



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

Кафедра водно-технических изысканий

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему Колебания стока средних рек
Кольского полуострова в условиях
изменения климата

Исполнитель Каминская Екатерина Максимовна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель кандидат физико-математических наук
(ученая степень, ученое звание)

Саноцкая Надежда Александровна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

кандидат географических наук
(ученая степень, ученое звание)

Исаев Дмитрий Игоревич
(фамилия, имя, отчество)

«12» 06 2023 г.

Санкт-Петербург
2023

СОДЕРЖАНИЕ

| | Стр. |
|---|------|
| Введение | 3 |
| 1 Физико-географическое описание района | 5 |
| 1.1 Географическое строение и рельеф | 6 |
| 1.2 Почвенный покров | 9 |
| 1.3 Растительный покров | 9 |
| 1.4 Гидрометеорологическая изученность | 11 |
| 2 Климат | 15 |
| 2.1 Температура воздуха | 15 |
| 2.2 Радиационный режим | 17 |
| 2.3 Осадки | 18 |
| 2.4 Снежный покров | 21 |
| 2.5 Промерзание почвы | 22 |
| 2.6 Влажность воздуха | 22 |
| 2.7 Ветер | 23 |
| 3 Среднегодовой сток | 24 |
| 4 Максимальный и минимальный сток | 39 |
| Заключение | 62 |
| Список использованных источников | 63 |

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Целью выпускной квалификационной работы является исследование колебаний стока средних рек Кольского полуострова в условиях изменения климата.

Актуальность данной работы заключается в том, что развитие Мурманской области идет быстрыми темпами, и на данный момент планируется определить территорию области как стратегический центр Арктической зоны Российской Федерации.

Основные задачи:

- Дать краткую физико-географическую характеристику района исследований;
- Изучить климатическую характеристику района;
- Проанализировать ряды средних, максимальных и минимальных расходов воды по 5 гидрологическим постам;
- Оценить зависимость изменения стока на постах от изменения температуры на территории Кольского полуострова.

Работа состоит из 4 глав, введения и заключения.

Первая глава содержит описание физико-географических характеристик района исследований, включающая географическое строение и рельеф, почвенный покров, растительный покров, а также гидрометеорологическую изученность региона.

Во второй главе представлена климатическая характеристика региона: температура воздуха, радиационный режим, осадки, снежный покров, промерзание почвы, влажность воздуха, ветер. Сделана зависимость температуры воды, проведена линия тренда.

В третьей главе проведены предварительный анализ исходных данных, проверки на случайность и однородность для рядов среднегодового стока.

В четвертой главе проведены предварительный анализ исходных данных, проверки на случайность и однородность для рядов максимального и минимального стока.

В заключении представлены результаты проделанной работы.

Бакалаврская работа содержит 38 рисунков, 7 таблиц, 5 приложений и список использованных источников из 9 пунктов. Общий объем работы – 63 страницы.

1 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ РАЙОНА

Мурманская область расположена на крайнем северо-западе России. Она занимает весь Кольский полуостров и прилегающую к нему часть материка. С севера, востока и юга полуостров омывается Баренцевым и Белым морями. На западе проходит граница с Финляндией и Норвегией, а на юге граничит с Республикой Карелия и с Архангельской областью через Белое море.



Рисунок 1 – Кольский полуостров на карте

Территория простирается с северо-запада на юго-восток примерно на 600 км, с севера на юг – примерно на 300 км. Общая площадь территории составляет 130 000 км², большая часть которой расположена за Северным полярным кругом.

1.1 Геологическое строение и рельеф

Территория Мурманской области занимает северо-восточную часть Балтийского (Фенноскандинавского) кристаллического щита, который сложен породами кристаллического фундамента и рыхлыми четвертичными отложениями. Дочетвертичные породы, расположенные здесь, относятся к образованиям архейского, протерозойского и палеозойского возрастов. Данные породы представлены метаморфическими и эффузивными комплексами. Наибольшее площадное распространение имеют архейские гранитно-гнейсовые породы, слагающие ядра антиклиналей.

На территории Кольского острова проходили тектонические процессы, о чем свидетельствуют остатки хребтов, поднятые в виде горстов. Данные процессы сопровождались образованием разломов, трещин, разрывов, сбросов. Разломы и трещины указывают на тектонические линии, к местам пересечения которых приурочены наиболее пониженные участки суши, заполненные озерами.

Четвертичные отложения представлены верхнечетвертичными ледниковыми образованиями: основной мореной, песчаными водно-ледниковыми отложениями, торфяниками, крупнообломочными элювиальными и делювиальными образованиями горных районов, песчано-глинистыми моренами и озерными отложениями. Наиболее распространены валунные пески и супеси основной морены.

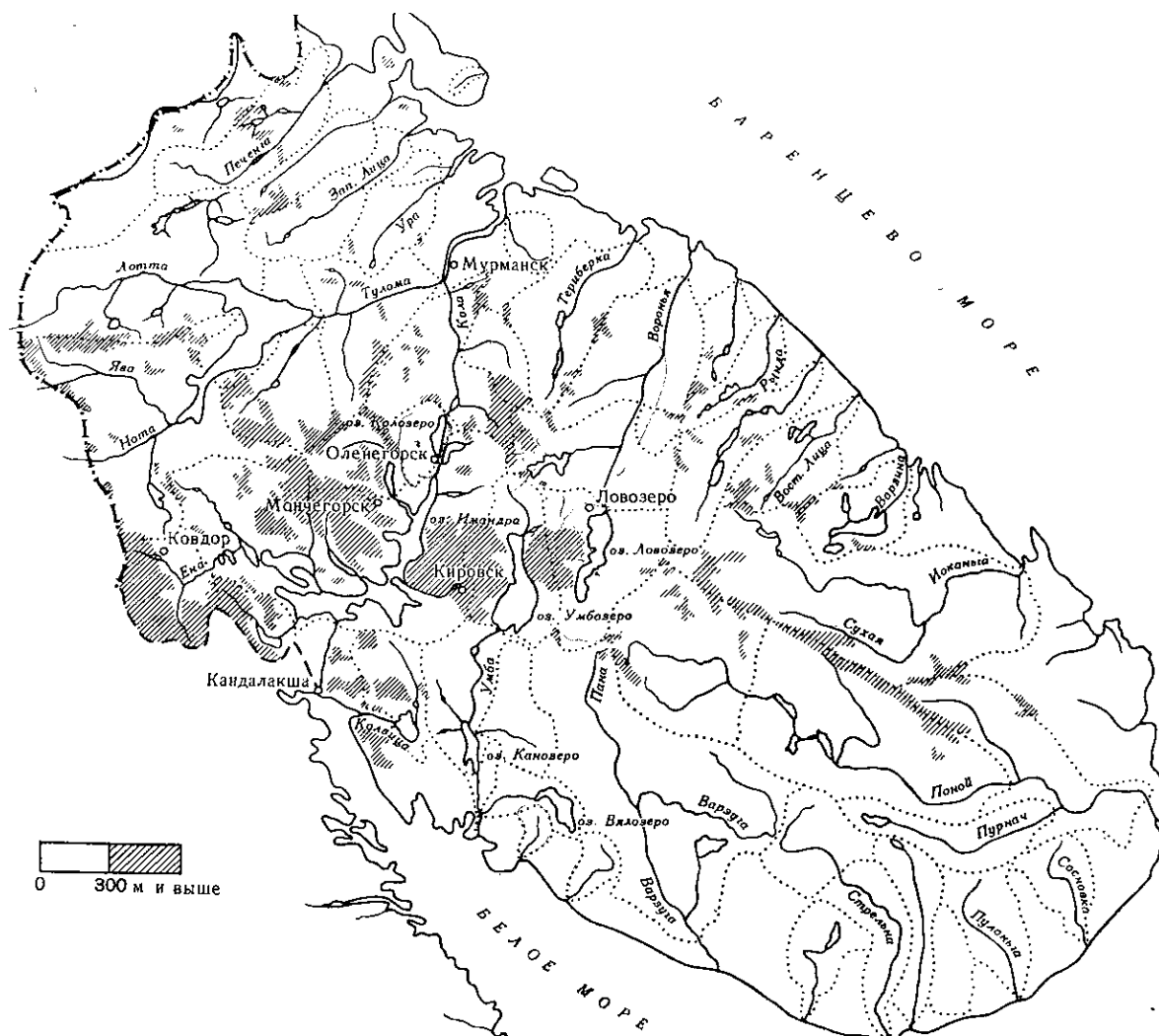


Рисунок 2 – Гипсометрическая карта Кольского полуострова

В формировании современного рельефа района выделяют два периода: доледниковый и ледниковый. В течение ледникового периода были созданы основные формы поверхности кристаллических пород, котловины крупных озер, а также значимые возвышенности. Многократное оледенение территории в ледниковый период частично сгладило резкие выступы, однако не изменило доледниковый рельеф.

Помимо тектонических и аккумулятивных процессов, важную роль в процессе образования рельефа играют процессы выветривания. В результате данных процессов поверхностный слой горных пород покрывается трещинами и переходит в состояние россыпи крупных глыб. Такими глыбистыми россыпями сложено плато Монче-тундры.

Рельеф Мурманской области представляет собой холмистую равнину с абсолютными отметками до 200 – 350 м. Средняя высота поверхности области

составляет 232 м над уровнем моря, причем около 75% ее территории находится ниже уровня средней высоты.

Гряды наиболее высоких возвышенностей наблюдаются в центре полуострова. Самая высокая вершина – г. Юдычвуморр в Хибинах, достигает 1200 м. Хребты чередуются с глубокими впадинами, представляющими собой большей частью грабены, в которых расположены такие озера, как Имандра, Нот-озеро и др.

На крайнем юго-западе области, а также в ее северной части расположены Хибины. Горные массивы Подас, Корва, Сальные, Монче-, Чуна- и Волчья тундры, Хибинские и Ловозерские тундры протягиваются один за другим от государственной границы до центра самой Мурманской области [4].

Рельеф наиболее расчленен в районе северного побережья полуострова. Он представляет собой повышенную к югу равнину с высотами 200 – 300 м, которая резко обрывается к морскому побережью.

Береговая линия изрезана фьордообразными заливами. В западной части равнинный рельеф расчленен впадинами и глубокими долинами. К востоку расчлененность уменьшается. С юга местность ограничена грядой возвышенностей высотой 400 – 500 м, которая к востоку переходит в широкое плато с высотой 250 – 500 м.

Рельефы полуостровов Рыбачий, Средний, а также острова Кильдин отличаются от рельефа большей части Кольского полуострова. Они представляют собой выровненные, с отдельными вершинами плато, местами в виде отвесных скал, обрывающихся в море.

1.2 Почвенный покров

На территории Кольского полуострова распространены четыре типа почв: тундровые, подзолистые, болотные, дерновые, а также производные от них: подзолисто-болотные, дерново-подзолистые.

Тундровые почвы можно наблюдать в зоне тундр, а также на горных вершинах и склонах. Почвы данного типа относятся к начальной стадии почвообразовательных процессов и представлены примитивными горно-тундровыми почвами, которые развиваются почти исключительно на обломках коренных пород.

Наибольшее распространение на Кольском полуострове получили подзолистые почвы, к которым относится большая часть территории. Они развиваются на любых породах в зоне тайги, тундровой зоне и в подзоне лесотундры.

Болотные почвы распространены на очень больших территориях, образуя массивы площадью в несколько сотен квадратных километров. Большая часть болотных почв характеризуется слаборазложившимся кислым торфом.

Небольшие площади территории полуострова заняты дерновыми почвами естественного происхождения, связанными с особенностями речных отложений, богатых питательными веществами.

1.3 Растительный покров

В связи с тем, что Мурманская область расположена на Крайнем Севере, ее экосистемы достаточно бедны на экологическое разнообразие. На территории выделяются две геоботанические зоны: тундровая и таежная.

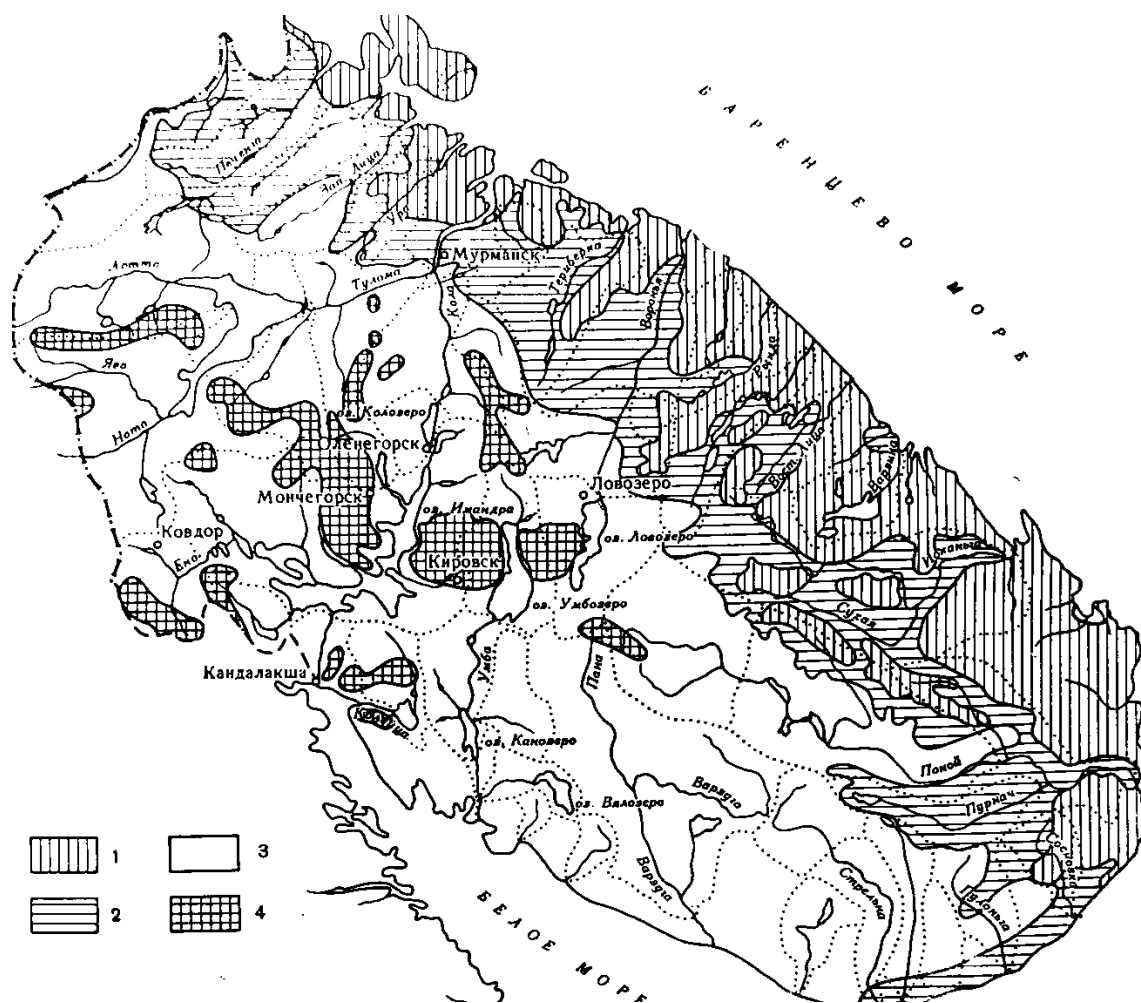


Рисунок 3 – Геоботанические районы Кольского полуострова
(1 – тундра; 2 – лесотундра; 3 – тайга; 4 – горная тундра)

Таежная зона, включая лесотундру, занимает около 80% всей площади, из которых около 23% составляют леса, а остальная часть представлена редколесьями, болотами, горными тундрами. Леса данной зоны состоят из ели, сосны, березы. Ель сосредоточена главным образом на востоке, в то время как сосна – на западе и юге территории.

Лесотундра характеризуется совместным сосуществованием лесных березовых островков и тундр. Подлесок представлен можжевельником и лишайником. Среди кустарничков преобладает вороника.

Тундры занимают приблизительно 20% территории и представлены двумя ландшафтными районами: равнинными и горными тундрами. Тундровая зона расположена вдоль северного и северо-восточного побережий полуострова полосой в 20 – 30 км.

Побережье Баренцева моря на 20 – 40% занято кустарничковыми тундрами, остальное пространство представляет собой каменные россыпи и выходы скал. При продвижении от берега вглубь Кольского полуострова выходы горных коренных пород и каменные россыпи сменяются на кустарничковые тундры, а затем на лишайниковые тундры с карликовыми березами. На заболоченных местах развивается осоково-пушицевая растительность.

Основу тундровых кустарничков составляет вороника, альпийская толокнянка, брусника и ерник, а также мхи и лишайники, покрывающие около 25% поверхности. В тундровой зоне распространены бугристые болота, на которых, главным образом, растут кустарничковые растения: морошка, вороника, ерник.

Болотами занято около 20% всей площади Кольского полуострова. Они неравномерно распределены по всей территории: на западной гористой части их меньше, в то время как на юго-востоке они занимают около 40% территории. Растительность болот представлена мхом, осокой, хвощами, пушицей, вороникой, багульником, морошкой, брусникой, голубикой. Большое распространение имеют болота, заросшие сосной и березой.

Луговая растительность занимает очень малые площади. Луга встречаются лишь в долинах крупных рек.

1.4 Гидрометеорологическая изученность

Мурманская область обладает густой и разветвленной речной сетью. Реки принадлежат бассейну Белого и Баренцева морей. Водораздел двух бассейнов проходит от государственной границы с Финляндией на западе к горлу Белового моря через Сальные, Хибинские, Ловозерские тундры и горную гряду Кейвы на востоке. Занимая срединное положение, водораздел обуславливает небольшую длину стекающих с него рек, сбросовый характер их продольных профилей и небольшие площади водосборов.

Большинство рек Кольского полуострова обладают узкими, слаборазвитыми, врезанными в твердые кристаллические породы долинами. Они имеют резкие изгибы, чередующиеся с плесами. Отличительной особенностью рек является их порожистость, что обуславливает их богатство гидроэнергетическими ресурсами. Большинство рек протекают через озера и служат регуляторами водного стока, поэтому их можно рассматривать как озерно-речные системы. Данные системы представлены чередующимися озерами и короткими порожистыми и бурными протоками.

Наиболее развитые речные поймы можно заметить на реках равнины центральной части Мурманской области, в частности, в верхнем и среднем течениях рек Поной и Варзуги. Реки на остальной территории характеризуются односторонней, прерывистой поймой.

Реки, прорезая на своём пути твёрдые горные породы, изобилуют порогами и перекатами. Продольные профили крупных рек, впадающих в моря, характеризуются спокойным начертанием в нижнем и среднем течении и крутым падением в низовьях; профили малых рек имеют ступенчатый характер. Плесовые участки, часто переходящие в проточные озёра, имеют большую ширину и глубину, скорость течения здесь в межень порядка 0,1-0,15 м/с и менее; порожистые участки мелководные, как правило, неширокие, со скоростями течения 2-3 м/с, а иногда и более.

В зависимости от рельефа и других географических особенностей, реки Кольского полуострова подразделяются на три типа: полуравнинные, озерного типа и горные.

Полуравнинные реки протекают по плоским, слаборасчленённым равнинным участкам. К данному типу рек можно отнести такие реки, как Поной, Стрельну, Варзугу.

Реки озерного типа получили наибольшее распространение. Озерные реки собирают воду с озера, образуя перепады, пороги, водопады. Характерной особенностью данных рек является высокая водность. К этому типу рек относятся реки-каналы, отличающиеся малой протяженностью и практически полным отсутствием боковым притоков, вследствие чего они сбрасывают воды крупных озера и водохранилищ. Руслу таких рек располагаются на высоких скалистых берегах. К рекам – каналам относятся Варзина, Колвица, Нива,

Перенга и Толва. К рекам озерного типа относятся такие реки, как Ура, Харловка, Восточная Лица, Чаваньга, Умба и Кола.

Горные реки представлены малыми водотоками, стекающими с возвышенностей. Они характеризуются небольшими, но стремительными потоками, которые бегут в узких скалистых долинах с многочисленными порогами и водопадами. К рекам данного типа относится р. Малая Белая, которая стекает по западному склону Хибин и впадает в озеро Имандра.

Реки рассматриваемых районов имеют смешанное, преимущественно снеговое питание, поэтому в годовом ходе стока наиболее ярко выражено весеннее половодье вследствие снеготаяния. На реках, имеющих значительный процент озерности водосборов, снеговое половодье аккумулируется и этим обеспечивается высокая водность межени.

Осенний подъем уровня воды от дождей на всей территории проходит практически одновременно, объединяясь затем на шугоносных реках с подъемом от заторов льда и зажоров.

В отдельные годы высота уровня воды при подпорах от заторов и зажоров превышает высоту уровня весенних половодий.

В зимний период питание рек осуществляется за счет грунтовых вод, а также сработки озер, расположенных на водосборах, что обеспечивает постепенное снижение уровня воды в реках до конца зимней межени. Ход уровня воды в начале зимы искажается заторами и зажорами. На отдельных участках шугоносных рек вследствие образования шуговых плотин уровни воды в течение всех зимы находятся в подпоре, и лишь в начале весны, после рассасывания шуги, уровни резко падают до величин, характеризующих величину иссякания стока. Для этих участков рек характерен последующий рост уровня воды за счет снеготаяния.

Весеннее половодье от снеготаяния зависит от характера озерности величин рек. Если на крупных зарегулированных озерами реках подъем уровня воды продолжается 10-20 дней, а спад растянут до 2-2,5, то на их притоках и мелких реках подъем уровня продолжается 7-12 дней, а спад имеет два хорошо

выраженных периода: более крутой в начале (10-20 дней) и растянутый в последующие 30 – 45 дней.

Летняя межень на крупных реках совершенно не выражена и представляет собой постепенный спад уровней весеннего половодья, переходящий затем в подъем от осенних дождей.

На притоках крупных рек и на малых реках с незначительной озерностью летняя межень, продолжительностью 2-3 месяца, носит характер медленного спада, нарушаемого дождевыми паводками.

2 КЛИМАТ

Климат Кольского полуострова смягчается под влиянием запасов тепла, приносимых северной ветвью Гольфстрима. Благодаря этому Баренцево море, расположенное у г. Мурманск, не замерзает, а температура воздуха зимой (январь, февраль) на побережье близка к соответствующим значениям в районах, расположенных на 10° южнее. Температуры воздуха на южном побережье полуострова ниже, так как Белое море зимой покрывается льдом.

Поскольку климатические условия связаны с рельефом, а также в значительной степени зависят от высоты местности над уровнем моря, в горных районах наблюдается их зональность, а именно: падение температуры воздуха, увеличение количества осадков, силы ветра и продолжительности залегания снежного покрова с возрастанием высоты местности.

Преобладание поступления в рассматриваемый район воздушных масс атлантического и арктического происхождения и интенсивная циклоническая деятельность над Норвежским и Баренцевым морями, особенно сильная в холодное время года, вместе с другими климатообразующими факторами обуславливают на Кольском полуострове относительно тёплую зиму и прохладное лето.

Характерной особенностью погоды является её неустойчивость и резкая изменчивость, вызываемая частой сменой воздушных масс и перемещением циклонов и фронтов.

2.1 Температура воздуха

Средняя годовая температура воздуха на территории Мурманской области изменяется от +1°C на побережьях Баренцева и Белого морей до -4°C в горных районах, а также в районах, удаленных от побережий.

Самыми холодными месяцами являются январь и февраль. Их средняя температура изменяется от -7°C до -9°C на побережье Баренцева моря и от -10°C до -14°C в остальной части полуострова.

Таблица 1 – Средние месячные температуры воздуха ($^{\circ}\text{C}$) за период с 1950 по 2020 г. по станции г. Мурманск

| месяц | | | | | | | | | | | | средняя |
|--------|---------|------|--------|-----|------|------|--------|----------|---------|--------|---------|---------|
| январь | февраль | март | апрель | май | июнь | июль | август | сентябрь | октябрь | ноябрь | декабрь | |
| -10,4 | -10,2 | -5,9 | -1 | 4 | 9,4 | 12,9 | 11,3 | 7 | 1,2 | -4,5 | -8 | 0,5 |

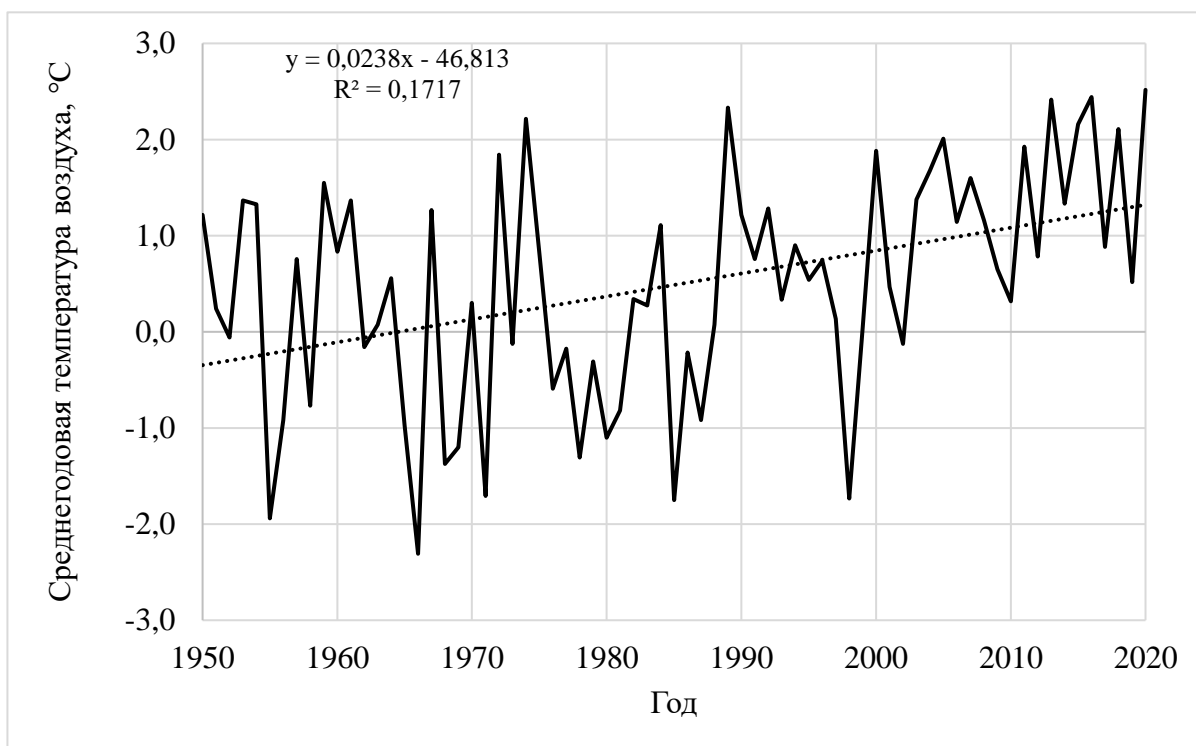


Рисунок 4 – График среднегодового хода температуры воздуха по станции Мурманск

Годовые абсолютные минимумы температуры приходятся на февраль и достигают -36°C на побережье Баренцева моря и -50°C в удаленных от побережья районах. Годовые максимумы температуры приходятся на июль и достигают $+33^{\circ}\text{C}$.

Таблица 2 – Абсолютные минимумы и максимумы температуры воздуха по метеостанции г. Мурманск [6]

| Месяц | Абсолют, минимум | Средний минимум | Средняя | Средний максимум | Абсолют, максимум |
|----------|------------------|-----------------|---------|------------------|-------------------|
| январь | -39,4 (1985) | -12,7 | -9,6 | -6,5 | 7,0 (1949) |
| февраль | -38,6 (1966) | -12,3 | -9,3 | -6,4 | 6,6 (2004) |
| март | -32,6 (1966) | -8,2 | -5,1 | -1,9 | 9,0 (1948) |
| апрель | -24,0 (1929) | -3,3 | -0,3 | 2,9 | 17,6 (2016) |
| май | -10,3 (1978) | 1,5 | 4,6 | 8,4 | 29,4 (2013) |
| июнь | -2,8 (1927) | 5,9 | 9,4 | 13,8 | 30,8 (1939) |
| июль | 1,7 (1986) | 9,6 | 13,2 | 17,7 | 32,9 (1972) |
| август | -2,0 (1984) | 8,3 | 11,5 | 15,3 | 30,2 (2018) |
| сентябрь | -10,1 (1928) | 5,1 | 7,6 | 10,7 | 24,2 (1938) |
| октябрь | -21,2 (1968) | -0,3 | 1,6 | 3,6 | 15,0 (2005) |
| ноябрь | -32,2 (1925) | -6,2 | -4 | -1,8 | 9,6 (1975) |
| декабрь | -34,9 (1995) | -9,6 | -6,8 | -4,1 | 7,2 (1997) |
| год | -39,4 (1985) | | | | 32,9 (1972) |

Начало весны, характеризуемое переходом температуры через 0°C, приходится на третью декаду апреля, но на фоне общего потепления в течение весны часто наблюдаются возвраты холодов, иногда с выпадением снега.

Таблица 3 – Даты перехода средних суточных температур воздуха через -5°C, 0°C и 5°C [6]

| Станция | Весна | | | Осень | | |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | -5°C | 0°C | 5°C | -5°C | 0°C | 5°C |
| Кола | 31.мар | 23.апр | 27.май | 24.сен | 17.окт | 14.сен |
| Канозеро | 06.апр | 25.апр | 27.май | 23.сен | 16.окт | 09.сен |
| Ена | 05.апр | 26.апр | 24.май | 21.сен | 13.окт | 08.сен |
| Юкспор | 26.апр | 01.апр | 01.июн | 02.сен | 20.сен | 23.окт |

2.2 Радиационный режим

Годовой приход суммарной радиации на территории Кольского полуострова колеблется от 55-60 ккал/см² в северной и до 75 ккал/см² в южной части. При этом под влиянием переноса воздушных масс с Баренцева моря западная часть полуострова получает несколько больше солнечного тепла, чем восточная. В центральной части территории по сравнению с западной и восточной ее частями наблюдаются повышенные величины радиации.

В сумме за год деятельной поверхностью отражается от 25 до 35% поступающей солнечной радиации. Примерно в таком же процентном соотношении изменяется и эффективное излучение. Таким образом, на долю радиационного баланса на большей части территории приходится 35-40% суммарной радиации. В абсолютных величинах радиационный баланс составляет 20-30 ккал/см², увеличиваясь с севера на юг.

2.3 Осадки

Территория Кольского полуострова относится к зоне избыточного увлажнения. Годовое количество осадков для большей части территории составляет около 600 мм.

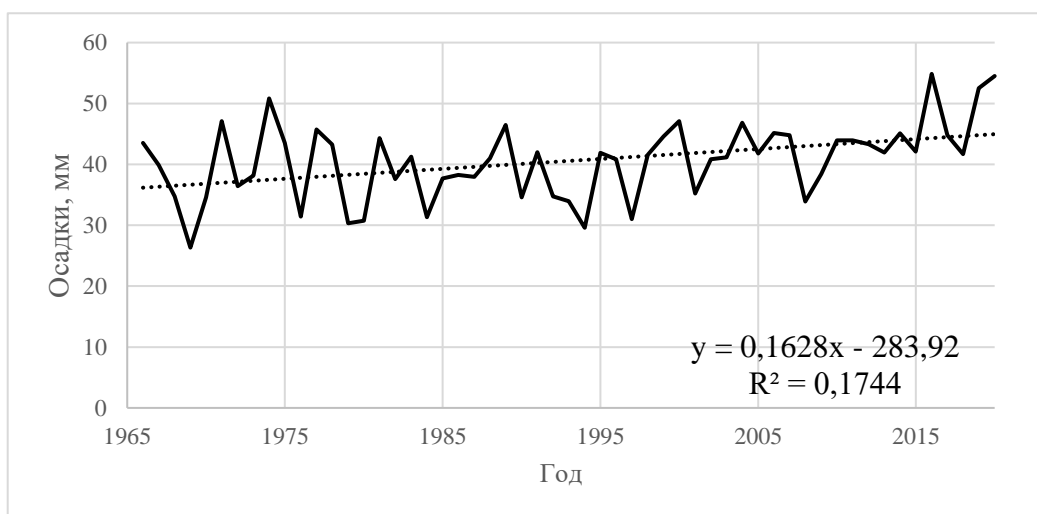


Рисунок 5 – График хода среднего количества осадков за период с 1966 по 2020 г. на станции г. Мурманск

Наибольшее количество осадков выпадает в горах – от 1000 мм за год. Распределение осадков в центральной и западной частях территории достаточно неравномерное, так как там располагаются основные горные массивы.

Таблица 4 – Минимальные и максимальные количества осадков (мм) на станции г. Мурманск [6]

| Месяц | Норма | Месячный минимум | Месячный максимум | Суточный максимум |
|----------|-------|------------------|-------------------|-------------------|
| январь | 33,6 | 3 (1937) | 71 (2020) | 19 (1970) |
| февраль | 24,1 | 2 (1969) | 68 (2021) | 18 (2023) |
| март | 28,7 | 1 (1946) | 53 (2000) | 18 (2010) |
| апрель | 28,8 | 6 (1956) | 72 (2000) | 15 (2020) |
| май | 37,4 | 10 (2013) | 74 (1944) | 25 (2021) |
| июнь | 55,5 | 3 (1997) | 142 (1981) | 45 (1984) |
| июль | 65,6 | 11 (1942) | 148 (1984) | 49 (2007) |
| август | 71 | 19 (1958) | 195 (1974) | 57 (1977) |
| сентябрь | 54,4 | 19 (1993) | 120 (1970) | 33 (2007) |
| октябрь | 55,9 | 10 (1938) | 131 (2019) | 23 (1963) |
| ноябрь | 35,5 | 5 (1942) | 103 (1973) | 26 (1971) |
| декабрь | 36,9 | 3 (1966) | 113 (2016) | 20 (2016) |
| год | | 257 (1942) | 673 (2021) | 57 (1977) |

Наименьшее количество осадков выпадает в феврале, в горах – в апреле. Наибольшее – в августе, а в горах – в сентябре.

Таблица 5 – Среднее месячное количество осадков (мм) за период с 1966 по 2020 г. на станции г. Мурманск [9]

| месяц | | | | | | | | | | | | сумма |
|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| янв | фев | мар | апр | май | июн | июл | авг | сен | окт | ноя | дек | |
| 32 | 23 | 24 | 25 | 35 | 57 | 51 | 66 | 53 | 50 | 38 | 37 | 41 |

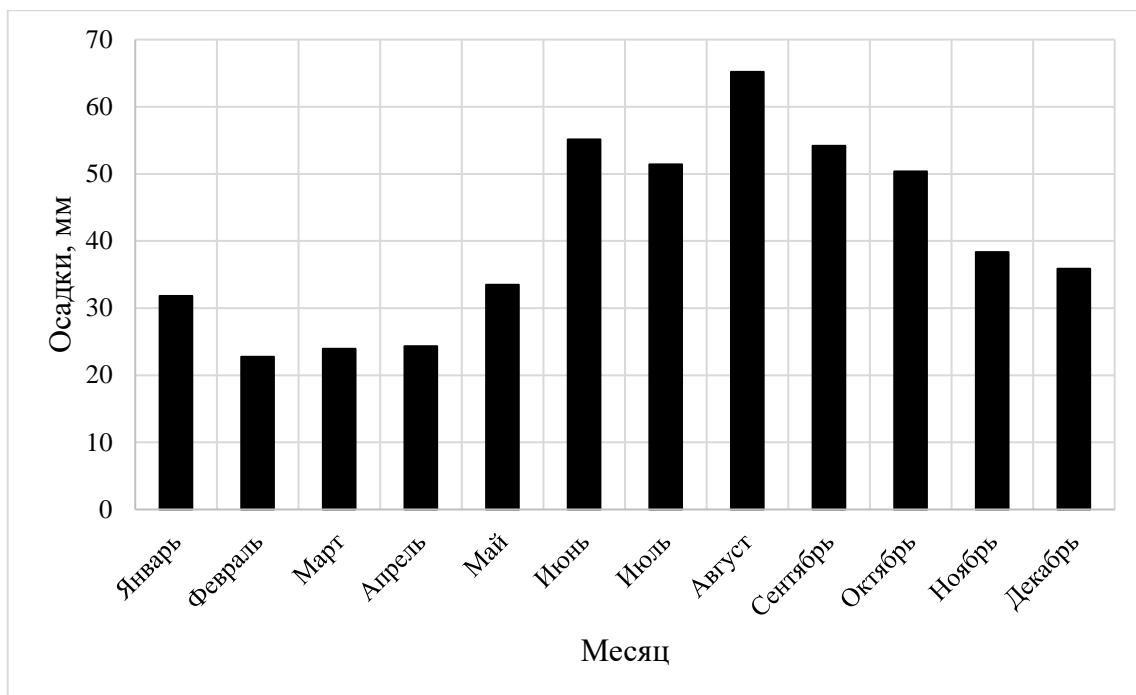


Рисунок 6 – График хода среднего месячного количества осадков (мм) за период с 1950 по 2020 г. на станции г. Мурманск

Интенсивность дождей составляет около 2 мм/мин. Они выпадают достаточно редко и быстро заканчиваются. Суточные максимумы осадков падают на летний период, по территории полуострова они составляют 40 – 60 мм, а в горах достигают 80 мм.

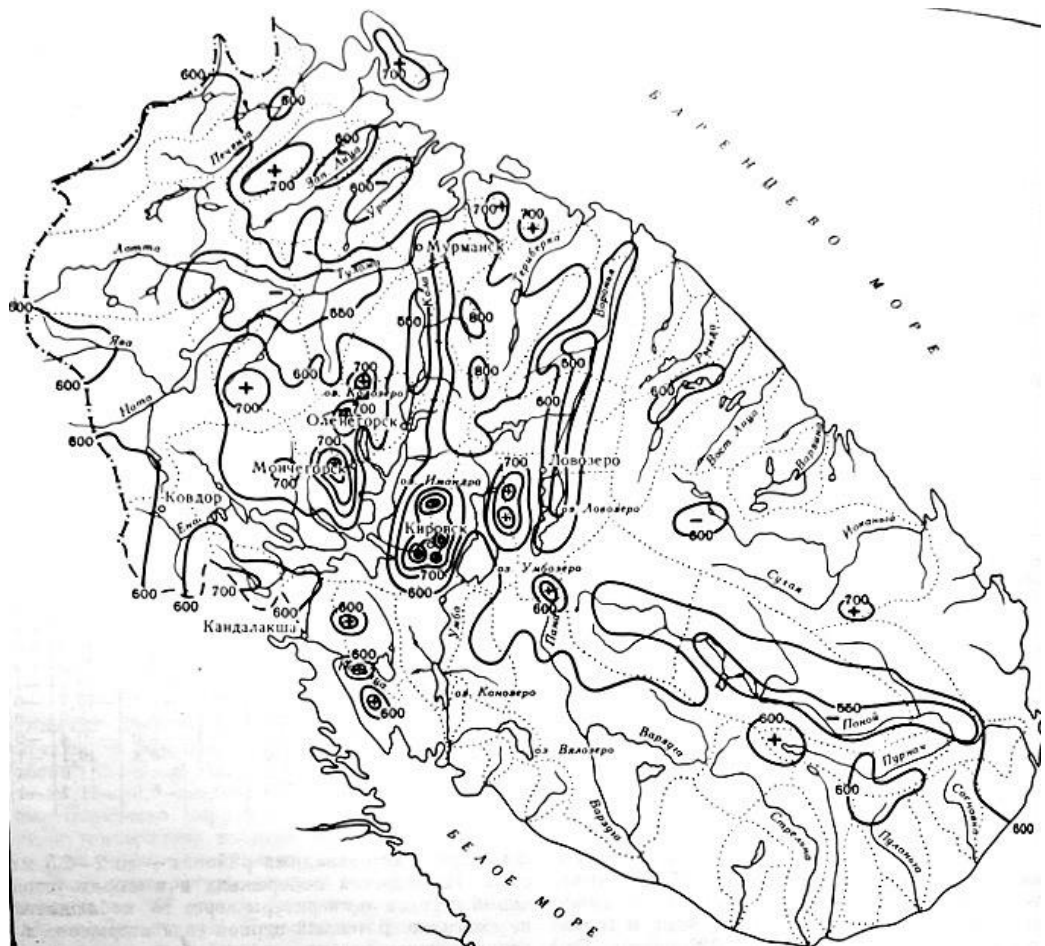


Рисунок 7 – Годовые осадки в мм

2.4 Снежный покров

Снежный покров образуется в среднем в первых числах ноября, в горных районах с увеличением высоты установление снежного покрова наблюдается раньше примерно на 3-4 дня на каждые 100 м подъёма.

Разрушение снежного покрова наблюдается в среднем в первой декаде мая, с запаздыванием в горах на 3-4 дня на каждые 100 м подъёма.

В горах самое раннее появление снежного покрова бывает в августе, а во время летних похолоданий кратковременный снежный покров может образоваться и в июле.

Наибольшие запасы воды в снежном покрове накапливаются к концу марта – началу апреля. Высота снега в этот период на большей части территории

составляет в среднем 60-80 см, а в отдельные годы 100 см и более; максимальная плотность снега достигает 0.2-0.26, а запасы воды в нём на лесных участках составляют в среднем 120-180 см и на полевых 100-160 мм.

В горах снегозапасы значительно больше; так, в Хибинских, Ловозерских и Монче-горах в марте-апреле высота снега достигает 150-250 см при плотности 0.3-0.4 и выше; запас воды в снеге составляет 300-600 мм и больше [7].

Таблица 6 – Наблюдения за снежным покровом на станции г. Мурманск

| месяц | июл | авг | сен | окт | ноя | дек | январь | фев | мар | апр | май | июн | год |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| число дней | 0 | 0 | 0,3 | 11 | 26 | 31 | 31 | 28 | 31 | 25 | 6 | 0,2 | 189 |
| высота, см | 0 | 0 | 0 | 3 | 11 | 19 | 26 | 28 | 30 | 19 | 2 | 0 | |
| макс. высота, см | 0 | 0 | 12 | 31 | 60 | 65 | 73 | 84 | 75 | 66 | 57 | 10 | 84 |

2.5 Промерзание почвы

Начало промерзания почво-грунтов на всей территории Кольского полуострова приходится на середину ноября, полное оттаивание наступает в июне, иногда – в июле. Средние даты начала промерзания характеризуются большой устойчивостью по территории – в половине случаев начало промерзания приходится на период с 15 по 30 ноября.

Максимальная глубина промерзания почвогрунтов в отдельные годы составляет до 3 м, а в наиболее теплые зимы – до 100 см.

2.6 Влажность воздуха

Средняя годовая относительная влажность воздуха составляет около 80%. Наибольшая влажность воздуха наблюдается в начале зимы (ноябрь), а наименьшая – в июне и составляет 70% в центральных районах и 80% в горах.

2.7 Ветер

Направление ветра имеет хорошо выраженный годовой ход. В зимний сезон преобладают ветры юго-западного направления, летом – северного и северо-восточного направлений.

Наиболее сильные ветры наблюдаются на побережье Баренцева моря. Средняя годовая скорость ветра составляет 7 – 8 м/с, на берегу Белого моря она в среднем на 1 м/с меньше, чем в центральных районах полуострова – 3 – 5 м/с.

Таблица 7 – Скорость ветра по метеостанции г. Мурманск (м/с)

| Месяц | янв | фев | мар | апр | май | июн | июл | авг | сен | окт | ноя | дек | год |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Скорость ветра | 5,4 | 5,4 | 4,9 | 4,5 | 4,3 | 4,4 | 4,0 | 3,7 | 4,1 | 4,8 | 4,8 | 5,2 | 4,6 |

3 СРЕДНЕГОДОВОЙ СТОК

В данной работе производится исследование стока рек Кольского полуострова. Используются данные по постам р. Печенга – ст. Печенга, р. Ура – с. Ура-Губа, р. Чапома – с. Чапома, р. Чаваньга – с. Чаваньга. Рассмотрены реки с приблизительно одинаковой площадью водосбора.

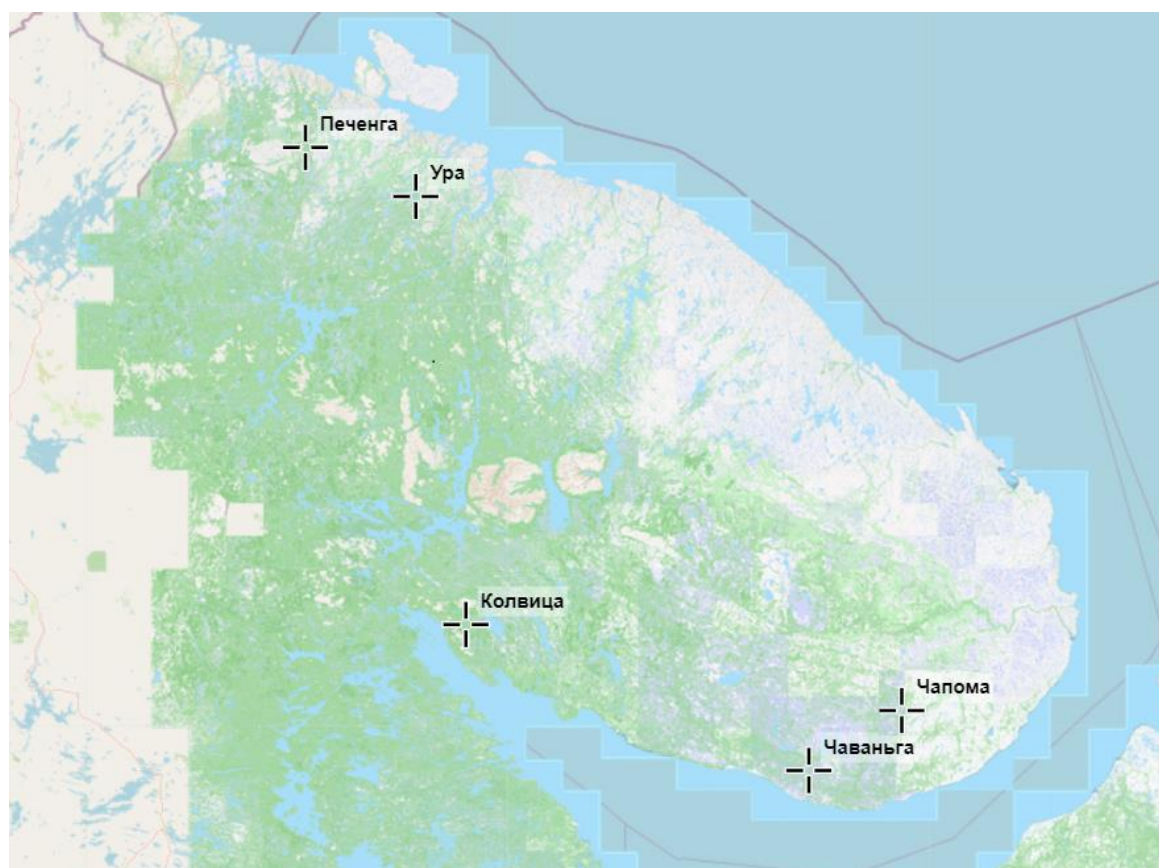


Рисунок 8 – Расположение гидропостов на карте.

Пост р. Печенга - ст. Печенга расположен в поселке, в 300 м к западу от ж.-д. вокзала. Прилегающая местность холмистая. Долина реки ящикообразной формы. Склоны долины крутые, с террасами, слаборассеченные, поросшие низкорослой березой. Пойменные участки, шириной не более 20 м, затопляются при уровне 250-300 см над нулем поста.

Длина реки – 101 км, площадь водосборного бассейна – 1680 км². Русло реки умеренно извилистое, неразветвленное. Ложе слабо деформируется. Берега крутые, высокие, местами обрывистые, сложены супесчаными и суглинистыми грунтами; левый берег подмываемый, подвержен оползням.

На порожистых участках, в 0,7 км ниже водпоста, возможно образование зажоров и заторов льда и сохранение полыней в течение всего периода ледостава, лишь в суровые зимы полыньи замерзают. Небольшие заторы часто образуются в 100 м выше и в 50 м ниже поста.

Пост свайный, расположен на правом берегу, самописец уровня воды оборудован в 60 м ниже поста. Отметка нуля поста 13,54 мБС.

Гидроствор №2 совмещен с постом и оборудован дистанционной гидрометрической установкой.

Температура воды измеряется в створе поста у берега. Толщина льда измеряется в 20 м ниже поста на середине реки.

Пост р. Ура – с. Ура-Губа расположен в 2 км выше села. Длина реки составляет 63 км, площадь водосборного бассейна 1020 км². Прилегающая местность холмистая. Долина реки V - образной формы с крутыми склонами, высотой 80-100 м, поросшими низкорослым березняком. Пойма отсутствует.

Русло реки умеренно извилистое, неразветвленное. Берега, высотой от 4 до 8 м, крутые, местами обрывистые, супесчаные. Ложе реки галечно-каменистое.

В 0.5 км ниже поста, у деревянного моста, весной ежегодно образуются заторы льда. Характерно для участка поста интенсивное образование донного льда, в 350 м ниже поста образуются зажоры.

Пост свайный, расположен на левом берегу. Самописец уровня воды установлен в 130 м ниже поста. Отметка нуля поста 1,38 мБС.

Гидроствор №1 находится в створе поста, оборудован подвесным гидрометрическим мостиком. Гидроствор №2 расположен в 3 м выше поста, оборудован дистанционной гидрометрической установкой.

Температура воды измеряется в створе поста у берега. Толщина льда измеряется в 10 м выше поста на середине реки.

Пост р. Чапома – с. Чапома расположен в 2,5 км севернее села, в 100 м ниже впадения ручья Выдренный.

Длина реки — 113 км, площадь водосборного бассейна — 1090 км². Долина трапецеидальная, шириной 0,5 км. Склоны ее террасированные, крутые, поросли низкорослой березой.

Русло реки умеренно извилистое, на участке поста прямолинейное. Дно скалистое. Берега крутые, высотой 4-5 м, супесчаные.

На участке поста ежегодно наблюдаются заторы льда. Голова затора формируется 0,2-1 км ниже поста, длина затора может превышать 0,5 км, а нагромождение льда в заторе достигает 2 м. В зимний период, в 1 км выше и 0,5 км ниже поста, образуются зажоры.

Пост свайный, расположен на правом берегу. Отметка нуля поста 1,48 мБС. Гидроствор №1 совмещен со створом поста.

Температура воды измеряется в 125 м выше поста у берега. Толщина льда измеряется в 250 м выше поста на середине реки.

Пост р. Чаваньга – с. Чаваньга расположен в 3 км севернее села. Прилегающая местность мелкохолмистая, покрыта смешанным лесом. Долина реки ящикообразная, ширина ее 0,2-0,4 км. Склоны долины террасированные, высотой 8-15 м, покрыты кустарником березы и ивы.

Длина реки — 52 км, площадь водосборного бассейна — 1180 км², ширина — до 40 метров у истока, глубина — до 20 метров. Русло реки слабо извилистое, умеренно разветвленное, порожищенное. В 100 м выше поста находится остров длиной 80 м, сложенный галькой и поросший кустарником, затопляемый в половодье. Берега реки, высотой 3-4 м, крутые, песчаные. Дно на порогах каменистое, на плесах песчаное.

На устьевом участке реки почти ежегодно наблюдаются заторы льда, Голова затора формируется обычно на участке поста несколько выше и ниже его. На порогах образуются зажоры.

Пост свайный, расположен на левом берегу, оборудован самописцем уровня воды. Отметка нуля поста 19,59 мБС.

Гидроствор №1 совмещен со створом поста, оборудован дистанционной гидрометрической установкой.

Температура воды измеряется в створе поста у берега, толщина льда - на середине реки.

Пост р. Колвица – д. Колвица расположен в 4,3 км от деревни, в 0,8 км ниже впадения ручья Белый. Прилегающая местность крупнохолмистая, с высотами до 500 м.

Длина рек 9 км. Площадь бассейна 1260 км² [1]. Долина трапецеидальная, шириной 4-5 км, покрыта смешанным лесом. Поймы на участке поста нет. Русло прямолинейное, с чередованием плесов и перекатов. Илистые плесы засорены топляками, у берегов – трава в русле.

В 150 м ниже поста, на пороге Малый Падун, ежегодно образуются заторы от скоплений донного льда и шуги.

Пост свайный, расположен на правом берегу, оборудован самописцем уровня воды. Отметка нуля поста 35,78 мБС [8].

Исходные данные по постам представлены в приложении А.

А) р. Печенга – ст. Печенга

При предварительном анализе данных оценивается надежность исходной информации, а также выявляются грубые ошибки. Для этого построен хронологический график расходов воды (рисунок 9).

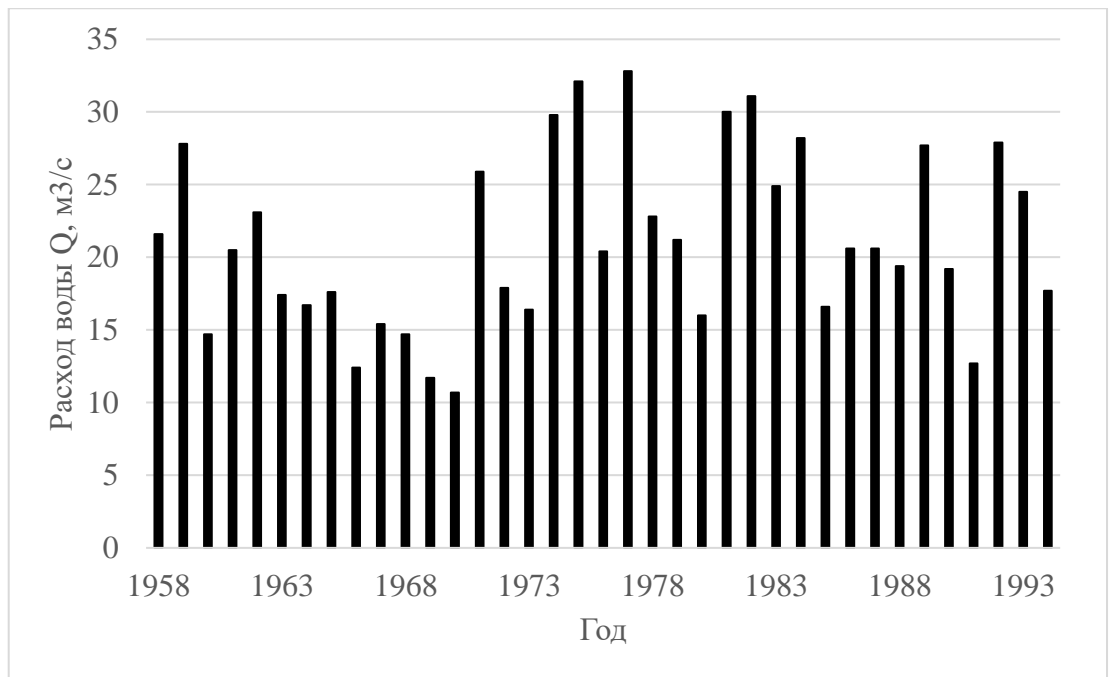


Рисунок 9 – Хронологический график среднегодовых расходов воды на р. Печенга – ст. Печенга

Анализ графика показал, что данный ряд неоднороден по дисперсии в связи с тем, что есть резкие поднятия и спады среднегодовых расходов воды.

Оценка значимости линейного тренда производится путем сравнения модуля коэффициента корреляции R с $t_{2\alpha}\sigma_R$, где $t_{2\alpha}$ – ордината стандартного распределения Стьюдента при уровне значимости и числе степеней свободы $(n - 2)$. При $2\alpha = 5\%$ $t_{2\alpha} \cong 2$.

Тренд незначим если выполняется условие:

$$|R| < t_{2\alpha}\sigma_R \quad (1)$$

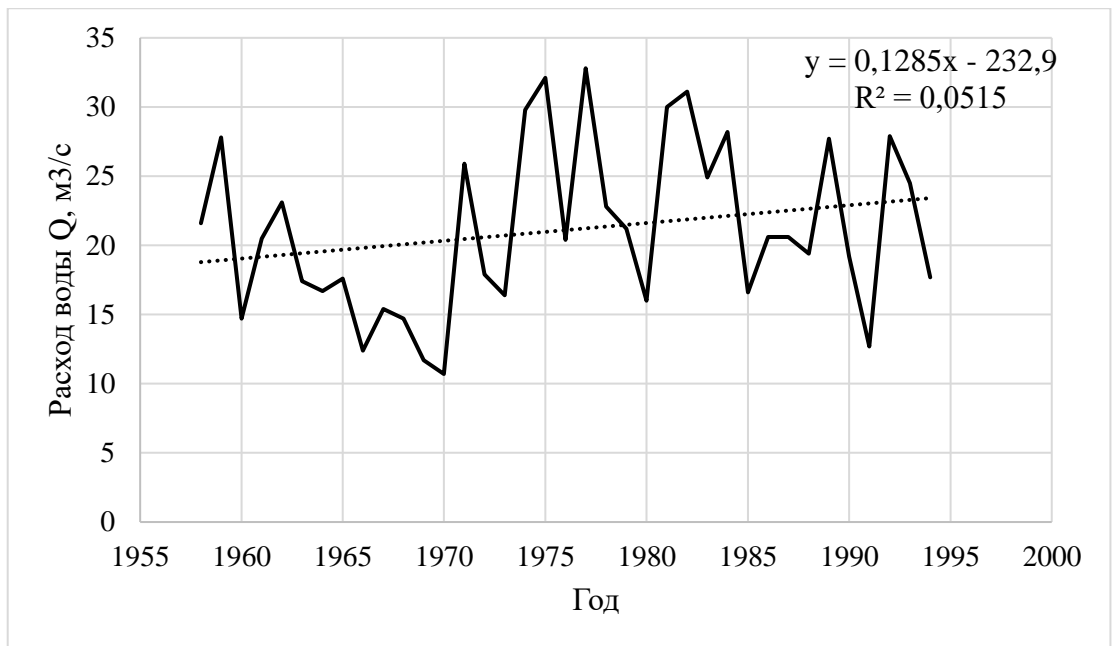


Рисунок 10 – Хронологический график средних годовых расходов воды на р. Печенга – ст. Печенга за период с 1957 по 1994 г. с добавлением линии тренда

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

$$\sigma_R = \frac{1 - 0,0515}{\sqrt{37 - 1}} = 0,158$$

Произведение $t_{2\alpha}\sigma_R = 0,316$. Так как выполняется условие (1) ($0,227 < 0,316$), можно сделать вывод, что линейный тренд является незначимым.

Проверка ряда на случайность проверяется путем сравнения модуля коэффициента корреляции $r(1)$ с произведением $\sigma_r t_\alpha$. Коэффициент автокорреляции не значим, если выполняется условие:

$$|r(1)| \leq \sigma_r t_\alpha \quad (3)$$

Коэффициент корреляции определяется по формуле:

$$r(1) = \frac{\sum_{i=1}^{i=n-1} (x_i - \bar{x})(x_{i+1} - \bar{x})}{(n-2)\sigma_x^2} \quad (4)$$

В данном случае $r(1) = 0,220$.

Среднеквадратическое отклонение для коэффициента корреляции определяется по формуле:

$$\sigma_r = \frac{1-r(1)^2}{\sqrt{n-2}} \quad (5)$$

В результате вычислений $\sigma_r = 0,161$.

Проверка ряда на случайность показала, что коэффициент автокорреляции незначим, согласно условию (3).

Проверка рядов на однородность производится с использованием критериев Фишера и Стьюдента. Теоретические значения статистик Фишера и Стьюдента определяются по таблицам [5]. Проверка производится при уровне значимости $2\alpha = 5\%$.

Гипотеза об однородности ряда по дисперсии (критерий Фишера) не опровергается, если выполняются следующее условие:

$$F^* < F_{2\alpha} \quad (6)$$

Эмпирическое значение статистики Фишера определяется по формуле:

$$F^* = \frac{D_1}{D_2} \quad (7)$$

где D_1 и D_2 – дисперсии по одной и другой частям ряда, причем $D_1 > D_2$;

Для данного поста значение $D_1 = 37,4$, $D_2 = 32,7$. Эмпирическое значение статистики Фишера:

$$F^* = \frac{37,4}{32,7} = 1,14$$

Теоретическое значение статистики Фишера $F_{2\alpha}$ определялось по таблице и равно 2,47. Так как условие (6) выполняется, можно сделать вывод, что гипотеза об однородности ряда по критерию Фишера не опровергается.

Для проверки однородности гидрологического ряда по среднему значению (критерий Стьюдента) выполнялся расчет эмпирического значения статистики Стьюдента по формуле:

$$t^* = \left[(\bar{Q}_1 - \bar{Q}_2) / \sqrt{\frac{(n_1-1)\sigma_1^2 + (n_2-1)\sigma_2^2}{n_1+n_2-2}} \right] \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1+n_2}} \quad (8)$$

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

n_1 и n_2 – длины первой и второй частей ряда;

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

Гипотеза об однородности ряда по критерию Стьюдента не опровергается, если выполняются следующее условие:

$$|t^*| < t_{2\alpha} \quad (9)$$

При подстановке значений данных величин в формулу (8):

$$t^* = \left[(19,3 - 23,0) / \sqrt{\frac{(19 - 1)6,11^2 + (18 - 1)5,72^2}{19 + 18 - 2}} \right] \sqrt{\frac{19 \cdot 18}{19 + 18}} = -11,1$$

Теоретическое значение статистики Стьюдента $t_{2\alpha}$ определяется по таблице и равно 2,02.

Так как условие (9) не выполняется ($11,1 > 2,02$), можно сделать вывод, что гипотеза об однородности ряда гидрологических расходов воды на р. Печенга – ст. Печенга по критерию Стьюдента опровергается.

Б) р. Ура - с. Ура-Губа.

Для предварительного анализа данных построен хронологический график расходов воды (рисунок 11).

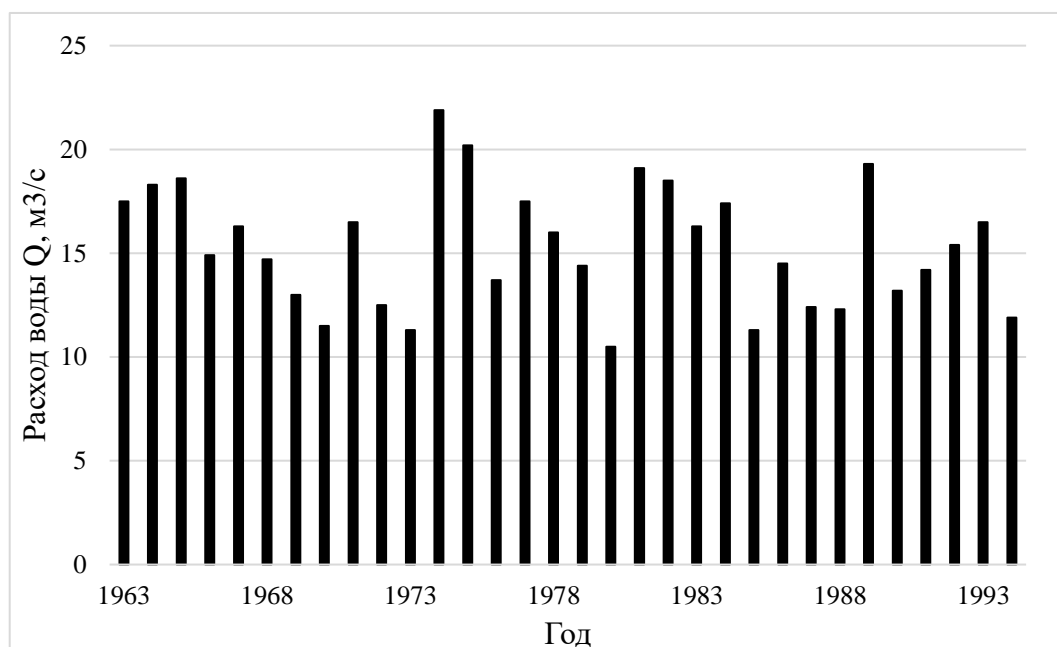


Рисунок 11 – Хронологический график расходов воды на р. Ура – с. Ура-Губа

Анализ данных показал, что аномалии в данном ряду не наблюдаются.

Оценка значимости линейного тренда производится с построением хронологического графика (рисунок 12).

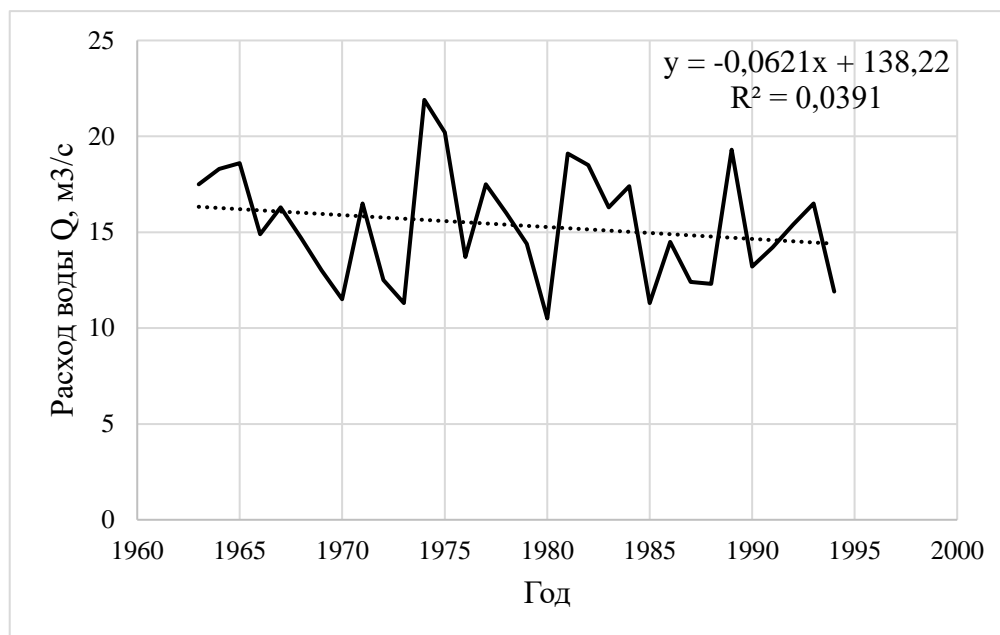


Рисунок 12 – Хронологический график средних годовых расходов воды на р. Ура – с. Ура-Губа за период с 1963 по 1994 г. с добавлением линии тренда.

Согласно формуле (3), среднеквадратическое отклонение коэффициента корреляции:

$$\sigma_R = \frac{1 - 0,039}{\sqrt{32 - 1}} = 0,173$$

Произведение $t_{2\alpha}\sigma_R = 0,346$. Так как условие (3) выполняется ($0,198 < 0,346$), можно сделать вывод, что линейный тренд является незначимым.

Для проверки ряда на случайность производится расчет коэффициента корреляции с использованием формулы (4), в результате чего $r(1) = 0,040$.

Среднеквадратическое отклонение коэффициента корреляции производится по формуле (5) и равно $\sigma_r = 0,182$.

Проверка ряда на случайность показала, что коэффициент автокорреляции значим, так как не выполняется условие (3).

Для проверки ряда на однородность по критерию Фишера рассчитано эмпирическое значение статистики Фишера по формуле (7). $F^* = 1,18$. Эмпирическое значение статистики Фишера определено по таблице и равно 2,51.

Так как условие (6) выполняется, гипотеза об однородности ряда по критерию Фишера не опровергается.

Эмпирическое значение статистики Стьюдента, согласно формуле (8):

$$t^* = \left[(15,9 - 14,8) / \sqrt{\frac{(16 - 1)3,07^2 + (16 - 1)2,81^2}{16 + 16 - 2}} \right] \sqrt{\frac{16 \cdot 16}{16 + 16}} = 5,66,$$

Теоретическое значение статистики Стьюдента $t_{2\alpha}$ определяется по таблице и равно 2,04.

Так как условие (9) не выполняется ($5,66 > 2,04$), можно сделать вывод, что гипотеза об однородности ряда гидрологических расходов воды по критерию Стьюдента опровергается.

В) р. Чапома - с. Чапома.

Для предварительного анализа данных построен хронологический график расходов воды (рисунок 13).

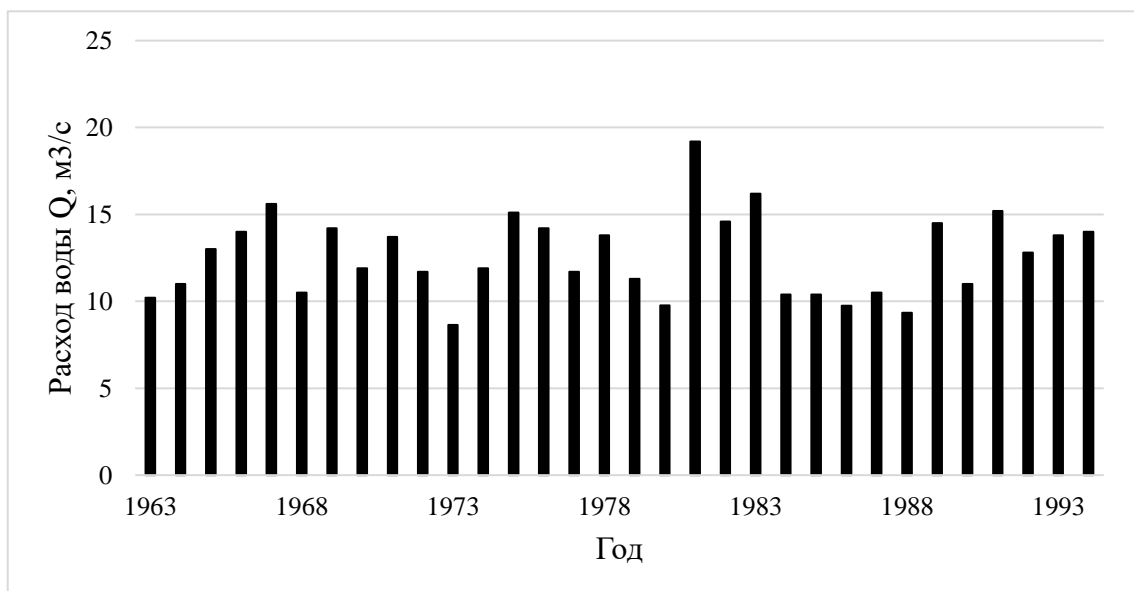


Рисунок 13 – Хронологический график расходов воды на р. Чапома – с. Чапома

Анализ данных показал, что аномалии в данном ряду не наблюдаются.

Оценка значимости линейного тренда включает в себя построение хронологического графика средних годовых расходов воды, а также проведение линии тренда.

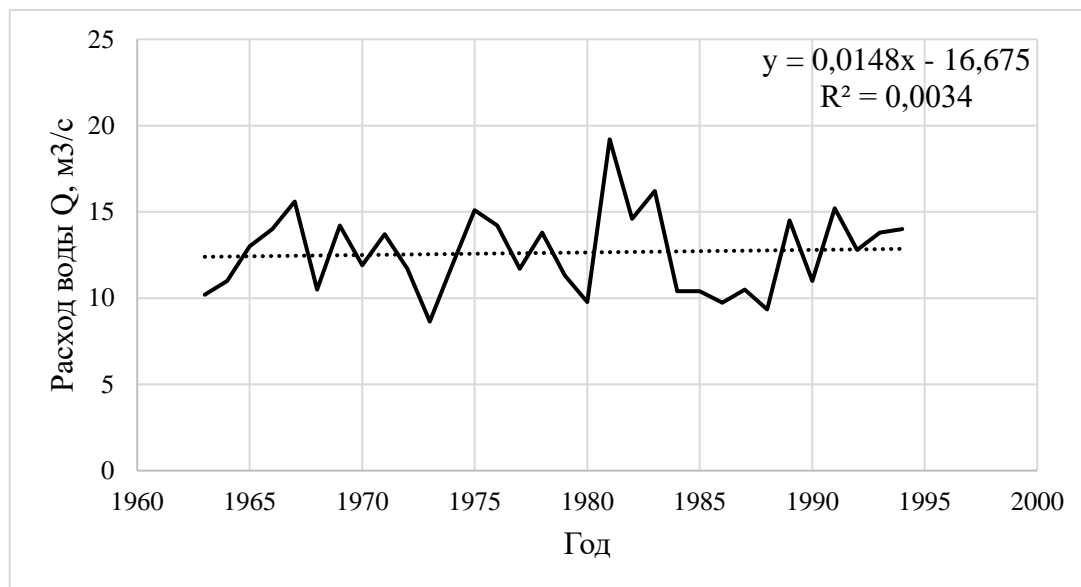


Рисунок 14 – Хронологический график средних годовых расходов воды на р. Чапома – с. Чапома за период с 1963 по 1994 г. с добавлением линии тренда.

$$\sigma_R = \frac{1 - 0,003}{\sqrt{32 - 1}} = 0,179$$

Произведение $t_{2\alpha}\sigma_R = 0,358$. Так как $|R| < t_{2\alpha}\sigma_R$ ($0,058 < 0,358$), можно сделать вывод, что линейный тренд является незначимым.

Проверка ряда на случайность производится с расчетом коэффициента корреляции по формуле (4). В данном случае $r(1) = 0,061$. Среднеквадратическое отклонение коэффициента корреляции рассчитывается по формуле (5) и равно $\sigma_r = 0,182$.

Проверка ряда на случайность показала, что коэффициент автокорреляции незначим, так как выполняется условие (3).

Для проверки рядов на однородность по критерию Фишера рассчитано эмпирическое значение статистики по формуле (7). $F^* = 2,13$. Теоретическое значение статистики Фишера $F_{2\alpha}$ определялось по таблице и равно 2,51. Так как

условие (6) выполняется, можно сделать вывод, что гипотеза об однородности ряда по критерию Фишера не опровергается.

Эмпирическое значение статистики Стьюдента, рассчитанное по формуле (8), равно $t^* = -0,644$. Теоретическое значение статистики Стьюдента $t_{2\alpha}$ определяется по таблице и равно 2,04. Так как условие (9) выполняется ($0,644 < 2,04$), можно сделать вывод, что гипотеза об однородности ряда гидрологических расходов воды по критерию Стьюдента не опровергается.

Г) р. Чаваньга - с. Чаваньга.

Для предварительного анализа данных построен хронологический график расходов воды (рисунок 15).

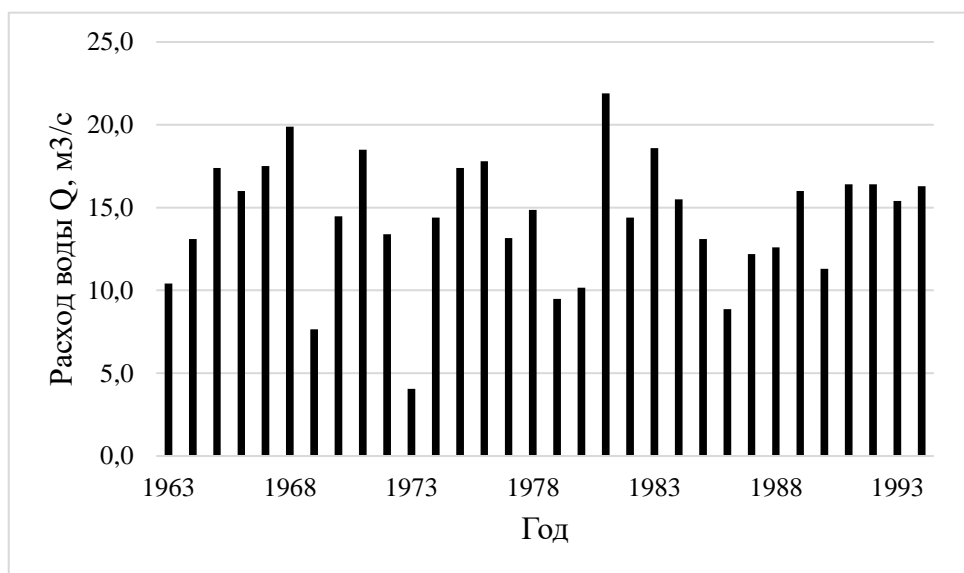


Рисунок 15 – Хронологический график расходов воды на р. Чаваньга – с. Чаваньга

Анализ данных показал, что в данном ряду есть подозрение на неоднородность дисперсии.

Для оценки значимости линейного тренда построен хронологический график (рисунок 16).

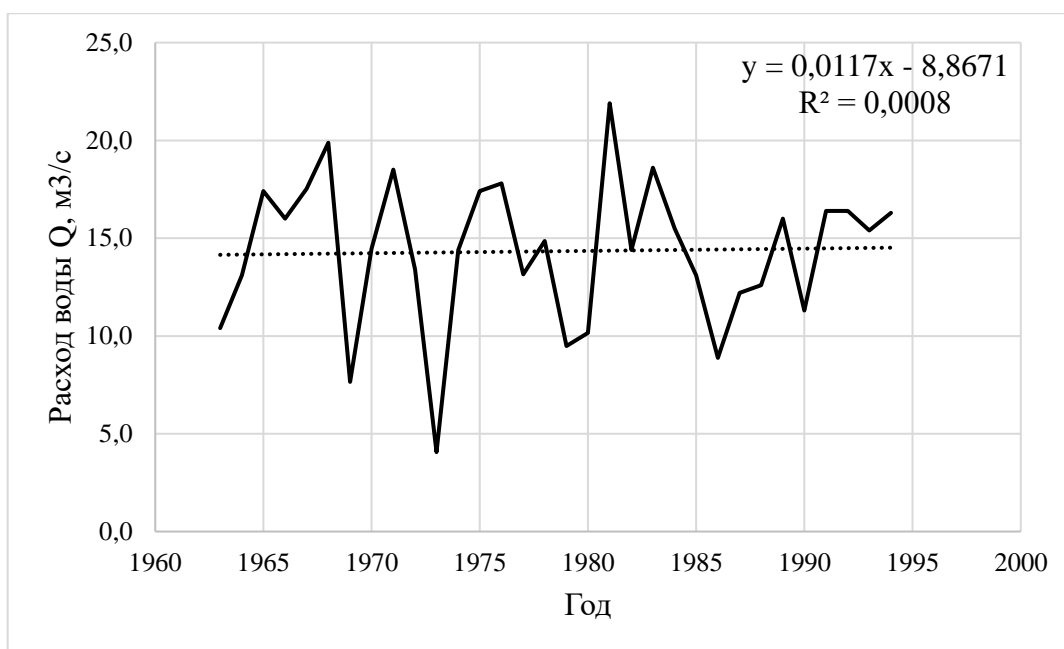


Рисунок 16 – Хронологический график средних годовых расходов воды на р. Чаваньга – с. Чаваньга за период с 1963 по 1994 г. с добавлением линии тренда.

Среднеквадратическое отклонение коэффициента корреляции определялось по формуле (2) и равно $\sigma_R = 0,179$.

Произведение $t_{2\alpha}\sigma_R = 0,358$. Так как условие (1) выполняется ($0,0283 < 0,358$), можно сделать вывод, что линейный тренд является незначимым.

Проверка ряда на случайность производилась с расчетом коэффициента автокорреляции по формуле (4). В результате расчетов $r(1) = 0,023$. Среднеквадратическое отклонение коэффициента автокорреляции определяется по формуле (5) и равно $\sigma_r = 0,182$.

Проверка ряда на случайность показала, что коэффициент автокорреляции незначим, согласно условию (3).

Проверка рядов на однородность производится по критериям Фишера и Стьюдента.

Эмпирическое значение статистики Фишера рассчитывается по формуле (7) и равно $F^* = 1,44$. Теоретическое значение статистики Фишера $F_{2\alpha}$ определяется по таблице и равно 2,51. Так как условие (6) выполняется,

можно сделать вывод, что гипотеза об однородности ряда по критерию Фишера не опровергается.

Эмпирическое значение статистики Стьюдента рассчитывается по формуле (8) и равно $t^* = 0,347$. Теоретическое значение статистики Стьюдента $t_{2\alpha}$ определяется по таблице и равно 2,04. Так как условие (6) выполняется ($0,347 < 2,04$), можно сделать вывод, что гипотеза об однородности ряда гидрологических расходов воды по критерию Стьюдента не опровергается.

Д) р. Колвица - д. Колвица.

Для предварительного анализа данных построен хронологический график расходов воды (рисунок 17).

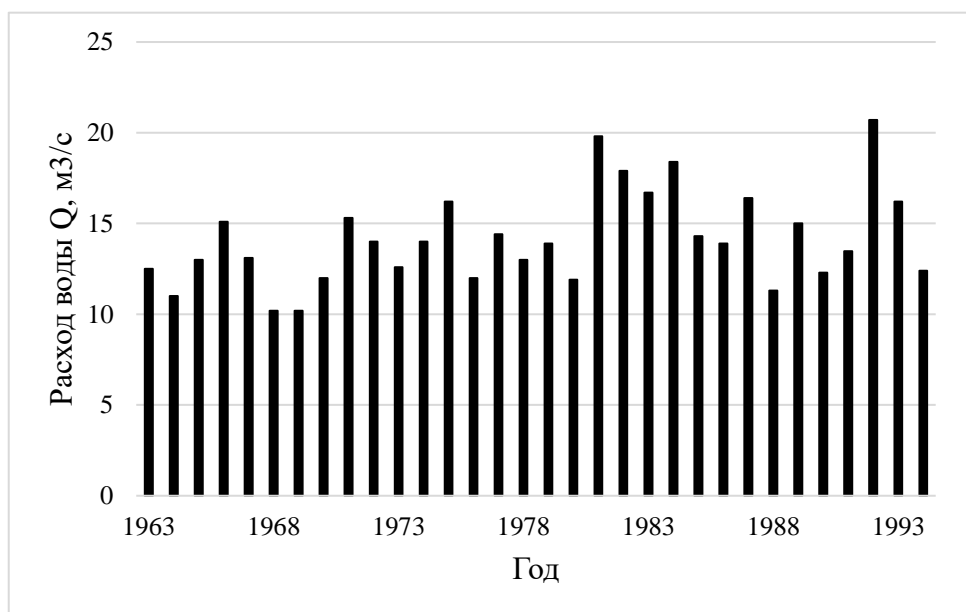


Рисунок 17 – Хронологический график расходов воды на р. Колвица – д. Колвица

Анализ данных показал, что видимые аномалии в ряду отсутствуют.

Оценка значимости линейного тренда производится с помощью построения хронологического графика (рисунок 18).

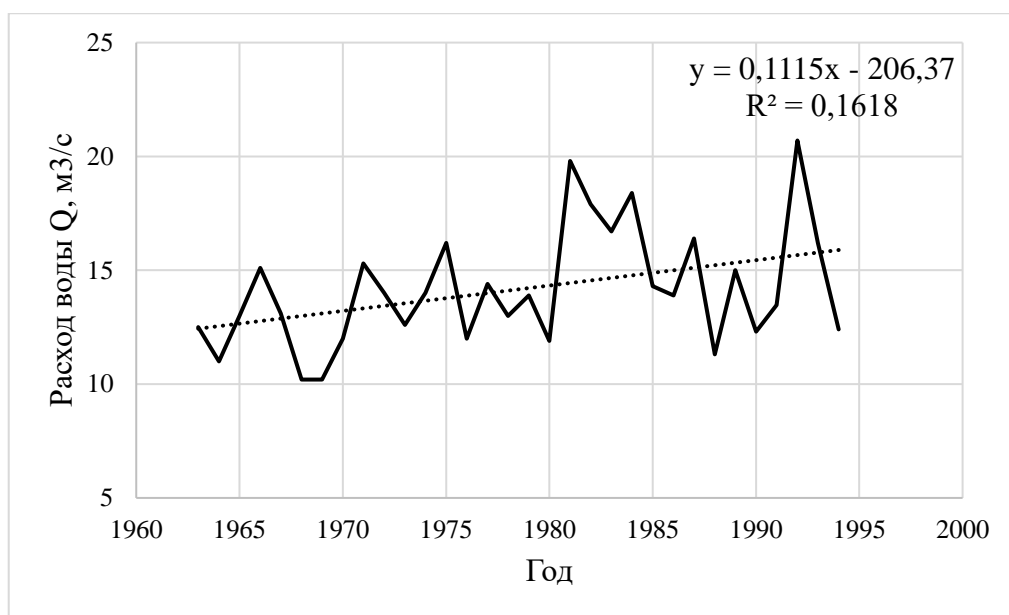


Рисунок 18 – Хронологический график средних годовых расходов воды на р. Колвица – д. Колвица за период с 1963 по 1994 г. с добавлением линии тренда.

Среднеквадратическое отклонение коэффициента регрессии, рассчитанное по формуле (2) равно $\sigma_R = 0,151$.

Произведение $t_{2\alpha}\sigma_R = 0,302$. Так как условие (1) не выполняется ($0,402 > 0,302$), можно сделать вывод, что линейный тренд является значимым.

Проверка ряда на случайность производится путем расчета коэффициента автокорреляции по формуле (4). В данном случае он равен $r(1) = 0,257$. Среднеквадратическое отклонение, определяемое с помощью формулы (5), равно $\sigma_r = 0,171$.

Проверка ряда на случайность показала, что коэффициент автокорреляции незначим, так как выполняется условие (3).

Проверка рядов на однородность производится по критериям Фишера и Стьюдента.

Эмпирическое значение статистики Фишера рассчитывается по формуле (7) и равно $F^* = 2,68$. Теоретическое значение статистики Фишера $F_{2\alpha}$ определяется по таблице и равно 2,51. Так как условие (6) не выполняется, можно сделать вывод, что гипотеза об однородности ряда по критерию Фишера опровергается.

Эмпирическое значение статистики Стьюдента рассчитывается по формуле (8) и равно $t^* = -14,7$. Теоретическое значение статистики Стьюдента $t_{2\alpha}$ определяется по таблице и равно 2,04. Так как условие (6) не выполняется, можно сделать вывод, что гипотеза об однородности ряда гидрологических расходов воды по критерию Стьюдента опровергается.

4 МАКСИМАЛЬНЫЙ И МИНИМАЛЬНЫЙ СТОК

А) р. Печенга – ст. Печенга

А.1) Максимальный сток

Для предварительного анализа данных построен хронологический график расходов воды (рисунок 19).

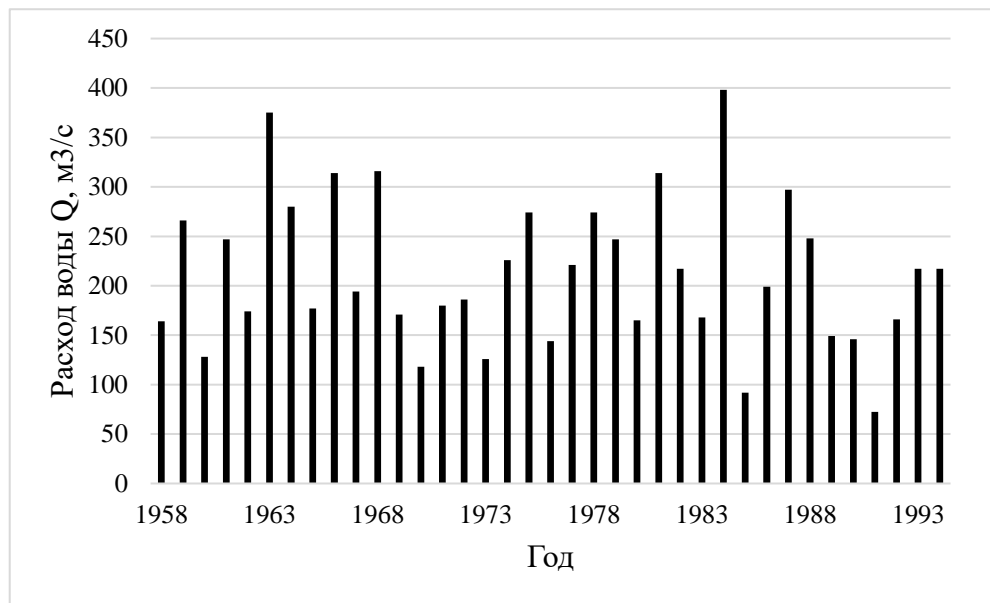


Рисунок 19 – Хронологический график максимальных расходов воды на р. Печенга – ст. Печенга

Анализ данных показал, что в данном ряду есть подозрение на неоднородность дисперсии.

Оценка значимости линейного тренда производится с помощью построения хронологического графика (рисунок 20).

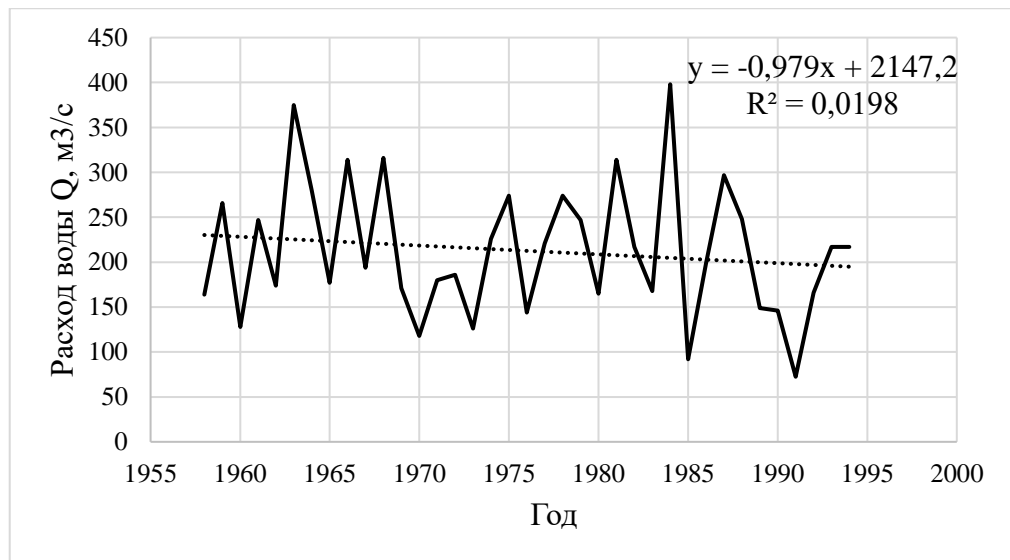


Рисунок 20 – Хронологический график максимальных расходов воды на р. Печенга – ст. Печенга с добавлением линии тренда.

Среднеквадратическое отклонение коэффициента регрессии рассчитывается по формуле (2) и равно $\sigma_R = 0,327$.

Произведение $t_{2\alpha}\sigma_R = 0,654$. Так как условие (1) выполняется ($0,141 < 0,654$), можно сделать вывод, что линейный тренд не является значимым.

Проверка ряда на случайность проводится с помощью расчета коэффициента автокорреляции по формуле (4). В данном случае он равен $r(1) = -0,142$. Среднеквадратическое отклонение определяется по формуле (5) и равно $\sigma_r = 0,166$. Так как условие (3) выполняется, коэффициент автокорреляции не является значимым.

Проверка ряда на однородность по критерию Фишера производилась с использованием расчета эмпирической статистики критерия по формуле (7). $F^* = 1,17$. Теоретическое значение статистики Фишера $F_{2\alpha}$ определялось по таблице и равно 2,47. Так как условие (6) выполняется, можно сделать вывод, что гипотеза об однородности ряда по критерию Фишера не опровергается.

Эмпирическое значение статистики Стьюдента рассчитывается по формуле (8) и равно $t^* = 0,0143$. Теоретическое значение статистики Стьюдента $t_{2\alpha}$ определяется по таблице и равно 2,02.

Условие (9) выполняется, можно сделать вывод, что гипотеза об однородности ряда гидрологических расходов воды по критерию Стьюдента не опровергается.

А.2) Минимальный сток

Для предварительного анализа исходных данных построен хронологический график расходов воды (рисунок 21).

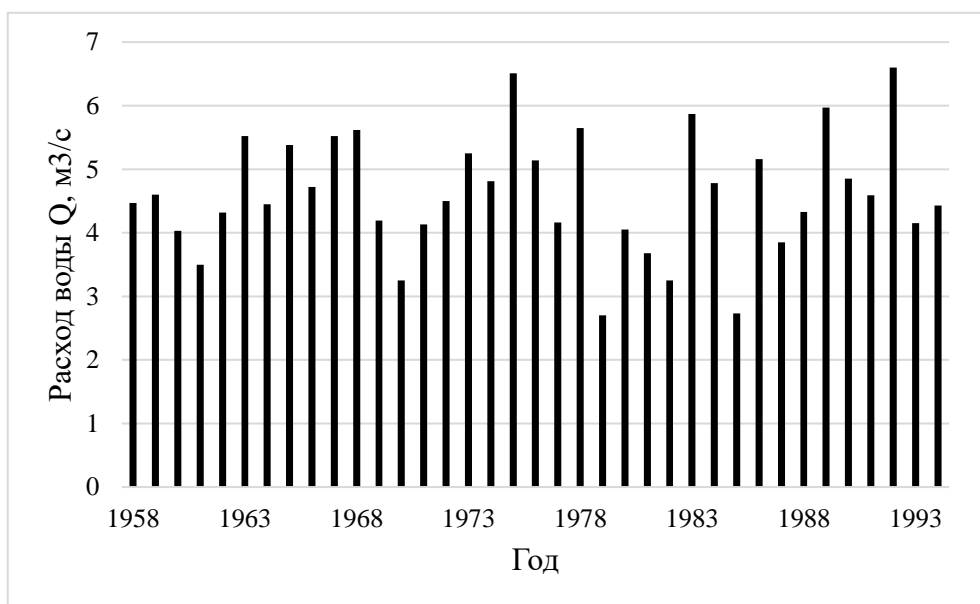


Рисунок 21 – Хронологический график минимальных расходов воды на р. Печенга – ст. Печенга

Анализ данных показал, что в данном ряду видимые аномалии не наблюдаются.

Оценка значимости линейного тренда производится с помощью построения хронологического графика (рисунок 22).

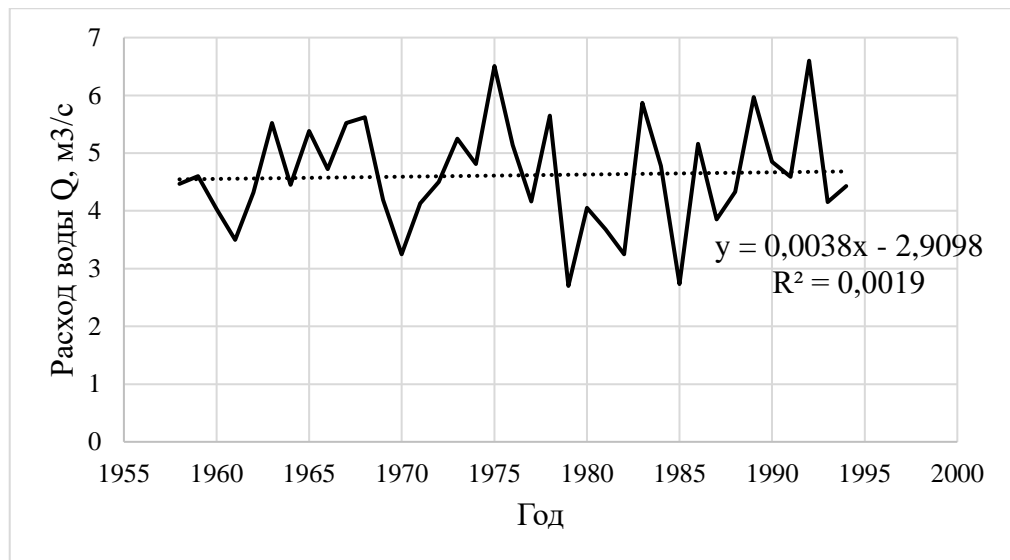


Рисунок 22 – Хронологический график минимальных расходов воды на р. Печенга – ст. Печенга с добавлением линии тренда.

Среднеквадратическое отклонение коэффициента регрессии, рассчитанное по формуле (2) равно $\sigma_R = 0,116$.

Произведение $t_{2\alpha}\sigma_R = 0,232$. Так как условие (1) выполняется, можно сделать вывод, что линейный тренд не является значимым.

Проверка ряда на случайность производится путем расчета коэффициента автокорреляции по формуле (4). В данном случае $r(1) = 0,00036$. Среднеквадратическое отклонение коэффициента автокорреляции, определяемое с помощью формулы (5), равно $\sigma_r = 0,169$. Проверка ряда на случайность показала, что коэффициент автокорреляции незначим, так как выполняется условие (3).

Проверка ряда на однородность по критерию Фишера производилась с использованием расчета эмпирической статистики критерия по формуле (7):

$$F^* = \frac{1,17}{0,628} = 1,87$$

Теоретическое значение статистики Фишера $F_{2\alpha}$ определялось по таблице и равно 2,47. Так как условие (6) выполняется, можно сделать вывод, что гипотеза об однородности ряда по критерию Фишера опровергается.

Эмпирическое значение статистики Стьюдента определяется по формуле (8):

$$t^* = \left[(4,73 - 4,49) / \sqrt{\frac{(19 - 1)0,793^2 + (18 - 1)1,08^2}{19 + 18 - 2}} \right] \sqrt{\frac{19 \cdot 18}{19 + 18}} = 0,130$$

Теоретическое значение статистики Стьюдента $t_{2\alpha}$ определяется по таблице и равно 2,02.

Условие (6) выполняется, следовательно, можно сделать вывод, что гипотеза об однородности ряда гидрологических расходов воды по критерию Стьюдента не опровергается.

Б) р. Ура – с. Ура-Губа

Б.1) Максимальный сток

Для предварительного анализа данных построен хронологический график расходов воды (рисунок 23).

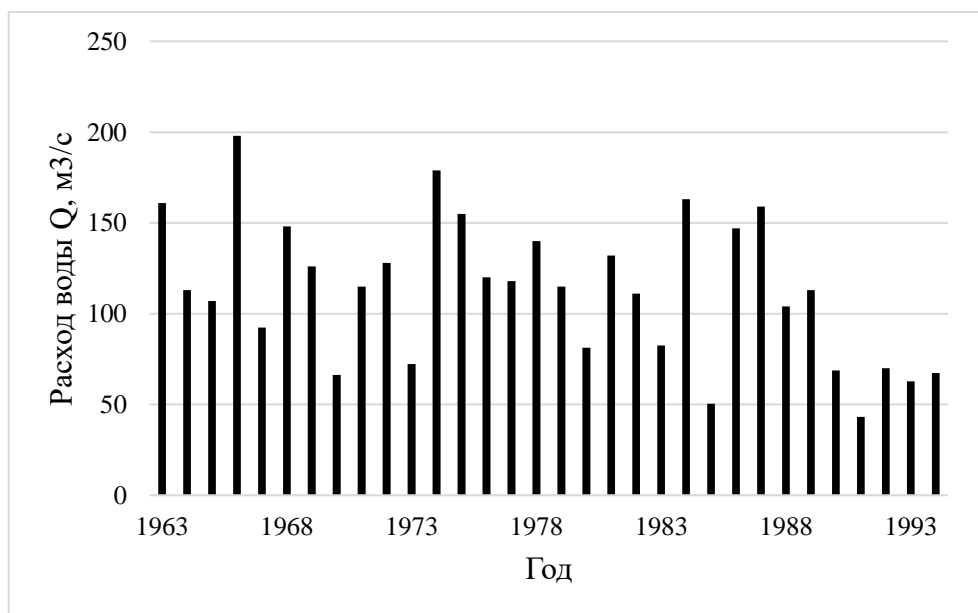


Рисунок 23 – Хронологический график максимальных расходов воды на р. Ура – с. Ура-Губа.

Предварительный анализ исходных данных показал, что в данном ряду видимые аномалии не наблюдаются.

Оценка значимости линейного тренда производится с помощью построения хронологического графика (рисунок 24).

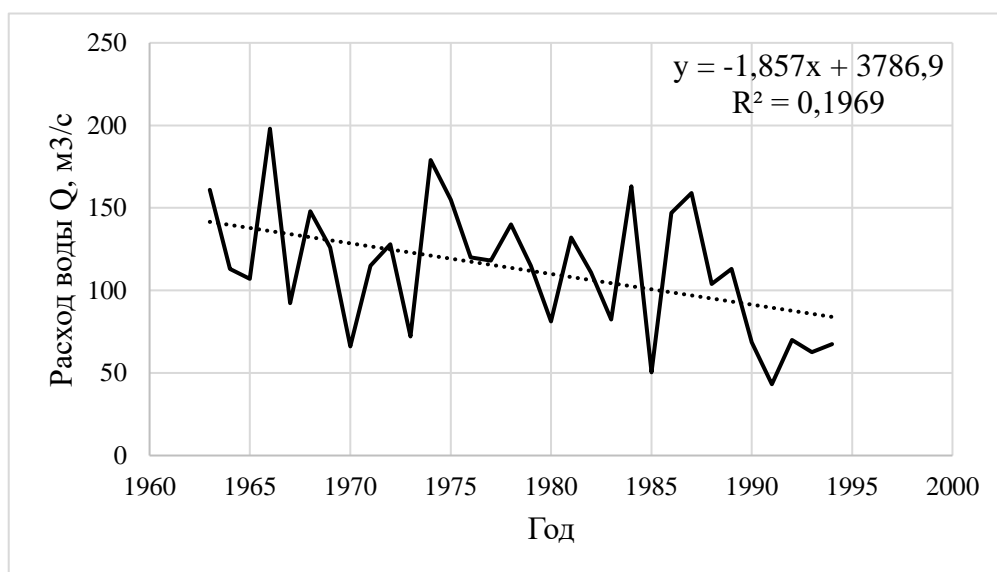


Рисунок 24 – Хронологический график максимальных расходов воды на р. Ура – с. Ура-Губа с добавлением линии тренда.

Среднеквадратическое отклонение коэффициента регрессии рассчитывается по формуле (2):

$$\sigma_R = \frac{1 - 0,197}{\sqrt{32 - 1}} = 0,144$$

Произведение $t_{2\alpha}\sigma_R = 0,288$. Так как условие (1) выполняется, можно сделать вывод, что линейный тренд не является значимым.

Проверка ряда на случайность производится путем расчета коэффициента автокорреляции по формуле (4). В данном случае он равен $r(1) = 0,0248$. Среднеквадратическое отклонение, определяемое с помощью формулы (5), равно $\sigma_r = 0,182$. Проверка ряда на случайность показала, что коэффициент автокорреляции незначим, так как выполняется условие (3).

Проверка ряда на однородность по критерию Фишера производилась с использованием расчета эмпирической статистики критерия по формуле (7):

$$F^* = \frac{1456}{1271} = 1,15$$

Теоретическое значение статистики Фишера $F_{2\alpha}$ определялось по таблице и равно 2,51. Так как условие (6) выполняется, можно сделать вывод, что гипотеза об однородности ряда по критерию Фишера не опровергается.

Эмпирическое значение статистики Стьюдента рассчитывается по формуле (7):

$$t^* = \left[(127 - 98,1) / \sqrt{\frac{(16 - 1)35,7^2 + (16 - 1)38,2^2}{16 + 16 - 2}} \right] \sqrt{\frac{16 * 16}{16 + 16}} = 0,0137$$

Теоретическое значение статистики Стьюдента $t_{2\alpha}$ определяется по таблице и равно 2,04.

Условие (6) выполняется, следовательно, можно сделать вывод, что гипотеза об однородности ряда гидрологических расходов воды по критерию Стьюдента опровергается.

А.2) Минимальный сток

Для предварительного анализа данных построен хронологический график расходов воды (рисунок 17).

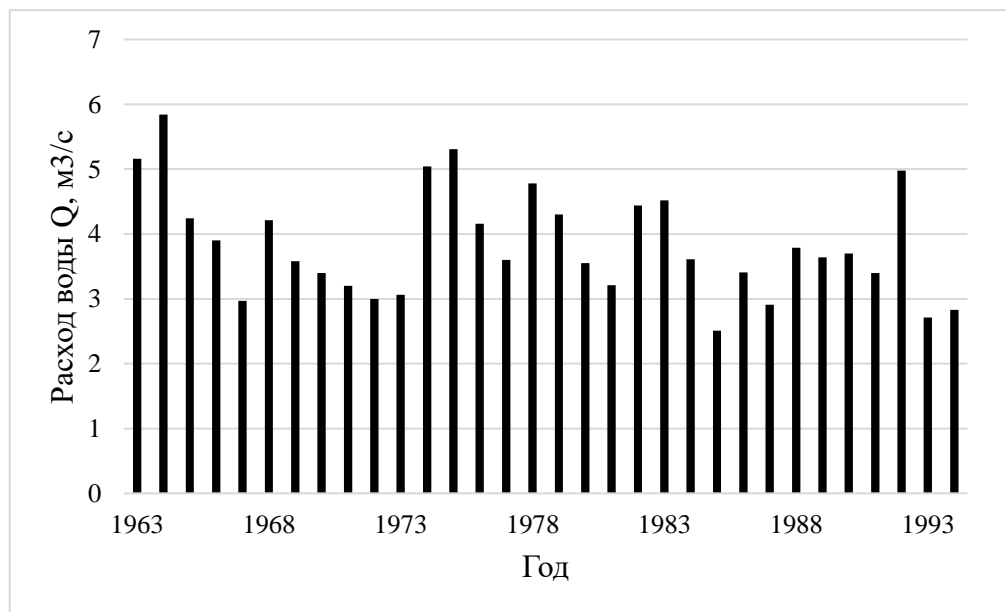


Рисунок 25 – Хронологический график минимальных расходов воды на р. Ура – с. Ура-Губа

Анализ исходных показал, что в данном ряду видимые аномалии не наблюдаются.

Оценка значимости линейного тренда производится с помощью построения хронологического графика (рисунок 26).

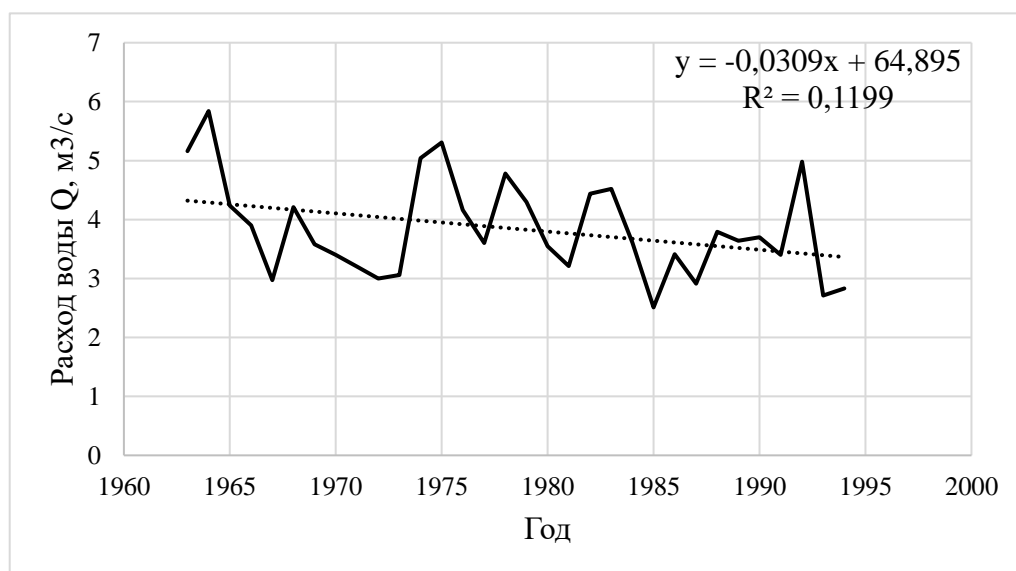


Рисунок 26 – Хронологический график минимальных расходов воды на р. Ура – с. Ура-Губа с добавлением линии тренда.

Среднеквадратическое отклонение коэффициента регрессии, рассчитанное по формуле (2) равно:

$$\sigma_R = \frac{1 - 0,1199}{\sqrt{32 - 1}} = 0,158$$

Произведение $t_{2\alpha}\sigma_R = 0,316$. Так как условие (1) выполняется, можно сделать вывод, что линейный тренд не является значимым.

Проверка ряда на случайность производится путем расчета коэффициента автокорреляции по формуле (4). В данном случае он равен $r(1) = 0,334$. Среднеквадратическое отклонение, определяемое с помощью формулы (5), равно $\sigma_r = 0,162$. Проверка ряда на случайность показала, что коэффициент автокорреляции значим, так как не выполняется условие (3).

Проверка ряда на однородность по критерию Фишера производилась с использованием расчета эмпирической статистики критерия по формуле (7):

$$F^* = \frac{0,828}{0,485} = 1,71$$

Теоретическое значение статистики Фишера $F_{2\alpha}$ определялось по таблице и равно 2,51. Так как условие (7) выполняется, можно сделать вывод, что гипотеза об однородности ряда по критерию Фишера не опровергается.

Эмпирическое значение статистики Стьюдента рассчитывается по формуле (8):

$$t^* = \left[(4,09 - 3,59) / \sqrt{\frac{(16 - 1)0,910^2 + (16 - 1)0,696^2}{16 + 16 - 2}} \right] \sqrt{\frac{16 \cdot 16}{16 + 16}} = 0,0105$$

Теоретическое значение статистики Стьюдента $t_{2\alpha}$ определяется по таблице и равно 2,04.

Условие (6) выполняется, следовательно, можно сделать вывод, что гипотеза об однородности ряда гидрологических расходов воды по критерию Стьюдента не опровергается.

В) р. Чапома – с. Чапома

Б.1) Максимальный сток

Для предварительного анализа данных построен хронологический график расходов воды (рисунок 27).

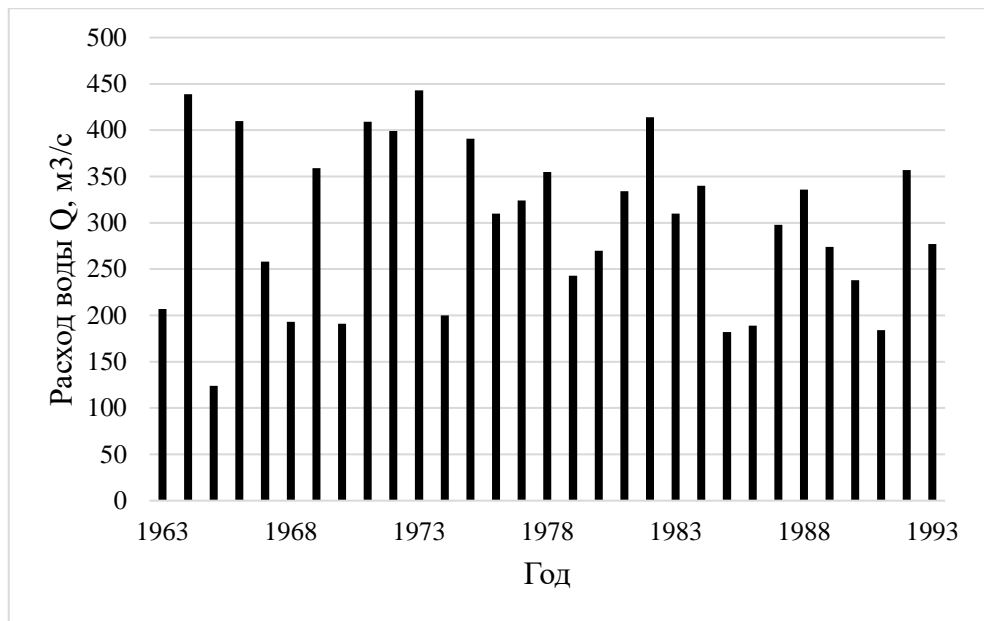


Рисунок 27 – Хронологический график максимальных расходов воды на р. Чапома – с. Чапома

Предварительный анализ исходных показал, что в данном ряду есть подозрение на неоднородность дисперсии.

Оценка значимости линейного тренда производится с помощью построения хронологического графика (рисунок 28).

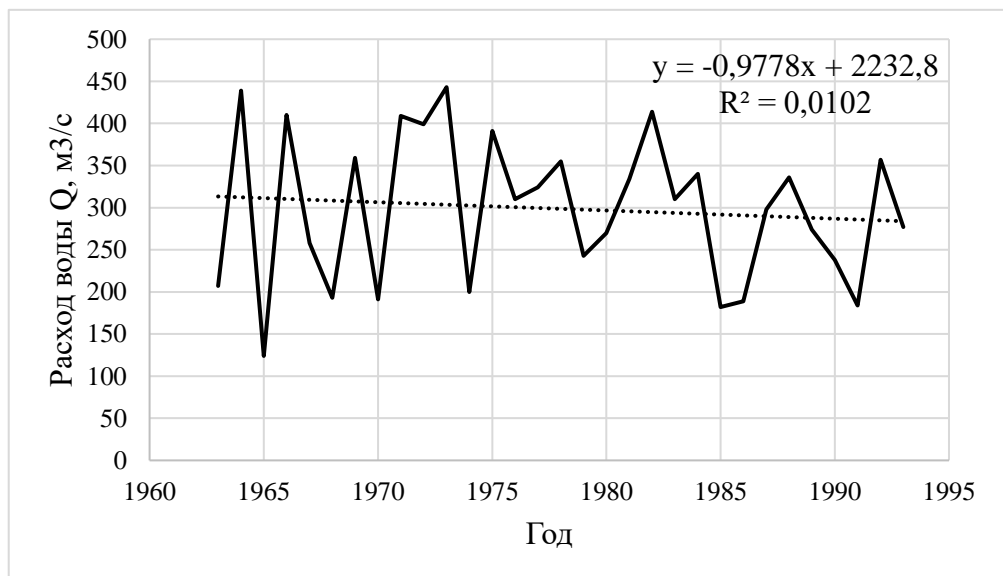


Рисунок 28 – Хронологический график максимальных расходов воды на р. Чапома – с. Чапома с добавлением линии тренда

Среднеквадратическое отклонение коэффициента регрессии, рассчитанное по формуле (2):

$$\sigma_R = \frac{1 - 0,0102}{\sqrt{32 - 1}} = 0,178$$

Произведение $t_{2\alpha}\sigma_R = 0,356$. Так как условие (1) не выполняется, можно сделать вывод, что линейный тренд не является значимым.

Проверка ряда на случайность производится путем расчета коэффициента автокорреляции по формуле (4). В данном случае он равен $r(1) = -0,288$. Среднеквадратическое отклонение, определяемое с помощью формулы (5), равно $\sigma_r = 0,167$.

Проверка ряда на случайность показала, что коэффициент автокорреляции значим, так как не выполняется условие (3).

Проверка рядов на однородность производится по критериям Фишера и Стьюдента.

Эмпирическое значение статистики Фишера рассчитывается по формуле (7):

$$F^* = \frac{10728}{4643} = 2,31$$

Теоретическое значение статистики Фишера $F_{2\alpha}$ определялось по таблице и равно 2,51. Так как условие (6) выполняется, можно сделать вывод, что гипотеза об однородности ряда по критерию Фишера опровергается.

Эмпирическое значение статистики Стьюдента рассчитывается по формуле (8):

$$t^* = \left[(313 - 283) / \sqrt{\frac{(16 - 1)104^2 + (16 - 1)68,1^2}{16 + 16 - 2}} \right] \sqrt{\frac{16 \cdot 16}{16 + 16}} = 0,006$$

Теоретическое значение статистики Стьюдента $t_{2\alpha}$ определяется по таблице и равно 2,04.

Условие (9) выполняется, следовательно, можно сделать вывод, что гипотеза об однородности ряда гидрологических расходов воды по критерию Стьюдента не опровергается.

А.2) Минимальный сток

Для предварительного анализа данных построен хронологический график расходов воды (рисунок 29).

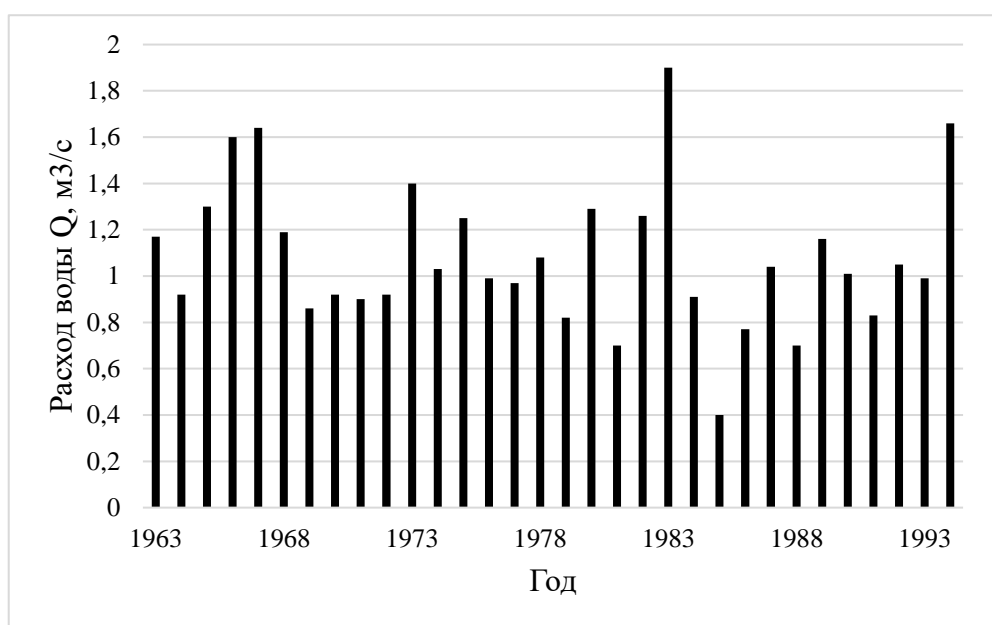


Рисунок 29 – Хронологический график минимальных расходов воды на р. Чапома – с. Чапома

Предварительный анализ исходных показал, что в данном ряду есть подозрение на неоднородность дисперсии.

Оценка значимости линейного тренда производится с помощью построения хронологического графика (рисунок 30).

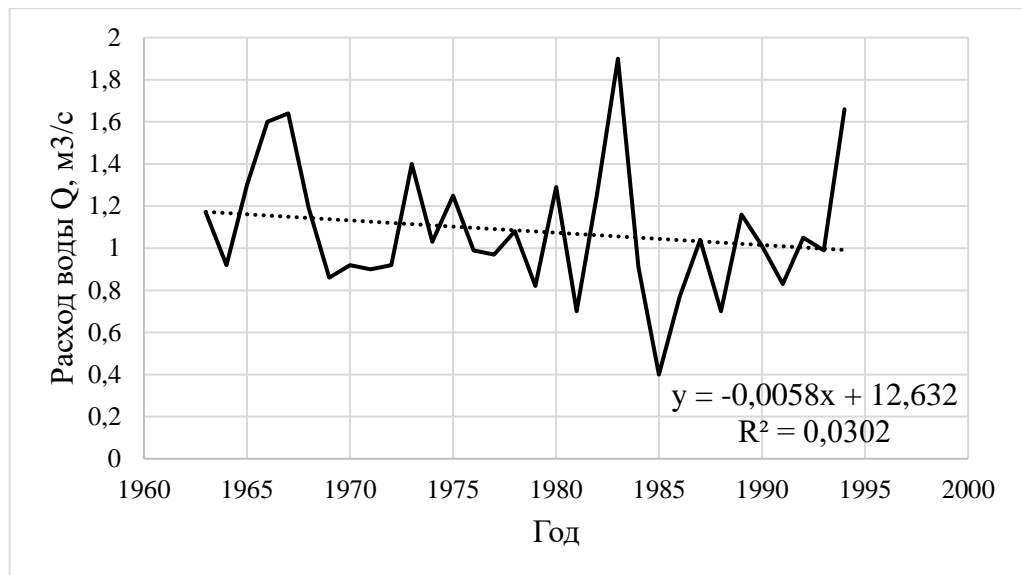


Рисунок 30 – Хронологический график минимальных расходов воды на р. Чапома – с. Чапома с добавлением линии тренда

Среднеквадратическое отклонение коэффициента регрессии, рассчитанное по формуле (2):

$$\sigma_R = \frac{1 - 0,0302}{\sqrt{32 - 1}} = 0,174$$

Произведение $t_{2\alpha}\sigma_R = 0,348$. Так как условие (1) выполняется, можно сделать вывод, что линейный тренд не является значимым.

Проверка ряда на случайность производится путем расчета коэффициента автокорреляции по формуле (4). В данном случае он равен $r(1) = 0,174$. Среднеквадратическое отклонение, определяемое с помощью формулы (5), равно $\sigma_r = 0,177$.

Проверка ряда на случайность показала, что коэффициент автокорреляции незначим, так как выполняется условие (3).

Проверка рядов на однородность производится по критериям Фишера и Стьюдента.

Эмпирическое значение статистики Фишера рассчитывается по формуле (7):

$$F^* = \frac{0,138}{0,0612} = 2,26$$

Теоретическое значение статистики Фишера $F_{2\alpha}$ определялось по таблице и равно 2,51. Так как условие (6) выполняется, можно сделать вывод, что гипотеза об однородности ряда по критерию Фишера не опровергается.

Эмпирическое значение статистики Стьюдента рассчитывается по формуле (8):

$$t^* = \left[(1,13 - 1,03) / \sqrt{\frac{(16 - 1)0,247^2 + (16 - 1)0,372^2}{16 + 16 - 2}} \right] \sqrt{\frac{16 \cdot 16}{16 + 16}} = 0,00562$$

Теоретическое значение статистики Стьюдента $t_{2\alpha}$ определяется по таблице и равно 2,04.

Условие (9) не выполняется, можно сделать вывод, что гипотеза об однородности ряда гидрологических расходов воды по критерию Стьюдента не опровергается.

Г) р. Чаваньга – с. Чаваньга

Б.1) Максимальный сток

Для предварительного анализа данных построен хронологический график расходов воды (рисунок 31).

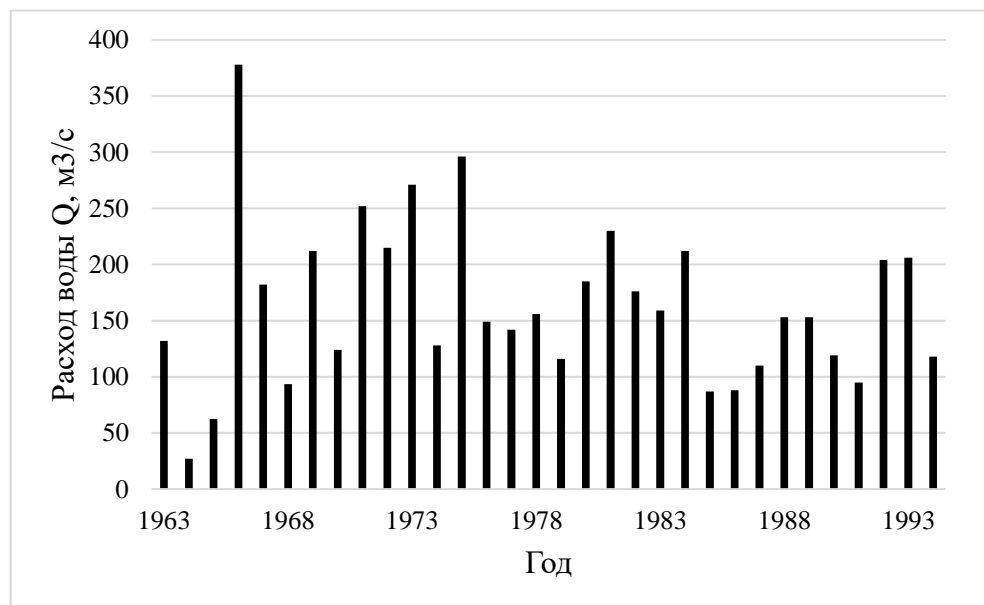


Рисунок 31 – Хронологический график максимальных расходов воды на р. Чаваньга - с. Чаваньга.

Предварительный анализ исходных показал, что в данном ряду есть подозрение на неоднородность дисперсии.

Оценка значимости линейного тренда производится с помощью построения хронологического графика (рисунок 32).

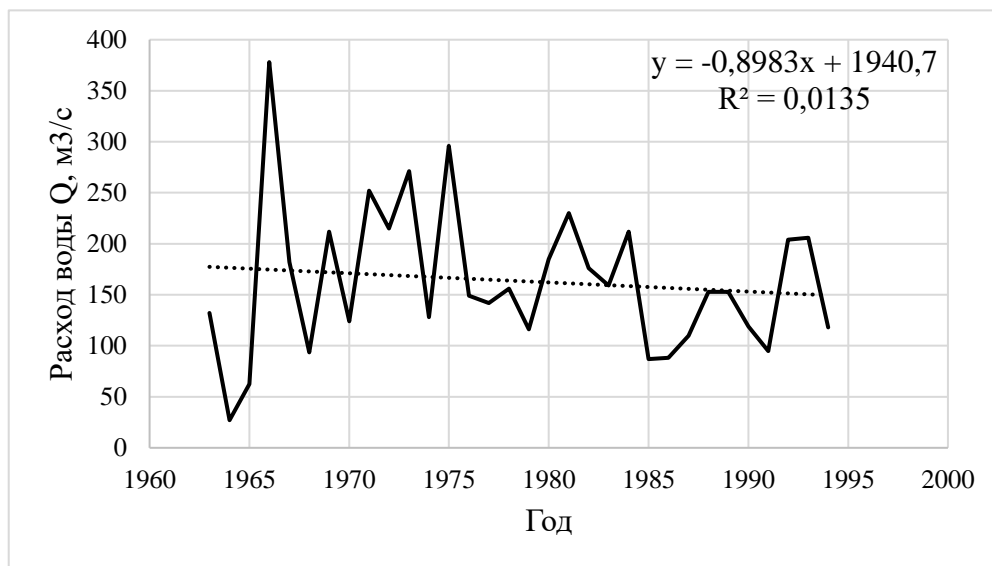


Рисунок 32 – Хронологический график максимальных расходов воды на р. Чаваньга - с. Чаваньга с добавлением линии тренда.

Среднеквадратическое отклонение коэффициента регрессии, рассчитанное по формуле (2):

$$\sigma_R = \frac{1 - 0,0135}{\sqrt{32 - 1}} = 0,178$$

Произведение $t_{2\alpha}\sigma_R = 0,356$. Так как условие (1) выполняется, можно сделать вывод, что линейный тренд не является значимым.

Проверка ряда на случайность производится путем расчета коэффициента автокорреляции по формуле (4). В данном случае он равен $r(1) = -0,113$. Среднеквадратическое отклонение, определяемое с помощью формулы (5), равно $\sigma_r = 0,180$.

Проверка ряда на случайность показала, что коэффициент автокорреляции незначим, так как выполняется условие (3).

Проверка рядов на однородность производится по критериям Фишера и Стьюдента.

Эмпирическое значение статистики Фишера рассчитывается по формуле (7):

$$F^* = \frac{10089}{2122} = 4,75$$

Теоретическое значение статистики Фишера $F_{2\alpha}$ определялось по таблице и равно 2,51. Так как условие (6) не выполняется, можно сделать вывод, что гипотеза об однородности ряда по критерию Фишера опровергается.

Эмпирическое значение статистики Стьюдента рассчитывается по формуле (9):

$$t^* = \left[(171 - 155) / \sqrt{\frac{(16 - 1)100^2 + (16 - 1)46,1^2}{16 + 16 - 2}} \right] \sqrt{\frac{16 \cdot 16}{16 + 16}} = 0,00448$$

Теоретическое значение статистики Стьюдента $t_{2\alpha}$ определяется по таблице и равно 2,04.

Условие (8) выполняется, следовательно, можно сделать вывод, что гипотеза об однородности ряда гидрологических расходов воды по критерию Стьюдента не опровергается.

А.2) Минимальный сток

Для предварительного анализа данных построен хронологический график расходов воды (рисунок 33).

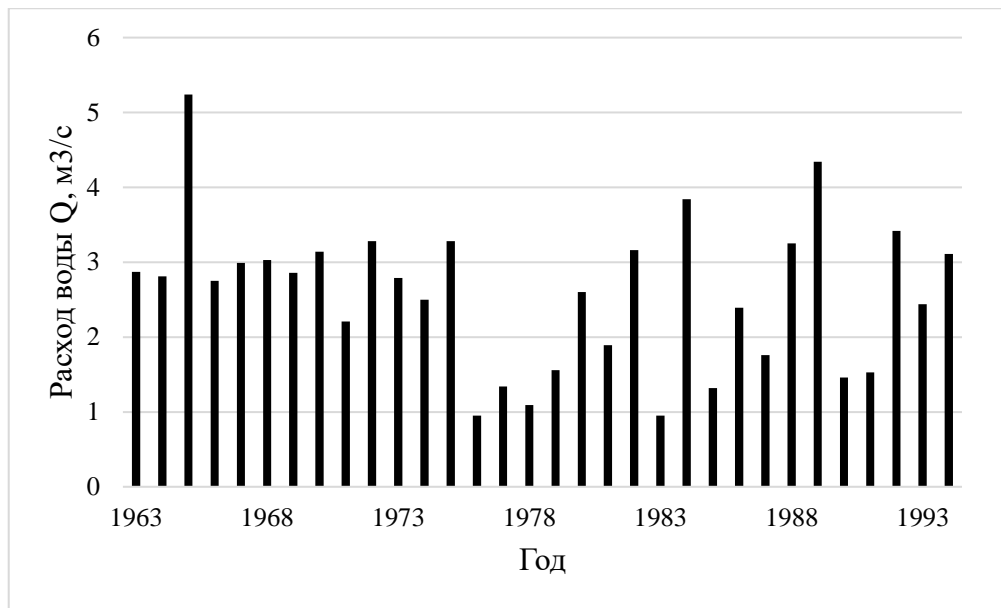


Рисунок 33 – Хронологический график минимальных расходов воды на р. Чаваньга – с. Чаваньга.

Предварительный анализ исходных показал, что в данном ряду есть подозрение на неоднородность дисперсии.

Оценка значимости линейного тренда производится с помощью построения хронологического графика (рисунок 34).

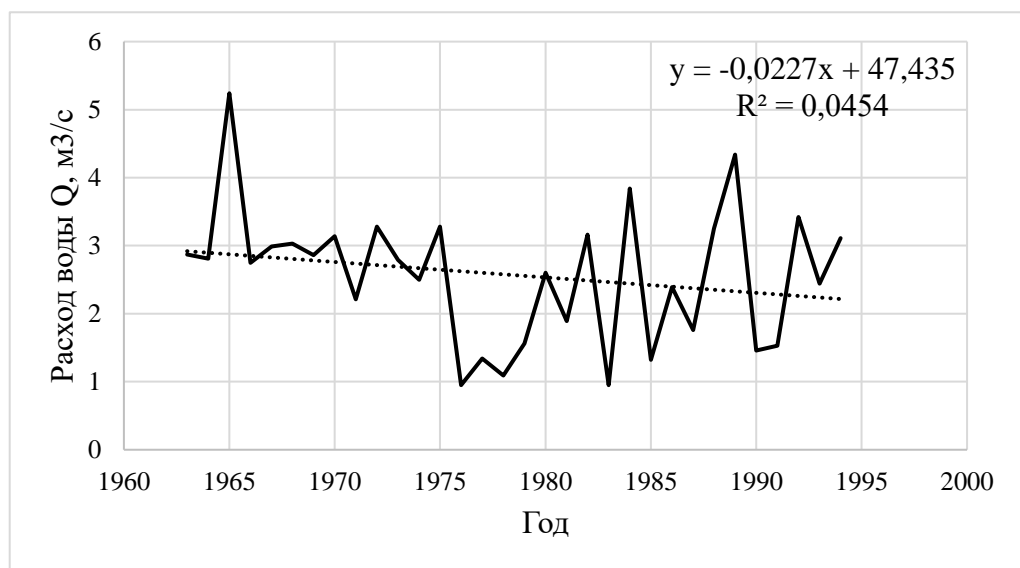


Рисунок 34 – Хронологический график минимальных расходов воды на р. Чаваньга – с. Чаваньга с добавлением линии тренда

Среднеквадратическое отклонение коэффициента регрессии, рассчитанное по формуле (2):

$$\sigma_R = \frac{1 - 0,0454}{\sqrt{32 - 1}} = 0,171$$

Произведение $t_{2\alpha}\sigma_R = 0,342$. Так как условие (1) выполняется, можно сделать вывод, что линейный тренд не является значимым.

Проверка ряда на случайность производится путем расчета коэффициента автокорреляции по формуле (4). В данном случае он равен $r(1) = -0,010$. Среднеквадратическое отклонение, определяемое с помощью формулы (5), равно $\sigma_r = 0,183$.

Проверка ряда на случайность показала, что коэффициент автокорреляции незначим, так как выполняется условие (3).

Проверка рядов на однородность производится по критериям Фишера и Стьюдента.

Эмпирическое значение статистики Фишера рассчитывается по формуле (7):

$$F^* = \frac{1,07}{0,902} = 1,19$$

Теоретическое значение статистики Фишера $F_{2\alpha}$ определялось по таблице и равно 2,51. Так как условие (6) выполняется, можно сделать вывод, что гипотеза об однородности ряда по критерию Фишера не опровергается.

Эмпирическое значение статистики Стьюдента рассчитывается по формуле (8):

$$t^* = \left[(2,80 - 2,31) / \sqrt{\frac{(16 - 1)0,950^2 + (16 - 1)1,04^2}{16 + 16 - 2}} \right] \sqrt{\frac{16 \cdot 16}{16 + 16}} = 0,00894$$

Теоретическое значение статистики Стьюдента $t_{2\alpha}$ определяется по таблице и равно 2,04.

Условие (9) не выполняется, следовательно, можно сделать вывод, что гипотеза об однородности ряда гидрологических расходов воды по критерию Стьюдента не опровергается.

Д) р. Колвица – д. Колвица

Б.1) Максимальный сток

Для предварительного анализа данных построен хронологический график расходов воды (рисунок 35).

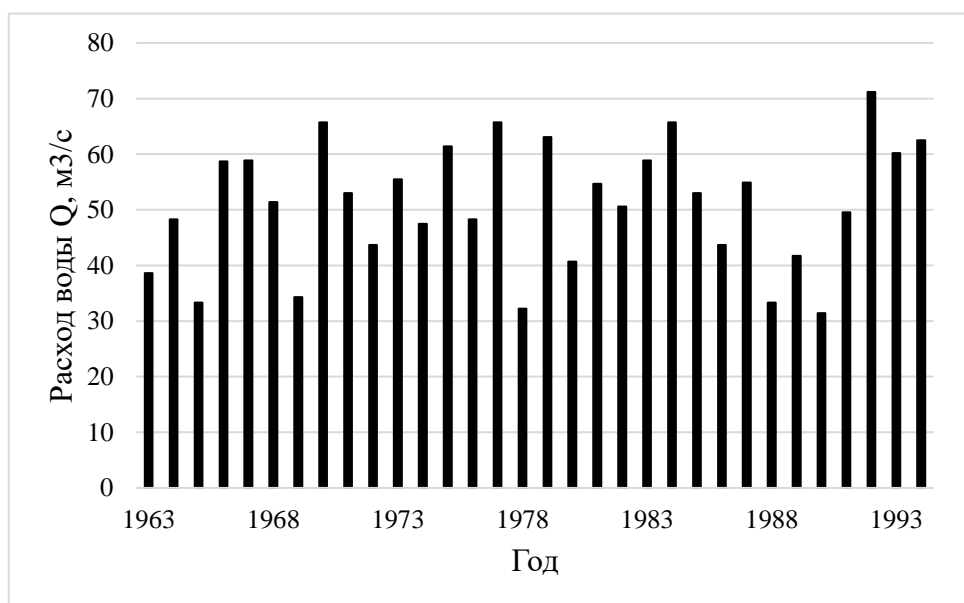


Рисунок 35 – Хронологический график максимальных расходов воды на р. Колвица – д. Колвица.

Предварительный анализ исходных показал, что в данном ряду видимые аномалии не наблюдаются.

Оценка значимости линейного тренда производится с помощью построения хронологического графика (рисунок 36).

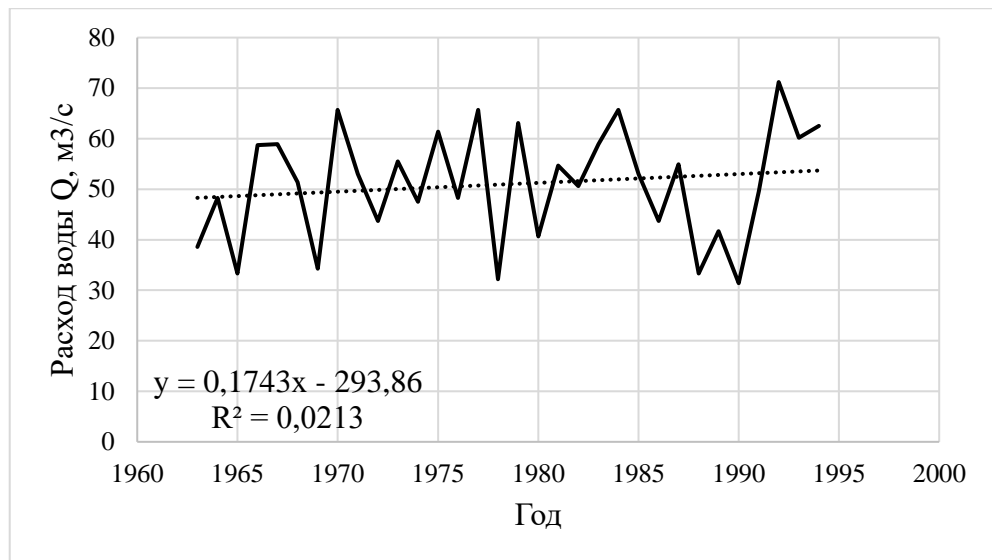


Рисунок 36 – Хронологический график максимальных расходов воды на р. Колвица – д. Колвица с добавлением линии тренда.

Среднеквадратическое отклонение коэффициента регрессии, рассчитанное по формуле (2) равно:

$$\sigma_R = \frac{1 - 0,146}{\sqrt{32 - 1}} = 0,146$$

Произведение $t_{2\alpha}\sigma_R = 0,292$. Так как условие (1) выполняется, можно сделать вывод, что линейный тренд не является значимым.

Проверка ряда на случайность производится путем расчета коэффициента автокорреляции по формуле (4). В данном случае он равен $r(1) = -0,101$. Среднеквадратическое отклонение, определяемое с помощью формулы (5), равно $\sigma_r = 0,181$. Проверка ряда на случайность показала, что коэффициент автокорреляции незначим, так как выполняется условие (3).

Проверка ряда на однородность по критерию Фишера производилась с использованием расчета эмпирической статистики критерия Фишера по формуле (7):

$$F^* = \frac{123}{134} = 1,09$$

Теоретическое значение статистики Фишера $F_{2\alpha}$ определялось по таблице и равно 2,51. Так как условие (6) выполняется, можно сделать вывод, что гипотеза об однородности ряда по критерию Фишера не опровергается.

Эмпирическое значение статистики Стьюдента определяется по формуле (8):

$$t^* = \left[(52,2 - 49,8) / \sqrt{\frac{(16 - 1)11,6^2 + (16 - 1)11,1^2}{16 + 16 - 2}} \right] \sqrt{\frac{16 \cdot 16}{16 + 16}} = -0,00367$$

Теоретическое значение статистики Стьюдента $t_{2\alpha}$ определяется по таблице и равно 2,04.

Условие (9) выполняется, следовательно, можно сделать вывод, что гипотеза об однородности ряда гидрологических расходов воды по критерию Стьюдента не опровергается.

А.2) Минимальный сток

Для предварительного анализа данных построен хронологический график расходов воды (рисунок 37).

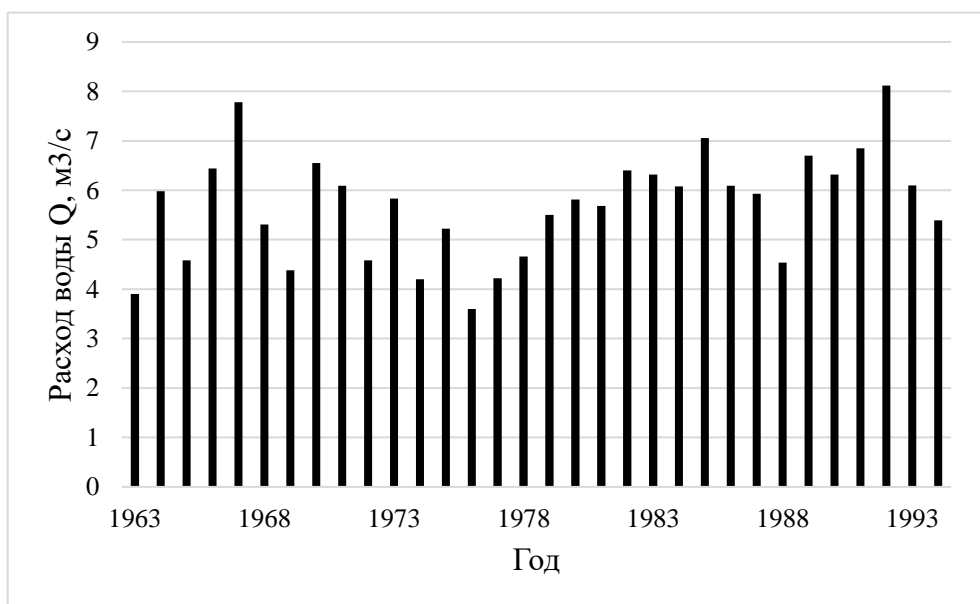


Рисунок 37 – Хронологический график минимальных расходов воды на р. Колвица – д. Колвица.

Предварительный анализ исходных показал, что в данном ряду видимые аномалии не наблюдаются.

Оценка значимости линейного тренда производится с помощью построения хронологического графика (рисунок 38).

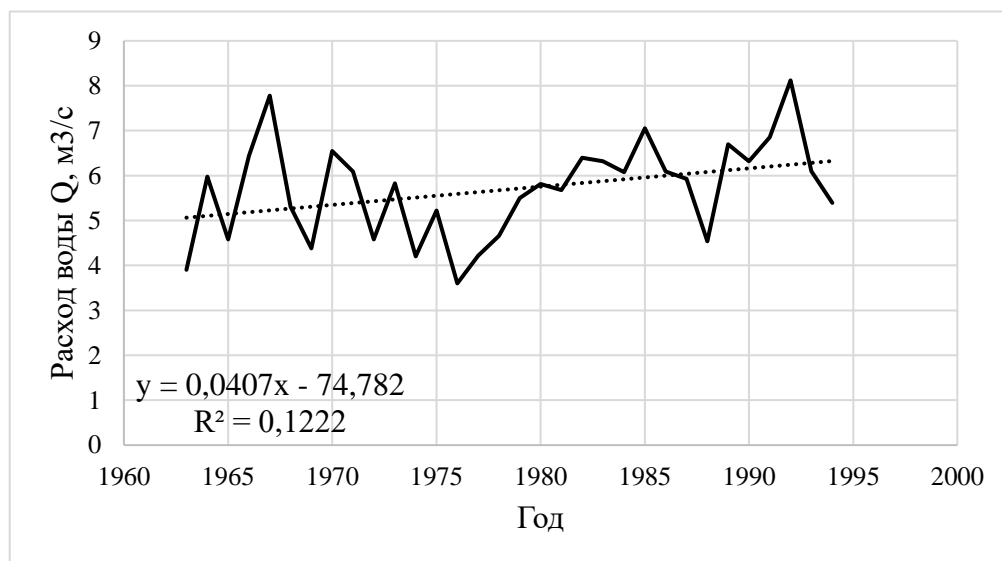


Рисунок 38 – Хронологический график минимальных расходов воды на р. Колвица – д. Колвица с добавлением линии тренда.

Среднеквадратическое отклонение коэффициента регрессии, рассчитанное по формуле (2):

$$\sigma_R = \frac{1 - 0,122}{\sqrt{32 - 1}} = 0,158$$

Произведение $t_{2\alpha}\sigma_R = 0,316$. Так как условие (1) выполняется, можно сделать вывод, что линейный тренд не является значимым.

Проверка ряда на случайность производится путем расчета коэффициента автокорреляции по формуле (4). В данном случае он равен $r(1) = 0,282$. Среднеквадратическое отклонение, определяемое с помощью формулы (5), равно $\sigma_r = 0,168$.

Проверка ряда на случайность показала, что коэффициент автокорреляции значим, так как не выполняется условие (3).

Проверка ряда на однородность по критерию Фишера производилась с использованием расчета эмпирической статистики критерия Фишера по формуле (7):

$$F^* = \frac{1,32}{0,639} = 2,06$$

Теоретическое значение статистики Фишера $F_{2\alpha}$ определялось по таблице и равно 2,51. Так условие (6) выполняется, можно сделать вывод, что гипотеза об однородности ряда по критерию Фишера не опровергается.

Эмпирическое значение статистики Стьюдента вычисляется по формуле (8):

$$t^* = \left[(5,21 - 6,18) / \sqrt{\frac{(16 - 1)1,15^2 + (16 - 1)0,800^2}{16 + 16 - 2}} \right] \sqrt{\frac{16 \cdot 16}{16 + 16}} = -0,0169$$

Теоретическое значение статистики Стьюдента $t_{2\alpha}$ определяется по таблице и равно 2,04.

Условие (9) выполняется, следовательно, можно сделать вывод, что гипотеза об однородности ряда гидрологических расходов воды по критерию Стьюдента не опровергается.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Кольский полуостров расположен на крайнем северо-западе России, практически полностью за Полярным кругом. Полуостров омывает Баренцево море на севере, Белое море на востоке и юго-востоке. Климат на Кольском полуострове относительно мягкий, из-за влияния теплого Нордкапского течения и северо-восточной ветки Гольфстрима. Здесь расположено единственное место в европейской части России, где находится незамерзающий порт. Он обеспечивает круглогодичный прямой выход в открытый океан.

Основная отрасль в экономике Кольского полуострова приходится на рыболовство и рыбоводство, сельское хозяйство, цветную металлургию. Кольская энергосистема включает в себя 17 ГЭС, 2 теплоэлектроцентрали, Кольскую атомную электростанцию, единственную в РФ приливную электростанцию ПЭС и сеть распределительных и магистральных ЛЭП, которая объединяет станции в энергосистеме области и входит в Единую энергетическую систему России.

В работе проведено исследование колебания стока рек по постам р. Печенга – ст. Печенга, р. Ура – с. Ура-Губа, р. Чапома – с. Чапома, р. Чаваньга – с. Чаваньга, р. Колвица – д. Колвица в условиях изменения климата.

В ходе исследования обнаружено, что средняя температура воздуха за период наблюдений с 1966 по 2020 год изменилась с $-0,4^{\circ}\text{C}$ до $+1,4^{\circ}\text{C}$. В результате данного изменения средний годовой сток по постам р. Печенга – ст. Печенга, р. Чапома – с. Чапома, р. Чаваньга – с. Чаваньга, р. Колвица – д. Колвица также возрос, в то время как по посту р. Ура – с. Ура-Губа было замечено, напротив, уменьшение стока.

Максимальный и минимальный сток по постам р. Печенга – ст. Печенга, р. Ура – с. Ура-Губа, р. Чапома – с. Чапома, р. Чаваньга – с. Чаваньга уменьшился, в то время как на посту р. Колвица – д. Колвица замечено увеличение стока. Данное явление связано с тем, что среди всех рассмотренных рек только Колвица регулируется плотиной у истока.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО) [Электронный ресурс] // URL: <https://gmvo.skniivh.ru/> (Дата обращения: 15.04.2023).

2 Гидрологический ежегодник Том 0 Выпуск 0, 1 Бассейны Белого и Баренцева морей Гидрометеиздат Ленинград (1954 – 1978 гг.)

3 Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши Том 0 Выпуск 0 (Бассейны рек Кольского полуострова) Мурманск (1979 – 1994 гг.)

4 Кольская Энциклопедия [Электронный ресурс] // URL: https://ke-culture.gov-murman.ru/murmanskaya_oblast/ (Дата обращения: 26.04.2023).

5 Малинин В.Н. Статистические методы анализа гидрометеорологической информации. [Текст] / В.Н. Малинин – СПб.: изд. РГГМУ, 2008. – 399, 400 с.

6 Погода и климат [Электронный ресурс] // URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/climate/> (Дата обращения: 15.04.2023).

7 Правительство Мурманской области [Электронный ресурс] // URL: <https://gov-murman.ru/region/> (Дата обращения: 26.04.2023).

8 Ресурсы поверхностных вод СССР Том 1 Кольский полуостров Гидрометеиздат 1970 г.

9 Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды [Электронный ресурс] // URL: meteo.ru (Дата обращения: 15.04.2023).

Приложение А – Исходные данные [2][3]

Таблица А.1 – Средний, минимальный расход воды по р. Печенга – ст. Печенга.

| Год | Расход | | |
|------|---------|-------------|--------------|
| | Средний | Минимальный | Максимальный |
| 1958 | 21,6 | 4,47 | 164 |
| 1959 | 27,8 | 4,6 | 266 |
| 1960 | 14,7 | 4,03 | 128 |
| 1961 | 20,5 | 3,5 | 247 |
| 1962 | 23,1 | 4,32 | 174 |
| 1963 | 17,4 | 5,52 | 375 |
| 1964 | 16,7 | 4,45 | 280 |
| 1965 | 17,6 | 5,38 | 177 |
| 1966 | 12,4 | 4,72 | 314 |
| 1967 | 15,4 | 5,52 | 194 |
| 1968 | 14,7 | 5,62 | 316 |
| 1969 | 11,7 | 4,19 | 171 |
| 1970 | 10,7 | 3,25 | 118 |
| 1971 | 25,9 | 4,13 | 180 |
| 1972 | 17,9 | 4,5 | 186 |
| 1973 | 16,4 | 5,25 | 126 |
| 1974 | 29,8 | 4,81 | 226 |
| 1975 | 32,1 | 6,51 | 274 |
| 1976 | 20,4 | 5,14 | 144 |
| 1977 | 32,8 | 4,16 | 221 |
| 1978 | 22,8 | 5,65 | 274 |
| 1979 | 21,2 | 2,7 | 247 |
| 1980 | 16 | 4,05 | 165 |
| 1981 | 30 | 3,68 | 314 |
| 1982 | 31,1 | 3,25 | 217 |
| 1983 | 24,9 | 5,87 | 168 |
| 1984 | 28,2 | 4,78 | 398 |
| 1985 | 16,6 | 2,73 | 92 |
| 1986 | 20,6 | 5,16 | 199 |
| 1987 | 20,6 | 3,85 | 297 |
| 1988 | 19,4 | 4,33 | 248 |
| 1989 | 27,7 | 5,97 | 149 |
| 1990 | 19,2 | 4,85 | 146 |
| 1991 | 12,7 | 4,59 | 72,5 |
| 1992 | 27,9 | 6,6 | 166 |
| 1993 | 24,5 | 4,15 | 217 |
| 1994 | 17,7 | 4,43 | 217 |

Таблица А.2 – Средний, минимальный расход воды по р. Ура – с. Ура-Губа.

| Год | Расход | | |
|------|---------|-------------|--------------|
| | Средний | Минимальный | Максимальный |
| 1963 | 17,5 | 5,16 | 161 |
| 1964 | 18,3 | 5,84 | 113 |
| 1965 | 18,6 | 4,24 | 107 |
| 1966 | 14,9 | 3,9 | 198 |
| 1967 | 16,3 | 2,97 | 92,3 |
| 1968 | 14,7 | 4,21 | 148 |
| 1969 | 13 | 3,58 | 126 |
| 1970 | 11,5 | 3,4 | 66,2 |
| 1971 | 16,5 | 3,2 | 115 |
| 1972 | 12,5 | 3 | 128 |
| 1973 | 11,3 | 3,06 | 72,2 |
| 1974 | 21,9 | 5,04 | 179 |
| 1975 | 20,2 | 5,31 | 155 |
| 1976 | 13,7 | 4,16 | 120 |
| 1977 | 17,5 | 3,6 | 118 |
| 1978 | 16 | 4,78 | 140 |
| 1979 | 14,4 | 4,3 | 115 |
| 1980 | 10,5 | 3,55 | 81,3 |
| 1981 | 19,1 | 3,21 | 132 |
| 1982 | 18,5 | 4,44 | 111 |
| 1983 | 16,3 | 4,52 | 82,5 |
| 1984 | 17,4 | 3,61 | 163 |
| 1985 | 11,3 | 2,51 | 50,4 |
| 1986 | 14,5 | 3,41 | 147 |
| 1987 | 12,4 | 2,91 | 159 |
| 1988 | 12,3 | 3,79 | 104 |
| 1989 | 19,3 | 3,64 | 113 |
| 1990 | 13,2 | 3,7 | 68,7 |
| 1991 | 14,2 | 3,4 | 43,2 |
| 1992 | 15,4 | 4,98 | 69,9 |
| 1993 | 16,5 | 2,71 | 62,7 |
| 1994 | 11,9 | 2,83 | 67,4 |

Таблица А.3 – Средний, минимальный расход воды по р. Чапома – с.
Чапома.

| Год | Расход | | |
|------|---------|-------------|--------------|
| | Средний | Минимальный | Максимальный |
| 1963 | 10,2 | 1,17 | 207 |
| 1964 | 11 | 0,92 | 439 |
| 1965 | 13 | 1,3 | 124 |
| 1966 | 14 | 1,6 | 410 |
| 1967 | 15,6 | 1,64 | 258 |
| 1968 | 10,5 | 1,19 | 193 |
| 1969 | 14,2 | 0,86 | 359 |
| 1970 | 11,9 | 0,92 | 191 |
| 1971 | 13,7 | 0,9 | 409 |
| 1972 | 11,7 | 0,92 | 399 |
| 1973 | 8,64 | 1,4 | 443 |
| 1974 | 11,9 | 1,03 | 200 |
| 1975 | 15,1 | 1,25 | 391 |
| 1976 | 14,2 | 0,99 | 310 |
| 1977 | 11,7 | 0,97 | 324 |
| 1978 | 13,8 | 1,08 | 355 |
| 1979 | 11,3 | 0,82 | 243 |
| 1980 | 9,76 | 1,29 | 270 |
| 1981 | 19,2 | 0,7 | 334 |
| 1982 | 14,6 | 1,26 | 414 |
| 1983 | 16,2 | 1,9 | 310 |
| 1984 | 10,4 | 0,91 | 340 |
| 1985 | 10,4 | 0,4 | 182 |
| 1986 | 9,74 | 0,77 | 189 |
| 1987 | 10,5 | 1,04 | 298 |
| 1988 | 9,35 | 0,7 | 336 |
| 1989 | 14,5 | 1,16 | 274 |
| 1990 | 11 | 1,01 | 238 |
| 1991 | 15,2 | 0,83 | 184 |
| 1992 | 12,8 | 1,05 | 357 |
| 1993 | 13,8 | 0,99 | 277 |
| 1994 | 14 | 1,66 | 298 |

Таблица А.4 – Средний, минимальный расход воды по р. Чаваньга – с.
Чаваньга.

| Год | Расход | | |
|------|---------|-------------|--------------|
| | Средний | Минимальный | Максимальный |
| 1963 | 10,4 | 2,87 | 132 |
| 1964 | 13,1 | 2,81 | 27,1 |
| 1965 | 17,4 | 5,24 | 62,4 |
| 1966 | 16,0 | 2,75 | 378 |
| 1967 | 17,5 | 2,99 | 182 |
| 1968 | 19,9 | 3,03 | 93,5 |
| 1969 | 7,6 | 2,86 | 212 |
| 1970 | 14,5 | 3,14 | 124 |
| 1971 | 18,5 | 2,21 | 252 |
| 1972 | 13,4 | 3,28 | 215 |
| 1973 | 4,1 | 2,79 | 271 |
| 1974 | 14,4 | 2,5 | 128 |
| 1975 | 17,4 | 3,28 | 296 |
| 1976 | 17,8 | 0,95 | 149 |
| 1977 | 13,2 | 1,34 | 142 |
| 1978 | 14,9 | 1,09 | 156 |
| 1979 | 9,5 | 1,56 | 116 |
| 1980 | 10,2 | 2,6 | 185 |
| 1981 | 21,9 | 1,89 | 230 |
| 1982 | 14,4 | 3,16 | 176 |
| 1983 | 18,6 | 0,95 | 159 |
| 1984 | 15,5 | 3,84 | 212 |
| 1985 | 13,1 | 1,32 | 86,9 |
| 1986 | 8,9 | 2,39 | 88,1 |
| 1987 | 12,2 | 1,76 | 110 |
| 1988 | 12,6 | 3,25 | 153 |
| 1989 | 16,0 | 4,34 | 153 |
| 1990 | 11,3 | 1,46 | 119 |
| 1991 | 16,4 | 1,53 | 94,8 |
| 1992 | 16,4 | 3,42 | 204 |
| 1993 | 15,4 | 2,44 | 206 |
| 1994 | 16,3 | 3,11 | 118 |

Таблица А.5 – Средний, минимальный расход воды по р. Колвица – д.
Колвица.

| Год | Расход | | |
|------|---------|-------------|--------------|
| | Средний | Минимальный | Максимальный |
| 1963 | 12,5 | 3,9 | 38,6 |
| 1964 | 11 | 5,98 | 48,3 |
| 1965 | 13 | 4,58 | 33,3 |
| 1966 | 15,1 | 6,44 | 58,7 |
| 1967 | 13,1 | 7,78 | 58,9 |
| 1968 | 10,2 | 5,31 | 51,4 |
| 1969 | 10,2 | 4,38 | 34,3 |
| 1970 | 12 | 6,55 | 65,7 |
| 1971 | 15,3 | 6,09 | 53 |
| 1972 | 14 | 4,58 | 43,7 |
| 1973 | 12,6 | 5,83 | 55,5 |
| 1974 | 14 | 4,2 | 47,5 |
| 1975 | 16,2 | 5,22 | 61,4 |
| 1976 | 12 | 3,6 | 48,3 |
| 1977 | 14,4 | 4,22 | 65,7 |
| 1978 | 13 | 4,66 | 32,2 |
| 1979 | 13,9 | 5,5 | 63,1 |
| 1980 | 11,9 | 5,81 | 40,7 |
| 1981 | 19,8 | 5,68 | 54,7 |
| 1982 | 17,9 | 6,4 | 50,6 |
| 1983 | 16,7 | 6,32 | 58,9 |
| 1984 | 18,4 | 6,08 | 65,7 |
| 1985 | 14,3 | 7,055 | 53 |
| 1986 | 13,9 | 6,09 | 43,7 |
| 1987 | 16,4 | 5,93 | 54,9 |
| 1988 | 11,3 | 4,54 | 33,3 |
| 1989 | 15 | 6,7 | 41,7 |
| 1990 | 12,3 | 6,32 | 31,4 |
| 1991 | 13,9 | 6,85 | 49,6 |
| 1992 | 20,7 | 8,12 | 71,2 |
| 1993 | 16,2 | 6,1 | 60,2 |
| 1994 | 12,4 | 5,39 | 62,5 |