем 15-18%; на карстовых реках она доходит до 20-35%.

Наиболее низкий сток в году наблюдается зимой, когда реки полностью переходят на подземное питание. Наибольшего истощения речной сток достигает к концу зимней межени (на таежных реках – в марте, на тундровых – в апреле). Продолжительность зимней межени может доходить до 7 месяцев на крайнем севере. Доля зимнего меженного сезона в годовом объеме речного стока составляет в пределах таежной зоны – 4-6%, в тундре – 1-3%, на карстовых реках – 10-18%.

3 Анализ рядов максимальных расходов и слоев половодья

В качестве исходных данных использовались ряды максимальных расходов и слоев весеннего половодья по 33 постам рек бассейна Средней и Нижней Печоры и реки Хальмер-Ю, которая является притоком второго порядка реки Кара. Сведения о продолжительности рядов наблюдений приведены в таблице 3.1. Распределение постов по грациям площадей водосборов дано в таблице 3.2.

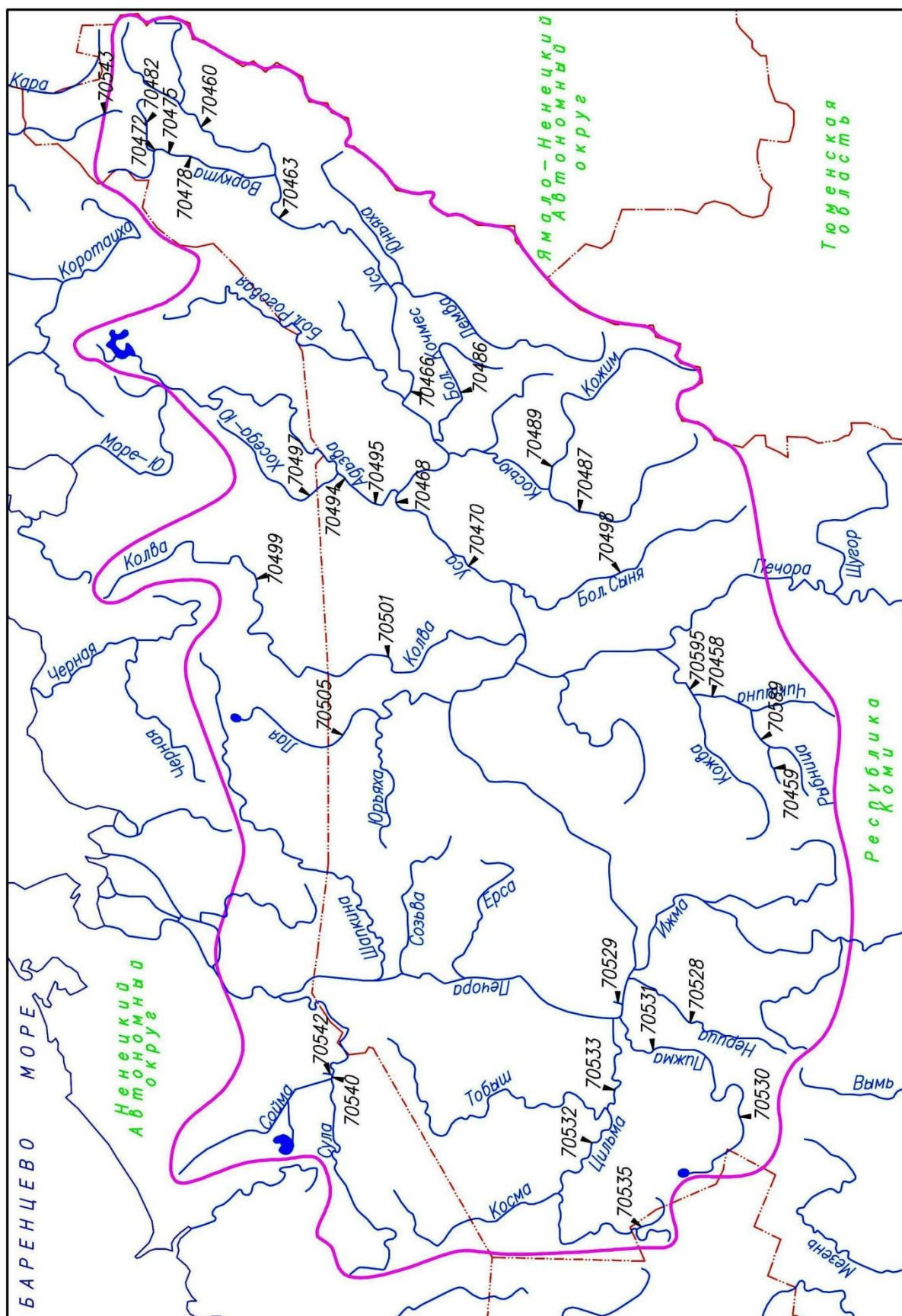
Таблица 3.1 – Распределение постов по продолжительности рядов наблюдений

Вид стока	Продолжительность рядов, n					всего рядов
	$n \leq 20$	$21 < n \leq 30$	$31 < n \leq 40$	$41 < n \leq 50$	$n > 51$	
Максимальные расходы весеннего половодья	8	5	6	6	8	33
Слои стока за половодье	8	5	8	6	6	33

Таблица 3.2 – Распределение постов по грациям площадей водосборов

Диапазон площадей водосборов, F км ²							всего рядов
≤ 20	20 - 200	200 - 1000	1000 - 3000	3000 - 10 000	10 000 - 30 000	$\geq 30 000$	
2	2	3	8	12	4	2	33

Схема расположения гидрометрических постов представлена на рисунке 3.1. Основные гидрографические характеристики исследуемых рек в створах гидрологических постов приводятся в приложении А.



Условные обозначения

— район исследований ▲ 70459 водомерный пост

Рисунок 3.1 Схема расположения гидрометрических постов

3.1 Приведение коротких рядов и их параметров к многолетнему периоду

Продолжительность периода наблюдений при расчетах максимального стока считалось достаточной, если относительная погрешность для среднего значения ряда не превышала 10%, а для коэффициента вариации (C_v) – 15%.

Среднее значение ряда максимальных расходов воды весеннего половодья ($\bar{Q}$) определялось по формуле:

$$\bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n} \quad (3.1)$$

где n – длина анализируемого ряда;

i – порядковый номер;

Q_i – расход воды i -ого порядка, м³/с.

Среднее значение ряда слоя весеннего половодья ($\bar{h}$) определялось по формуле:

$$\bar{h} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n} \quad (3.2)$$

где h_i – слой стока i -ого порядка, мм.

Коэффициент вариации (C_v) определялся по формуле:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n - 1}} \quad (3.3)$$

где k_i – модульный коэффициент, который определяется по формуле:

для максимальных расходов весеннего половодья:

$$k_i = \frac{Q_i}{\bar{Q}} \quad (3.4)$$

для слоя весеннего половодья:

$$k_i = \frac{h_i}{\bar{h}} \quad (3.5)$$

Коэффициент асимметрии (C_s) определялся по формуле:

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3}{(n-1)(n-2)C_v^3} \quad (3.6)$$

Среднеквадратичное отклонение (σ) определялось по формуле:

для максимальных расходов весеннего половодья:

$$\sigma = C_v \bar{Q} \quad (3.7)$$

для слоя весеннего половодья:

$$\sigma = C_v \bar{h} \quad (3.8)$$

Относительные погрешности рассчитывались по формулам:

для среднего значения ($\varepsilon_{\bar{Q},\%}$):

$$\varepsilon_{\bar{Q},\%} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} 100\% \quad (3.9)$$

для коэффициента вариации ($\varepsilon_{C_v,\%}$):

$$\varepsilon_{C_v} = \frac{1}{n + 4C_v^2} \sqrt{\frac{n(1 + C_v^2)}{2}} 100\% \quad (3.10)$$

Результаты расчета основных статистических характеристик рядов максимальных расходов воды весеннего половодья и рядов слоя стока весеннего половодья района исследований с недостаточными периодами наблюдений приведены в таблицах 3.3, 3.4.

Таблица 3.3 – Основные статистические характеристики рядов максимальных расходов весеннего половодья района исследований с недостаточными периодами наблюдений

№	Река – Створ	Площадь водосбора, F км ²	Период наблюдений	$\bar{Q}$; м ³ /с	C_v	C_s	$\frac{C_s}{C_v}$	ε ; %	
								$\bar{Q}$	C_v
1	р.Уса - впадение руч.Кечь-Вож-Семпо-Шор (Усинский водозабор)	3540	23	1588	0,31	2,41	7,77	6,46	15,2
2	р.Воркута - пос.Седловая	2330	10	798	0,52	1,35	2,59	16,4	22,7
3	р.Воркута - ГМС 7	2820	14	1128	0,30	-0,14	-0,47	8,02	19,2
4	р.Воркута - в/п 1	2920	7	1387	0,24	1,23	5,12	9,07	26,6
5	р.Бол.Сыр-Яга – ГМС 12	397	6	292	0,45	0,66	1,47	18,4	27,9
6	р.Адзъва - д.Салюкувом	9880	6	1509	0,32	0,18	0,57	13,1	28,4
7	р.Хальмер-Ю – станция N8	160	10	91,7	0,23	-0,73	-3,18	7,27	22,5
8	р.Кожва(Ковжа) - пос.Березовка	8720	7	1081	0,28	-1,85	-6,61	10,6	26,6
9	р.Нерица - д.Ильинская	1330	22	234	0,42	1,65	3,93	8,95	15,8
10	руч.Коровий - д.Коровий Ручей	9,50	11	2,35	0,33	-0,15	-0,44	9,95	21,6

Таблица 3.4 – Основные статистические характеристики рядов слоя стока весеннего половодья района исследований с недостаточными периодами наблюдений

№	Река – Створ	Площадь водосбора, F км ²	Период наблюдений	$\bar{h}$; мм	C_v	C_s	$\frac{C_s}{C_v}$	ε ; %	
								$\bar{h}$	C_v
1	р.Уса - впадение руч.Кечь-Вож-Семпо-Шор (Усинский водозабор)	3540	23	462	0,23	-0,08	-0,35	4,80	15,0
2	р.Воркута - пос.Седловая	2330	8	374	0,29	-0,42	-1,45	10,3	25,0
3	р.Воркута - ГМС 7	2820	14	361	0,16	-1,00	-6,25	4,28	19,0
4	р.Воркута - в/п 1	2920	7	389	0,17	-1,99	-11,7	6,43	26,7
5	р.Бол.Сыр-Яга – ГМС 12	397	6	405	0,22	-0,88	-3,99	8,98	28,6
6	р.Адзъва - д.Салюкувом	9880	6	199	0,20	0,08	0,41	8,16	28,7
7	р.Хальмер-Ю – станция N8	160	10	361	0,28	0,38	1,37	8,85	22,5
8	р.Кожва(Ковжа) - пос.Березовка	8720	7	183	0,21	0,59	2,79	7,94	26,6

Продолжение таблицы 3.4

№	Река – Створ	Площадь водосбора, F км ²	Период наблюдений	$\bar{h}$; мм	C_v	C_s	$\frac{C_s}{C_v}$	ε ; %	
								$\bar{h}$	C_v
9	р.Нерица - д.Ильинская	1330	22	168	0,34	0,52	1,54	7,25	15,6
10	руч.Коровий - д.Коровий Ручей	9,50	11	174	0,20	0,26	1,30	6,03	21,4

Для постов с недостаточными периодами наблюдений расчетные характеристики максимального стока приводились к многолетнему периоду методом аналогии.

Для оценки коэффициентов парной корреляции между расчетными рядами наблюдений на постах предварительно была построена матрица корреляций. Для контроля точности определения коэффициентов корреляции строились рабочие графики связи погодичных расходов и слоев стока в расчетном створе и створах-аналогах, а также пространственно-корреляционные функции. При выборе аналогов учитывались как большая продолжительность наблюдений в этих пунктах, так и более тесные связи между стоком в приво-
димом к многолетнему периоду пункте и стоком в пунктах аналогов.

Коэффициент корреляции (R) определялся по формуле:

$$R = \frac{\sum[(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{(n-1)\sigma_x\sigma_y} \quad (3.11)$$

где $\bar{x}$ – средний расход воды на реке-аналоге за совместный период наблюдений;

$\bar{y}$ – средний расход воды на расчетной реке за совместный период наблюдений;

n – длина анализируемого ряда за совместный период наблюдений;

σ_x – среднеквадратическое отклонение ряда среднегодовых расходов на реке-аналоге за совместный период наблюдений;

σ_y – среднеквадратическое отклонение ряда среднегодовых расходов на расчетной реке за совместный период наблюдений.

Результаты расчета коэффициентов корреляции между расчетными створами и створами-аналогами для рядов максимальных расходов воды весеннего половодья и рядов слоя стока весеннего половодья района исследований с недостаточными периодами наблюдений приведены в таблицах 3.5, 3.6.

Таблица 3.5 – Коэффициенты корреляции между расчетными створами и створами-аналогами для рядов максимальных расходов весеннего половодья с недостаточными периодами наблюдений

№	Река – Стор	Площадь водосбора, F км ²	Период наблюдений	Река – Аналог	Площадь водосбора, F км ²	Период наблюдений	R
1	р.Уса - впадение руч.Кечь-Вож-Семпо-Шор (Усинский водозабор)	3540	23	р.Рыбница - пос.Талый	183	38	0,60
2	р.Воркута - пос.Седловая	2330	10	р.Уса - с.Петрунь	27500	90	0,73
3	р.Воркута - ГМС 7	2820	14	р.Уса - с.Петрунь	27500	90	0,63
4	р.Воркута - в/п 1	2920	7	р.Сула - д.Коткина	8500	72	0,71
5	р.Бол.Сыр-Яга – ГМС 12	397	6	р.Кожим - р.п.Кожим	4980	46	0,92
6	р.Адзъва - д.Салюкувом	9880	6	р.Уса - с.Адзъва	54700	66	0,94
7	р.Хальмер-Ю – станция N8	160	10	р.Косью - р.п.Косью	4040	40	0,83
8	р.Кожва(Ковжа) - пос.Березовка	8720	7	р.Цильма - д.Номбур	9420	42	0,90
9	р.Нерица - д.Ильинская	1330	22	р.Пижда - д.Левкинская	2250	46	0,85
10	руч.Коровий - д.Коровий Ручей	9,50	11	р.Цильма - д.Номбур	9420	42	0,79

Таблица 3.6 – Коэффициенты корреляции между расчетными створами и створами-аналогами для рядов слоя стока весеннего половодья района исследований с недостаточными периодами наблюдений

№	Река – Стор	Площадь водосбора, F км ²	Период наблюдений	Река – Аналог	Площадь водосбора, F км ²	Период наблюдений	R
1	р.Уса - впадение руч.Кечь-Вож-Семпо-Шор (Усинский водозабор)	3540	23	р.Уса - д.Макариха	66900	39	0,83
2	р.Воркута - пос.Седловая	2330	8	р.Уса - с.Петрунь	27500	88	0,88
3	р.Воркута - ГМС 7	2820	14	р.Уса - д.Макариха	66900	39	0,80
4	р.Воркута - в/п 1	2920	7	р.Уса - д.Макариха	66900	39	0,55
5	р.Бол.Сыр-Яга – ГМС 12	397	6	р.Кожим - р.п.Кожим	4980	46	0,90
6	р.Адзъва - д.Салюкувом	9880	6	р.Уса - с.Адзъва	54700	67	0,91

Продолжение таблицы 3.6

№	Река – Створ	Площадь водосбора, F км ²	Период наблюдений	Река – Аналог	Площадь водосбора, F км ²	Период наблюдений	R
7	р.Хальмер-Ю – станция N8	160	10	р.Уса - д.Макариха	66900	39	0,89
8	р.Кожва(Ковжа) - пос.Березовка	8720	7	р.Цильма - д.Номбур	9420	42	0,73
9	р.Нерица - д.Ильинская	1330	22	р.Пижма - д.Левкинская	2250	46	0,92
10	руч.Коровий - д.Коровий Ручей	9,50	11	р.Сула - д.Коткина	8500	72	0,66

Параметры уравнения линейной регрессии и их погрешности определялись по формулам:

Погрешность коэффициента корреляции (σ_R)

$$\sigma_R = \frac{1 - R^2}{\sqrt{n - 1}} \quad (3.12)$$

Коэффициент регрессии (a)

$$a = R \frac{\sigma_y}{\sigma_x} \quad (3.13)$$

Погрешность коэффициента регрессии (σ_a)

$$\sigma_a = \frac{\sigma_y}{\sigma_x} \sqrt{\frac{1 - R^2}{n - 2}} \quad (3.14)$$

Свободный член (b)

$$b = \bar{y} - a\bar{x} \quad (3.15)$$

Уравнение регрессии

$$y = ax + b \quad (3.16)$$

Уравнение регрессии является надежным, если выполняются следующие условия:

$$n \geq 6 \quad |R| \geq 0,7 \quad \frac{R}{\sigma_R} \geq 2 \quad \frac{a}{\sigma_a} \geq 2 \quad (3.17)$$

Результаты расчета коэффициентов уравнения регрессии по условию (3.17) для расчетных створов по рядам максимальных расходов воды весеннего половодья и рядам слоя стока весеннего половодья с недостаточными периодами наблюдений приведены в таблицах 3.7, 3.8.

Таблица 3.7 – Коэффициенты уравнения регрессии по условию (3.17) для расчетных створов рядов максимальных расходов весеннего половодья с недостаточными периодами наблюдений

№	Река – Створ	Река – Аналог	n	$ R $	$\frac{R}{\sigma_R}$	$\frac{a}{\sigma_a}$
1	р.Уса - впадение руч.Кечь-Вож-Семпо-Шор	р.Рыбница - пос.Талый	11	0,60	-	-
2	р.Воркута - пос.Седловая	р.Уса - с.Петрунь	10	0,73	4,77	3,06
3	р.Воркута - ГМС 7	р.Уса - с.Петрунь	14	0,63	-	-
4	р.Воркута - в/п 1	р.Сула - д.Коткина	7	0,71	3,48	2,25
5	р.Бол.Сыр-Яга – ГМС 12	р.Кожим - р.п.Кожим	6	0,92	13,1	4,64
6	р.Адзья - д.Салюкувом	р.Уса - с.Адзья	6	0,94	17,1	5,36
7	р.Хальмер-Ю – станция N8	р.Косью - р.п.Косью	4	0,83	-	-
8	р.Кожва(Ковжа) - пос.Березовка	р.Цильма - д.Номбур	7	0,90	11,8	4,65
9	р.Нерица - д.Ильинская	р.Пижма - д.Левкинская	20	0,85	13,8	6,97
10	руч.Коровий - д.Коровий Ручей	р.Цильма - д.Номбур	11	0,79	6,69	3,88

Таблица 3.8 – Коэффициенты уравнения регрессии по условию (3.17) для расчетных створов рядов слоя стока весеннего половодья района исследований с недостаточными периодами наблюдений

№	Река – Створ	Река – Аналог	n	$ R $	$\frac{R}{\sigma_R}$	$\frac{a}{\sigma_a}$
1	р.Уса - впадение руч.Кечь-Вож-Семпо-Шор	р.Уса - д.Макариха	14	0,83	9,33	5,06
2	р.Воркута - пос.Седловая	р.Уса - с.Петрунь	8	0,88	10,3	4,54
3	р.Воркута - ГМС 7	р.Уса - д.Макариха	14	0,80	7,79	4,54
4	р.Воркута - в/п 1	р.Уса - д.Макариха	7	0,55	-	-
5	р.Бол.Сыр-Яга – ГМС 12	р.Кожим - р.п.Кожим	6	0,90	10,3	4,07
6	р.Адзья - д.Салюкувом	р.Уса - с.Адзья	6	0,91	11,6	4,35
7	р.Хальмер-Ю – станция N8	р.Уса - д.Макариха	10	0,89	13,3	5,63
8	р.Кожва(Ковжа) - пос.Березовка	р.Цильма - д.Номбур	7	0,73	3,85	2,40
9	р.Нерица - д.Ильинская	р.Пижма - д.Левкинская	20	0,92	25,9	9,91
10	руч.Коровий - д.Коровий Ручей	р.Сула - д.Коткина	11	0,66	-	-

Согласно п.6.7 СП 33-101-2003 [25], если хотя бы один из коэффициентов уравнения регрессии не удовлетворяет условию (3.17), то это уравнение не используют для приведения к многолетнему периоду.

Расчетные створы и створы-аналоги коэффициенты уравнения регрессии которых полностью удовлетворяли условию (3.17) использовались в дальнейших расчетах.

Ряд расчетной реки восстанавливался по уравнению линейной регрессии с использованием данных реки-аналога по формуле:

$$\tilde{Q}_i = aQ_{i,a} + b \quad (3.18)$$

Систематическое преуменьшение дисперсии восстановленной части ряда исключалось путем корректировки погодичных значений по формуле:

$$Q_i = \frac{\tilde{Q}_i - \bar{Q}_n}{R} + \bar{Q}_n \quad (3.19)$$

где Q_i – расчетные погодичные значения расходов воды восстановленной части ряда;

$\tilde{Q}_i$ – погодичные значения, полученные по уравнению регрессии;

$\bar{Q}_n$ – среднее значение расхода воды расчетной реки за совместный период наблюдений.

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 статистики Фишера рассчитывалось по формуле:

$$F^* = \frac{D_1^*}{D_2^*} \quad (3.20)$$

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, опубликованные в [26], 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 выполнялись условие:

$$F^* < F_{2\alpha} \quad (3.21)$$

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

$$t^* = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S} \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}} \quad (3.22)$$

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

n_1, n_2 – длина первой и второй частей ряда;

S – среднеквадратическое отклонение разности $(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)$, определяемое по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \quad (3.23)$$

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

Критическое значение статистики Стьюдента определялось по таблицам, опубликованным в [26], 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 выполнялись условие: $|t^*| < t_{2\alpha}$.

Результаты проверки рядов на однородность представлены в приложении Б, для максимальных расходов воды весеннего половодья – таблица Б.1, для слоев стока весеннего половодья – таблица Б.2. Сводные данные по проверке рядов на однородность приведены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Результаты проверки на однородность рядов максимальных расходов воды и слоев стока весеннего половодья

Вид стока	Общее число случаев	Число случаев опровержения гипотезы об однородности			
		по критерию Стьюдента		по критерию Фишера	
		абсолютное	относительное, %	абсолютное	относительное, %
Максимальный расход воды весеннего половодья	30	5	17%	11	37%
Слой стока весеннего половодья	31	0	0%	2	6%

Как видно из таблицы, процент опровержения гипотезы об однородности для слоев половодья существенно не превышает принятый уровень значимости.

Для максимальных расходов весеннего половодья опровержение гипотезы об однородности наблюдается в 37% случаев по критерию Фишера и 17% случаев по критерию Стьюдента. Как показал дальнейший анализ неоднородных рядов, это связано с наличием тренда на повышение. Анализ трендов и причин их появления выполнен в разделе 3.3.

3.3 Оценка временных трендов

Оценка линейных трендов проводилась для рядов максимальных расходов половодья.

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

$$|R| < t_{2\alpha} \sigma_R \quad (3.24)$$

где R – коэффициент корреляции;

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

σ_R – стандартная ошибка коэффициента корреляции, определяемая по формуле:

$$\sigma_R = (1 - R^2) / \sqrt{n - 1} \quad (3.25)$$

где n – длина анализируемого ряда.

Результаты проверки рядов максимальных расходов и слоев стока весеннего половодья представлены в приложении В (для постов с недостаточными периодами наблюдений, приведенные к многолетнему периоду оценки линейных трендов не производилась).

Линейный тренд в рядах максимальных расходов весеннего половодья выявлен только в двух постах «р.Уса - с.Петрунь» и «р.Уса - с.Адзьва». В слоях стока весеннего половодья линейный тренд по постам не выявлен.

Линейный тренд в рядах максимальных расходов весеннего половодья по постам «р.Уса - с.Петрунь» и «р.Уса - с.Адзьва» представлены на рисунках 3.2 – 3.3.

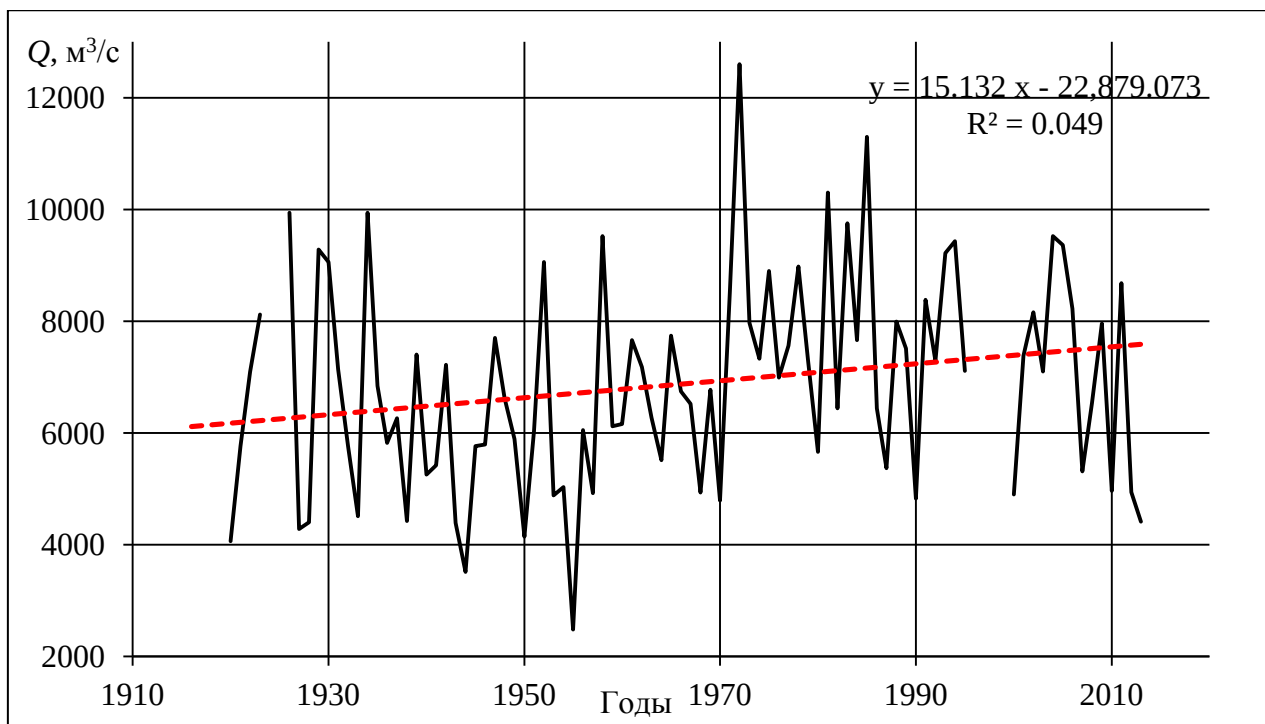


Рисунок 3.2 Хронологический график максимальных расходов весеннего половодья по посту «р.Уса - с.Петрунь»

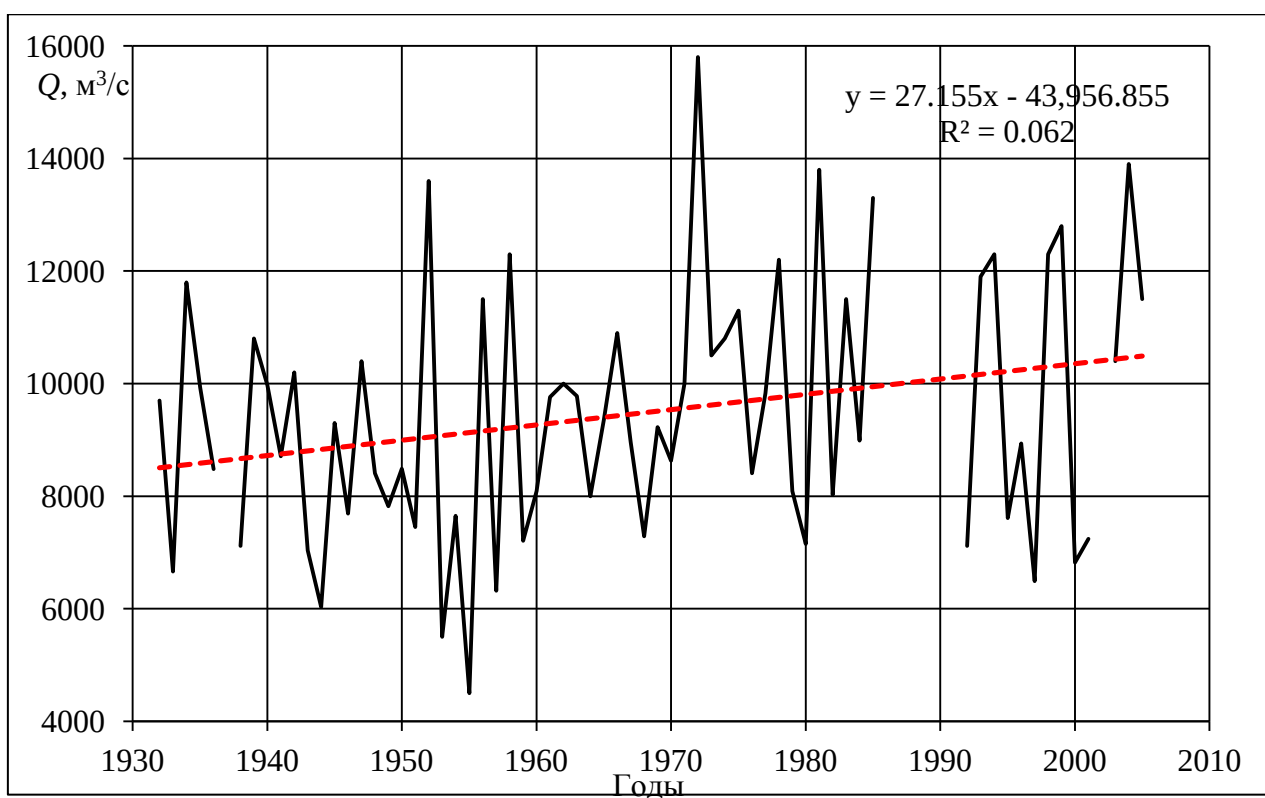


Рисунок 3.3 Хронологический график максимальных расходов весеннего половодья по посту «р.Уса - с.Адзъва»

Для определения периода изменений максимальных расходов весеннего половодья, были построены разностно-интегральные кривые модульных коэффициентов максимальных расходов по постам (рисунок 3.4 - 3.5).

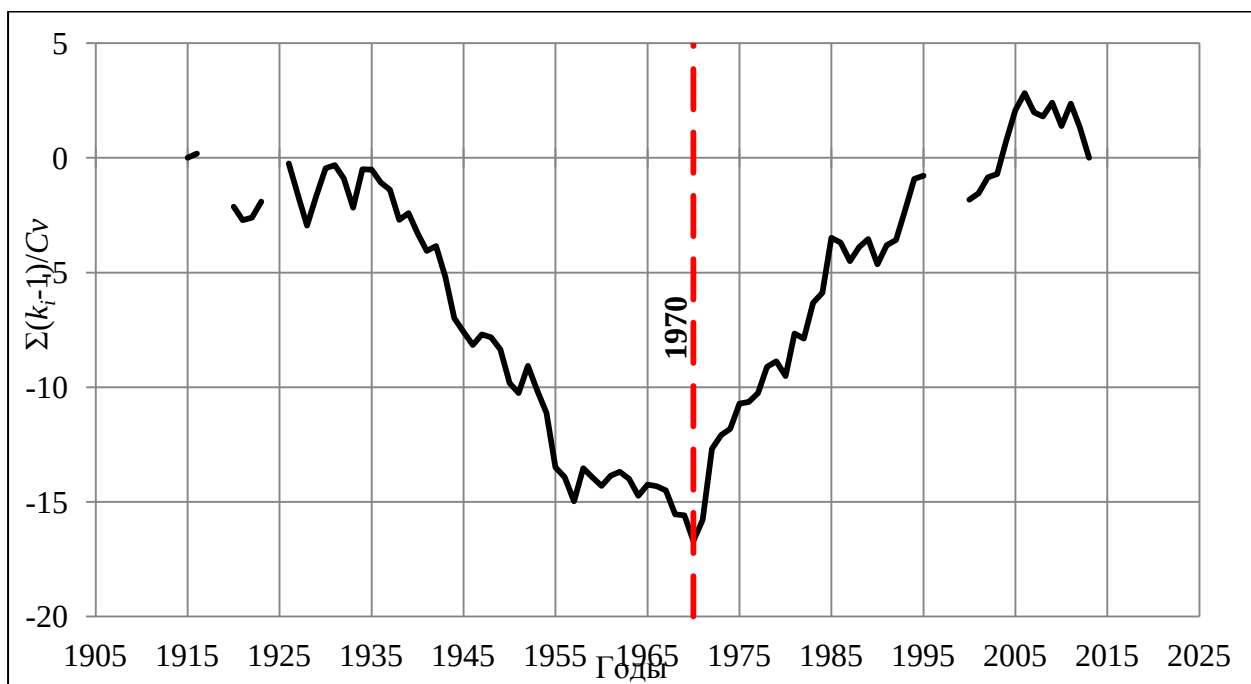


Рисунок 3.4 Нормированная разностно-интегральная кривая модульных коэффициентов максимальных расходов по посту «р.Уса - с.Петрунь»

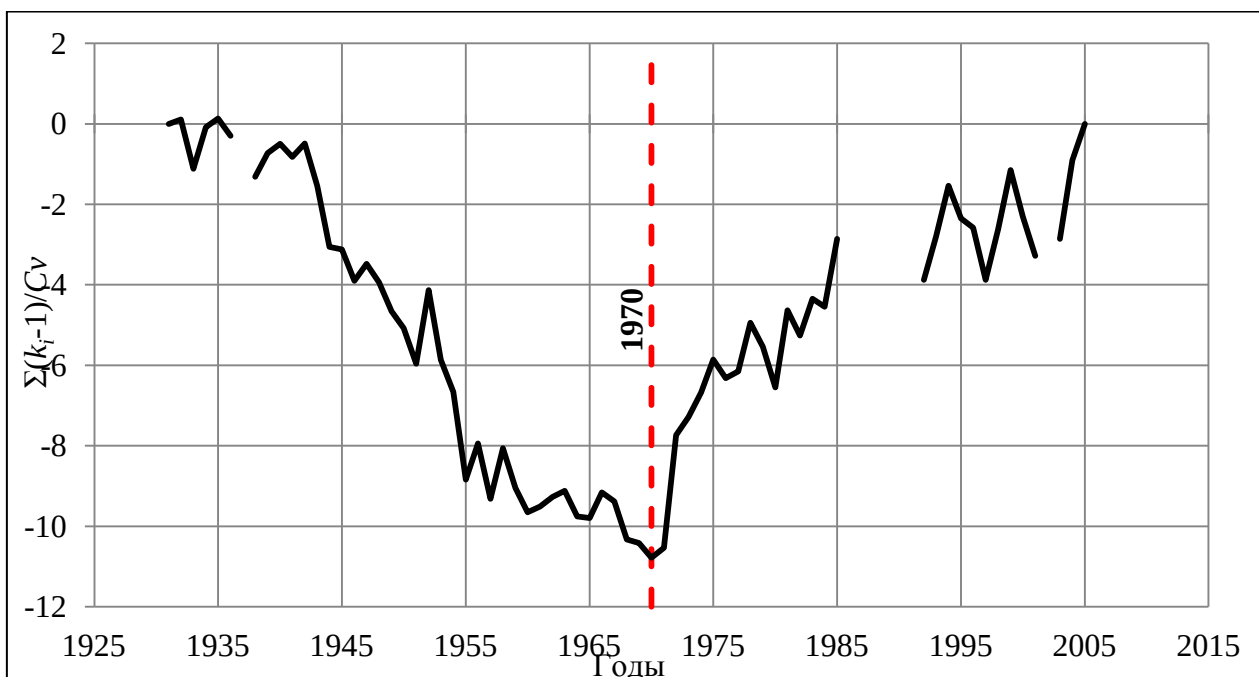


Рисунок 3.5 Нормированная разностно-интегральная кривая модульных коэффициентов максимальных расходов по посту «р.Уса - с.Адзьева»

Из рисунков 3.4 и 3.5 видно, что по двум постам изменения максимальных расходов весеннего половодья началось в 1970 году.

Результаты оценки по длине ряда максимальных расходов весеннего половодья по постам приведены в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Оценка по длине ряда максимальных расходов

№	Длина ряда, n	$\bar{Q}$; м ³ /с
р.Уса - с.Петрунь		
1	90 (1916,1918,1920-1923,1926-1995,2000-2013 гг.)	6855
2	50 (1916,1918,1920-1923,1926-1969 гг.)	6278
3	40 (1970-1995,2000-2013 гг.)	7577
р.Уса - с.Адзьва		
4	66 (1932-1936,1938-1985,1992-2001,2003-2005 гг.)	9448
5	37 (1932-1936,1938-1969 гг.)	8809
6	29 (1970-1985,1992-2001,2003-2005 гг.)	10264

Таким образом, можно констатировать, что неоднородность рядов максимальных расходов весеннего половодья связана с наличием трендов в рядах годовых сумм осадков (см. пункт 1.2.1), то есть с естественно-природными колебаниями климата. Учитывая это, было принято решение не выполнять приведение рядов максимальных расходов половодья к так называемым однородным условиям, поскольку это могло привести к необоснованному завышению расчетных максимальных расходов воды, что негативно скажется при проектировании зданий и сооружений.

4 Расчет максимальных расходов и слоев половодья в пунктах наблюдений гидрометрической сети

4.1 Оценка основных статистических характеристик и их погрешностей

Расчет основных статистических характеристик рядов максимальных расходов воды весеннего половодья и рядов слоя стока весеннего половодья района исследований выполнялся методом моментов. Вычисление ординат аналитической кривой было произведено по распределению обеспеченностей Крицкого-Менкеля. Эмпирические точки и аналитическая кривая, были построены на клетчатке вероятностей с умеренной асимметричностью.

Результаты расчета основных статистических характеристик рядов максимальных расходов воды весеннего половодья и рядов слоя стока весеннего половодья района исследований приведены в таблицах 4.1, 4.2.

Таблица 4.1 – Основные статистические характеристики рядов максимальных расходов весеннего половодья района исследований

№	Река – Створ	Площадь водосбора, $F \text{ км}^2$	$\bar{Q};$ $\text{м}^3/\text{с}$	C_v	C_s	$\frac{C_s}{C_v}$	$\varepsilon; \%$	
							$\bar{Q}$	C_v
1	р.Уса - ст.Сейда	14100	5065	0,31	0,37	1,20	5,24	12,4
2	р.Уса - с.Петрунь	27500	6855	0,27	0,40	1,47	2,85	7,70
3	р.Уса - с.Адзьва	54700	9448	0,24	0,42	1,74	2,95	8,92
4	р.Уса - д.Макариха	66900	10453	0,29	1,52	5,23	4,59	11,5
5	р.Воркута - пос.Седловая	2330	1134	0,50	0,56	1,12	5,30	8,29
6	р.Воркута - в/п 1	2920	1493	0,58	2,71	4,68	6,88	9,52
7	р.Бол.Сыр-Яга – ГМС 12	397	223	0,39	0,64	1,64	5,75	11,0
8	р.Большой Кочмес - пос.Кочмес	981	318	0,34	0,36	1,06	4,96	10,8
9	р.Косью - р.п.Косью	4040	1286	0,25	0,23	0,93	3,95	11,5
10	р.Кожим - р.п.Кожим	4980	1588	0,33	0,72	2,20	4,87	10,9
11	р.Адзьва - д.Харута	8700	2144	0,34	0,90	2,65	4,67	10,2
12	р.Адзьва - д.Салюкувом*	9880	1734	0,20	0,34	1,70	2,46	8,85
13	р.Хоседа-Ю – пос.Хоседа-Хард	2280	572	0,36	1,05	2,90	5,29	10,8

Продолжение таблицы 4.1

№	Река – Створ	Площадь водосбора, F км ²	$\bar{Q}$; м ³ /с	C_v	C_s	$\frac{C_s}{C_v}$	ε ; %	
							$\bar{Q}$	C_v
14	р.Сыня (Бол.Сынья, Сынья,Сынью) - свх.Сыня	1320	478	0,22	0,50	2,25	4,31	14,1
15	р.Колва - с.Хорей-Вер	5470	1294	0,39	1,18	3,04	5,36	10,3
16	р.Колва - гм.ст.Колва	15000	2173	0,30	1,93	6,42	5,22	12,7
17	р.Лая - гм.ст.Мишвань	4650	1165	0,40	1,84	4,60	6,17	11,6
18	р.Сула - д.Коткина	8500	1193	0,25	2,40	9,59	2,95	8,56
19	руч.Няшеный - д.Коткина	16,1	5,38	0,68	2,23	3,27	9,35	11,4
20	р.Кожва(Ковжа) - пос.Березовка	8720	1232	0,37	1,68	4,55	5,71	11,5
21	р.Чикшина - ст.Чикшино	4360	642	0,35	1,16	3,31	5,68	12,0
22	р.Исакова - пос.Каджером	1690	225	0,39	0,95	2,45	7,80	14,8
23	р.Рыбница - пос.Талый	183	28,2	0,36	1,60	4,45	5,84	12,0
24	р.Нерица - д.Ильинская	1330	218	0,35	1,76	5,03	5,05	10,7
25	руч.Коровий - д.Коровий Ручей	9,50	2,29	0,33	1,23	3,73	5,09	11,4
26	р.Пижма - д.Левкинская	2250	251	0,43	1,67	3,88	6,34	11,2
27	р.Пижма - д.Боровая	4890	513	0,39	0,73	1,87	4,47	8,64
28	р.Цильма - д.Номбур	9420	1616	0,39	1,66	4,26	6,02	11,5
29	р.Цильма - д.Трусово	20900	3136	0,35	0,99	2,84	3,99	8,48
30	р.Ашуга – гм.ст. Борковская	287	69,0	0,32	0,66	2,08	5,94	13,6
Среднее			–	–	–	3,20	5,17	10,9

*Примечание: Пост «р.Адзья - д.Салюкувом», исключен из дальнейших расчетов, ввиду того что исходные данные имеют пониженную точность.

Таблица 4.2 – Основные статистические характеристики рядов слоя стока весеннего половодья района исследований

№	Река – Створ	Площадь водосбора, F км ²	$\bar{h}$; мм	C_v	C_s	$\frac{C_s}{C_v}$	ε ; %	
							$\bar{h}$	C_v
1	р.Уса - впадение руч.Кечь-Вож-Семпо-Шор	3540	457	0,20	-0,25	-1,25	2,89	10,4
2	р.Уса - ст.Сейда	14100	414	0,19	-0,36	-1,89	3,41	12,9
3	р.Уса - с.Петрунь	27500	392	0,21	0,48	2,29	2,24	7,69
4	р.Уса - с.Адзья	54700	354	0,19	-0,09	-0,47	2,32	8,77
5	р.Уса - д.Макариха	66900	323	0,19	-0,69	-3,63	3,04	11,5
6	р.Воркута - пос.Седловая	2330	371	0,44	0,60	1,36	4,72	8,21
7	р.Воркута - ГМС 7	2820	381	0,13	-1,14	-8,77	2,08	11,4

Продолжение таблицы 4.2

№	Река – Створ	Площадь водосбора, F км ²	$\bar{h}$; мм	C_v	C_s	$\frac{C_s}{C_v}$	ε ; %	
							$\bar{h}$	C_v
8	р.Бол.Сыр-Яга – ГМС 12	397	428	0,19	0,10	0,53	2,80	10,6
9	р.Большой Кочмес - пос.Кочмес	981	285	0,26	0,22	0,85	3,79	10,6
10	р.Косью - р.п.Косью	4040	484	0,31	-0,39	-1,26	4,97	11,6
11	р.Кожим - р.п.Кожим	4980	329	0,33	0,19	0,58	4,93	10,9
12	р.Адзъва - д.Харута	8700	273	0,23	0,21	0,91	3,12	9,93
13	р.Адзъва - д.Салюкувом*	9880	229	0,13	-0,07	-0,54	1,59	8,70
14	р.Хоседа-Ю – пос.Хоседа-Хард	2280	253	0,19	0,15	0,78	3,03	11,3
15	р.Сыня (Бол.Сынья, Сынья,Сынью) - свх.Сыня	1320	484	0,26	-0,30	-1,15	5,10	14,2
16	р.Колва - с.Хорей-Вер	5470	298	0,24	0,61	2,60	3,37	10,3
17	р.Колва - гм.ст.Колва	15000	252	0,22	0,90	4,09	3,89	12,7
18	р.Лая - гм.ст.Мишвань	4650	239	0,23	0,72	3,13	3,86	12,0
19	р.Сула - д.Коткина	8500	221	0,19	0,10	0,52	2,28	8,47
20	руч.Няшеный - д.Коткина	16,1	176	0,34	1,03	3,07	4,74	10,5
21	р.Хальмер-Ю – станция N8	160	397	0,21	-0,48	-2,29	3,36	11,5
22	р.Кожва(Ковжа) - пос.Березовка	8720	189	0,18	0,22	1,22	2,78	11,1
23	р.Чикшина - ст.Чикшино	4360	197	0,21	0,09	0,43	3,47	11,7
24	р.Исакова - пос.Каджером	1690	179	0,23	0,67	2,91	4,60	14,4
25	р.Рыбница - пос.Талый	183	162	0,26	0,11	0,42	4,19	11,8
26	р.Нерица - д.Ильинская	1330	165	0,31	0,37	1,19	4,47	10,6
27	р.Пижма - д.Левкинская	2250	139	0,30	0,17	0,57	4,42	10,8
28	р.Пижма - д.Боровая	4890	139	0,26	0,45	1,73	2,98	8,35
29	р.Цильма - д.Номбур	9420	234	0,22	0,12	0,55	3,39	11,1
30	р.Цильма - д.Трусово	20900	206	0,24	0,29	1,21	2,74	8,26
31	р.Ашуга – гм.ст. Борковская	287	206	0,31	-0,35	-1,13	5,86	13,8
Среднее			—	—	—	0,28	3,56	10,8

*Примечание: Пост «р.Адзъва - д.Салюкувом», исключен из дальнейших расчетов, ввиду того что исходные данные имеют пониженную точность.

Как видно из таблиц относительные погрешности в рядах максимальных расходов весеннего половодья для среднего значения находятся в интервале

от 3 % до 10 %. Относительные погрешности коэффициента вариации колеблются в интервале от 8 % до 15 %.

Относительные погрешности в рядах стока весеннего половодья для среднего значения лежат в интервале от 2 % до 6 %, для коэффициента вариации – от 8 % до 15 %.

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

Учитывая большую погрешность коэффициента асимметрии, в качестве расчетного значения отношения (C_s/C_v) принято его эмпирическое значение $(C_s/C_v)^*$ с округлением до 0,5 в большую сторону.

При расчете максимальных расходов воды весеннего половодья при отсутствии данных гидрометрических наблюдений, отношение C_s/C_v для стока весеннего половодья рекомендуется принимать как среднее по данным ближайших 2-3 рек-аналогов.

4.2 Расчет максимальных расходов и слоев стока весеннего половодья заданной обеспеченности

С использованием полученных статистических параметров были построены эмпирические и аналитические кривые обеспеченностей, представленные в приложении Г (приведены кривые для постов с периодом наблюдений более 50 лет, без учета постов с недостаточными периодами наблюдений, приведенные к многолетнему периоду) и рассчитаны максимальные расходы воды и слои стока весеннего половодья различной обеспеченности. В качестве аналитической кривой во всех случаях использовалась кривая обеспеченностей Крицкого-Менкеля, расчет выполнялся методом моментов.

Результаты выполненных расчетов представлены в приложении Д.

4.3 Расчет слоев стока весеннего половодья заданной обеспеченности при помощи усеченного Γ -распределения

В результате построения эмпирических и аналитических кривых обеспеченностей по ряду постов было выявлено, что при сносе наибольшего эмпирического члена ряда на аналитическую кривую дает маловероятную обеспеченность, что может говорить о генетической неоднородности рядов наблюдений. Для таких створов были построены усеченные кривые обеспеченностей.

При неоднородности слоев стока весеннего половодья используют составные кривые распределения (п.5.12 [26]). Допускается также применение усеченных распределений, которые разработаны для частного случая, – разделение на две однородные совокупности по медианному значению.

Сущность усечения кривой распределения состоит в том, что рассматривают только верхнюю часть кривой распределения слоев стока весеннего половодья.

Основное расчетное выражение для оценки среднего x_0 по методу приближенно наибольшего правдоподобия имеет следующий вид:

$$x_0 = \varphi(Cv) \cdot \bar{x}_{n/2} \quad (4.1)$$

где $\varphi(Cv)$ – функция для вычисления среднего x_0 усеченного гамма-распределения, значение функции определяется по таблице Б.4 [26];

$\bar{x}_{n/2}$ – среднеарифметическое значение верхней половины ранжированного ряда, определяемая по формуле:

$$\bar{x}_{n/2} = \frac{\sum_{i=1}^{n/2} x_i}{n/2} \quad (4.2)$$

Оценку максимального правдоподобия коэффициента изменчивости C_v определяют через статистику $\lambda_{2,n/2}$ с помощью табулированной зависимости (таблица Б.5, [25]), где $\lambda_{2,n/2}$ – статистика, вычисляемая по верхней половине ранжированного ряда (аналогично полному распределению):

$$\lambda_{2,n/2} = \frac{\sum_{i=1}^{n/2} \lg \frac{x_i}{\bar{x}_{n/2}}}{n/2} \quad (4.3)$$

Порядок расчетов при использовании усеченного гамма-распределения следующий:

- исходный ряд располагается по убыванию;
- по выражению (4.2) находят среднее значение верхней половины ранжированного ряда $\bar{x}_{n/2}$;
- по выражению (4.3) вычисляют статистику $\lambda_{2,n/2}$;
- по полученному значению $\lambda_{2,n/2}$ в соответствии с таблицей Б.5 [26] находят значение коэффициента C_v ;
- по выражению (4.1) находят оценку x_0 ;
- для Γ -распределения отношение $C_s/C_v = 2$.

По постам с генетической неоднородностью рядов наблюдений, для диапазона обеспеченностей от 0,01% до 50% были построены аналитические кривые Γ -распределения (приложение Е) с использованием уточняющих статистических параметров, которые приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Уточняющие статистические характеристики для рядов слоя стока весеннего половодья с генетической неоднородностью рядов наблюдений

№	Река – Створ	Площадь водосбора, F км ²	x_0 ; мм	C_v^*	$\frac{C_s}{C_v}$
1	р.Уса - с.Адзьва	54700	351	0,18	2,0
2	р.Адзьва - д.Харута	8700	274	0,22	2,0

Расчеты слоев стока весеннего половодья различной обеспеченности с использованием уточняющих статистических параметров представлены в приложении Ж.

5 Расчет максимальных расходов весеннего половодья при отсутствии данных гидрометрических наблюдений

В соответствии с СП 33-101-2003 [26] расчет максимальных расходов весеннего половодья ($\text{м}^3/\text{с}$) заданной ежегодной вероятностью превышения $P\%$ при отсутствии данных гидрометрических наблюдений производится по формуле:

$$Q_{P\%} = K_0 \cdot h_{P\%} \cdot \mu \cdot \delta \cdot \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot F / (F + F_1)^n \quad (5.1)$$

- 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 (δ_2) речных водосборов на максимальные расходы воды;
- F – площадь водосбора исследуемой реки до расчетного створа, км^2 ;
- F_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:

$$\delta = 1/(1 + C \cdot f_{\text{оз}}) \quad (5.2)$$

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

$f_{\text{оз}}$ – средневзвешенный коэффициент озерности.

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

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

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

$f_{\text{л}}$ – степень залесенности бассейна, %;

n' – коэффициент редукции; устанавливают по зависимости $q_{\text{max}} = f(F_{\text{л}})$ с учетом преобладающих на водосборе почвогрунтов.

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

$$\delta_2 = 1 - \beta \cdot \lg(0,1f_{\text{б}} + 1) \quad (5.4)$$

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);

$f_{\text{б}}$ – 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 уточнения районных параметров редукционной формулы были использованы результаты расчетов, выполненных в разделе 4.

5.1 Оценка районного показателя редукции

Для построения районной редукционной зависимости были использованы данные по 27 постам. Исходные данные для построения редукционной зависимости приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Исходные данные для построения редукционной зависимости

№	Река – створ	$F, \text{ км}^2$	$q_{1\%}, \text{ л/с} \cdot \text{ км}^2$	$h_{1\%}, \text{ мм}$	$q_{1\%}/h_{1\%}$	$\lg(F + 1)$	$\lg(q_{1\%}/h_{1\%})$
1	р.Уса - ст.Сейда	14100	654	583	1,12	4,15	0,05
2	р.Уса - с.Петрунь	27500	425	616	0,69	4,44	-0,16
3	р.Уса - с.Адзьва	54700	283	515	0,55	4,74	-0,26
4	р.Уса - д.Макариха	66900	307	455	0,67	4,83	-0,17
5	р.Воркута - пос.Седловая	2330	1178	824	1,43	3,37	0,16
6	р.Бол.Сыр-Яга – ГМС 12	397	1194	627	1,90	2,60	0,28
7	р.Большой Кочмес - пос.Кочмес	981	619	471	1,31	2,99	0,12
8	р.Косью - р.п.Косью	4040	517	772	0,67	3,61	-0,17
9	р.Кожим - р.п.Кожим	4980	627	606	1,03	3,70	0,01
10	р.Адзьва - д.Харута	8700	504	433	1,16	3,94	0,06
11	р.Хоседа-Ю – пос.Хоседа-Хард	2280	531	371	1,43	3,36	0,16
12	р.Сыня - свх.Сыня	1320	581	739	0,79	3,12	-0,10
13	р.Колва - с.Хорей-Вер	5470	537	504	1,07	3,74	0,03
14	р.Колва - гм.ст.Колва	15000	291	420	0,69	4,18	-0,16
15	р.Лая - гм.ст.Мишвань	4650	596	401	1,49	3,67	0,17
16	р.Сула - д.Коткина	8500	255	324	0,79	3,93	-0,10
17	руч.Няшеный - д.Коткина	16,1	1161	366	3,17	1,23	0,50
18	р.Кожва(Ковжа) - пос.Березовка	8720	319	275	1,16	3,94	0,06
19	р.Чикшина - ст.Чикшино	4360	312	296	1,05	3,64	0,02
20	р.Исакова - пос.Каджером	1690	289	296	0,98	3,23	-0,01
21	р.Рыбница - пос.Талый	183	340	263	1,29	2,26	0,11
22	р.Нерица - д.Ильинская	1330	361	300	1,20	3,12	0,08
23	р.Пижма - д.Левкинская	2250	272	245	1,11	3,35	0,05
24	р.Пижма - д.Боровая	4890	223	236	0,94	3,69	-0,03
25	р.Цильма - д.Номбур	9420	398	361	1,10	3,97	0,04
26	р.Цильма - д.Трусово	20900	312	334	0,93	4,32	-0,03
27	р.Ашуга – гм.ст. Борковская	287	463	329	1,41	2,46	0,15

По данным таблицы 5.1 построен график зависимости $\lg(q_{1\%}/h_{1\%}) = f(\lg(F + 1))$ (рисунок 5.1).

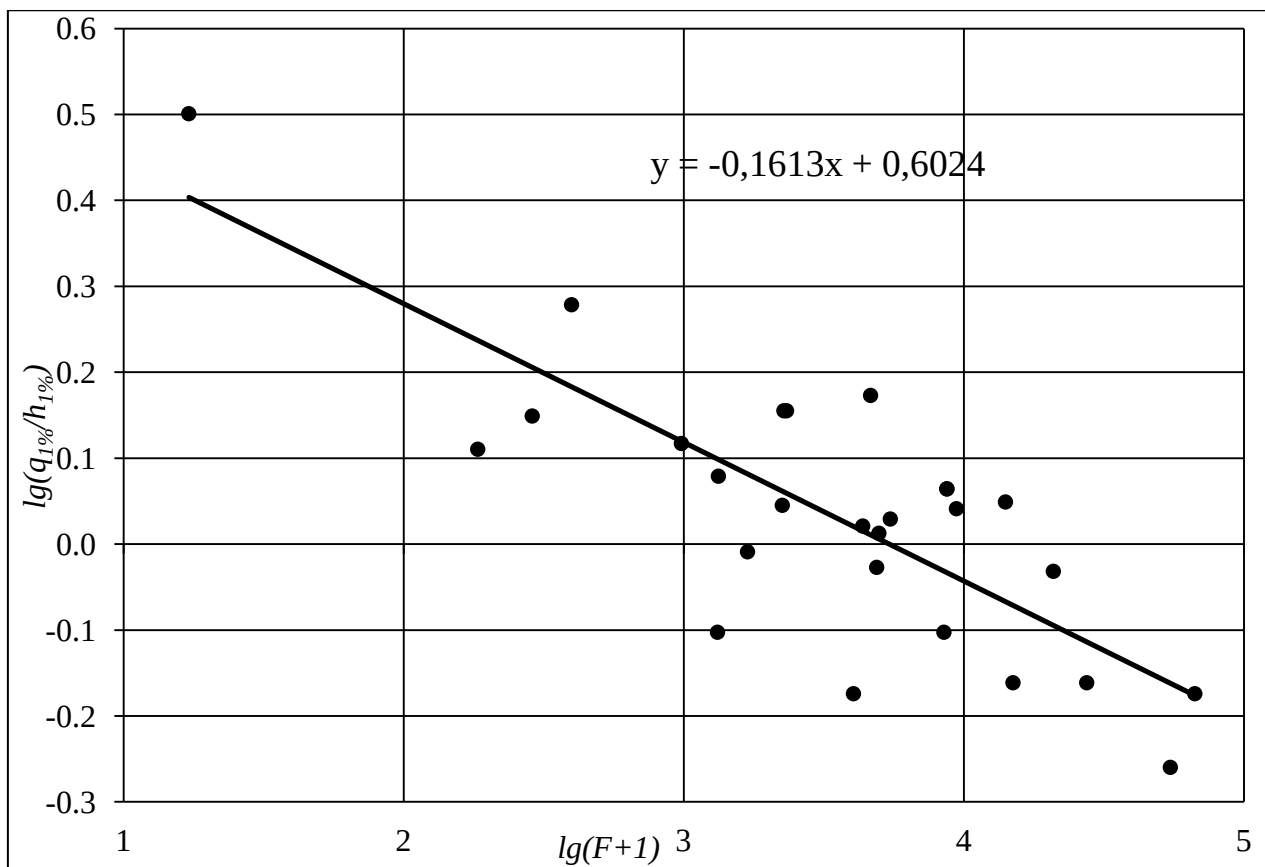


Рисунок 5.1 Районная редукционная зависимость для рек района исследований

Показатель степени редукции для рассматриваемого района составляет $n = 0,16$.

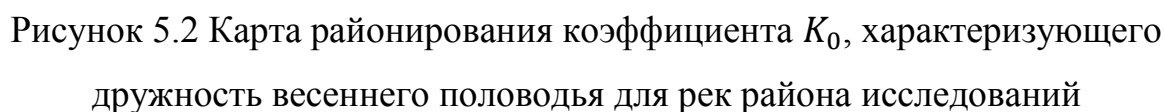
5.2 Расчет коэффициента, характеризующего дружность весеннего половодья (K_0)

Для рек района исследований выполнен расчет коэффициента K_0 , таблица 5.2.

Таблица 5.2 – Расчет коэффициента K_0 для рек района исследований
($n = 0,16$; $F_1 = 1$; $n' = 0,22$, $\beta = 0,7$)

№	Река – створ	F , км ²	$Q_{1\%}$, м ³ /с	$h_{1\%}$, мм	f_{03} , %	$f_{л}$, %	f_{3} аб, %	δ	δ_1	δ_2	K_0
1	р.Уса - ст.Сейда	14100	9218	583	1	0	1	1,00	1,00	1,00	0,0052
2	р.Уса - с.Петрунь	27500	11695	616	1	9	<1	1,00	0,72	1,00	0,0049
3	р.Уса - с.Адзъва	54700	15495	515	1	9	2	1,00	0,72	1,00	0,0044
4	р.Уса - д.Макариха	66900	20509	455	1	10	3	1,00	0,74	1,00	0,0054
5	р.Воркута - пос.Седловая	2330	2744	824	2	<1	<1	0,80	1,00	1,00	0,0062
6	р.Бол.Сыр-Яга – ГМС 12	397	474	627	2	0	<1	0,80	1,00	1,00	0,0062
7	р.Большой Кочмес - пос.Кочмес	981	607	471	<1	70	6	1,00	0,39	0,86	0,0118
8	р.Косью - р.п.Косью	4040	2090	772	<1	54	9	1,00	0,41	0,80	0,0077
9	р.Кожим - р.п.Кожим	4980	3120	606	<1	29	2	1,00	0,47	1,00	0,0086
10	р.Адзъва - д.Харута	8700	4382	433	4	2	5	0,80	1,00	0,88	0,0071
11	р.Хоседа-Ю – пос.Хоседа-Хард	2280	1210	371	4	2	<1	0,80	1,00	1,00	0,0062
12	р.Сыня - свх.Сыня	1320	767	739	<1	65	17	1,00	0,40	0,70	0,0089
13	р.Колва - с.Хорей- Вер	5470	2940	504	7	0	1	0,80	1,00	1,00	0,0053
14	р.Колва - гм.ст.Колва	15000	4368	420	6	5	1	0,80	0,81	1,00	0,0050
15	р.Лая - гм.ст.Мишвань	4650	2773	401	2	4	1	0,80	0,84	1,00	0,0085
16	р.Сула - д.Коткина	8500	2171	324	3	35	1	0,99	0,45	1,00	0,0075
17	руч.Няшеный - д.Коткина	16,1	18,7	366	<1	10	0	1,00	0,74	1,00	0,0068
18	р.Кожва(Ковжа) - пос.Березовка	8720	2784	275	<1	92	7	1,00	0,37	0,84	0,0160
19	р.Чикшина - ст.Чикшино	4360	1361	296	<1	92	4	1,00	0,37	0,90	0,0121
20	р.Исакова - пос.Каджером	1690	489	296	<1	94	5	1,00	0,37	0,88	0,0099
21	р.Рыбница - пос.Талый	183	62,2	263	0	91	7	1,00	0,37	0,84	0,0096
22	р.Нерица - д.Ильинская	1330	480	300	<1	91	6	1,00	0,37	0,86	0,0120
23	р.Пижма - д.Левкинская	2250	613	245	1	91	4	0,97	0,37	0,90	0,0118
24	р.Пижма - д.Боровая	4890	1091	236	1	92	4	0,94	0,37	0,90	0,0118
25	р.Цильма - д.Номбур	9420	3751	361	1	70	17	1,00	0,39	0,70	0,0175
26	р.Цильма - д.Трусово	20900	6523	334	<1	74	14	1,00	0,39	0,73	0,0161
27	р.Ашуга – гм.ст. Борковская	287	133	329	0	90	9	1,00	0,37	0,80	0,0118
Среднее											0,0090

Полученная карта районов сравнивалась с картой, представленной в справочнике «Ресурсы поверхностных вод», рисунок 5.3.



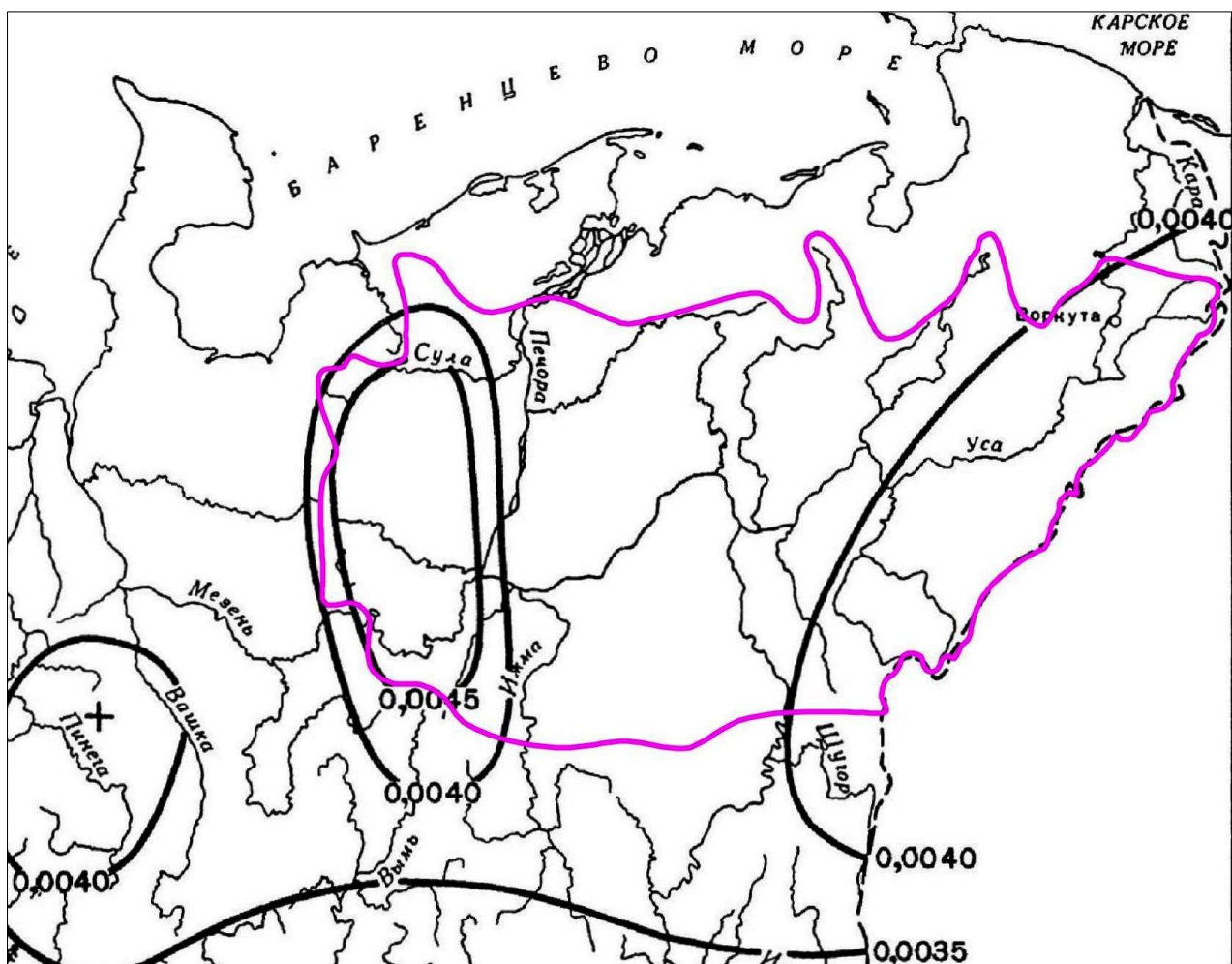


Рисунок 5.3 Значения коэффициента K_0 , характеризующего дружность весеннего половодья, для рек района исследований по данным справочника «Ресурсы поверхностных вод» (фиолетовым цветом выделен район исследований)

Как видно на рисунках 5.2 – 5.3, карты имеют заметные различия. Отличается как система пространственного анализа коэффициента K_0 – в выпускной квалификационной работе районирование, в справочнике «Ресурсы поверхностных вод» – карта изолиний, так и диапазон изменений коэффициента K_0 , который в справочнике «Ресурсы поверхностных вод» приводился уже с учетом зональной залесенности и заболоченности, а в выпускной квалификационной работе для каждого расчетного створа учитывались собственные параметры залесенности, заболоченности и заозерности.

Район исследований был поделен на семь районов по изменению коэффициента K_0 : I – Сула-Лайский (0,008), II – Колва-Воркутинский (0,006),

III – Косма-Кожвинский (0,017), IV – Сыня-Кожимский (0,008), V – Кочмеский (0,012), VI – Пижма-Нерицкий (0,012) и VII – Чикшинский (0,011).

Границы районов выделены с учетом расположения водосборов исследуемых рек, границ физико-географических зон (тундровой и таежной) и характера рельефа.

Учитывая, что в работе использовались данные по действующим гидрологическим постам за более продолжительный период времени (до 2013 г.), чем в справочнике «Ресурсы поверхностных вод», карту, представленную в данной работе, следует считать более надежной.

5.3 Расчет переходных коэффициентов μ от обеспеченности 1% к другим обеспеченностям

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

$$\mu_{P\%} = \frac{q_{P\%} h_{1\%}}{h_{P\%} q_{1\%}} \quad (5.5)$$

Результаты расчетов приведены в таблице 5.3.

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

№	Река – створ	Обеспеченность, $P\%$								
		0,01	0,1	1	3	5	10	25	40	50
1	р.Уса - ст.Сейда	1,17	1,09	1,00	0,95	0,92	0,88	0,82	0,78	0,75
2	р.Уса - с.Петрунь	1,00	1,01	1,00	0,99	0,99	0,98	0,96	0,93	0,92
3	р.Уса - с.Адзьва	1,13	1,07	1,00	0,97	0,95	0,93	0,89	0,87	0,86
4	р.Уса - д.Макариха	1,59	1,26	1,00	0,89	0,85	0,79	0,72	0,69	0,67
5	р.Воркута - пос.Седловая	1,02	1,01	1,00	0,99	0,98	0,97	0,94	0,92	0,90
6	р.Бол.Сыр-Яга – ГМС 12	1,22	1,12	1,00	0,93	0,90	0,84	0,75	0,70	0,66
7	р.Большой Кочмес - пос.Кочмес	1,08	1,05	1,00	0,98	0,96	0,94	0,90	0,87	0,85
8	р.Косью - р.п.Косью	1,10	1,05	1,00	0,97	0,96	0,94	0,93	0,93	0,95

Продолжение таблицы 5.3

№	Река – створ	Обеспеченность, P%								
		0,01	0,1	1	3	5	10	25	40	50
9	р.Кожим - р.п.Кожим	1,14	1,07	1,00	0,97	0,96	0,94	0,92	0,91	0,91
10	р.Адзьва - д.Харута	1,27	1,13	1,00	0,93	0,90	0,86	0,79	0,76	0,73
11	р.Хоседа-Ю – пос.Хоседа-Хард	1,34	1,16	1,00	0,91	0,87	0,82	0,74	0,69	0,66
12	р.Сыня - свх.Сыня	1,15	1,07	1,00	0,96	0,94	0,93	0,91	0,91	0,92
13	р.Колва - с.Хорей-Вер	1,26	1,13	1,00	0,94	0,90	0,85	0,78	0,74	0,71
14	р.Колва - гм.ст.Колва	1,26	1,13	1,00	0,94	0,91	0,88	0,84	0,82	0,80
15	р.Лая - гм.ст.Мишвань	1,45	1,23	1,00	0,90	0,87	0,81	0,73	0,69	0,67
16	р.Сула - д.Коткина	1,42	1,19	1,00	0,92	0,89	0,85	0,80	0,79	0,77
17	руч.Няшенный - д.Коткина	1,44	1,22	1,00	0,88	0,83	0,75	0,64	0,56	0,52
18	р.Кожва(Ковжа) - пос.Березовка	1,63	1,29	1,00	0,88	0,83	0,76	0,67	0,62	0,60
19	р.Чикшина - ст.Чикшино	1,40	1,19	1,00	0,91	0,87	0,81	0,74	0,69	0,67
20	р.Исакова - пос.Каджером	1,14	1,08	1,00	0,96	0,92	0,89	0,82	0,77	0,74
21	р.Рыбница - пос.Талый	1,55	1,25	1,00	0,90	0,86	0,80	0,73	0,70	0,69
22	р.Нерица - д.Ильинская	1,53	1,22	1,00	0,91	0,88	0,84	0,80	0,78	0,78
23	р.Пижма - д.Левкинская	1,56	1,26	1,00	0,91	0,86	0,79	0,72	0,69	0,67
24	р.Пижма - д.Боровая	1,10	1,05	1,00	0,95	0,94	0,91	0,84	0,80	0,78
25	р.Цильма - д.Номбур	1,61	1,27	1,00	0,89	0,84	0,77	0,68	0,64	0,62
26	р.Цильма - д.Трусово	1,25	1,12	1,00	0,93	0,91	0,87	0,81	0,77	0,75
27	р.Ашуга – гм.ст. Борковская	1,30	1,15	1,00	0,93	0,90	0,86	0,80	0,78	0,78
Среднее		1,30	1,14	1,00	0,93	0,90	0,86	0,80	0,77	0,75

Для неизученных рек района исследований следует принимать средние районные значения коэффициентов μ (последняя строка таблицы 5.3).

Полученные значения коэффициентов μ в диапазоне обеспеченностей от 0,1 % до 50 % значительно отличаются от коэффициентов, представленных в приложении 7 СНиП 2.01.14–83(таблица 5.4).

Таблица 5.4 – Значения коэффициента μ по данным СНиП 2.01.14–83

Природная зона	Обеспеченность, P%								
	0,01	0,1	1	3	5	10	25	40	50
Средние значения по району исследований	1,30	1,14	1,00	0,93	0,90	0,86	0,80	0,77	0,75
Тундры и лесная	-	1,02	1,00	0,97	0,96	0,93	0,90	-	0,86

5.4 Исследование пространственной изменчивости характеристик слоя весеннего половодья

Для исследования пространственной изменчивости характеристик слоя весеннего половодья выполнено картирование значений нормы слоя половодья h_0 и коэффициента вариации C_v , рисунки 5.4, 5.5.

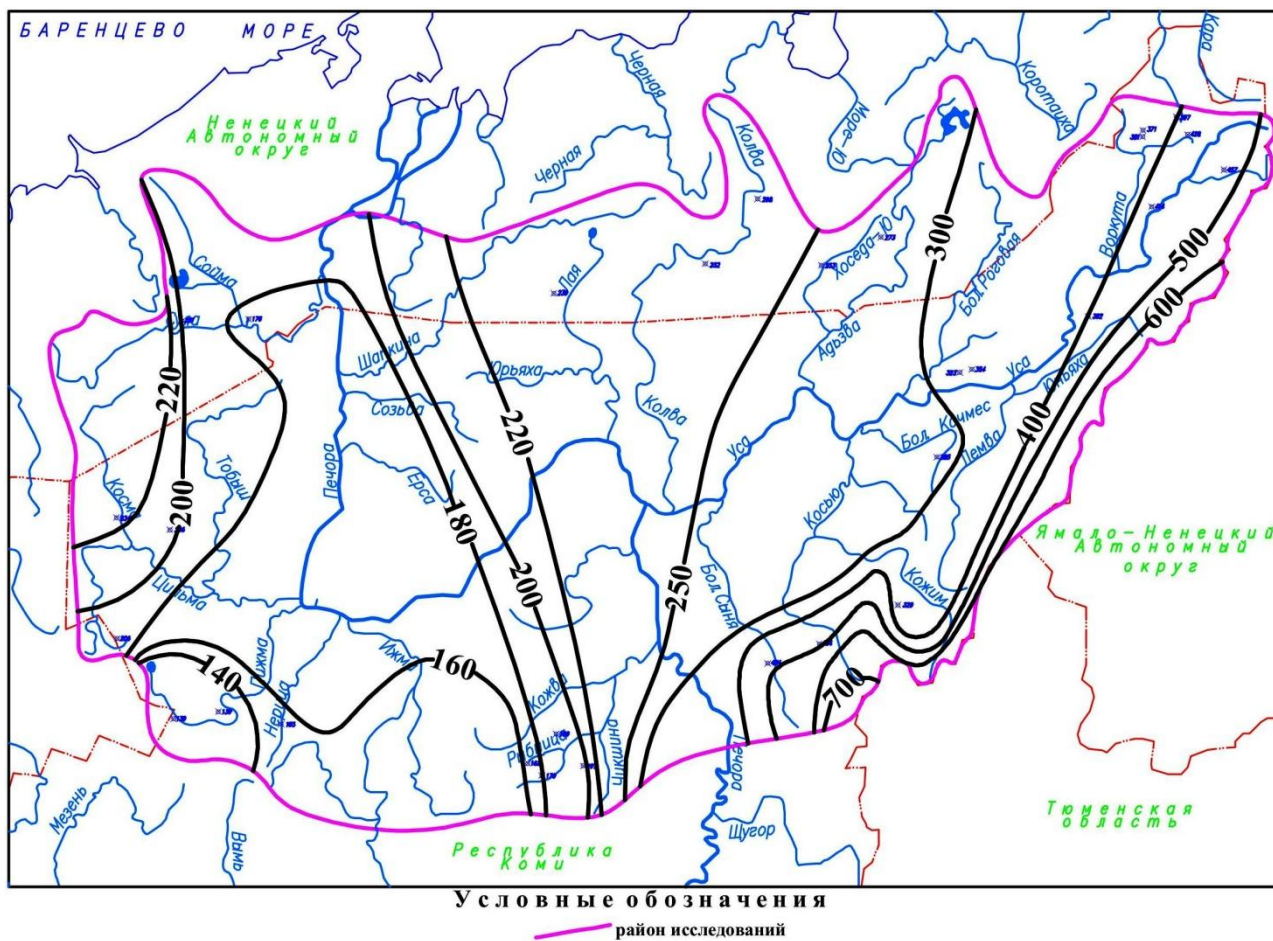


Рисунок 5.4 Карта изолиний среднего многолетнего слоя стока (h_0 , мм) весеннего половодья для рек района исследований

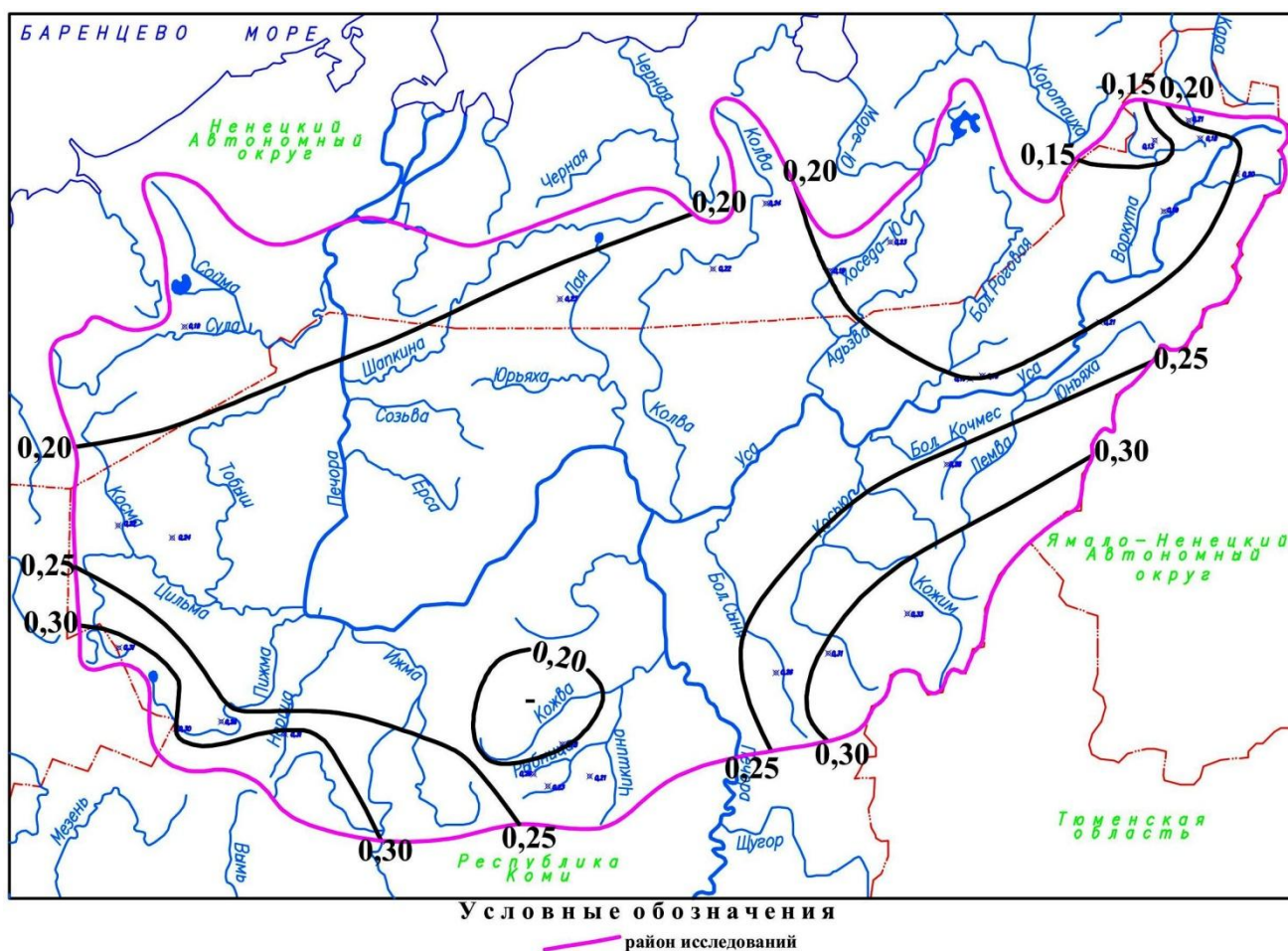


Рисунок 5.5 Карта изолиний коэффициента вариации C_v слоя стока весеннего половодья для рек района исследований

Как видно на рисунке 5.4, значение нормы слоя половодья меняется от 140 мм на юго-западе района исследований до 500 – 700 мм в восточной части района исследований.

Изменение коэффициента вариации по району в целом имеет обратную тенденцию. Наименьшие значения коэффициента вариации наблюдаются на севере – $C_v = 0.15$, наибольшие – на юге ($C_v = 0.25 - 0.30$). И только в горной части для рек Приполярного Урала (юго-восточная часть района исследований) идет увеличение как коэффициента вариации так и среднего многолетнего слоя стока весеннего половодья.

Полученные карты сравнивались с картами, приведенными в справочнике «Ресурсы поверхностных вод» (рисунки 5.6, 5.7).

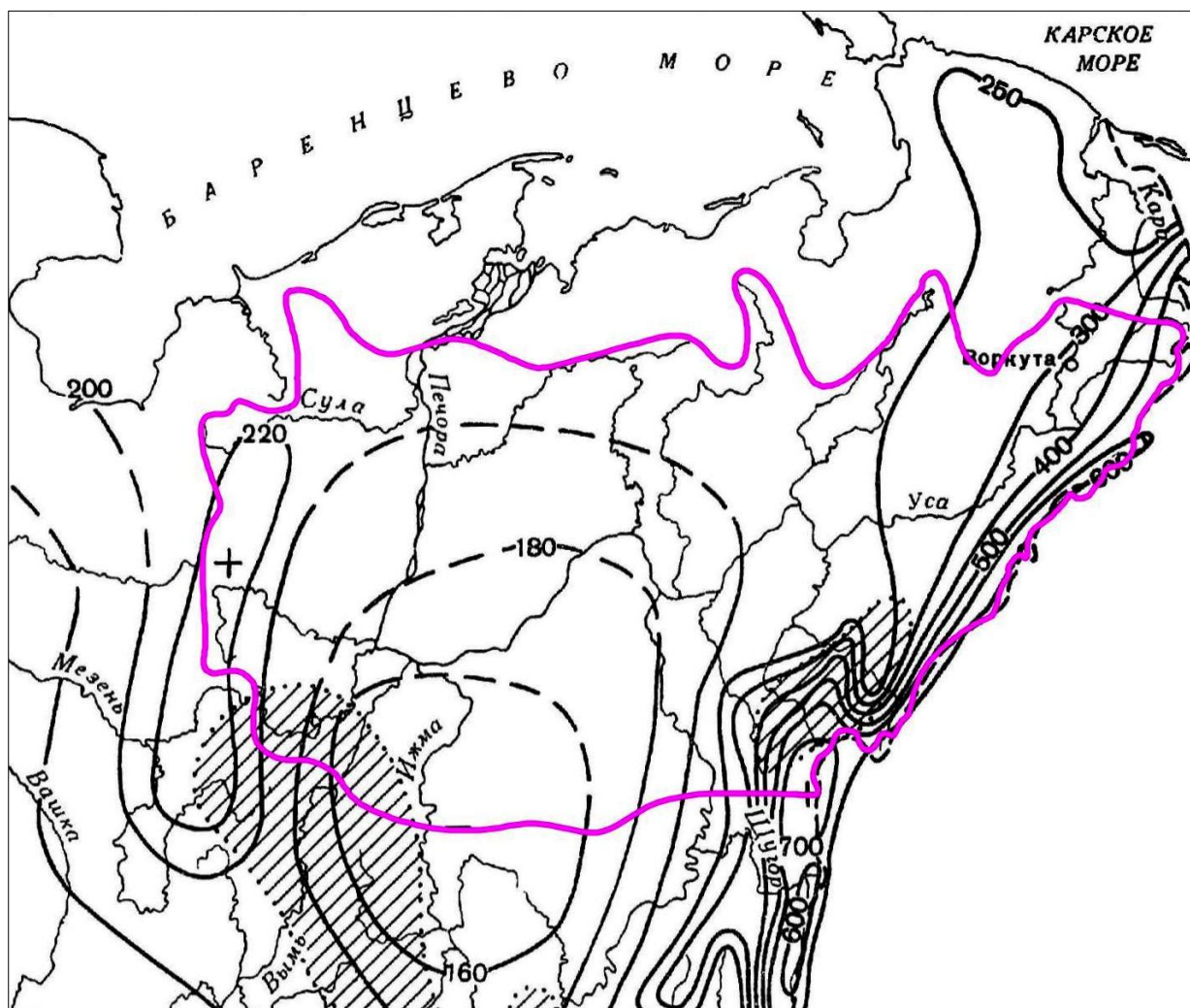


Рисунок 5.6 Карта изолиний среднего многолетнего слоя (h_0 , мм) весеннего половодья, для рек района исследований по данным справочника «Ресурсы поверхностных вод» (фиолетовым цветом выделен район исследований)

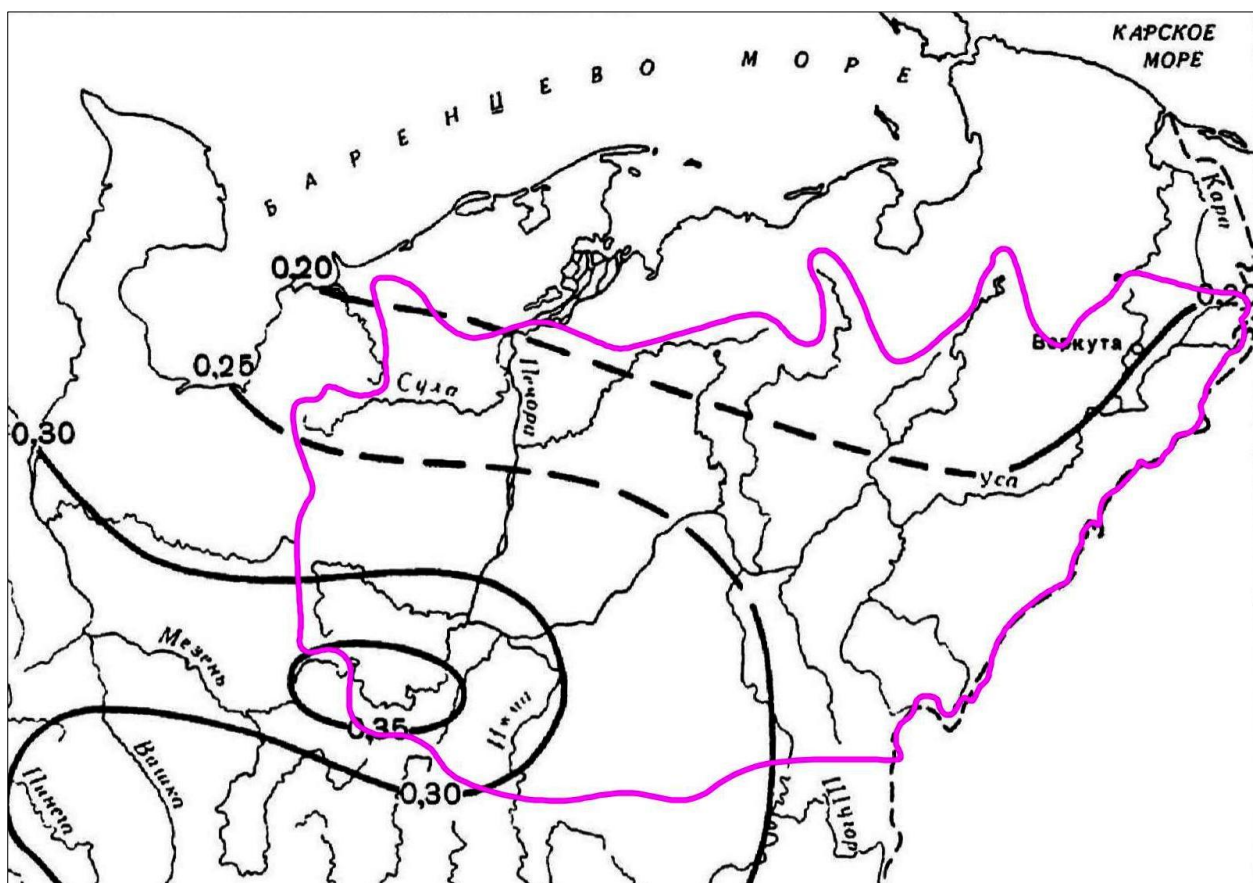


Рисунок 5.7 Карта изолиний коэффициента вариации C_v слоя весеннего половодья для рек района исследований, по данным справочника «Ресурсы поверхностных вод» (фиолетовым цветом выделен район исследований)

Следует отметить относительное сходство карт – просматривается подобие в расположении изолиний нормы слоя половодья и коэффициента вариации.

Однако значения картируемых параметров по результатам выпускной квалификационной работы различаются существенно. Для практических расчетов рекомендуются карты, представленные в настоящей работе, так как значения нормы слоя половодья и коэффициента вариации рассчитаны с использованием более продолжительных рядов наблюдений (до 2013 г.).

Выборочная проверка по 4 пунктам (таблица 5.5), показала что, при расчетах стока весеннего половодья неизученных рек, можно пользоваться представленными картами и коэффициентами. Ошибка определения максималь-

ных расходов по редуccionной формуле в диапазоне обеспеченностей $P=0,01\%-10\%$ не превышает 30%.

Таблица 5.5 – Относительная ошибка расчета по редуccionной формуле, $\varepsilon \%$

	Обеспеченность, $P\%$								
	0,01	0,1	1	3	5	10	25	40	50
$\varepsilon \%$	р.Сыня - свх.Сыня								
	5,02	3,28	11,5	16,1	17,8	20,6	25,8	30,1	32,5
$\varepsilon \%$	р.Сула - д.Коткина								
	6,81	4,54	2,89	2,08	3,59	3,96	4,89	5,80	7,42
$\varepsilon \%$	р.Рыбница - пос.Талый								
	2,76	9,99	18,0	22,1	23,3	25,6	29,1	30,5	30,3
$\varepsilon \%$	р.Ашуга – гм.ст. Борковская								
	22,0	13,6	6,52	2,03	0,10	2,18	7,6	11,0	12,9
Среднее	9,15	7,84	9,75	10,6	11,2	13,1	16,9	19,4	20,8

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По данным проведенных исследований в выпускной квалификационной работе были получены следующие результаты:

Выполнен сбор и анализ исходной информации – данных по максимальным расходам воды и слоям стока весеннего половодья для рек района исследований. Из общего числа данных отобраны 33 гидрологических поста, из них 17 действующих и 16 закрытых. Действующие посты отвечают следующим требованиям: продолжительность наблюдений не менее 25 лет, площадь водосбора не более 100000 км², отсутствие значимых антропогенных изменений. Для закрытых постов основным требованием было – продолжительность периода наблюдений не менее 6 лет.

Для постов с недостаточными периодами наблюдений расчетные характеристики максимального стока приводились к многолетнему периоду методом аналогии.

Для выбранных постов выполнена оценка однородности и стационарности рядов максимального весеннего стока. Процент опровержения гипотезы об однородности существенно не превышает принятый уровень значимости. Анализ неоднородных рядов максимальных расходов, показал наличие тренда на повышение, которое связано с наличием трендов в рядах годовых сумм осадков, то есть с естественно-природными колебаниями климата.

Была выполнена оценка основных статистических характеристик и их погрешностей. Продолжительность периода наблюдений при расчетах максимального стока считалось достаточной, если относительная погрешность для среднего значения ряда не превышала 10%, а для коэффициента вариации (C_v) – 15%.

Учитывая большую погрешность коэффициента асимметрии, в качестве расчетного значения отношения (C_s/C_v) принято его эмпирическое значение (C_s/C_v)* с округлением до 0,5 в большую сторону.

С использованием полученных статистических параметров были построены эмпирические и аналитические кривые обеспеченностей и рассчитаны максимальные расходы воды и стоки весеннего половодья различной обеспеченности. В качестве аналитической кривой во всех случаях использовалась кривая обеспеченностей Крицкого-Менкеля, расчет выполнялся методом моментов.

По постам с генетической неоднородностью рядов наблюдений, для диапазона обеспеченностей от 0,01% до 50% были построены аналитические кривые Γ -распределения с использованием уточняющих статистических параметров.

С использованием полученных данных проведено уточнение значения районного показателя редукции для рек района исследований. По результатам расчетов показатель редукции составил $n = 0,16$.

Выполнен расчет и районирование коэффициента K_0 , характеризующего дружность весеннего половодья. Коэффициент K_0 по району исследований колеблется в пределах 0,0044 – 0,0175, среднее значение K_0 для района исследований составило 0,009.

Полученные значения коэффициентов μ в диапазоне обеспеченностей от 0,1 % до 50 % значительно отличаются от коэффициентов, представленных в приложении 7 СНиП 2.01.14–83.

Проанализирована пространственная изменчивость характеристик нормы стока весеннего половодья h_0 и коэффициента вариации C_v стока весеннего половодья для района исследований, выполнено картирование данных характеристик. В сравнении со справочником «Ресурсы поверхностных вод» отмечено относительное сходство карт. Однако значения картируемых параметров по результатам выпускной квалификационной работы различаются существенно.

Так же при расчете максимальных расходов воды весеннего половодья при отсутствии данных гидрометрических наблюдений, отношение C_s/C_v для

слоя стока весеннего половодья рекомендуется принимать как среднее по данным ближайших 2-3 рек-аналогов.

Таким образом, разработана региональная методика для расчета максимальных расходов воды весеннего половодья для случая отсутствия данных наблюдений в створе проектирования. Учитывая, что выпускная квалификационная работа выполнена в соответствии с действующей нормативно-технической документацией, полученные данные можно использовать для дальнейших расчетов при проектировании различных объектов в районе исследований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алисов Б.П. Климат СССР. – М.: Изд-во МГУ, 1956. – 125 с.
2. Атлас почв Республики Коми. Под ред. Г.В. Добровольского, А.И. Таскаева, И.В. Забоевой. – Сыктывкар: ООО «Коми республиканская типография», 2010. – 356 с.
3. Атлас Республики Коми. – М.: Феория, 2011. – 448 с.
4. Атлас Республики Коми по климату и гидрологии. Под ред. А.И.Таскаева. – М.: ДиК, Дрофа, 1997. – 116 с.
5. Владимиров А.М. Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 365 с.
6. ГОСТ 17.1.1.02-77*. Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов. – М.: Госстандарт СССР, 1978.
7. Государственный водный кадастр. Гидрологическая изученность. Том 3. Северный край. – Л.: Гидрометеиздат, 1965.
8. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Часть 1. Реки и каналы. Том 1. РСФСР. Выпуск 9. Бассейн Печоры. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 150 с.
9. Государственный водный кадастр. Основные гидрологические характеристики (с начала наблюдений по 1962 г. включительно). Том 3. Северный край. – Л.: Гидрометеиздат, 1966.
10. Государственный водный кадастр. Основные гидрологические характеристики (за 1963-1970 гг. и весь период наблюдений). Том 3. Северный край. – Л.: Гидрометеиздат, 1974.
11. Государственный водный кадастр. Основные гидрологические характеристики (за 1971-1975 гг. и весь период наблюдений). Том 3. Северный край. – Л.: Гидрометеиздат, 1979.
12. Каталог заторных и зажорных участков рек СССР. Том I. – Л.: Гидрометеиздат, 1976.
13. Клименко Д.Е. Максимальный сток рек Свердловской области: монография. Д.Е. Клименко, Е.П. Корепанов. – Пермь: ООО «Раритет-Пермь», 2014. – 180 с.
14. Лучшева А.А. Практическая гидрология. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 440 с.

15. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометрических наблюдений. – Нижний Новгород: Вектор-ТиС, 2007. – 134 с.
16. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при недостаточности данных гидрометрических наблюдений. – СПб.: Ротапринт ГНЦ ААНИИ, 2007. – 67 с.
17. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений. – СПб.: «Нестор-История», 2009. – 193 с.
18. Методические указания по дисциплине «Гидрологические расчеты». Часть I. – СПб.: изд. РГГМУ, 2012. – 52 с.
19. Методические указания по дисциплине «Гидрологические расчеты». Часть II. – СПб.: изд. РГГМУ, 2012. – 33 с.
20. Методические указания по дисциплине «Методы статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений». – СПб.: изд. РГГМУ, 2012. – 40 с.
21. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Выпуск 1. Архангельская и Вологодская области, Коми АССР. Книга 1. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 484 с. Книга 2. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 344 с.
22. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 444 с.
23. Производительные силы Коми АССР. Т. II. Гидрология. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 376 с.
24. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 3. Северный край. – Л.: Гидрометеиздат, 1972.
25. Руководство по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1973.
26. Свод правил по проектированию и строительству. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М.: Госстрой России, 2004. – 74 с.
27. Свод правил. СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. – М.: Госстрой России, 2013. – 110 с.
28. Свод правил. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. – М.: Минрегион России, 2012. – 116 с.

29. Свод правил по инженерным изысканиям для строительства. СП 11-103-97. Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства. – М.: Госстрой России, 1997. – 36 с.
30. Свод правил. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. – М.: Минрегион России, 2011. – 80 с.
31. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. – СПб.: изд. РГГМУ, 2007. – 279 с.
32. Строительная климатология. ТСН 23-011-2007. Республика Коми. – С.: Минархстрой РК, 2007. – 27 с.