



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

Кафедра инженерной гидрологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему **Влияние изменений климата на
речной сток Челябинской области**

Исполнитель Мацура Виктория Артуровна
(фамилия, имя, отчество)

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

Сикан Александр Владимирович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой (подпись)

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

Гайдукова Екатерина Владимировна
(фамилия, имя, отчество)

16 июня 2026г.

Санкт-Петербург
2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ И КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	4
1.1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О РАЙОНЕ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	4
1.2. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ	6
1.2.1. РЕЛЬЕФ.....	6
1.2.2. ГЕОЛОГИЯ.....	10
1.2.3. ПОВЕРХНОСТНЫЕ ВОДЫ	12
1.2.4. КАРСТ	18
1.2.5. РАСТИТЕЛЬНОСТЬ	19
1.3. КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА	21
1.3.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КЛИМАТА.....	21
1.3.2. ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА	25
1.3.3. ОСАДКИ	31
2. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И ПРОВЕРКА РЯДОВ НА ОДНОРОДНОСТЬ	35
2.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДНОГО РЕЖИМА РЕК СЕВЕРО- ЗАПАДА ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	35
2.2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ	36
2.2.1. РЕКА АЙ – Г. ЗЛАТОУСТ	38
2.2.2. РЕКА АЙ – Д. ВЕСЕЛОВКА.....	41
2.2.3. РЕКА УФА – Г. НЯЗЕПЕТРОВСК	42
2.2.4. РЕКА ЮРЮЗАНЬ – Д. ВЯЗОВАЯ.....	44
2.2.5. РЕКА ТЮЛЮК – Д. ТЮЛЮК.....	45
2.2.6. РЕКА КУСА – ПГТ. МАГНИТКА	46
2.2.7. РЕКА БОЛ. АРША – Д. ВОЗНЕСЕНСКАЯ.....	47
2.3. ПРИВЕДЕНИЕ КОРОТКИХ РЯДОВ СРЕДНЕГОДОВЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ К МНОГОЛЕТНЕМУ ПЕРИОДУ	47
2.4. ОПИСАНИЕ РАСЧЕТНЫХ МЕТОДИК.....	50

2.5. ПРОВЕРКА РЯДОВ СРЕДНЕГОДОВЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ НА ОДНОРОДНОСТЬ И СТАЦИОНАРНОСТЬ	52
2.6. ПРОВЕРКА РЯДОВ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ НА ОДНОРОДНОСТЬ И СТАЦИОНАРНОСТЬ.....	58
2.7. ПРОВЕРКА РЯДОВ МИНИМАЛЬНЫХ ЗИМНИХ РАСХОДОВ ВОДЫ НА ОДНОРОДНОСТЬ И СТАЦИОНАРНОСТЬ	60
2.8. ПРОВЕРКА РЯДОВ МИНИМАЛЬНЫХ ЛЕТНЕ-ОСЕННИХ РАСХОДОВ ВОДЫ НА ОДНОРОДНОСТЬ И СТАЦИОНАРНОСТЬ.	64
3. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА СРЕДНЕГОДОВОЙ И ЭКСТРЕМАЛЬНЫЙ СТОК РЕК ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ	68
3.1. ОЦЕНКА КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ.....	68
3.2. ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА СРЕДНЕГОДОВОЙ СТОК	72
3.3. ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА МАКСИМАЛЬНЫЙ ВЕСЕННИЙ СТОК.....	73
3.4. ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА МИНИМАЛЬНЫЙ СТОК	73
3.5. ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ВЕРОЯТНОСТНУЮ СТРУКТУРУ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ РЯДОВ...	74
3.6. УЧЕТ ПРОИЗОШЕДШИХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ	75
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	77
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	79
ПРИЛОЖЕНИЯ	81

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа посвящена исследованию особенностей водного режима рек северо-запада Челябинской области в современных условиях. В связи с этим решались следующие задачи.

- Дать краткую физико-географическую и климатическую характеристику района исследований.
- Выполнить анализ пространственно-временных изменений основных климатических характеристик на территории Челябинской области.
- Оценить влияние климатических изменений на сток рек исследуемого района.

Работа состоит из 3 глав, введения и заключения.

В первой главе представлена краткая характеристика природных условий северо-запада Челябинской области. Дано описание рельефа, геологического строения, растительности и гидрографической сети региона исследований. Приводится общая характеристика климатических условий.

Во второй главе выполнен анализ исходных данных. Проанализированы ряды среднегодовых расходов воды, максимальных расходов весеннего половодья, минимальных суточных зимних и летних расходов воды. Дано описание гидрологических постов. Проведено приведение коротких рядов к многолетнему периоду. Представлены результаты проверки рядов на однородность и значимость трендов.

В третьей главе дана оценка влияния климатических изменений на статистические характеристики среднегодового, максимального и минимального стока рек исследуемого района.

В заключении представлены основные результаты проделанной работы.

Бакалаврская работа содержит 50 рисунков, 21 таблицу, 6 приложений и список использованных источников из 20 наименований. Общий объем работы 112 страниц.

1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ И КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

1.1. Основные сведения о районе исследований

Челябинская область находится на стыке двух частей света — Европы и Азии. По территории области проходят два участка условной границы «Европа – Азия»: горный — по Урал-тау и Уральскому хребту и водный — по реке Урал. В настоящее время область занимает площадь 88,5 тыс. км² и простирается с юга на север на 490 км, с запада на восток — на 400 км. Административный центр — город Челябинск [18].

Челябинская область по территории занимает пятое место из восьми регионов Урала и 39 место по России. Общая протяжённость границ составляет 2751 км.

На севере Челябинская область граничит со Свердловской областью, на востоке — с Курганской, на юге — с Оренбургской, на западе — с Республикой Башкортостан. Юго-восточная часть границы области с Казахстаном является государственной границей России (рисунок 1.1).

В Челябинской области расположено очень много промышленных предприятий, что сказывается на состоянии окружающей среды. Экологическая обстановка в регионе остаётся одной из самых напряжённых в России. Водные ресурсы Челябинской области используют более 800 предприятий, организаций и учреждений.

Основным потребителем воды в промышленности является черная металлургия. На ее долю приходится свыше 60% использованной воды. Свыше 20% приходится на долю электроэнергетики, машиностроения и металлообработки, еще около 5% – цветной металлургии. Остальные 15% потребляют лесная, деревообрабатывающая промышленность, производство стройматериалов, пищевая, топливная и др. отрасли.



Рисунок 1.1 – Карта-схема Челябинской области.

Наиболее развитые в регионе отрасли промышленности (металлургия, машиностроение) являются водоемкими, в связи с чем в Челябинской области наблюдается определенный дефицит водных ресурсов. Учитывая это актуальной является проблема рационального использования водных ресурсов.

1.2. Природные условия района исследований

Область расположена на водоразделе трёх бассейнов рек – Волги, Урала, Тобола. В настоящей работе исследуются реки северо-запада Челябинской области, относящиеся к волжскому бассейну. Здесь протекают реки бассейна Волги: Уфа, Ай, Юрюзань, Сим со своими притоками. Этот бассейн охватывает площадь 17,1 тыс. км² (19,3% площади области).

Челябинская область располагается в трёх природных зонах: горнолесной, лесостепной и степной.

1.2.1. Рельеф

Рельеф каждого земного участка формируется главным образом благодаря внутренним силам Земли — тектоническим процессам. Именно они вызывают движение и расколы материков, образование гор там, где раньше были равнины. Такие изменения происходят очень медленно, растягиваясь на десятки и даже сотни миллионов лет. Затем подключаются внешние факторы: гравитация, солнечная радиация, ветер, вода, лед. Им требуются тысячелетия, чтобы существенно снизить высоты горных массивов, наполнить впадины материалом разрушенных пород, сформировать отдельные элементы ландшафта вроде холмов, долин и оврагов. Значительный вклад в разрушение горных пород и формирование небольших деталей рельефа также вносят биологические объекты — микроорганизмы и растительность.

Современный ландшафт Южного Урала начал складываться ещё в эпоху мезозоя примерно 160 миллионов лет назад. Продукты разрушения древних Уральских гор заполнили собой соседствующие низменности. Восточные

склоны Южного Урала около 70 миллионов лет назад омывались морем. Приблизительно вдоль линии Кунашак–Челябинск–Троицк располагался западный край этого древнего водоёма. Его побережье было извилистым с множеством заливов. Само море было тёплым, мелководным, с плоским, постепенно понижающимся восточнее дном.

В период четвертичного периода вновь активизировавшиеся тектонические сдвиги привели к подъёму сглаженных выветриванием Уральских гор. За последние 700 тысяч лет они увеличились в высоте на 200 – 400 м. На западных склонах эта активность вызвала углубление русел рек, прорезавших старые поймы, тогда как на востоке произошло изменение направления течения большинства рек, протекающих ранее в меридиональных долинах, на широтное (реки Уй, Миасс, Увелька и др.). Последние сотни тысяч лет Южный Урал характеризуется тектонической устойчивостью, хотя незначительный подъем территории (около 8 мм ежегодно) всё же сохраняется. Современный ландшафт региона с запада на восток подразделяется следующим образом:

- 1) Уфимское плоскогорье;
- 2) Уральские горы (Уральский кряж);
- 3) Зауральский пенеплен (плоская, местами слабовсхолмленная равнина). К востоку Зауральская равнина переходит в широкую Западно-Сибирскую низменность — равнинную страну с многочисленными болотами и озерными впадинами.

На высокую горную часть (400 м и выше) приходится 24% территории области. Приподнятые равнинные участки (400 – 200 м) занимают 42% территории, а участки с пониженным рельефом (200 м и менее) — 34%.

Уфимское плоскогорье, или плато, располагается, в основном, на территории Башкортостана и только его юго-восточная часть выходит на территорию Челябинской области. Это плоская возвышенность, которая круто обрывается в сторону востока. Граница плато с горным Уралом проходит по подножию хребта Каратау. Абсолютные отметки плато в южной части — 480

м; к северу они постепенно снижаются. Особенностью этой возвышенности является наличие закрытого древнего карста (крупных полостей, образующихся в легкоразмываемых породах).

К востоку от хребта Каратау располагается горная часть Урала. В районе Нязепетровска, Верхнего Уфалея горные хребты имеют почти меридиональное простирание. Несколько севернее Златоуста они разворачиваются к юго-западу на $25 - 30^\circ$, а в районе хребтов Морскалы и Зюраткуль — на $40 - 45^\circ$.

К предгорьям западного склона относятся хребты Бардым, Баштым (Басташ), Жукатау, Сулея, Азям и другие, высота которых не превышает 800 – 860 м. Горы сложены осадочными и метаморфическими породами протерозоя и нижнего палеозоя, образующими в долинах рек, на склонах и вершинах гор скалы, носящие название "камень", "утесы", "притесы", "гребень" и т. д.

Очень большое место на западе Челябинской области занимают известняки, доломиты, другие легкорастворимые карбонатные породы, что обусловило широкое развитие таких форм рельефа, как карстовые пещеры. По степени закарстованности особо выделяются Симско-Юрюзанская и Айско-Уфимская карстовые области. Здесь располагается большинство из установленных сегодня в области 320 пещер. Всего же суммарная длина известных в пределах Челябинской области пещер составляет более 26 км. Наиболее широко карстовые полости распространены в Ашинском, Катав-Ивановском, Саткинском и Нязепетровском районах, но встречаются карстовые формы рельефа, в том числе пещеры, в Увельском и других районах.

В целом для западной низкогорной части Уральского кряжа характерно чередование коротких хребтов, возвышенностей с широкими долинами.

Осевая часть Уральского кряжа в пределах Челябинской области состоит из серии параллельных хребтов. Самый северный из них — Большой Таганай. Его самая высокая точка — гора Круглица имеет отметку 1178 м.

Юго-западнее располагается хребет Уреньга. Это высокий, очень красивый хребет, наивысшая точка которого — гора Коротыш имеет отметку 1136 м. Западнее Уренъги располагаются менее протяженные хребты: Б. Сука (1194,8 м), Москаль (1048 м), Зигальга (1389,2 м), Нургуш (1406,6 м), Зюраткуль (1175,2 м).

К востоку от Уренъги располагается самый протяженный хребет— Уралтау, являющийся главным водоразделом южноуральских рек. Река Ай, берущая здесь начало, принадлежит бассейну Камы, река Урал течет в Каспийское море, Миасс и Уй относятся к бассейну Оби. Собственно, сам хребет Уралтау находится юго-восточнее границ области в Башкортостане. На склонах, привершинных частях южноуральских гор выделяются осыпи — "каменные реки", одиночные скалы, группы скал причудливой формы, образованные кварцитами или близкими к ним по твердости породами. Западные, северо-западные склоны гор, как правило, круче, чем восточные. Особенно это заметно в привершинных частях склонов. К северу от Юрмы горный кряж практически исчезает. Горное плато довольно резко обрывается на востоке, что еще раз подтверждает глыбовый характер поднятий южноуральских гор в новейший тектонический этап.

Осевая часть Уральского кряжа переходит к востоку в относительно невысокие горы восточного склона: Вишневые, Ильменские, Потанины, Каслинские и другие. На границе области с Башкортостаном выделяются хребты Ирендык, Щелканды и ряд других, высота которых не превышает 920 м, а большая часть вершин находится в пределах 500 – 650 м. Склоны этих гор пологие, лишь в верхней части иногда становятся крутыми, скалистыми. Они покрыты местами щебнем, скоплениями крупных глыб. В зоне восточных предгорий области сосредоточено большое количество горнорудных предприятий (Карабаш, Кыштым, Миасс). В результате их деятельности естественные формы рельефа существенно изменяются и дополняются техногенными: глубокими карьерами, отвалами горных пород.

К востоку Уральские горы переходят в Зауральскую холмистую равнину, известную так же, как Зауральский пенеппен. В северной части области ширина Зауральской холмистой равнины составляет 50 км, а на юге она доходит до 150 км. Высотные отметки довольно плавно понижаются с С-СЗ на Ю-ЮВ от 400 – 450 до 200 – 190 м.

Восточную границу Зауральского пенеппена (по сути — Уральской горной страны) с Западно-Сибирской низменностью принято проводить по горизонтали 190 м. На территории области эта граница весьма извилиста. Наличие по всей границе озер, а также довольно резкие перепады высот — от 60 см/км до 10 м/км позволяют говорить о тектоническом уступе на границе двух крупных морфологических структур. На территории Западно-Сибирской низменности находятся: восточная часть Кунашакского, Бродокалмакского, Копейского, Еманжелинского районов и почти весь Октябрьский район. Для рельефа низменности характерны очень небольшие колебания высот — в пределах 20 м. Повышения и понижения пологие. В котловинах, плоских впадинах — много озер и болот.

Рельеф во многом определяет климат местности, характер расселения, размещение промышленных и сельскохозяйственных объектов, железных и шоссейных дорог. Рельеф Челябинской области позволяет не только гармонично располагать города, поселки, дороги, промышленные предприятия, но и развивать туризм, привлекать инвестиции для строительства горных зимних трасс [6].

1.2.2. Геология

Становление, развитие Уральской горной страны происходило на протяжении сотен миллионов лет. Выделяют несколько крупных этапов ее развития. На самом раннем этапе развития, в позднем архее (около 3 млрд лет), эта часть суши, которую позднее называли Уралом, становится тектонически активной зоной. В земной коре здесь закладываются глубокие трещины (разломы), по которым на поверхность изливаются лавы базальтов. Не

дошедшие до поверхности магматические расплавы кристаллизировались на глубинах 5 – 10 км, образуя крупные интрузивные массивы. В мелких морских бассейнах, занимавших пониженные участки рельефа, накапливались обломочные осадочные породы. Затем наступает время относительного покоя. Палеоурал на короткое время становится тектонически спокойной страной. Около 2 млрд лет назад тектонические движения возобновляются с новой силой. Вновь на большом пространстве образуются протяженные зоны глубинных разломов. Вдоль них растут цепи вулканов. Громадные, в тысячи километров участки суши прогибаются и заливаются морем. Надолго эта часть Палеоурала становится океаническим дном. Именно здесь, на западном "плече" будущих Уральских гор, смогли накопиться огромные толщи (более 10 – 12 км) осадочных пород: известняков, доломитов, глинистых, известковистых и углеродистых сланцев, песчаников и конгломератов. Около 900 млн лет назад накопившиеся массы осадочных и вулканических пород гигантскими силами Земли сминаются в складки и образуют первые горные вершины Урала. Около 600 млн лет назад Урал вновь предстает тектонически спокойной страной. Преобладала суша. Мелководные теплые моря занимали небольшие участки. Обитателями этих морей были губки, археоцеаты, другие, ныне вымершие, организмы, остатки которых сохранились в толщах осадочных пород. Возобновляется вулканическая деятельность. Вулканические пояса охватывают обширные пространства. Обширный уральский палеоокеан простирался к востоку не менее, чем на 1500 км. Около 400 млн лет назад в этом палеоокеане образуются вулканические острова. В каменноугольное время (350 – 290 млн лет) начинается подъем этой части суши. Морские воды отступают. Океанические породы выходят на дневную поверхность. Громадные толщи морских и континентальных осадков, вулканических пород самого разного состава в конце пермского периода (около 240 млн лет назад) становятся высокими Уральскими горами, протянувшимися от северных морей до южных степей почти на 2500 км. Урал

постепенно становится тектонически спокойной, устойчивой областью Земли — платформой, но до полного успокоения еще далеко.

Вновь активизировались Уральские горы в эпоху так называемой киммерийской складчатости (240 – 100 млн лет назад). Тогда на восточном склоне Уральских гор образовались большие, протяженные разломы близмеридионального направления, вдоль которых начались излияния базальтовых лав. У современного Челябинска образовался прогиб глубиной до 4000 м и длиной до 140 км, получивший название Челябинский грабен. В этом прогибе на протяжении 40 – 45 млн лет, уже в мезозойскую эру, формировались мощные пласты углей и вмещающих их пород: песчаников, алевролитов, сланцев. Последние 160 – 155 млн лет территория Урала, в том числе и Южного, тектонически стабильна. Уральские горы медленно разрушаются под влиянием поверхностных сил. На месте высоких, когда-то заснеженных вершин образуется довольно плоская равнина, получившая название Зауральский пенеплен. Совокупность признаков (состав и происхождение горных пород, их возраст, степень тектонической раздробленности) позволяет разделить Уральскую страну на ряд более или менее крупных зон (геологических структур). Все они сформировались в палеозойскую эру [19].

1.2.3. Поверхностные воды

Изучение географической карты показывает, что в области преобладает довольно развитая сеть рек. Здесь много озер, количество которых заметно увеличивается в Зауралье. Однако по сравнению с другими уральскими областями — Пермской, Свердловской, Курганской — воды в Челябинской области мало. Объясняется маловодье тем, что большинство рек представлено на территории области своим верхним течением, поэтому реки имеют небольшие размеры и очень маловодны. Недостаточное увлажнение Южного Урала также не способствует высокой водности рек.

В области более 3600 рек, суммарная протяженность которых равна примерно 18 000 км. Лишь около 10% рек длиннее 10 км. Протяженность свыше 100 км имеют 17 рек, а свыше 200 км — всего семь: Урал, Миасс, Уй, Ай, Уфа, Увелька и Гумбейка. Реки области принадлежат трем крупным водным бассейнам: Камы, Тобола и Урала. Поверхностные воды Зауралья попадают в Северный Ледовитый океан, а остальные — в Каспийское море. Более половины рек находится в западной горной части области (55,1%).

Бассейн Камы охватывает площадь в 17,1 тыс. км² (19,3%) территории области. Основной водораздел между реками Камского и Тобольского бассейнов проходит по горным хребтам Южного Урала. Реки, принадлежащие бассейну Тобола, берут свое начало на восточных отрогах Уральских гор и в верховьях своих являются горными (Миасс, Уй). Лишь выйдя на равнину, они приобретают степенность и спокойствие равнинных рек.

Бассейн Тобола охватывает площадь в 55 тыс. км², или 62,2% территории области. Юго-западные районы области занимает бассейн реки Урал с притоками: Гумбейка, Б. Караганка, Зингейка, Б. и М. Кизил и др. Площадь водосбора реки Урал в пределах области составляет 16,4 тыс. км², или 18,5%.

Несмотря на значительное число рек, воды в области явно недостаточно ни для населения, ни для промышленности и сельского хозяйства. Речной сток в среднем составляет 7,2 км³/год, а эксплуатационные ресурсы поверхностных вод, то есть те, которые можно брать, не нанося экологического ущерба рекам, всего 4,5 км³/год. Потребность области в воде превышает 10 км³/год, т. е. нехватка более половины потребного количества. Положение усугубляется еще и тем, что основные водотоки области располагаются на западе, где меньше населения и относительно мало промышленных предприятий. На востоке же воды меньше. Наиболее разрежена речная сеть в южных сельскохозяйственных районах.

Среднее для области значение густоты речной сети равно 0,2 км/км². Речная сеть имеет решетчатое строение. Продольные отрезки чередуются с

поперечными. Такая "решетка" создается потому что реки часто прокладывают русла по тектонически ослабленным зонам (трещинам, разломам). Склоны долин сливаются со склонами окружающих гор. Высота склонов достигает 100 – 150 м, а крутизна 30 – 40° и более. Чем дальше река удаляется от основных хребтов, тем более широкой становится ее долина. В среднем течении основные горные реки имеют часто ширину долины 2 – 3 км. Пойма в верховьях отсутствует, а в среднем течении не всегда выражена. Ширина ее не превышает 20 – 40 м. Там, где река вырывается из теснины гор, пойма широкая (1 – 2 км). Русла горных рек часто изобилуют перекатами, дно каменистое с выходами горных пород, многочисленными мелкими и крупными валунами. Течение быстрое — 1 – 2 м/с, а в отдельных местах и больше. Питаются горные реки в основном за счет атмосферных осадков, а также подземных вод, доля которых в питании составляет 20 – 30%. Вода в реках, как правило, прозрачная, очень чистая, особенно у малых рек, вдали от поселков и городов. Вскрытие рек ото льда происходит чаще всего в конце апреля. Половодье бурное. Уровень воды поднимается в реках на 3 – 5 м. Весьма часто отмечаются летне-осенние паводки, связанные с обильными дождями в июле-сентябре. На горных реках расположены промышленные города Сим, Миньяр, Аша, Катав-Ивановск, Юрюзань, Усть-Катав, Сатка, Златоуст, Куса, Верхний Уфалей и Нязепетровск. Загрязненные стоки предприятий негативно сказываются на экологическом состоянии реки.

На территории Челябинской области насчитывается более трех тысяч озер, суммарная площадь которых составляет 2125 км². Преобладают озера с малой площадью водного зеркала (0,5 км² и меньше). Их около 80%. Около ста озер имеют площадь свыше 5 км². В горно-лесной зоне одним из самых примечательных озер является Зюраткуль, лежащее на высоте 724 м. В восточных предгорьях — целая группа замечательных по красоте озер, составляющих гордость Южного Урала, — Б. Кисегач, Увильды, Тургойк, Еловое и другие, на берегах которых построены многочисленные здравницы.

Основная группа озер располагается на Зауральской холмистой равнине и в пределах Западно-Сибирской низменности.

Происхождение озер различно. Самые красивые озера восточных предгорий обязаны своим происхождением тектонике. Воды скапливались в тектонических провалах (котловинах). Эти озера отличаются не только своими размерами, крайне сложными очертаниями берегов, но и своей глубиной, нередко достигающей 30 – 40 м. Иного происхождения озера лесостепной и степной зон. Большинство из наиболее крупных принадлежит к эрозионно-тектоническому типу. В этой группе такие озера, как Уелги, Аргаяш, Б. Куяш, Калды, Сугояк, Тишки и многие другие. Глубина этих озер обычно не превышает 8 – 10 м. Берега плоские, местами заболоченные. Вода пресная и солоноватая. Озера бессточны, питаются только за счет атмосферных осадков, поэтому часть озер в засушливые годы сильно мелеет, а иные высыхают.

Особая группа — озера, образовавшиеся за счет отделившихся от основного русла рек стариц (русловые озера). Как правило, это неглубокие и небольшие по площади озера. Они, в основном, находятся в долинах Урала, Гумбейки, Миасса и других зауральских рек.

По использованию озера можно подразделить на следующие группы:

— озера, используемые в рекреационных целях. Это цепь озер, находящихся в восточных предгорьях, на берегах которых построены дома и базы отдыха, санатории (Б. Кисегач, Увильды, Еловое и др.);

— озера, используемые для рыбной ловли или рыборазведения (Аракуль, Дуванкуль и др.);

— озера, используемые для водоснабжения (Зюраткуль, Кысыкуль, Серебры и др.);

— озера бальнеологического значения, обладающие минеральными водами или значительными запасами целебных грязей (Еткуль, Подборное, Сладкое, Горькое и др.).

В настоящее время в Челябинской области 377 водохранилищ, предназначенных для хозяйственного водоснабжения городов и сел.

Суммарный объем воды в них составляет около 3 км³. По речным бассейнам водохранилища распределяются следующим образом:

- 1) на горных реках Камского бассейна — 34 водохранилища;
- 2) на реках бассейна Тобола — 368 водохранилищ;
- 3) на реке Урал и его притоках — 75 водохранилищ.

Среди водохранилищ на горных реках необходимо отметить крупное Долгобродское водохранилище на реке Уфе, построенное для обеспечения водой Челябинского промышленного узла. Объем его — 333 млн м³. Площадь — 35,2 км². На реке Уфе, выше Долгобродского, намечено строительство Суроямского водохранилища объемом в 114 млн м³. Ниже по течению от "Долгобродки" построено Нязепетровское водохранилище объемом в 153 млн м³ для водоснабжения Екатеринбурга. Среди искусственных озер в горной части области выделяются так же водохранилища на реке Малая Сатка объемом 19,2 млн м³ и на реке Киалим (Киалимское) с объемом воды 27,6 млн м³ и другие. Самым большим водохранилищем в области является Аргазинское на реке Миасс. Оно появилось на месте небольшого проточного озера, давшего название водоему. Первая небольшая плотина была построена еще в прошлом веке. В 1927 году водохранилище значительно пополнилось за счет строительства новой плотины. Современная плотина, высотой 15 м и длиной до 1500 м, построена в 1982 году. Сегодня площадь водохранилища — 113 км², объем воды 980 млн м³. Но даже этих запасов едва хватает для обеспечения Челябинского промузла. На реке Миасс для водоснабжения Челябинска построено в 60-х годах в городской черте Шершневское водохранилище объемом 176 млн м³. Его площадь — 39,1 км². Юго-восточный берег этого искусственного моря обрамляет Городской сосновый бор — памятник природы. Берега водохранилища — любимое место отдыха челябинцев. Крупные водохранилища построены на реке Урал. Они обеспечивают водой промышленные предприятия Магнитогорска. Магнитогорское водохранилище находится в черте города. Площадь его — 33,4 км², а объем — 189 млн м³. Верхнеуральское расположено выше по

течению. По площади ($75,5 \text{ км}^2$) и по объему воды (601 млн м^3) это водохранилище

Значение болот в природе велико. От болот во многом зависит разнообразие растительности и животного мира, а также полноводность рек, многие из которых берут начало в так называемых верховых болотах.

В области болота занимают площадь до 2500 км^2 . По своему происхождению они подразделяются на три группы: болота верховые, низинные и переходного типа. Располагаются болота неравномерно. В горных и предгорных районах, а также в северной части Зауралья, в условиях избыточного увлажнения, преобладают верховые болота и болотца иногда с редкой березовой порослью. Из крупных, площадью свыше 30 км^2 , можно назвать Таганайское в верховьях реки Киялим, Уфимское — в верховьях реки Уфы, Чусовское — в верховьях Чусовой и другие. Особенно много болот к северу от Карабаша, к югу и западу от пос. Маук и западу от каслинских озер. Все эти болота сфагновые, иногда осоково-сфагновые с березовой порослью. Часто здесь наблюдается торфообразование. Основная часть болот располагается в Зауралье — в Еткульском, Кунашакском, Аргаяшском, Октябрьском, Красноармейском районах. Здесь они занимают значительные пространства на месте бывших озер, в поймах рек. Это так называемые низинные болота. Заболачивание в низинах происходит при высоком стоянии грунтовых вод. Зарастают такие болота тростником, рогозом, камышом, осокой, мхами, причем заросли болотных растений достигают высоты двух метров. Самым крупным из низинных является болото-озеро Донгузлы близ Копейска. Площадь этого заболоченного, заросшего тростником водоема— 108 км^2 .

Заболачивание территории особенно характерно для горно-лесной зоны области. Болота образуются на месте сплошь вырубленных сосновых и еловых лесов. На таких лесосеках зеленые мхи постепенно замещаются сфагнумом, который способен аккумулировать атмосферные осадки. Этот процесс способствует заболачиванию местности.

1.2.4. Карст

Большинство рек рассматриваемого района берут начало на западных склонах Урала. Карстующиеся породы простираются полосой разной ширины от северной до южной границы рассматриваемой территории. Эту полосу пересекают все левобережные притоки р. Камы, стекающие с Уральских гор. Карстовые формы здесь представлены карстовыми воронками и карстовыми котловинами с понорами.

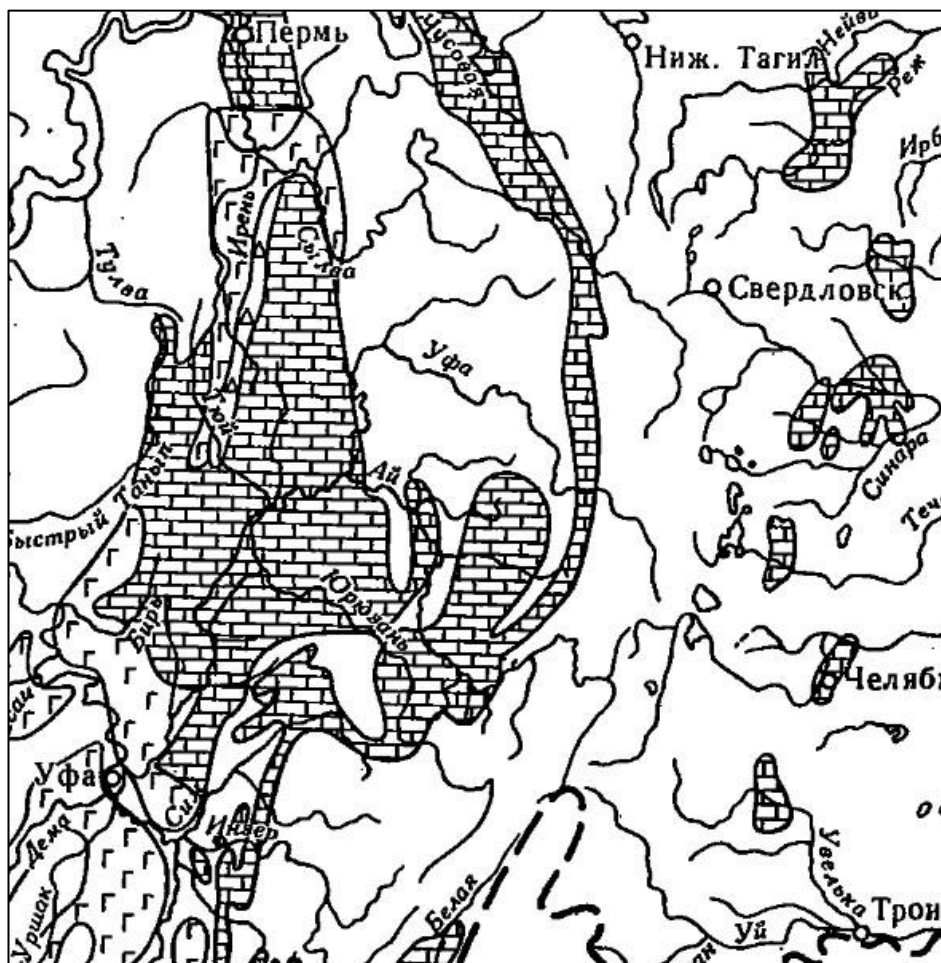


Рисунок 1.2 – Схема расположения закарстованных пород на территории Южного Урала.

В этом районе карст развит в осадочных породах (известняки, доломиты, гипсы и др.). В зависимости от мощности и глубины заложения этих пород по отношению к речным долинам, карст оказывает различное воздействие на водный режим рек. В некоторых случаях горные потоки на отдельных участках поглощаются карстовыми полостями, затем вновь выходят на

поверхность. Сток многих мелких рек, бассейны которых представляют незамкнутую систему, снижается по отношению к зональному и часто может прекращаться в период межени. В то же время, из-за несовпадения границ поверхностных и подземных водоразделов, нередко случаи значительного превышения стока его зонального значения. Что касается крупных рек, русла которых полностью дренируют карстующиеся породы, то они отличаются, наоборот, стабильным стоком как внутри года, так и в многолетнем плане.

Одной из особенностей современного карста западного склона Урала является его небольшая глубина по отношению к уровню рек. Этим объясняется наличие в руслах некоторых рек больших карстовых родников, дебит которых отличается большой изменчивостью по сезонам года.

1.2.5. Растительность

Растительность Челябинской области, согласно физико-географическому делению, можно подразделить на три зоны:

1. Растительность горно-лесной зоны, включающую западные и северо-западные районы области, куда входят подзоны:

- а) смешанных хвойно-широколиственных лесов;
- б) светлохвойных сосновых и лиственничных лесов;
- в) темнохвойных елово-пихтовых лесов;
- г) подгольцовые луга и редколесья;
- д) гольцы (горные тундры).

2. Растительность лесостепной зоны, включающую центральную и северо-восточную, восточную части области (от реки Уй на север), с преобладанием лесов из березы и осины; участков луговой степи и остепненных лугов, в настоящее время почти полностью распаханых и ленточных островных боров.

3. Растительность степной зоны (южнее реки Уй), включающую разнотравно-ковыльные, луговые степи, кустарниковую растительность по балкам и низинам; островные боры, каменистые степи.

В Челябинской области можно встретить почти все типы растительности, распространенные в умеренной и арктической зонах России. Южный Урал является местом контакта трех ботанико-географических областей: Европейской, Сибирской и Туранской (среднеазиатской). Зональное распределение растительности в значительной степени усложняется наличием азональных участков, существование которых связано с характером горных пород и рельефа.

В горно-лесной зоне распространены темнохвойные южно-таежные, светлохвойные, широколиственные и смешанные хвойно-широколиственные леса.

Темнохвойные южно-таежные леса распространены по склонам гор в осевой части Южного Урала. Наиболее крупные массивы встречаются в районе Златоуста, Саткинском и Катав-Ивановском районах. Здесь преобладают такие породы, как ель и пихта. Ель встречается на более сухих и суровых в климатическом отношении участках, забираясь в верхнюю, подгольцовую, зону; пихта предпочитает более богатые почвы и увлажненные участки — в низинах и долинах гор. Из типов темнохвойного леса наиболее распространены ельник-кисличник, где среди трав преобладает кислица обыкновенная; высокотравные леса с травяным покровом из крупных растений: злаков, борца высокого и других трав. Под пологом южноуральских темнохвойных лесов можно часто встретить рябину, жимолость, калину, шиповник, черемуху, малину, костянику, землянику, а также ядовитые растения. Много в темнохвойных лесах разных видов папоротников. На лугах среди тайги часто встречаются такие травы, как овсяница луговая, бор развесистый, манжетки, душистый колосок и другие.

Светлохвойные леса широко распространены в Катав-Ивановском, Саткинском, Кусинском, Нязепетровском районах и окрестностях городов Златоуста, Миасса, Верхнего Уфалея, Карабаша и Усть-Катава. В основном, они представлены сосной и лиственницей. Под пологом леса растут малина и кизильник черноплодный. В более влажных, тенистых лесах можно найти

сплошные заросли папоротников. Встречаются здесь и сосняки, в которых землю покрывают вейник, мхи и лишайники. В светлых лесах растут брусника, черника и земляника.

В отдельных глухих местах еще сохранились уральские орхидеи, занесенные в Красную книгу — башмачок крупноцветковый, башмачок настоящий, башмачок пятнистый. На лугах и полях встречаются популярные в народе целебные травы — душица и зверобой.

Широколиственные и смешанные хвойно-широколиственные леса встречаются только на западе и северо-западе области — в Ашинском, Катав-Ивановском и Нязепетровском районах. Здесь растут такие широколиственные породы, как дуб, клен, липа, ольха черная, вяз, которые в других местах редкость или совсем отсутствуют.

Горные степи являются особым типом растительности, который широко развит на восточных склонах Уральских гор — горно-степной. Он вклинивается в горно-лесную зону в виде отдельных «островов», порой довольно крупных. Его существование обусловлено, прежде всего, "климатической тенью" Урала (климат на восточном склоне намного суше, чем на западном), а также местными породами (серпентинитами и близкими к ним по составу). Здесь преобладают типичные степные злаки — тимopheевка степная, типчак, овсец, ковыль и другие.

Горные степи — местообитание многих реликтовых и эндемичных видов растений.

1.3. Климатическая характеристика

1.3.1. Общая характеристика климата

Климат Челябинской области определяется положением ее в центре Евро-Азиатского материка, большим удалением от морей и океанов. На формирование климата существенное влияние оказывают Уральские горы, создающие препятствие на пути движения атлантических воздушных масс.

Все это определяет значительную континентальность и сухость климата, особенно Южного Зауралья.

Общими чертами климата являются: продолжительная холодная зима с устойчивым снежным покровом и непродолжительное теплое (иногда жаркое) лето. Температурный режим изменяется в направлении с северо-запада на юго-восток. Большое влияние на развитие и характер природных процессов оказывает снежный покров. Продолжительность его изменяется от 170 дней в горной части до 150 дней на юге области. Средняя высота снежного покрова уменьшается от 50 – 80 см в горных районах до 25 – 30 см на юго-востоке. Средние январские температуры в этом направлении понижаются от – 15 до – 18 °С, а летние — повышаются от +16 до +19 °С. Следовательно, континентальность климата возрастает к юго-востоку [1].

Меридиональное простирание Уральских гор и открытость Зауралья в сторону Северного Ледовитого океана способствуют частому вторжению арктического воздуха, для которого характерны низкие температуры и малое содержание влаги.

Для лесостепной и горно-лесной зон количество ветреных дней в году составляет соответственно 162 и 140 дней. Больше всего осадков выпадает в горно-лесной зоне (Златоуст — 624 мм; Аша — 761 мм). В лесостепном Зауралье количество осадков уменьшается (Челябинск — 405 мм). Еще меньше их в южной степной части области (Бреды — 316 мм). Количество осадков закономерно уменьшается с северо-запада на юго-восток. Наиболее влажными являются летние месяцы, когда выпадает около половины годового количества осадков. На зимний период приходится не более 25% годовой суммы. Таким образом, горно-лесная зона является районом избыточного увлажнения, а степная — засушливой. В этом одна из причин того, что Южное Зауралье именуют зоной критического земледелия.

Времена года на Южном Урале значительно отличаются друг от друга и довольно четко проявляются. Осенью среднемесячная температура воздуха постепенно понижается от +8 – 10 °С в сентябре до +1 – 2 °С в октябре. Переход

температуры через 0° приходится на третью декаду октября. Нередки осенние заморозки, причем на почве они бывают чаще и сильнее, чем в воздухе. Приход теплого воздуха из Средней Азии ("Бабье лето") — потепление — обычно наблюдается во второй половине сентября. Засушливая осень случается реже, чем дождливая. Затяжные дожди порой срывают уборку урожая, при этом значительны потери зерна. В конце первой декады ноября часто устанавливается снежный покров.

С установлением отрицательных температур и устойчивого снежного покрова наступает зима. Она длится в среднем 135 – 140 дней. Январь обычно самый холодный месяц, морозы достигают $35 - 40^{\circ}\text{C}$. Зимой осадков меньше, чем осенью. В основном, они выпадают в первую половину зимы. Метели, в среднем 5 – 7 дней, наблюдаются ежемесячно. Ближе к концу зимы они случаются чаще. Сильные морозы, как правило, бывают в ясные, солнечные дни. За начало весны принимают дату перехода среднесуточной температуры воздуха через 0°C , которая приходится на первую декаду апреля. Таяние снега обычно начинается в конце марта — начале апреля и заканчивается в середине апреля. Весна бывает ранняя и поздняя, дружная и затяжная, теплая и холодная. Продолжается 46 – 72 дня (в среднем с 9 апреля по 11 июня). Весенние осадки составляют 14 – 17% годового количества (мокрый снег и дождь). Средняя температура апреля повсеместно положительная. После перехода среднесуточных температур выше $+5^{\circ}\text{C}$, что происходит обычно 22 – 27 апреля, начинается вегетация многолетних трав, активно идет движение сока у березы, наблюдается цветение мать-и-мачехи. В мае начинается бурное развитие растительности. Началом лета считается установление среднесуточной температуры выше $+10^{\circ}\text{C}$. Этот переход происходит в первой (Зауралье) — второй (Северо-Запад) декадах мая. Почти до середины июня сохраняется неустойчивая погода. Случаются похолодания, даже заморозки, в основном, на почве. Средняя дата прекращения заморозков приходится на конец мая — начало июня. Самый теплый и влажный месяц летнего сезона — июль, не случайно его именуют вершиной лета. В августе ночи становятся

прохладнее, утренние росы интенсивнее. Случаются даже иней и заморозки. Очень характерны для нашей области длительные бездождевые периоды — от 10 – 15 до 30 дней. Засуха нарушает водный режим. В отдельные годы резко мелеют озера и реки, что негативно отражается на растительности, животных, особенно степной зоны.

В настоящей работе основные климатические характеристики были рассчитаны по метеорологическим станциям Верхнеуральск, Златоуст и Троицк (рисунок 1.3).

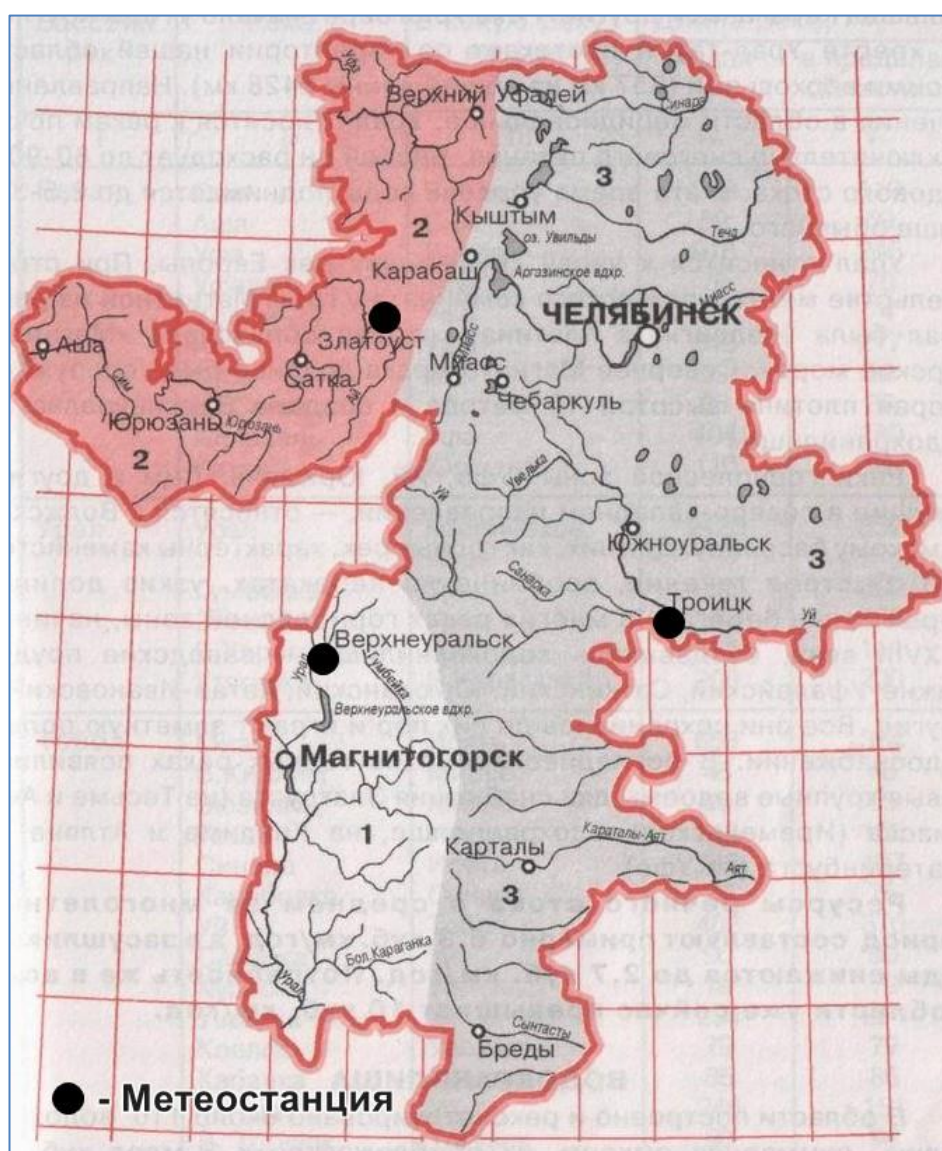


Рисунок 1.3 – Схема расположения метеорологических станций на территории Челябинской области; 1 – бассейн реки Урал; 2 – бас. реки Волга; 3 – бас. реки Обь.

В качестве основной рассматривалась метеорологическая станция Златоуст. Сведения о среднемесячных температурах воздуха и месячных суммах осадков даны в приложениях А и Б.

1.3.2. Температура воздуха

Холодный период в районе исследований продолжается 5 месяцев (с XI по III). Самым холодным месяцем считается январь, а самым теплым – июль.

Для метеорологической станции северо-запада Челябинской области Златоуст минимальная среднемесячная температура воздуха наблюдается в январе и составляет $-12,9^{\circ}\text{C}$. Максимальная среднемесячная температура воздуха наблюдается в июле: $+17^{\circ}\text{C}$ (Рисунок 1.4).

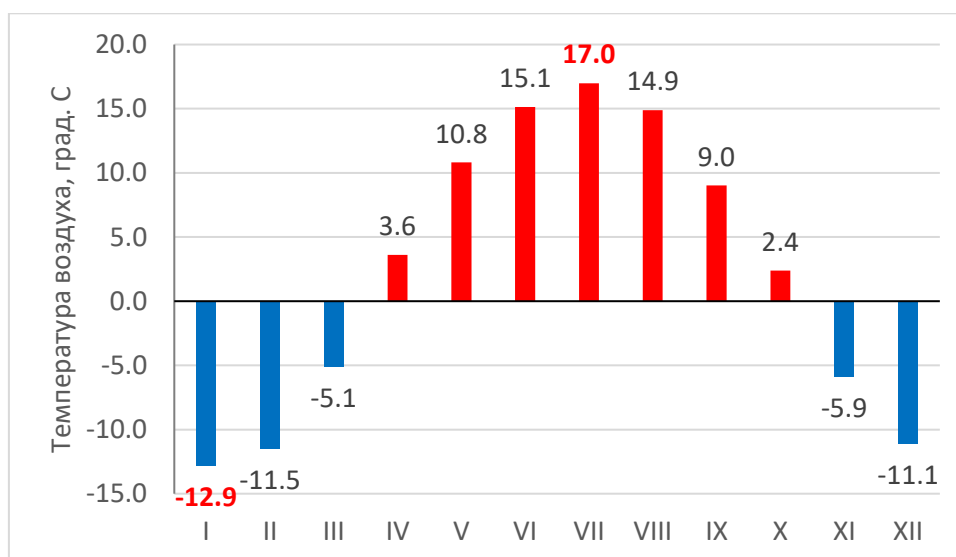


Рисунок 1.4 – Среднемесячная температура воздуха на метеостанции Златоуст.

Средняя многолетняя температура воздуха за последний климатический период составляет $2,2^{\circ}\text{C}$.

В рядах среднегодовых температур воздуха наблюдается значимый тренд на повышение. Интенсивность тренда составляет $0,2^{\circ}\text{C}$ за 10 лет (Рисунок 1.5). Точка перелома приходится на начало 90-х годов XX века (Рисунок 1.6).

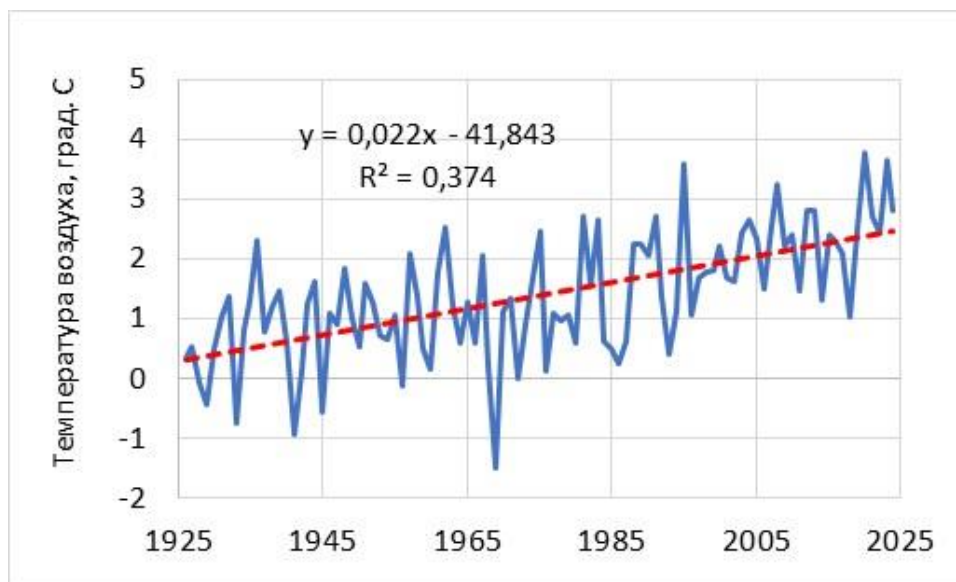


Рисунок 1.5 – Хронологический график среднегодовых температур воздуха на метеостанции Златоуст.

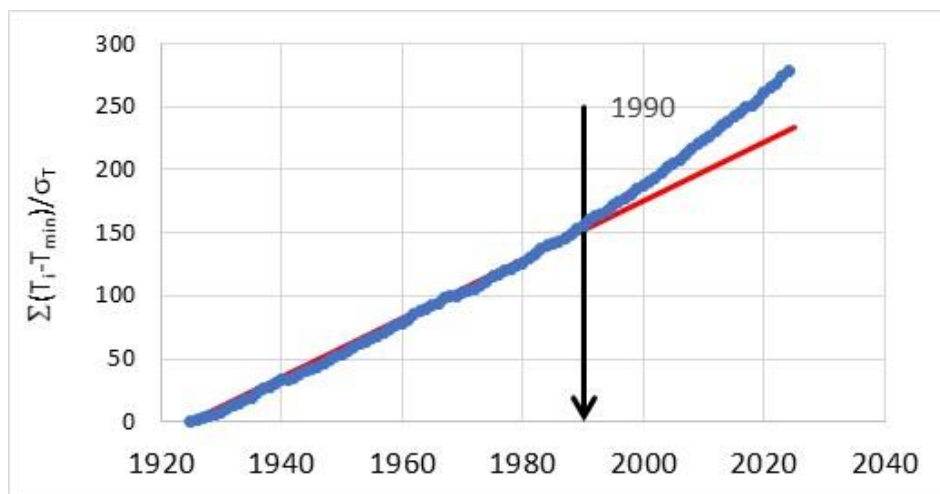


Рисунок 1.6 – Нормированная суммарная кривая среднегодовых температур воздуха на метеостанции Златоуст.

Рост температуры воздуха наблюдается для всех месяцев года, но наиболее существенно температура повысилась в зимние месяцы. Приращение средней температуры за холодный период по метеорологической станции Златоуст составило $+1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, а за теплый: $+0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Рисунок 1.7).

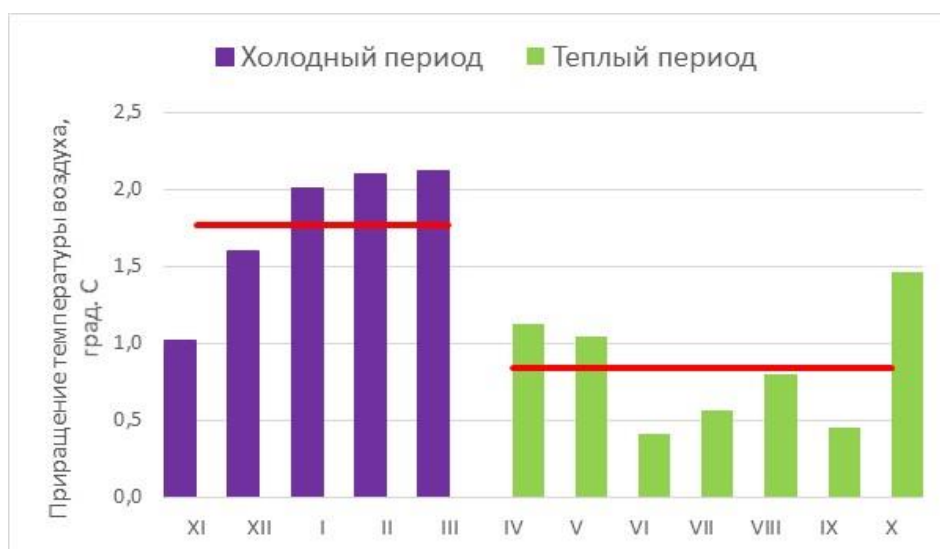


Рисунок 1.7 – Приращение средних температур воздуха за холодный и теплый периоды (МС Златоуст).

На метеостанции Троицк минимальная среднемесячная температура воздуха также отмечается в январе: $-14,5^{\circ}\text{C}$. Максимальная среднемесячная температура воздуха в июле достигает $+20,3^{\circ}\text{C}$ (Рисунок 1.8).

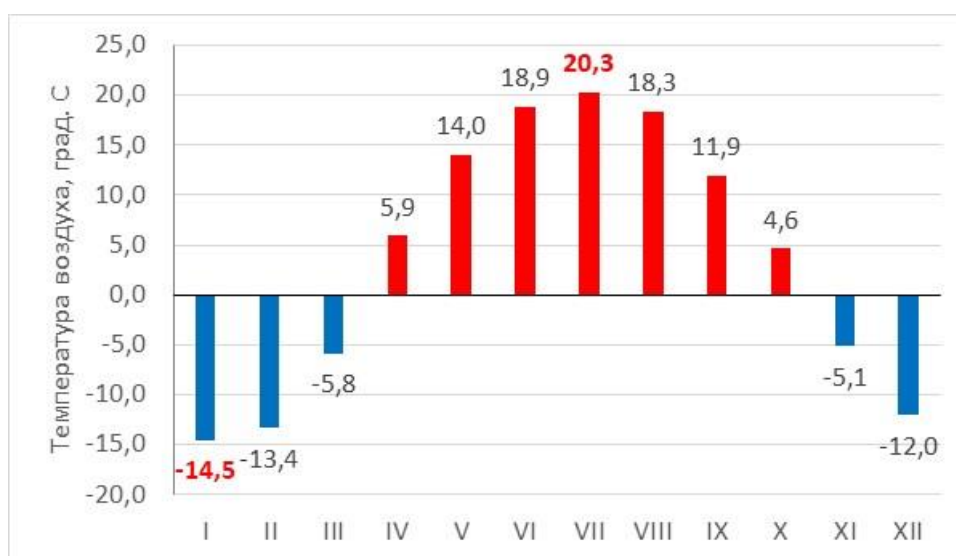


Рисунок 1.8 – Среднемесячная температура воздуха на метеостанции Троицк.

Средняя многолетняя температура воздуха на метеорологической станции Троицк за последний климатический период равняется $3,6^{\circ}\text{C}$.

В рядах среднегодовых температур воздуха наблюдается значимый тренд на повышение. Интенсивность тренда составляет $0,3^{\circ}\text{C}$ за 10 лет

(Рисунок 1.9). Точка перелома приходится на начало 90-х годов XX века
(Рисунок 1.10).

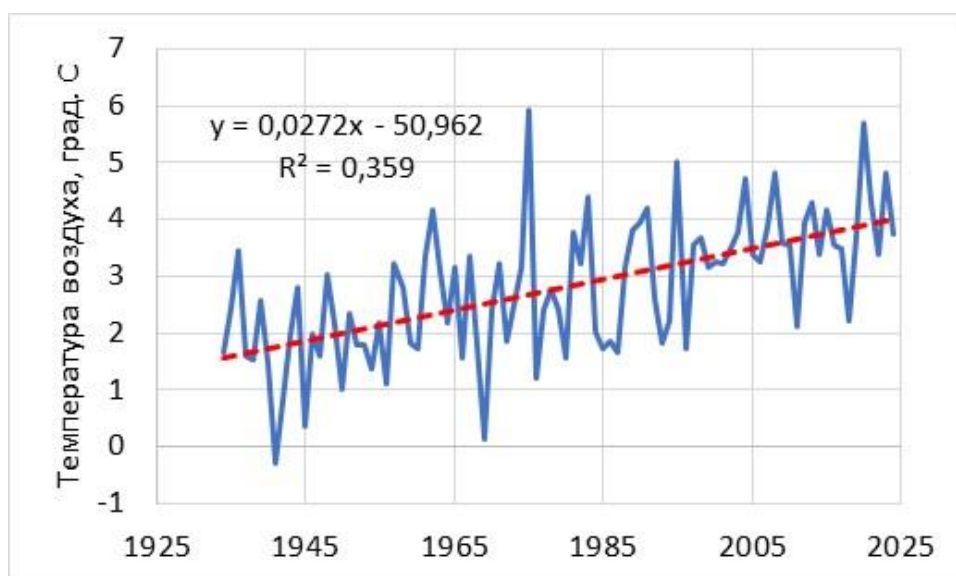


Рисунок 1.9 – Хронологический график среднегодовых температур воздуха на метеостанции Троицк.

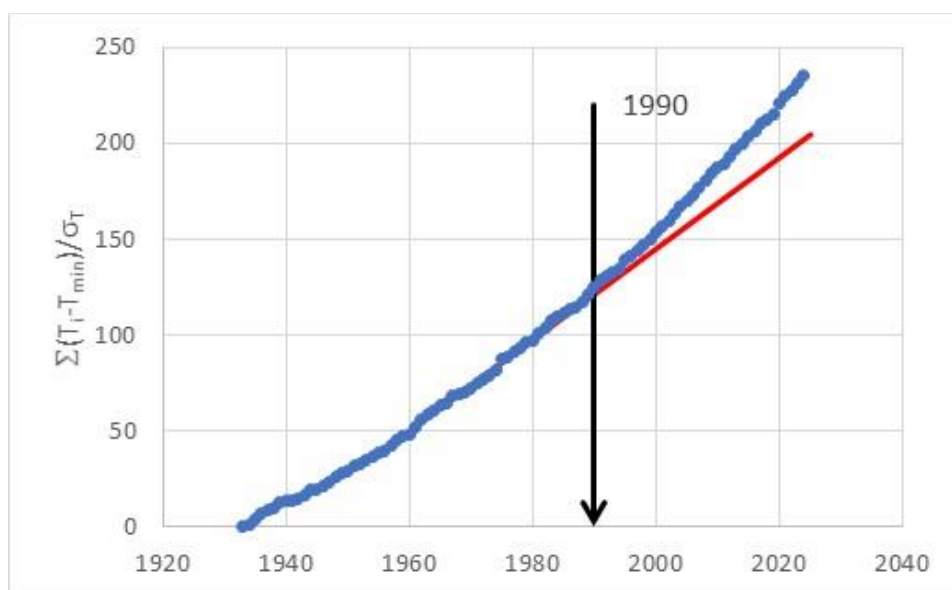


Рисунок 1.10 – Нормированная суммарная кривая среднегодовых температур воздуха на метеостанции Троицк.

Рост температуры воздуха наблюдается для всех месяцев года. Приращение средней температуры за холодный период равняется $+1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, а за теплый: $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Рисунок 1.11).

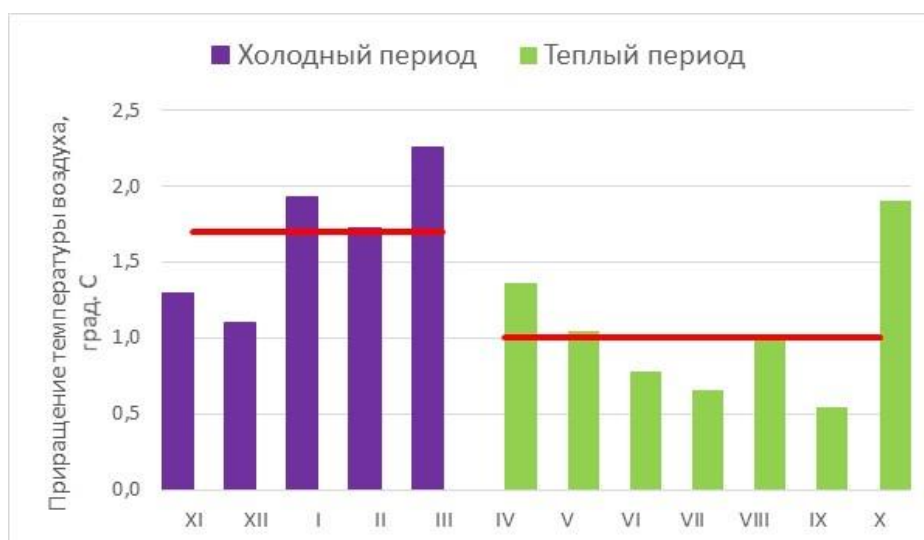


Рисунок 1.11 – Приращение средних температур воздуха за холодный и теплый периоды (МС Троицк).

Минимальная среднемесячная температура воздуха для метеорологической станции Верхнеуральск устанавливается в январе и составляет $-15,8^{\circ}\text{C}$. В июле наблюдается максимальная среднемесячная температура воздуха, которая составляет $+18^{\circ}\text{C}$ (Рисунок 1.12).

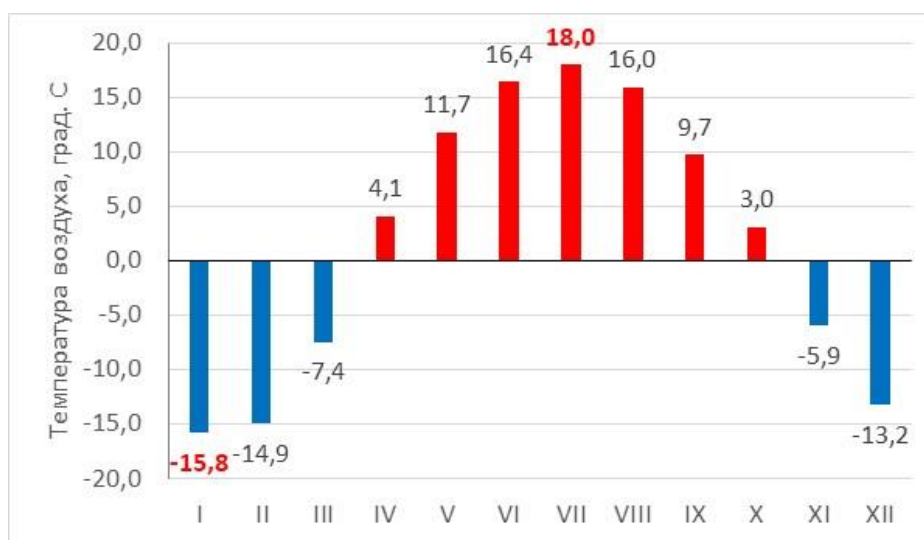


Рисунок 1.12 – Среднемесячная температура воздуха на метеостанции Верхнеуральск.

На метеостанции Верхнеуральск средняя многолетняя температура воздуха за последний климатический период соответствует $1,8^{\circ}\text{C}$.

Исследуя ряды среднегодовых температур воздуха, мы также имеем значимый тренд на повышение. Интенсивность тренда составляет $0,1^{\circ}\text{C}$ за 10

лет (Рисунок 1.13). Точка перелома приходится на начало 90-х годов XX века (Рисунок 1.14).

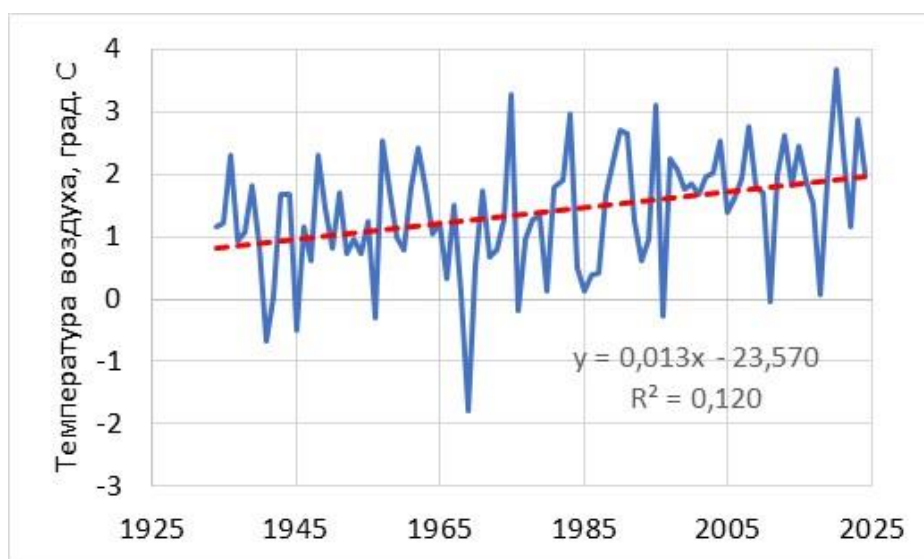


Рисунок 1.13 – Хронологический график среднегодовых температур воздуха на метеостанции Верхнеуральск.

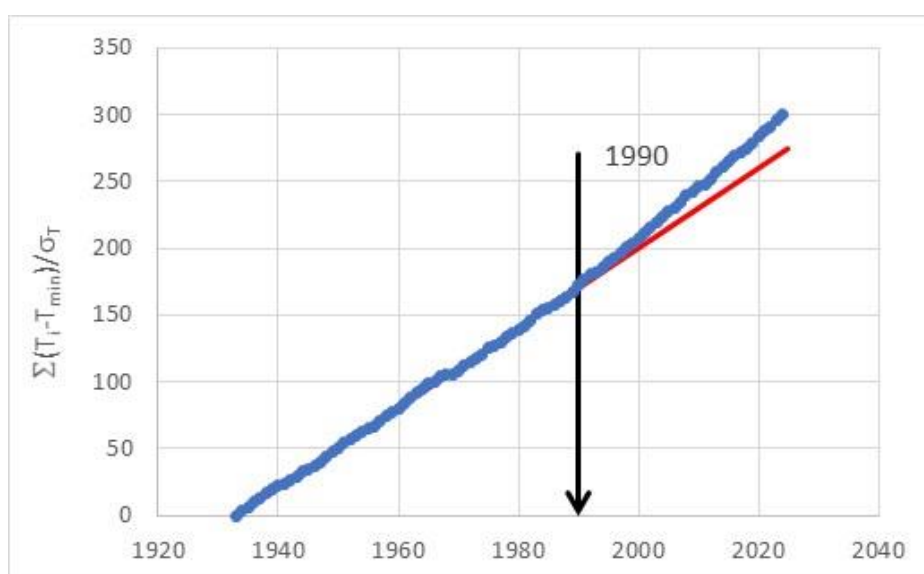


Рисунок 1.14 – Нормированная суммарная кривая среднегодовых температур воздуха на метеостанции Верхнеуральск.

Рост температуры воздуха наблюдается практически для всех месяцев года. Сравнение температур воздуха за 1991–2023 годы и за предшествующий период показало, что приращение средней температуры за холодный период по метеостанции Верхнеуральск составило +0,9 °C, а за теплый: +0,6 °C (Рисунок 1.15).

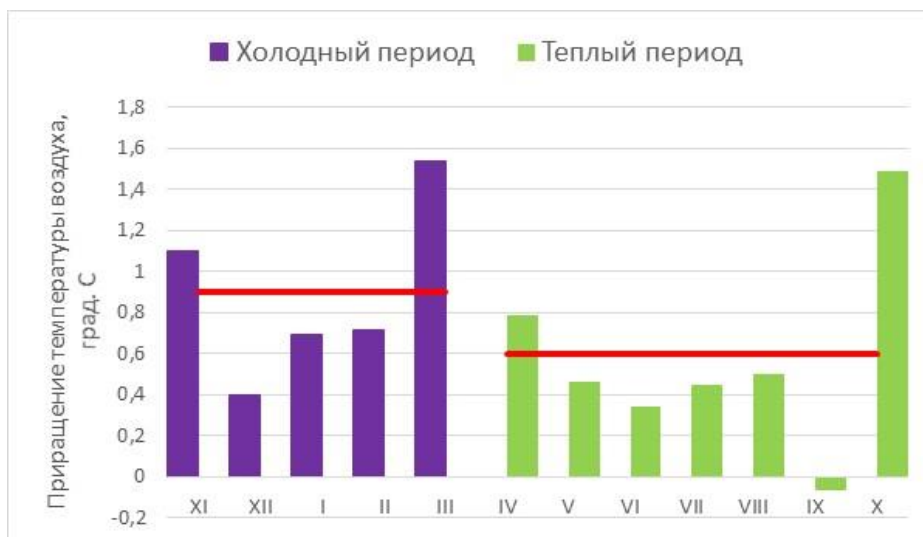


Рисунок 1.15 – Приращение средних температур воздуха за холодный и теплый периоды (МС Верхнеуральск).

1.3.3. Осадки

Средняя многолетняя сумма осадков (за 1936-2015 г.) по метеостанции Златоуст составляет 718 мм.

Суммарное количество осадков за холодный период (XI-III) – 195 мм (27,2%). Суммарное количество осадков за теплый период (IV-X) – 523 мм (72,8%).

Самое большое количество осадков приходится на июль – 110 мм. Самое меньшее количество осадков приходится на февраль – 30 мм.

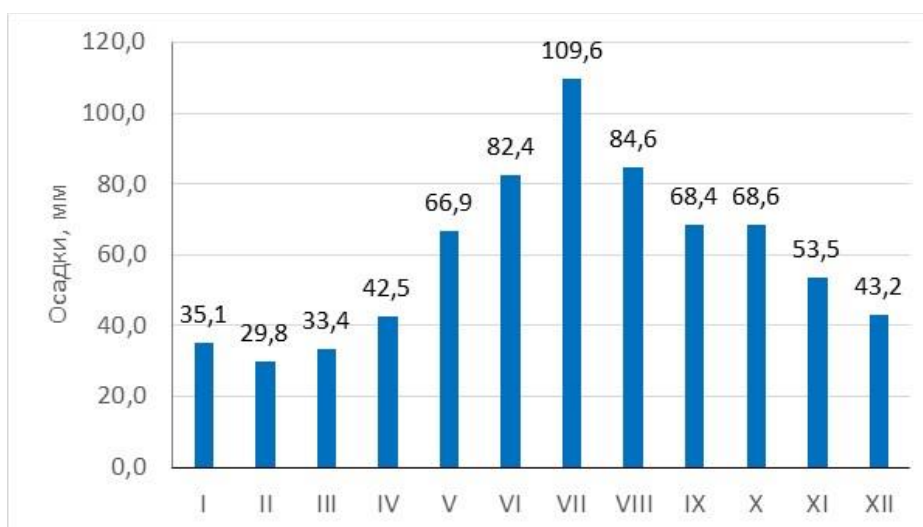


Рисунок 1.16 – График среднегодовых сумм осадков на метеостанции Златоуст.

Для метеорологической станции Златоуст в рядах среднегодовых сумм осадков тренд незначим (Рисунок 1.17).

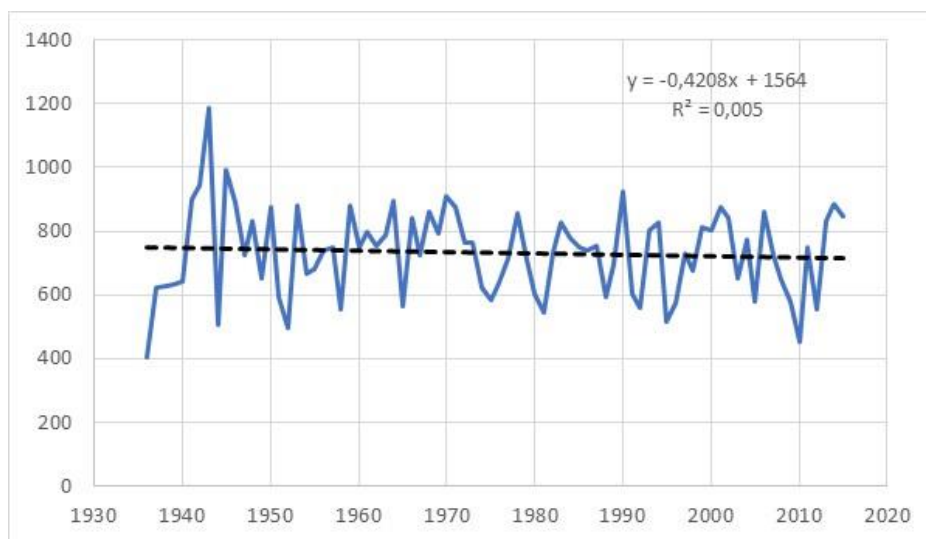


Рисунок 1.17 – Хронологический график среднегодовых сумм осадков на метеостанции Златоуст.

Средняя многолетняя сумма осадков (за 1936-2015 г.) по метеостанции Троицк составляет 423 мм.

Суммарное количество осадков за холодный период (XI-III) – 118 мм (28%). Суммарное количество осадков за теплый период (IV-X) – 304 мм (72%) (рисунок 1.18).

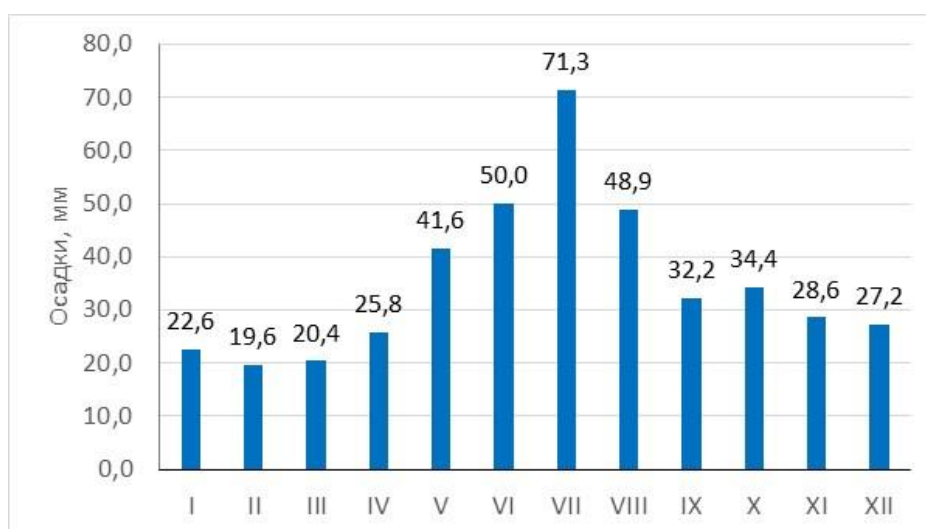


Рисунок 1.18 – График среднегодовых сумм осадков на метеостанции Троицк.

Самое большое количество осадков приходится на июль – 71 мм. Самое меньшее количество осадков приходится на февраль – 20 мм.

Для метеостанции Троицк тренд среднегодовых сумм осадков незначим (Рисунок 1.19).

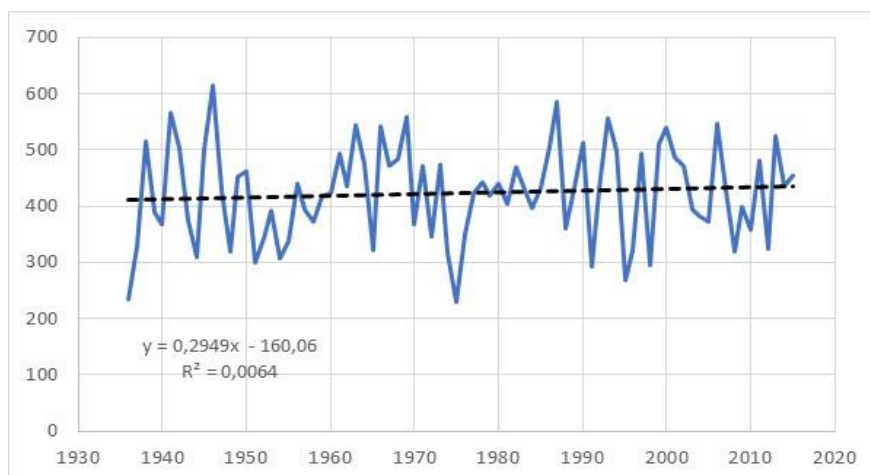


Рисунок 1.19 – Хронологический график среднегодовых сумм осадков на метеостанции Троицк.

Для метеостанции Верхнеуральск средняя многолетняя сумма осадков (за 1936-2015 г.) равняется 400 мм.

Суммарное количество осадков за холодный период (XI-III) составляет 96 мм (24%). Суммарное количество осадков за теплый период (IV-X) – 304 мм (76%).

Самое большое количество осадков приходится на июль – 80 мм. Самое меньшее количество осадков приходится на февраль – 16 мм.

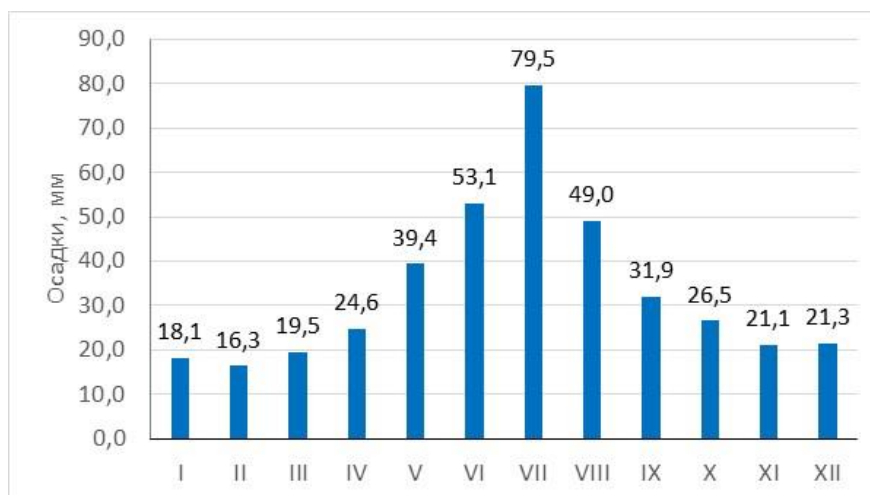


Рисунок 1.20 – График среднегодовых сумм осадков на метеостанции Верхнеуральск.

Тренд в рядах среднегодовых сумм осадков по метеостанции Верхнеуральск незначим (Рисунок 1.21).

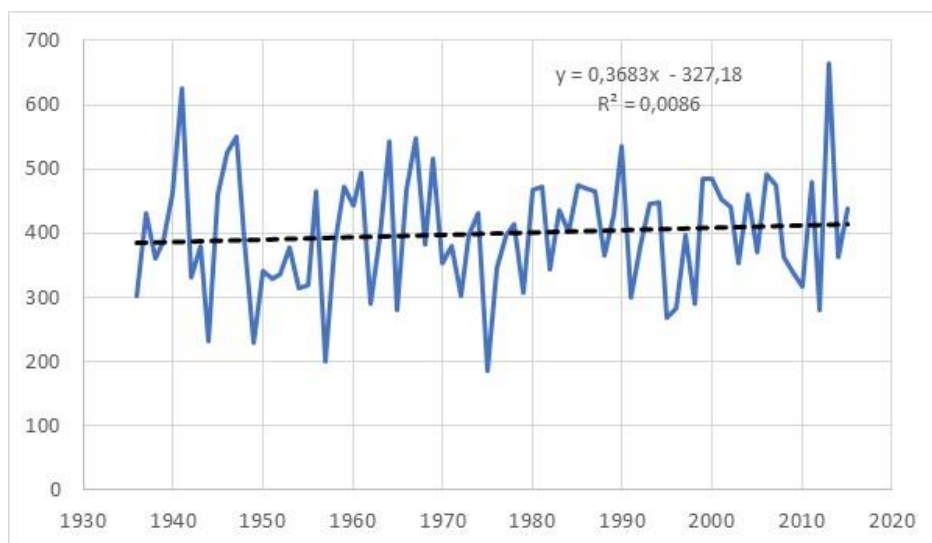


Рисунок 1.21 – Хронологический график среднегодовых сумм осадков на метеостанции Верхнеуральск.

Хотя в настоящее время ряды годовых сумм осадков являются однородными и стационарными на уровне значимости $2\alpha = 5\%$, наметилась тенденция к снижению осадков. За последние 30 лет сумма годовых осадков снизилась по сравнению с предшествующим периодом на 32 мм (по МС Златоуст, рис. 1.22).



Рисунок 1.22 – Приращение средних сумм осадков за холодный и теплый периоды (МС Златоуст).

2. АНАЛИЗ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И ПРОВЕРКА РЯДОВ НА ОДНОРОДНОСТЬ

2.1. Общая характеристика водного режима рек Северо-Запада Челябинской области

Реки горно-лесной зоны Южного Урала относятся к восточно-европейскому типу по классификации водного режима рек Б. Д. Зайкова [2]. Для них характерно весеннее половодье (с максимумом в конце апреля) и паводки в тёплое время года, а также длительная летняя и зимняя межень. В отдельные годы дождевые максимумы могут превышать максимумы весеннего половодья. В качестве примера на рисунках 2.1-2.3 показаны гидрографы реки Юрюзань – с. Вязовая ($F = 2430 \text{ км}^2$) за три характерных года (многоводный, маловодный и средний по водности).

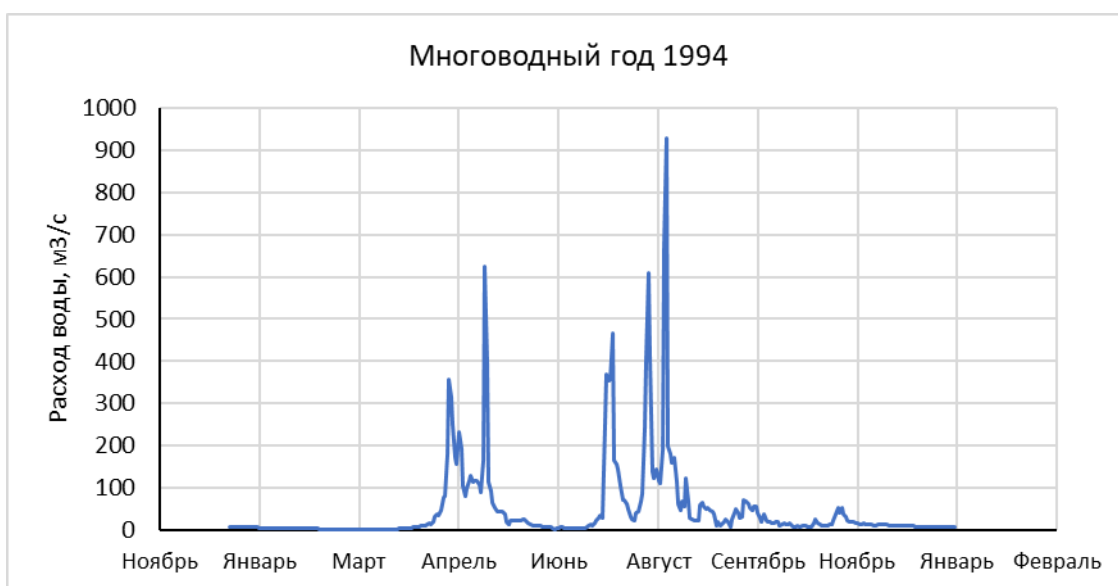


Рисунок 2.1 – Гидрограф реки Юрюзань – с. Вязовая за многоводный год (1994).



Рисунок 2.2 – Гидрограф реки Юрюзань – с. Вязовая за маловодный год (1975).



Рисунок 2.3 – Гидрограф реки Юрюзань – с. Вязовая за средний по водности год (1984).

2.2. Исходные данные

Для анализа были использованы данные по 7 гидрологическим постам. Сведения о постах даны в таблице 2.1, схема расположения постов представлена на рисунке 2.4. Описание постов дано в разделах 2.2.1-2.2.7.

Таблица 2.1 – Основные гидрографические характеристики рек Северо-Запада Челябинской области

№ п/п	№ поста на карте	Река - створ	$F, \text{ км}^2$	$L, \text{ км}$	Средне- взвешенный уклон реки, ‰	Средняя высота водосбора, м	Озер- ность, %	Залесен- ность, %	Заболо- ченность, %
1	110	Ай – г. Златоуст	1110	108	3,0	659	0,5	86	0,5
2	109	Ай – д. Веселовка	570	73	3,1	705	0,5	92	0,5
3	100	Уфа – г. Нязепетровск	3580	130	0,9	434	1	87	0,5
4	122	Юрюзань – д. Вязовая	2430	150	2,5	695	0,5	89	0,5
5	125	Тюлюк – д. Тюлюк	138	22		934	0	88	0
6	115	Куса –пгт Магнитка	286	34	3,1	536	0	95	0
7	116	Бол. Арша – д. Вознесенская	277	20	3,6	491	0	84	0

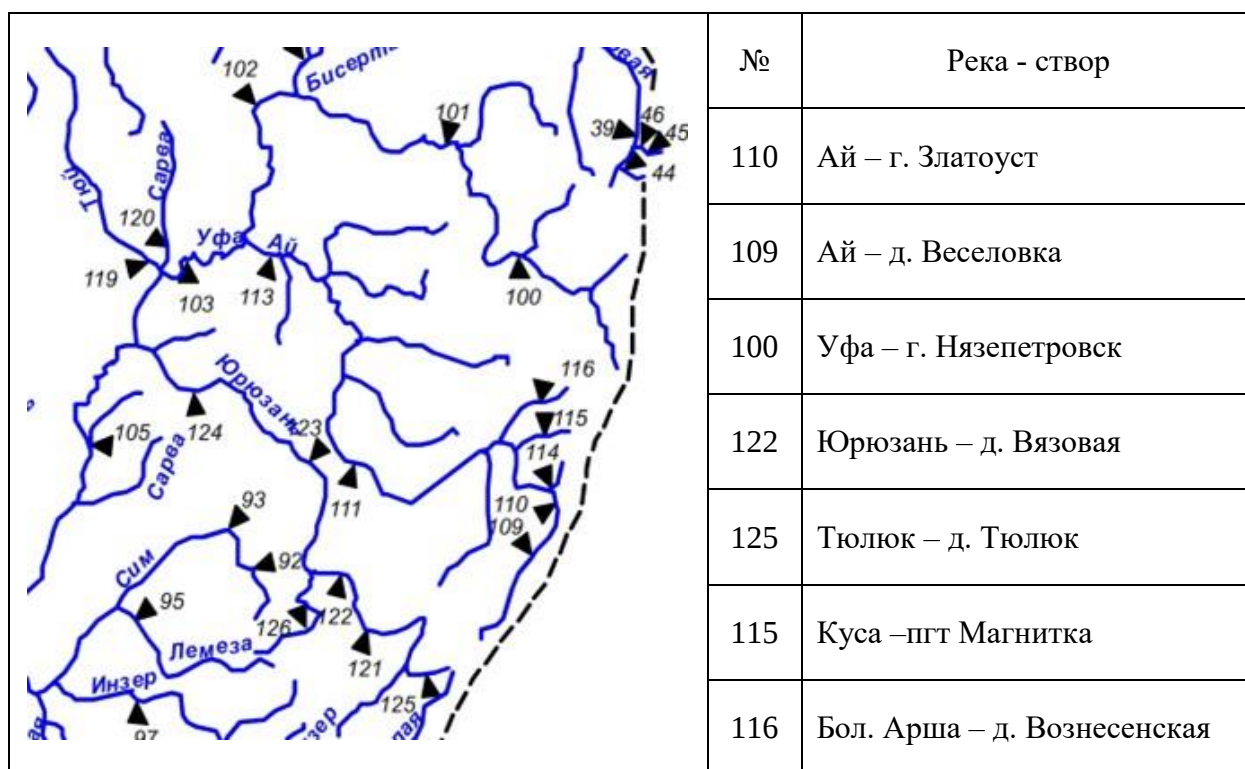


Рисунок 2.4 – Схема расположения гидрологических постов (бассейн реки Камы).

2.2.1. Река Ай – г. Златоуст

Ай – река на Южном Урале, левый приток реки Уфа. Берёт начало из болота Клюквенное, расположенного на стыке хребтов Уреньга и Аваляк, в 2 км к юго-западу от кордона Южный и в 70 км к юго-западу от города Златоуст. В верховьях течёт с северо-востока на юго-запад по территории Челябинской области. Длина реки 549 км.

Расстояние от устья до наиболее удаленной точки речной системы (исток р. Щап) 552 км, общее падение на этом расстоянии 714 м, средний уклон 1,3‰, средневзвешенный уклон 0,6‰. Площади водосбора 15 000 км², средняя высота его 415 м. Густота речной сети 0,44 км/км².

Основные притоки: р. Куса (п. б., 388-й км, длина 59 км), р. Большая Арша (п. б., 370-й км, длина 56 км), р. Большая Сатка (л. б., 339-й км, длина

88 км), р. Киги (п. 6., 170-й км, длина 87 км), р. Большой Ик (п. 6., 138-й км, длина 108 км), р. Ик (п. 6., 92-й км, длина 102 км).

Верхняя часть бассейна (пос. Лаклы) расположена в пределах горной и предгорной территории Южного Урала. Остальная его часть лежит на Юрюзано–Айской равнине и Уфимском плато. Горная и предгорная часть бассейна включает ряд хребтов. Юрюзано–Айская равнина мягкоувалистая, расчлененная речными долинами. Уфимское плато – это почти плоская возвышенность, изрезанная глубокими узкими долинами рек.

От г. Златоуста до устья бассейн местами закарстован. Грунты суглинистые и песчаные. Почвы горно-лесные, светло-серые и темно-серые лесные; в низовьях оподзоленные черноземы. Верхняя часть бассейна сплошь покрыта лесом из пихты, ели, сосны и лиственных пород. Нижняя часть его занята лесостепью. Залесенность бассейна 49%, заболоченность 1%.

По особенностям строения долины и русла р. Ай можно разделить на четыре участка. Один из них, исток – г. Златоуст (длина 108 км).

Долина реки хорошо выражена, ширина ее около 1,3 км. Склоны асимметричные, левый выше правого. Наибольшая высота левого склона 750 м, крутизна его возрастает от подножия (2 – 3°) к верхней части (до 22 – 25°, местами до 35°).

Высота правого склона 200 – 450 м, крутизна его до 10 – 15°. В отличие от левого, правый склон рассечен глубокими долинами рек. Верхние части склонов каменистые, ниже они покрыты двойным лесом, сменяющимся смешанным. По правому склону встречаются среди леса разнотравные луга.

Пойма двухсторонняя, шириной 40 – 200 м, поверхность ее изрезана старицами, покрыта смешанным лесом, частично луговая. По всему участку отмечены выходы грунтовых вод. Весной пойма заливается водой на глубину 0,1 – 1,2 м сроком на 2 – 10 дней.

Русло умеренно – извилистое. Ширина реки на перекатах 8 – 10 м, глубина 0,3 – 0,4 м, скорость течения 0,4 – 0,6 м/сек; на плесах ширина до 20 – 30 м, глубина 1 – 2 м, скорость течения 0,1 – 0,2 м/сек. Русло засоренное.

дно песчано-гравелистое на перекатах, илистое или торфянистое на плесах, на всем протяжении густо заросшее водной растительностью. Берега преимущественно высотой 0,6 – 1,5 м, обрывистые.

Пост расположен в городе: в 1 км ниже впадения р. Каменки, в 75 м выше Кусинского моста, в 50 м выше автодорожного моста.

Местность, прилегающая к долине, крупнохолмистая, ниже и выше поста занята промышленными строениями города.

Долина реки V-образная, шириной 500 – 600 м. Склоны высотой 40 – 50 м крутые, сложенные хрящеватыми грунтами, местами скальными. Пойма левобережная, затопление поймы происходит снизу при уровне 400 см на ширину 150 м.

Русло умеренно извилистое, песчано-галечное, во время половодий и паводков подвержено деформации, значительно зарастает водной растительностью, которая не отмирает и в зимнее время. Правый берег высокий, имеет искусственную насыпь в виде террасы шириной 10 м, левый – высотой 2 – 2,5 м, местами обрывистый, сложен суглинком, разрушается.

В 25 м вдоль левого берега в створе поста и выше сделана насыпь высотой до 2 м.

На уровенный, ледовый и термический режим оказывают влияние плотины завода имени В. И. Ленина. Выше по течению расположены еще несколько водохранилищ (Балашихинское водохранилище с 1979 г.; Златоустовский пруд с 1735 года; два Тесьминских водохранилища (притоки р. Ай), расположенные в 500 м, в 1 и 7 км выше поста). Естественный режим реки нарушен сбросами промышленных вод. Устойчивый ледостав отсутствует.

Пост свайного типа расположен на левом берегу. Высотные отметки поста получены нивелировкой IV кл. в 1984 г.

Отметка нуля поста 411.78 м БС.

Гидроствор № 3 в 8 м выше поста, оборудован установкой ГР – 70, № 5 в 53 м ниже поста.

Температура воды измеряется в створе поста у берега. В мае 1958 г., в результате возведения у правого берега дамбы, сужено русло, ряд наблюдений за уровнями воды неоднороден.

В связи со строительством в 50 м ниже поста, автодорожного моста через ж. – д. пути и реку, ряд наблюдений за расходами воды с 1980 по 1989 г. отсутствует.

С 1980 г. по 1988 г., на посту г. Златоуст наблюдались только уровни воды (в последствии наблюдения за расходами возобновлены). В это же время началось строительство Кусинского моста; выписка из Анализа данных 1979 г.: «в 50 м ниже поста строится мост. Для установки опоры в середине русло засыпалось до паводка с левого берега, с 22/VII засыпана первая сторона до опоры».

2.2.2. Река Ай – д. Веселовка

Пост расположен на юго-восточной окраине села, в 500 – 600 м ниже моста.

Местность, прилегающая к долине, холмистая, переходящая в горную, покрыта смешенным лесом.

Долина реки трапецеидальная, шириной до 1 км. Правый склон высотой до 50 м, пологий, левый — высотой до 100 м, крутой.

Пойма правобережная, шириной 500 м имеет плоский, слабопересеченный рельеф, местами заболочена. Сложена поймы хрящеватыми грунтами и суглинками, затопляется при уровне 180 см. Сток поймы учитывается.

Русло реки гравелистое, неразветвленное, умеренно извилистое, на участке поста прямое, в 200 м выше поста река делает крутой поворот на 100°, зарастает водной растительностью. Берега высотой 1 – 1,5 м обрывистые. В половодье и паводки берега и русло подвержены деформации.

Зимой наблюдаются выходы наледной воды.

Пост свайного типа расположен на левом берегу.

Высотные отметки поста получены нивелировкой ИУ кл, в 1973 г.

Отметка нуля поста 477.03 м БС.

Гидроствор № 4 – в 26 м выше поста, оборудован установкой ГР – 70.

Температура воды и толщина льда измеряется в створе поста у берега.

2.2.3. Река Уфа – г. Нязепетровск

Уфа́ – река на Урале и в Предуралье, в Челябинской, Свердловской области и Башкортостане, правый приток реки Белая (бассейн Волги).

Берёт начало из озера Уфимское в хребте Уралтау в 5 км северо-западнее Карабаша. В верховьях – горная река, течёт в узкой долине, имеются пороги; в среднем и нижнем течении извилиста. В бассейне развит карст. Питание преимущественно снеговое.

Замерзает в конце октября – начале декабря, вскрывается в апреле – начале мая.

Пост расположен в 570 м выше впадения р. Ураим, в 135 м ниже ж. – д. моста.

Местность, прилегающая к долине реки, мелкохолмистая.

Долина трапецеидальная. Правый склон высотой 30 – 40 м, крутой, сложен суглинками и хрящеватыми грунтами, порос лесом. Левый — пологий, высотой 20 – 25 м.

Пойма двухсторонняя. Левобережная – шириной до 1 км, изрезана старицами, затопляется при уровне 170 см, течение отсутствует. Правобережная — незначительная по ширине, затопляется при уровне 520 см. За последние 5 лет пойма затоплялась 1 раз в 1987 г (до 1990 г.). Сток поймы учитывается.

Русло извилистое, песчано-гравелистое, деформирующееся, незначительно зарастает водной растительностью. Берега высотой 4 – 5 м,

крутые, местами обрывистые, сложены суглинком. Левый берег имеет искусственное углубление — земляную дамбу, в паводок берега размываются.

Уровенный и ледово-термический режим искажен работой водохранилищ, расположенных на р. Нязя и р. Уфа и промышленными стоками.

В отдельные годы в период половодья при высоких уровнях наблюдается подпор от р. Ураим.

В 1966 г. в 200 м ниже поста построен деревянный мост, способствующий образованию заторов и создающий небольшой подпор.

С 05.08.1976 г. ежедневно из Нязепетровского водохранилища, расположенного в 40 км выше поста на р. Уфа, по трубопроводам вода ($1 \text{ м}^3/\text{с}$) перебрасывается в р. Западная Чусовая.

Пост свайного типа расположен на левом берегу. С 1978 г. был пущен в эксплуатацию второй водовод. С 1980 г. водозабор увеличился до $9 \text{ м}^3/\text{с}$.

Высотные отметки поста получены нивелировкой IV кл. в 1940 г.

Отметка нуля поста 284.61 м БС.

Гидроствор № 1 совмещен со створом поста, оборудован установкой ГР – 70.

Нижний уклонный пост расположен в 205 м ниже поста, верхний совмещен с основным.

Температура вода, измеряется в створе поста у берега, толщина льда – в створе поста на середине реки.

В связи с постройкой выше поста водохранилища сезонного регулирования и переброской части стока в другой бассейн, однородность наблюдений за уровнями и стоком воды с 1976 г. нарушена.

Наблюдения за стоком реки Уфа начаты в 1929 г. и ведутся по сей день. Имеются отсутствие наблюдений: для максимального стока половодья и паводка с 1942 по 1960 г., для среднегодовых расходов с 1944 по 1960 г.

2.2.4. Река Юрюзань – д. Вязовая

Пост расположен на западной окраине поселка, в 12 км ниже Юрюзанской плотины.

Местность, прилегающая к долине, крупнохолмистая, сильно изрезана оврагами, покрыта лесом.

Долина реки V-образная, извилистая, шириной до 1 км. Левый склон крутой, до 40 – 80°, правый — менее крутой, имеет две террасы. Склоны покрыты лесом и кустарником.

Пойма правобережная, шириной 70 м, сухая, занята постройками. Выход воды на пойму в районе поста начинается при уровне 100 см, выше поста — при уровне 300 см. Сток поймы учитывается.

На пойменном участке расположена улица Набережная, которая в период паводка (июнь 1964 г.) затоплялась, вода поднималась до уровня окон домов ($\approx 1,5 - 1,7$ м).

Русло реки умеренно извилистое, галечно-песчаное, гравелистое, слабо деформирующееся, зарастает редкой водной растительностью.

В 200 м при меженных уровнях появляется остров в виде косы. Ниже поста в 300 м перекат.

На уровенный и ледово-термический режим реки оказывают влияние работа вышерасположенного водохранилища и сбросы теплых промышленных вод.

Пост свайного типа расположен на правом берегу.

Высотные отметки поста получены нивелировкой IV кл. в 1964 г.

Отметка нуля поста 316.63 м БС.

Гидроствор № 1 расположен в 5 м ниже поста, оборудован установкой ГР – 70. Гидроствор № 2 в 53 м выше поста.

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

Пост открыт 02.10.1964 г. 2-ой дистанцией пути Златоустовского отделения Южно–Уральской ж. – д. на месте поста, действовавшего с 1932 по 1942 г.

14.02.1965 г. пост передан в ведение УрУГКС.

Для увязки уровней обоих постов необходимо к уровням поста, существовавшего в 1932 – 1942 г. вводить поправку (–1.85 м).

Имеется прерванный ряд наблюдений с 1941 по 1965 г. В это время велись гидрологические наблюдения на р. Юрюзань – с. Екатериновка (с 1931 по 1982 г., $F = 1740 \text{ км}^2$). Пост Екатериновка находится примерно в 32 км выше по реке относительно Вязовой.

2.2.5. Река Тюлюк – д. Тюлюк

Приток р. Юрюзань. Пост расположен в селе, в 220 м выше деревянного моста. Местность, прилегающая к долине, среднехолмистая, переходящая в горную.

Долина реки трапецеидальная, шириной 320 м. Склоны долины умеренно крутые, местами обрывистые, высотой 50 –100 м, рассеченные оврагами и балками, заросшие кустарником.

Пойма правобережная, шириной 35 м, занята жилыми постройками, затопляется при уровне 200 см. Сток поймы учитывается. Последние 5 лет пойма не затоплялась (до 1990 г).

Русло реки прямолинейное, каменистое с большими валунами.

В суровые зимы при частичном замерзании русла наблюдаются значительные выходы наледной воды.

06.09.1982 г. в 250 м ниже поста произведены расчистка и углубление русла.

Пост свайного типа расположен на левом берегу.

Высотные отметки поста получено нивелировкой IV кл. в 1968 г.

Отметка куда поста 558.23 м БС.

Гидроствор № 1 расположен в 220 м ниже поста.

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

В связи с расчисткой русла на участке поста 22.11.1969 г. морфометрические характеристики русла изменились, уровень нулевого расхода понизился на 20 – 30 см.

Уровенный ряд наблюдений прерван.

2.2.6. Река Куса – пгт. Магнитка

Пост расположен в южной части поселка, в 1,4 км ниже впадения р. Изранда.

Местность, прилегающая к долине, крупнохолмистая, переходящая в горную, за пределами поселка поросла лесом.

Долина корытообразная. Правый склон крутой, высотой 100 – 150 м, левый высотой 25 – 50 м.

Пойма левобережная, шириной 150 – 200 м, луговая, местами неровная, частично заболоченная, заросшая кустарником, затопляется при уровне 180 см, за последние 5 лет не затоплялась (до 1990 г). Сток поймы учитывается. Выше располагается Магнитский пруд, из которого осуществляется водозабор.

Русло реки извилистое, песчано-гравелистое, местами каменистое. Правый берег крутой, скальный, высотой до 8 м, левый пологий до 1,5 – 2 м, сложен песчаными и супесчаными грунтами. Левый берег при большой воде подвергается разрушению. Зимой наблюдаются выходы наледной воды.

Пост свайного типа расположен на левом берегу.

Высотные отметки поста получены нивелировкой IV кл. в 1973 г.

Отметка нуля поста 359.43 м БС.

Гидроствор оборудован подвесным пешеходным мостиком, № 3 – в створе поста, № 4 (паводочный) – в 72 м ниже поста, оборудован нижний уклонный пост, верхний совмещен с основным.

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

2.2.7. Река Бол. Арша – д. Вознесенская

Пост расположен у деревни, в 800 м ниже впадения р. Миса – Елга. Местность, прилегающая к долине, холмистая, покрыта смешанным лесом. Долина реки V-образная, шириной до 1 км. Склоны долины умеренно крутые, местами обрывистые, высотой 50 – 100 м, рассечены оврагами и балками, заросшие кустарником.

Пойма левобережная, шириной до 500 м, покрыта кустарником и лесом. Затопляется при уровне 300 см. Сток поймы учитывается. За последние 5 лет не затоплялась (до 1990 г.).

Русло реки извилистое, песчано-галечное, деформирующееся. Берега высотой 2 – 3 м. В половодье и дождевые паводки берега разрушаются. Выше и ниже поста в 25 – 100 м имеются перекаты, способствующие выходу наледной воды.

Пост расположен на правом берегу.

Высотные отметки поста получены нивелировкой IV кл. в 1974 г.

Отметка нуля поста 347.10 м БС.

Температура воды в половодье и паводки измеряется в створе поста, в период летней межени – в 5 м выше основного поста у берега.

Толщина льда измеряется в створе поста на середине реки. Ряд наблюдений на посту был прерван (1994 – 2000 г. для среднегодовых расходов; 1997 – 2000 г. для половодий и для паводков).

2.3. Приведение коротких рядов среднегодовых расходов воды к многолетнему периоду

Для приведения коротких рядов к многолетнему периоду использовался метод гидрологической аналогии [7,8,9,10]. При выборе рек-аналогов учитывались требования Свода правил СП 529.1325800.2023 [14]:

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

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

Таблица 2.2 – Пространственная корреляционная матрица среднегодовых расходов воды

Река – пост	1	2	3	4	5	6	7
1. Ай – Златоуст	1						
2. Ай – Веселовка	0,83	1					
3. Уфа – Нязепетровск	0,74	0,67	1				
4. Юрюзань – Вязовая	0,67	0,62	0,49	1			
5. Тюлюк – Тюлюк	0,79	0,67	0,58	0,53	1		
6. Куса – Магнитка	0,85	0,73	0,80	0,64	0,72	1	
7. Бол. Арша – Вознесенская	0,63	0,72	0,76	0,50	0,60	0,70	1

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

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

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

Для того, чтобы избежать преуменьшения дисперсии восстановленного

ряда значения, полученные по уравнению регрессии корректировались с использованием формулы:

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

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

Параметры уравнений регрессии даны в таблице 2.3, графики связи представлены на рисунках 2.5, 2.6 и в приложении В.

Таблица 2.3 – Параметры уравнения линейной регрессии среднегодовых расходов воды

Расчетная река	Река-аналог	Совместный период набл.	R	Параметры уравнения регрессии	
				a	b
Ай – г. Златоуст	Уфа – г. Нязепетровск	69	0,74	0,22	2,39
Ай – д. Веселовка	Ай – г. Златоуст	57	0,83	0,52	0,27
Уфа – г. Нязепетровск	Ай – г. Златоуст	69	0,74	2,48	4,79
Юрюзань – д. Вязовая	нет	-	-	-	-
Тюлюк – д. Тюлюк	Ай – г. Златоуст	59	0,79	0,21	0,37
Куса – пгт Магнитка	Ай – г. Златоуст	59	0,85	0,33	0,66
Бол. Арша – д. Вознесенская	Уфа – г. Нязепетровск	59	0,76	0,07	0,63

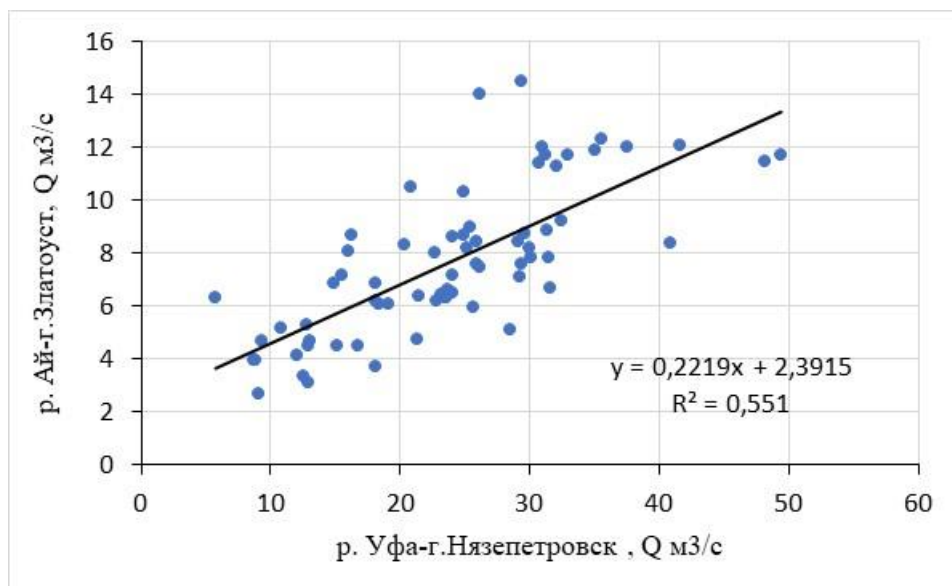


Рисунок 2.5 – График связи среднегодовых расходов воды реки Ай – г. Златоуст (расчетная река) и реки Уфа – г. Нязепетровск (река-аналог).

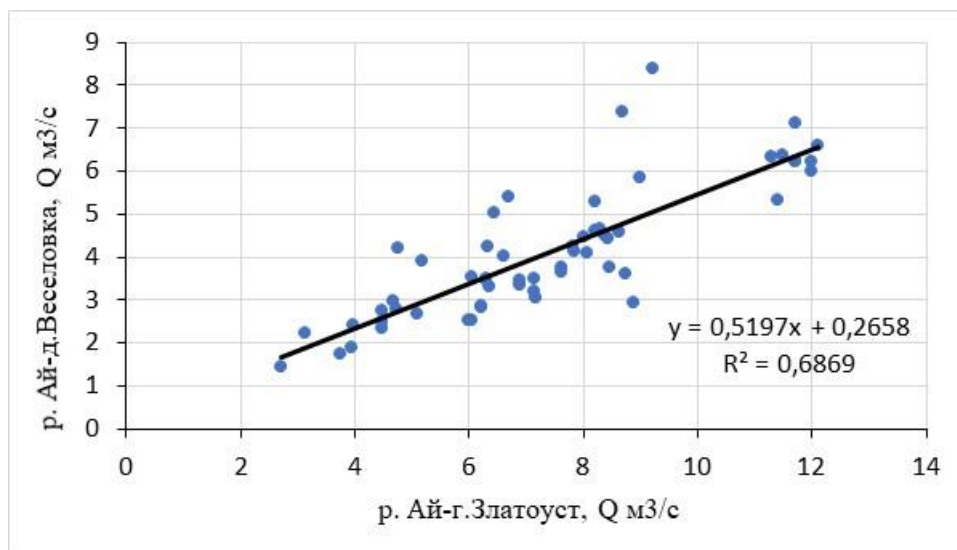


Рисунок 2.6 – График связи среднегодовых расходов воды реки Ай – д. Веселовка (расчетная река) и реки Ай – г. Златоуст (река-аналог).

Восстановленные ряды среднегодовых расходов воды для рек северо-запада Челябинской области представлены в приложении Г.

2.4. Описание расчетных методик

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

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

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

σ_R – стандартная ошибка коэффициента корреляции, определяемая по формуле:

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

n – длина ряда.

Для выявления точек нарушения стационарности рядов гидрометеорологических характеристик строились нормированные суммарные кривые:

$$\sum_{i=T_n}^T \frac{x_i - x_{\min}}{\sigma_x} = f(T), \quad (2.4)$$

где x_i – значение исследуемой характеристики X в i -том году; $x_{\min}$ – минимальное значение исследуемой характеристики; σ_x – стандартное отклонение исследуемой характеристики; T – время (годы); T_n – год начала наблюдений.

Проверка рядов на однородность проводилась с использованием критериев Стьюдента и Фишера [3,4,5,13,16,17].

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

$$1 < F^* < F_{2\alpha}, \quad (2.5)$$

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

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

$$|t^*| < t_{2\alpha}, \quad (2.6)$$

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

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

$$t^* = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S} \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}}, \quad (2.7)$$

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

$$S = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}. \quad (2.8)$$

Для выявления фаз с повышенными и пониженными значениями исследуемой характеристики использовались разностные интегральные кривые:

$$\sum_{i=T_n}^T \frac{x_i - x_{cp}}{\sigma_x} = f(T), \quad (2,9)$$

где x_{cp} – среднее значение исследуемой характеристики.

2.5. Проверка рядов среднегодовых расходов воды на однородность и стационарность

Проверка рядов среднегодовых расходов воды на однородность по критериям Фишера и Стьюдента проводилась с использованием формул (2.5-2.8). Результаты проверки представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Результаты проверки рядов среднегодовых расходов воды на однородность при уровне значимости $2\alpha = 5\%$

№	Река – пост	n	t^*	$t_{2\alpha}$	F^*	$F_{2\alpha}$	Опровержение гипотезы об однородности ($\oplus$)	
							Стьюдент	Фишер
1	Ай – г. Златоуст	95	0,96	1,99	1,83	1,99*	–	–
2	Ай – д. Веселовка	86	0,82	1,99	1,48	1,85	–	–
3	Уфа – г. Нязепетровск	95	-0,32	1,99	1,13	1,79	–	–
4	Юрюзань – д. Вязовая	60	0,76	2	1,48	2,1	–	–
5	Тюлюк – д. Тюлюк	86	1,59	1,99	1,24	1,85	–	–
6	Куса – пгт. Магнитка	86	1,37	1,99	1,18	1,85	–	–
7	Бол. Арша – д. Вознесенская	65	-2,32	2,44*	3,01	2,27*	–	$\oplus$
* – критическое значение с учетом асимметрии и автокорреляции.								

Как видно из таблицы, ряды среднегодовых расходов воды являются однородными, за исключением ряда Бол. Арша – д. Вознесенская, где выявлена неоднородность по критерию Фишера.

Проверка рядов среднегодовых расходов воды на значимость тренда проводилась с использованием формул (2.2-2.3). Результаты представлены в таблице 2.5. Хронологические графики с линиями трендов показаны на рисунках 2.7-2.13.

Таблица 2.5 – Оценка значимости линейных трендов в рядах среднегодовых расходов рек бассейна реки Волга при уровне значимости $2\alpha = 5\%$

№	Река – пост	n	R	t^*	$t_{2\alpha}$	Тренд	
						значимость	интенсивность, м ³ /с за 10 лет
1	Ай – г. Златоуст	95	0,032	0,31	1,99	незначим	0
2	Ай – д. Веселовка	86	0,122	1,13	1,99	незначим	0
3	Уфа – г. Нязепетровск	95	0,1	0,97	1,99	незначим	0
4	Юрюзань – д. Вязовая	60	0,04	0,33	2	незначим	0
5	Тюлюк – д. Тюлюк	86	0,29	2,78	1,99	значим	–0,084
6	Куса – пгт Магнитка	86	0,23	2,17	1,99	значим	–0,10
7	Бол. Арша – д. Вознесенская	65	0,17	1,37	2	незначим	0

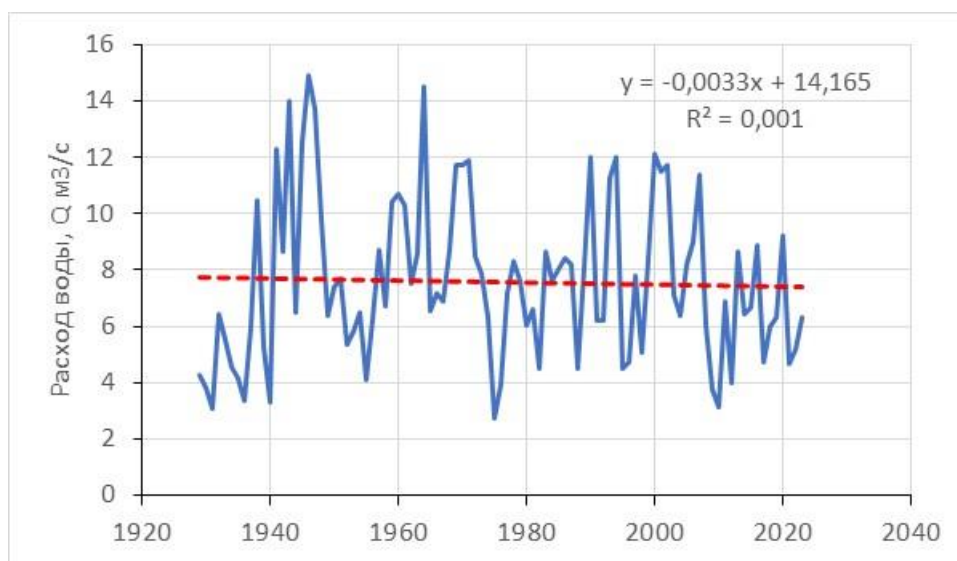


Рисунок 2.7 – Хронологический график среднегодовых расходов с линией тренда реки Ай – г. Златоуст (тренд незначим).

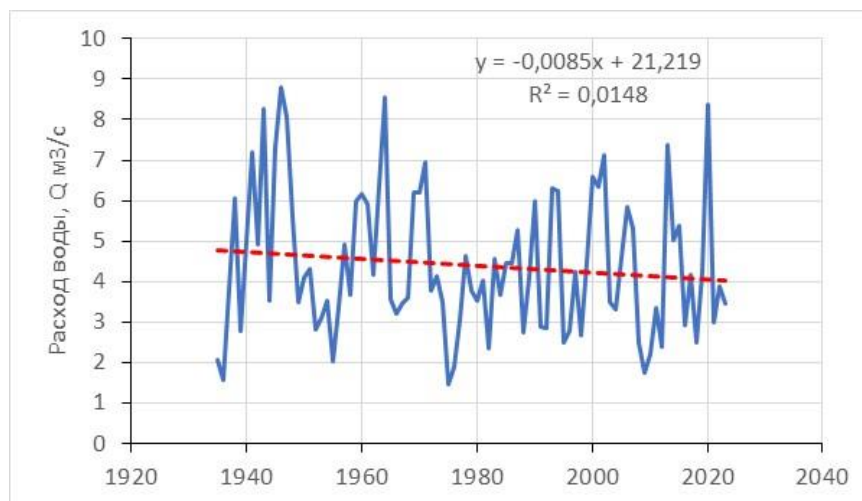


Рисунок 2.8 – Хронологический график среднегодовых расходов с линией тренда реки Ай – д. Веселовка (тренд незначим).

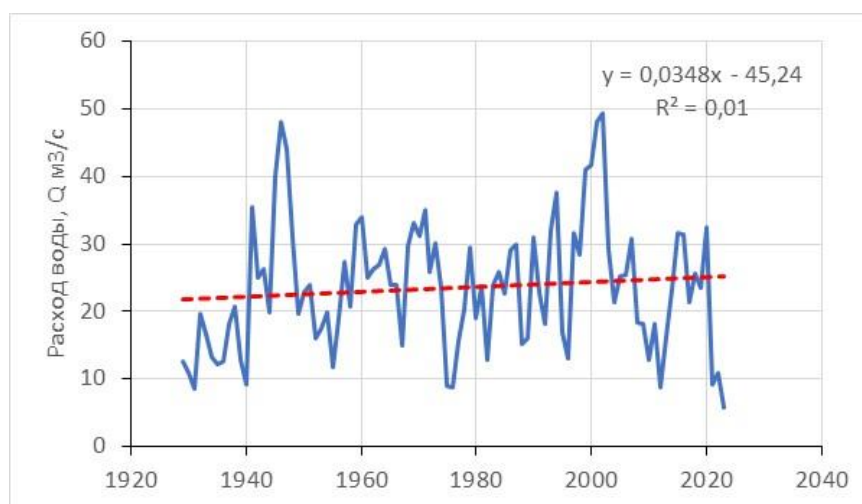


Рисунок 2.9 – Хронологический график среднегодовых расходов с линией тренда реки Уфа – г. Нязепетровск (тренд незначим).

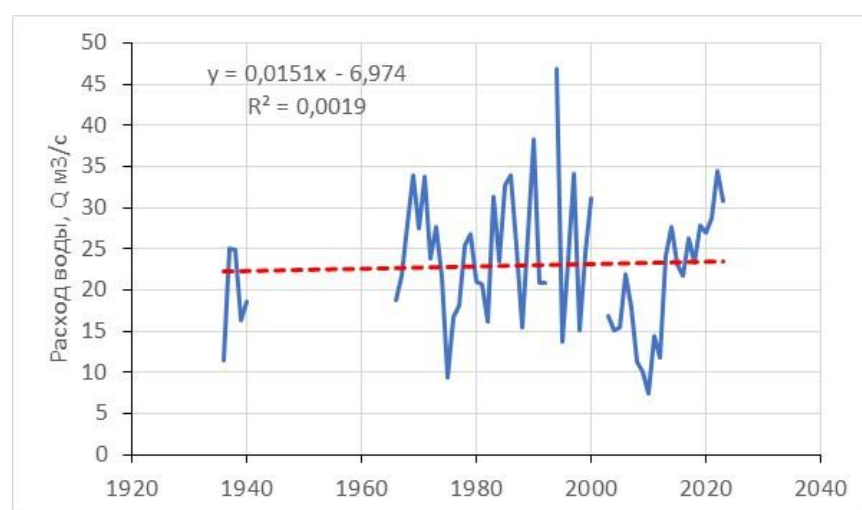


Рисунок 2.10 – Хронологический график среднегодовых расходов с линией тренда реки Юрюзань – д. Вязовая (тренд незначим).

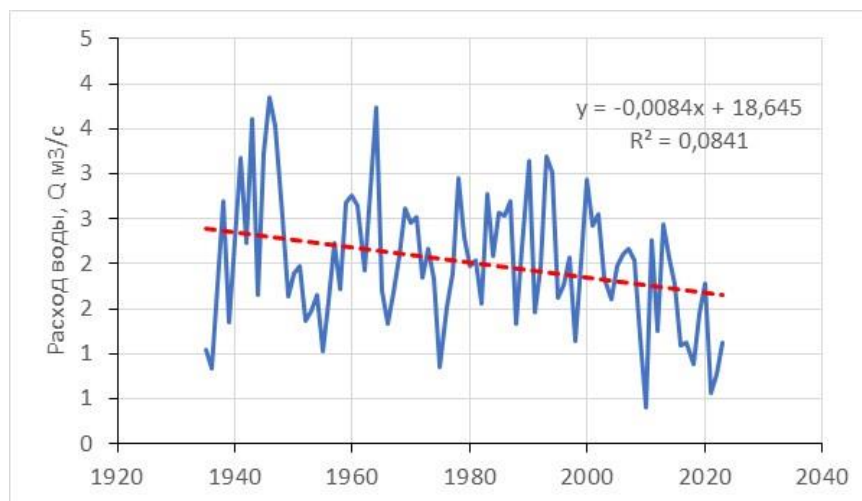


Рисунок 2.11 – Хронологический график среднегодовых расходов с линией тренда реки Тюлюк – д. Тюлюк (тренд значим).

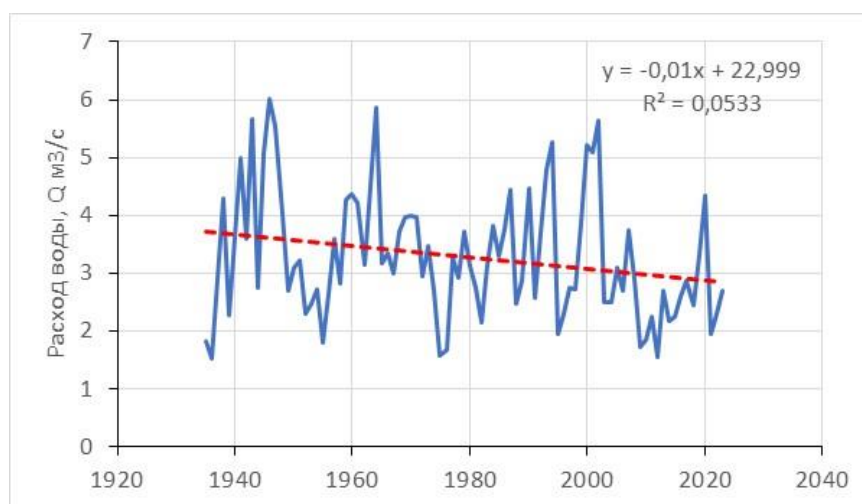


Рисунок 2.12 – Хронологический график среднегодовых расходов с линией тренда реки Куса – пгт. Магнитка (тренд значим).

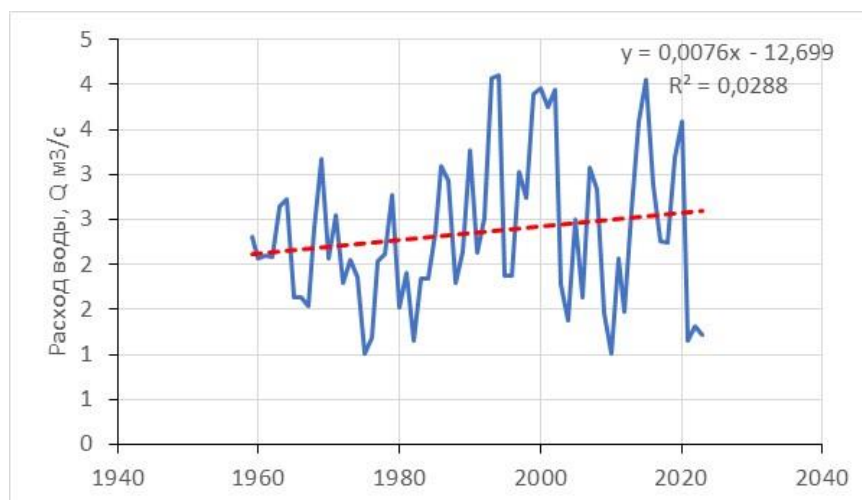


Рисунок 2.13 – Хронологический график среднегодовых расходов с линией тренда реки Бол. Арша – д. Вознесенская (тренд незначим).

Учитывая, что в исследуемом районе изменения климата начали проявляться в явном виде примерно с начала 90-х XX века, была выполнена оценка значимости трендов отдельно за период с начала наблюдений по 1990 год и за период с 1991 по 2023 год. Результаты представлены в таблице 2.6. Хронологические графики рядов со значимыми трендами показаны на рисунках 2.14-2.16.

Таблица 2.6 – Оценка значимости линейных трендов в рядах среднегодовых расходов рек бассейна реки Волга за 1991-2023 гг. при уровне значимости $2\alpha = 5\%$

№	Река – пост	$F, \text{ км}^2$	R	t^*	$t_{2\alpha}$	Тренд	
						значимость	интенсивность, $\text{м}^3/\text{с}$ за 10 лет
1	Ай – г. Златоуст	1120	0,29	1,69	2,04	незначим	0
2	Ай – д. Веселовка	586	0,01	0,08	2,04	незначим	0
3	Уфа – г. Нязепетровск	3560	0,39	2,34	2,04	значим	-4,389
4	Юрюзань – д. Вязовая	2430	0,09	0,46	2,05	незначим	0
5	Тюлюк – д. Тюлюк	136	0,55	3,66	2,04	значим	-0,389
6	Куса – пгт Магнитка	287	0,37	2,21	2,04	значим	-0,426
7	Бол. Арша – д. Вознесенская	277	0,28	1,65	2,04	незначим	0

Как видно из таблицы, за современный климатический период значимый тренд имеют ряды среднегодовых расходов на реках: Тюлюк и Куса. Перечисленные реки протекают на юго-востоке исследуемой территории и имеют площадь водосбора менее 300 км^2 . Значимый тренд выявлен также на реке Уфа – г. Нязепетровск, в бассейне которой широко развит карст.

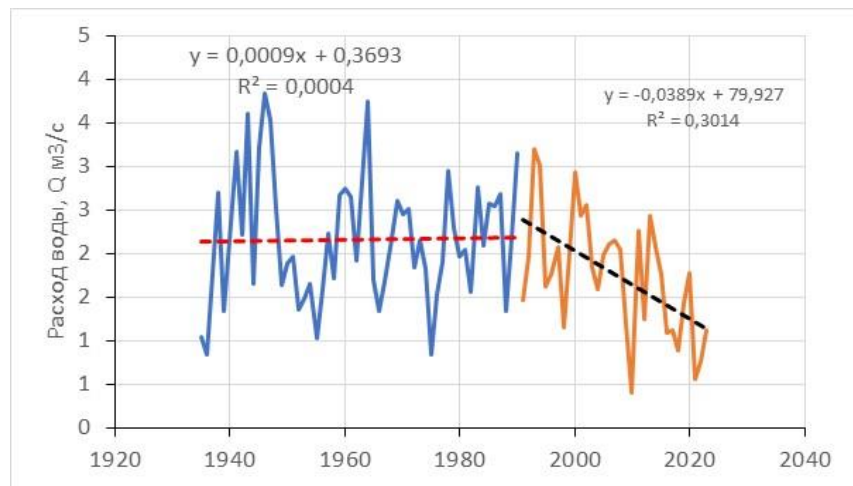


Рисунок 2.14 – Хронологический график среднегодовых расходов с линией тренда реки Тюлюк – д. Тюлюк за последний климатический период (тренд значим).

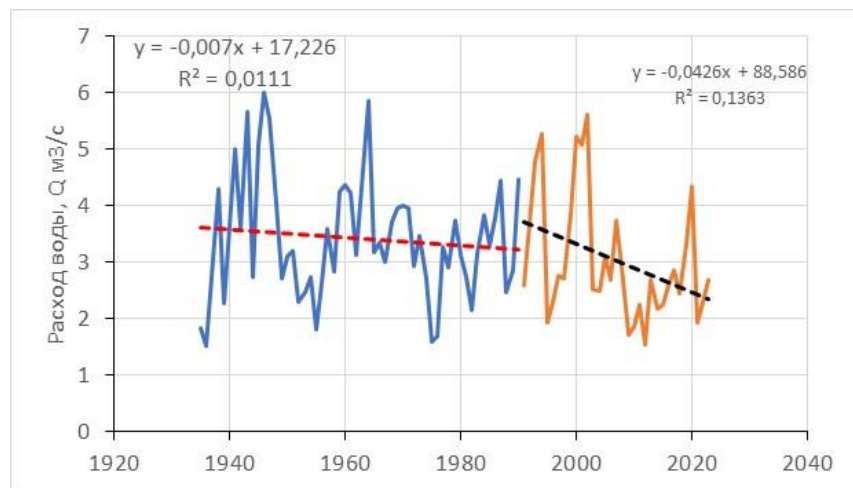


Рисунок 2.15 – Хронологический график среднегодовых расходов с линией тренда реки Куса – пгт. Магнитка за последний климатический период (тренд значим).

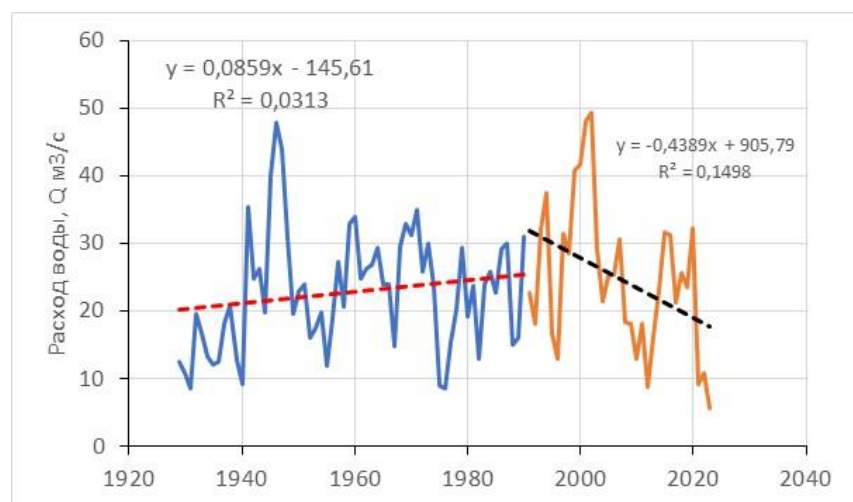


Рисунок 2.16 – Хронологический график среднегодовых расходов с линией тренда реки Уфа – г. Нязепетровск за последний климатический период (тренд значим).

2.6. Проверка рядов максимальных расходов весеннего половодья на однородность и стационарность

Проверка рядов максимальных расходов весеннего половодья на однородность по критериям Фишера и Стьюдента проводилась с использованием формул (2.5-2.8). Результаты проверки представлены в таблице 2.7.

Как видно из таблицы, ряды максимальных расходов весеннего половодья являются однородными, за исключением ряда Тюлюк – д. Тюлюк, где выявлена неоднородность по обоим критериям.

Проверка рядов максимальных расходов воды на значимость тренда проводилась с использованием формул (2.2-2.3). Значимость тренда оценивалась за последний климатический период (с 1991 по 2023 г.). Результаты представлены в таблице 2.8.

Как видно из таблицы, для трех постов из семи выявлены значимые тренды на понижение. Хронологические графики рядов со значимыми трендами показаны на рисунках 2.17-2.19.

Таблица 2.7 – Результаты проверки рядов максимальных расходов весеннего половодья на однородность при уровне значимости $2\alpha = 5\%$

№	Река – пост	n	t^*	$t_{2\alpha}$	F^*	$F_{2\alpha}$	Опровержение гипотезы об однородности ($\oplus$)	
							Стьюдент	Фишер
1	Ай – г. Златоуст	90	-1,03	1,99	1,69	1,82	–	–
2	Ай – д. Веселовка	58	0,77	2,00	1,76	2,13	–	–
3	Уфа – г. Нязепетровск	76	1,10	1,99	1,73	1,92	–	–
4	Юрюзань – д. Вязовая	63	0,19	2,00	1,87	2,06	–	–
5	Тюлюк – д. Тюлюк	59	3,35	2,00	3,59	2,12	$\oplus$	$\oplus$

№	Река – пост	n	t^*	$t_{2\alpha}$	F^*	$F_{2\alpha}$	Опровержение гипотезы об однородности ($\oplus$)	
							Стьюдент	Фишер
6	Куса – пгт. Магнитка	59	1,35	2,00	1,68	2,11	–	–
7	Бол. Арша – д. Вознесенская	61	0,78	2,00	1,45	2,09	–	–

Таблица 2.8 – Оценка значимости линейных трендов в рядах максимальных расходов весеннего половодья рек бассейна р. Волги за 1991-2023 гг. при уровне значимости $2\alpha = 5\%$

№	Река – пост	$F, км^2$	R	t^*	$t_{2\alpha}$	Тренд	
						значимость	интенсивность, м ³ /с за 10 лет
1	Ай – г. Златоуст	1120	0,14	0,79	2,04	незначим	0
2	Ай – д. Веселовка	586	0,06	0,35	2,04	незначим	0
3	Уфа – г. Нязепетровск	3560	0,43	2,62	2,04	значим	-57,669
4	Юрюзань – д. Вязовая	2430	0,46	2,89	2,04	значим	-62,739
5	Тюлюк – д. Тюлюк	136	0,29	1,67	2,04	незначим	0
6	Куса – пгт Магнитка	287	0,36	2,18	2,04	значим	-5,913
7	Бол. Арша – д. Вознесенская	277	0,24	1,27	2,05	незначим	0

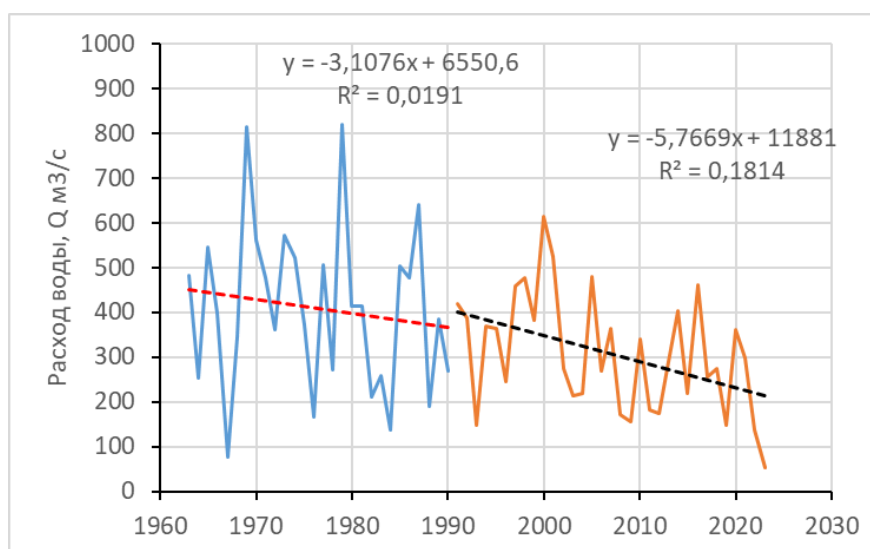


Рисунок 2.17 – Хронологический график максимальных расходов весеннего половодья с линией тренда реки Уфа – г. Нязепетровск за последний климатический период (тренд значим).

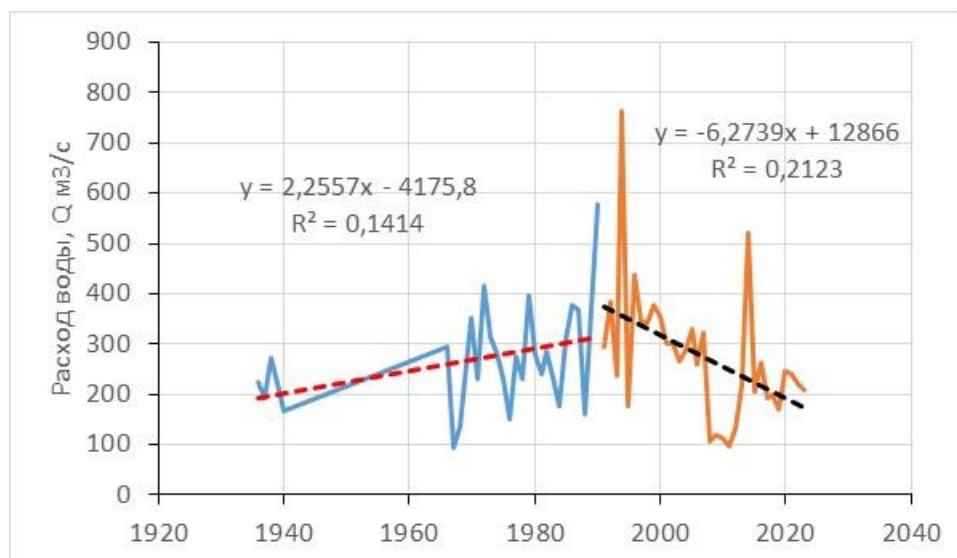


Рисунок 2.18 – Хронологический график максимальных расходов весеннего половодья с линией тренда реки Юрюзань – д. Вязовая за 1991-2023 гг. (тренд значим).

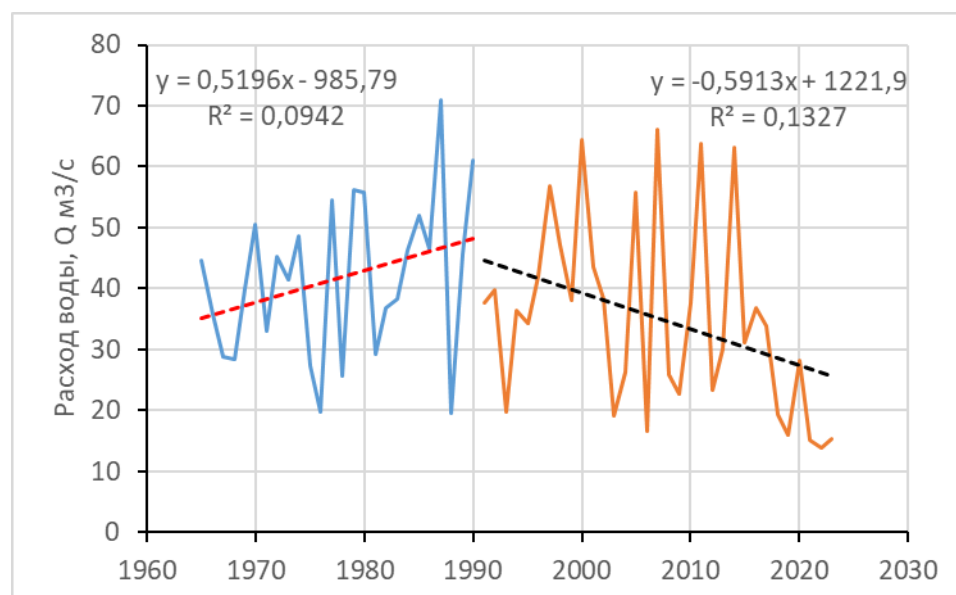


Рисунок 2.19 – Хронологический график максимальных расходов весеннего половодья с линией тренда реки Куса – пгт Магнитка за 1991-2023 гг. (тренд значим).

2.7. Проверка рядов минимальных зимних расходов воды на однородность и стационарность

Проверка рядов минимальных зимних суточных расходов на однородность по критериям Фишера и Стьюдента проводилась с

использованием формул (2.5-2.8). Результаты проверки представлены в таблице 2.9.

Как видно из таблицы, следующие ряды минимальных зимних суточных расходов воды являются однородными — Ай – г. Златоуст, Ай – д. Веселовка. Остальные ряды минимальных зимних суточных расходов воды являются неоднородными по обоим критериям, за исключением Тюлюк – д. Тюлюк, где выявлена неоднородность по критерию Стьюдента, однако по критерию Фишера ряд считается однородным.

Проверка рядов минимальных расходов воды на значимость тренда проводилась с использованием формул (2.2-2.3). Значимость тренда оценивалась за последний климатический период (с 1991 по 2023 г.). Результаты представлены в таблице 2.10. Хронологические графики с линиями трендов показаны на рисунках 2.20-2.23.

Таблица 2.9 – Результаты проверки рядов минимальных зимних суточных расходов на однородность при уровне значимости $2\alpha = 5\%$

№	Река – пост	n	t^*	$t_{2\alpha}$	F^*	$F_{2\alpha}$	Опровержение гипотезы об однородности ($\oplus$)	
							Стьюдент	Фишер
1	Ай – г. Златоуст	51	1,36	2,01	1,14	2,24	–	–
2	Ай – д. Веселовка	58	0,28	2,00	1,04	2,13	–	–
3	Уфа – г. Нязепетровск	59	-3,26	2,00	4,16	2,12	$\oplus$	$\oplus$
4	Юрюзань – д. Вязовая	59	-2,88	2,00	16,10	2,12	$\oplus$	$\oplus$
5	Тюлюк – д. Тюлюк	60	2,23	2,00	1,29	2,10	$\oplus$	–
6	Куса – пгт. Магнитка	60	-2,78	2,00	2,72	2,10	$\oplus$	$\oplus$
7	Бол. Арша – д. Вознесенская	62	-3,51	2,00	2,25	2,07	$\oplus$	$\oplus$

Таблица 2.10 – Оценка значимости линейных трендов в рядах минимальных зимних суточных расходов рек бассейна р. Волги за 1991-2023 гг. при уровне значимости $2\alpha = 5\%$

№	Река – пост	$F, км^2$	R	t^*	$t_{2\alpha}$	Тренд	
						значимость	интенсивность, $м^3/с$ за 10 лет
1	Ай – г. Златоуст	1120	0,39	1,76	2,11	незначим	0
2	Ай – д. Веселовка	586	0,41	2,49	2,04	значим	-0,093
3	Уфа – г. Нязепетровск	3560	0,12	0,63	2,06	незначим	0
4	Юрюзань – д. Вязовая	2430	0,64	4,65	2,04	значим	2,343
5	Тюлюк – д. Тюлюк	136	0,79	7,19	2,04	значим	-0,129
6	Куса – пгт Магнитка	287	0,16	0,92	2,04	незначим	0
7	Бол. Арша – д. Вознесенская	277	0,55	3,40	2,05	значим	-0,083

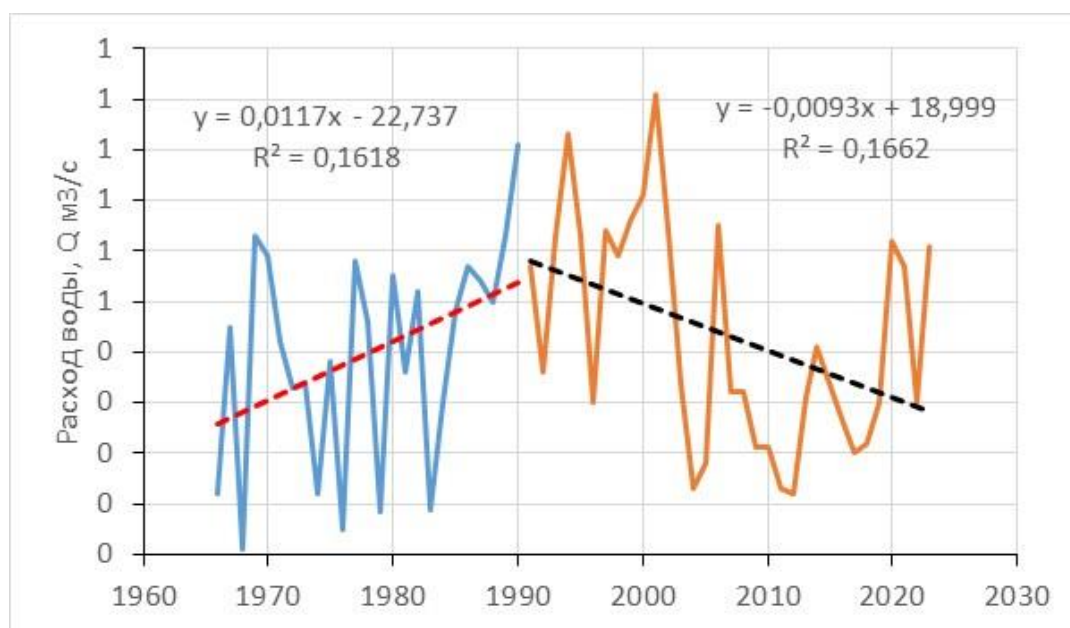


Рисунок 2.20 – Хронологический график минимальных зимних суточных расходов с линией тренда реки Ай – д. Веселовка за 1991-2023 гг. (тренд значим).

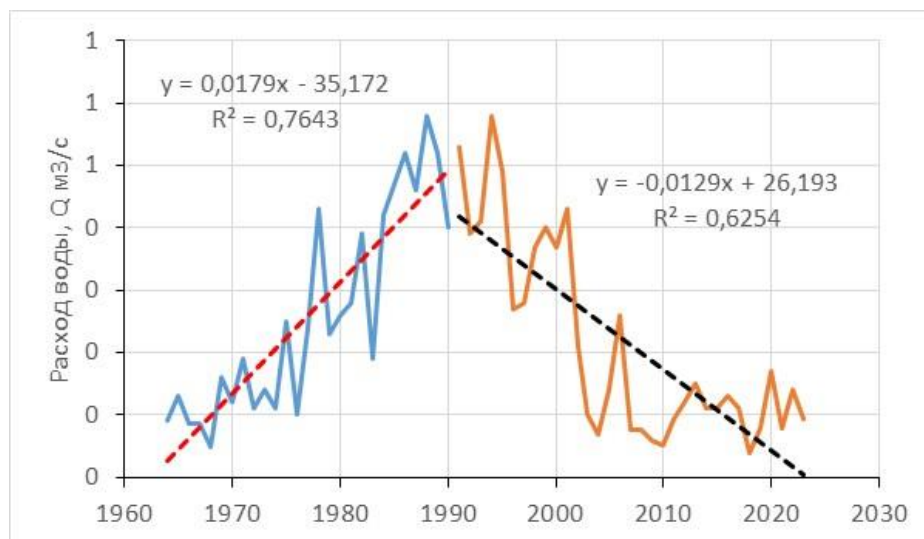


Рисунок 2.21 – Хронологический график минимальных зимних суточных расходов с линией тренда реки Тюлюк – д. Тюлюк за 1991-2023 гг. (тренд значим).

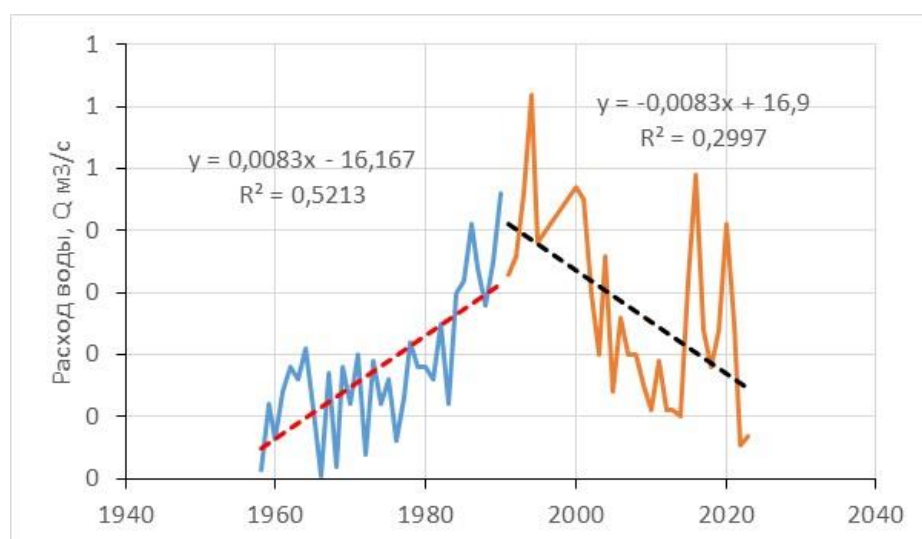


Рисунок 2.22 – Хронологический график минимальных зимних суточных расходов с линией тренда реки Бол. Арша – д. Вознесенская за 1991-2023 гг. (тренд значим).

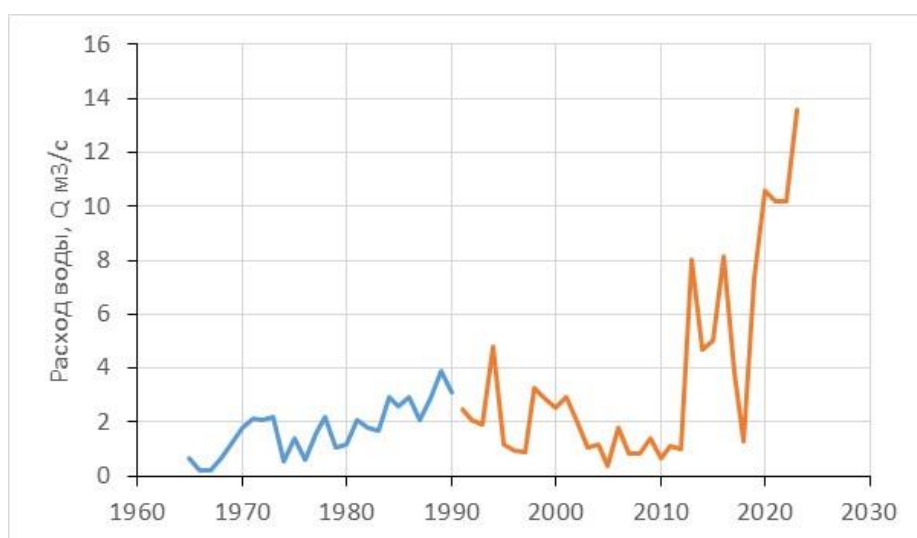


Рисунок 2.23 – Хронологический график минимальных зимних суточных расходов реки Юрюзань – д. за 1991-2023 гг.

На реке Юрюзань однородность ряда минимальных зимних расходов воды по всей видимости нарушается в результате нерегулярных сбросов воды из водохранилищ Юрюзани и Усть-Катава.

2.8. Проверка рядов минимальных летне-осенних расходов воды на однородность и стационарность

Проверка рядов минимальных летне-осенних суточных расходов воды на однородность по критериям Фишера и Стьюдента проводилась с использованием формул (2.5-2.8). Результаты проверки представлены в таблице 2.11.

Как видно из таблицы, все ряды минимальных летне-осенних суточных расходов воды по критерию Стьюдента являются однородными, за исключением ряда Тюлюк – д. Тюлюк, где наблюдается опровержение гипотезы об однородности по критерию Стьюдента. По критерию Фишера неоднородность выявлена в рядах Ай – д. Веселовка, Уфа – г. Нязепетровск, Юрюзань – д. Вязовая, Куса – пгт. Магнитка.

Проверка рядов минимальных летне-осенних расходов на значимость тренда проводилась с использованием формул (2.2-2.3). Значимость тренда оценивалась за последний климатический период (с 1991 по 2023 г.). Результаты представлены в таблице 2.12. Хронологические графики с линиями трендов показаны на рисунках 2.24-2.27.

Таблица 2.11 – Результаты проверки рядов минимальных летне-осенних суточных расходов на однородность при уровне значимости $2\alpha = 5\%$

№	Река – пост	n	t^*	$t_{2\alpha}$	F^*	$F_{2\alpha}$	Опровержение гипотезы об однородности ($\oplus$)	
							Стьюдент	Фишер
1	Ай – г. Златоуст	64	1,87	2,00	1,82	2,05	–	–
2	Ай – д. Веселовка	58	-0,46	2,00	6,13	2,13	–	$\oplus$
3	Уфа – г. Нязепетровск	63	-0,49	2,00	2,09	2,06	–	$\oplus$
4	Юрюзань – д. Вязовая	58	-1,82	2,00	5,76	2,13	–	$\oplus$
5	Тюлюк – д. Тюлюк	59	3,75	2,00	1,78	2,11	$\oplus$	–
6	Куса – пгт. Магнитка	59	0,78	2,00	5,34	2,11	–	$\oplus$
7	Бол. Арша – д. Вознесенская	61	-0,96	2,00	2,06	2,08	–	–

Таблица 2.12 – Оценка значимости линейных трендов в рядах минимальных летне-осенних суточных расходов рек бассейна р. Волги за 1991-2023 гг. при уровне значимости $2\alpha = 5\%$

№	Река – пост	$F, км^2$	R	t^*	$t_{2\alpha}$	Тренд	
						значимость	интенсивность, м ³ /с за 10 лет
1	Ай – г. Златоуст	1120	0,53	3,50	2,04	значим	-0,451
2	Ай – д. Веселовка	586	0,27	1,55	2,04	незначим	0
3	Уфа – г. Нязепетровск	3560	0,25	1,46	2,04	незначим	0
4	Юрюзань – д. Вязовая	2430	0,37	2,20	2,04	значим	1,607
5	Тюлюк – д. Тюлюк	136	0,77	6,77	2,04	значим	-0,223
6	Куса – пгт Магнитка	287	0,24	1,38	2,04	незначим	0
7	Бол. Арша – д. Вознесенская	277	0,45	2,58	2,05	значим	-0,092

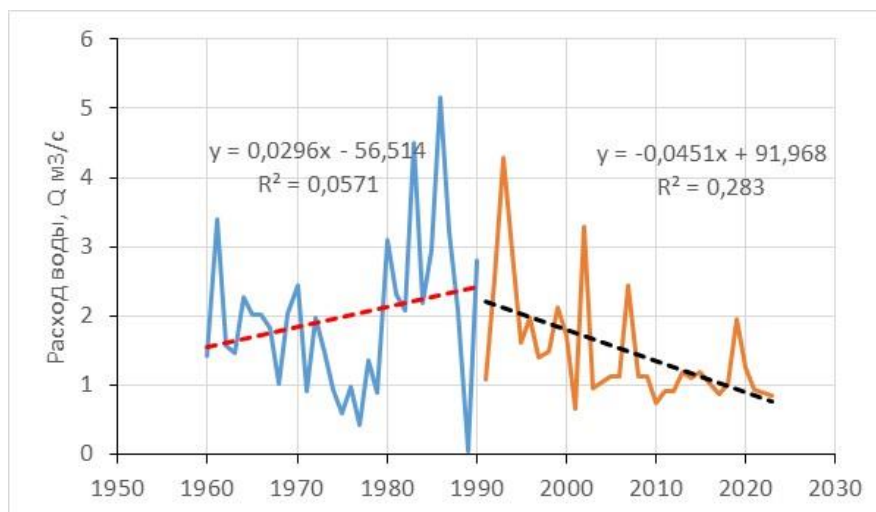


Рисунок 2.24 – Хронологический график минимальных летне-осенних суточных расходов с линией тренда реки Ай – г. Златоуст за 1991-2023 гг. (тренд значим).

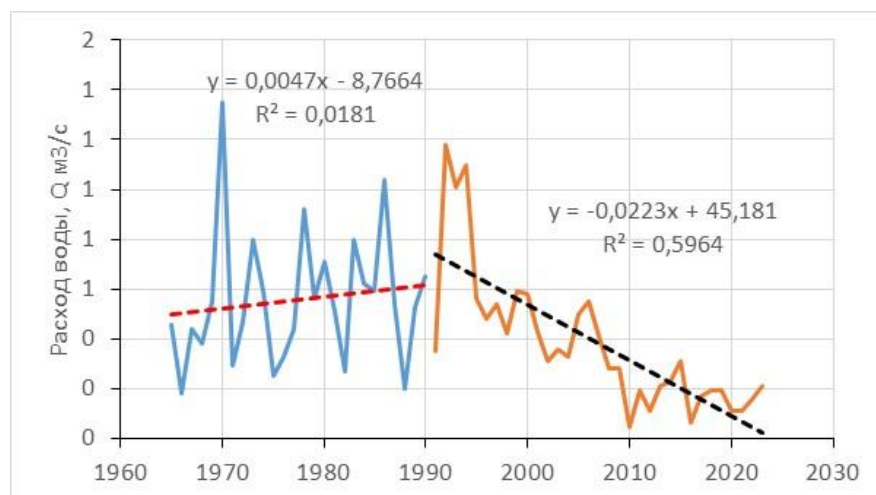


Рисунок 2.25 – Хронологический график минимальных летне-осенних суточных расходов с линией тренда реки Тюлюк – д. Тюлюк за 1991-2023 гг. (тренд значим).

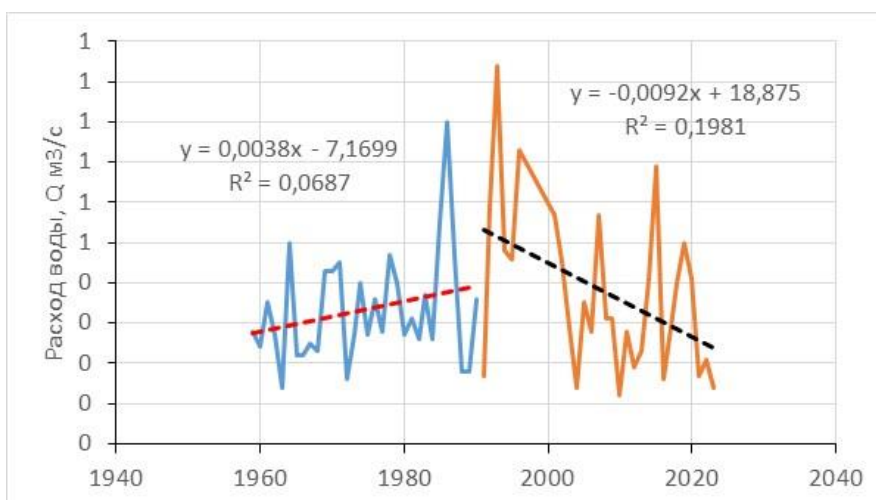


Рисунок 2.26 – Хронологический график минимальных летне-осенних суточных расходов с линией тренда реки Бол. Арша – д. Вознесенская за 1991-2023 гг. (тренд значим).

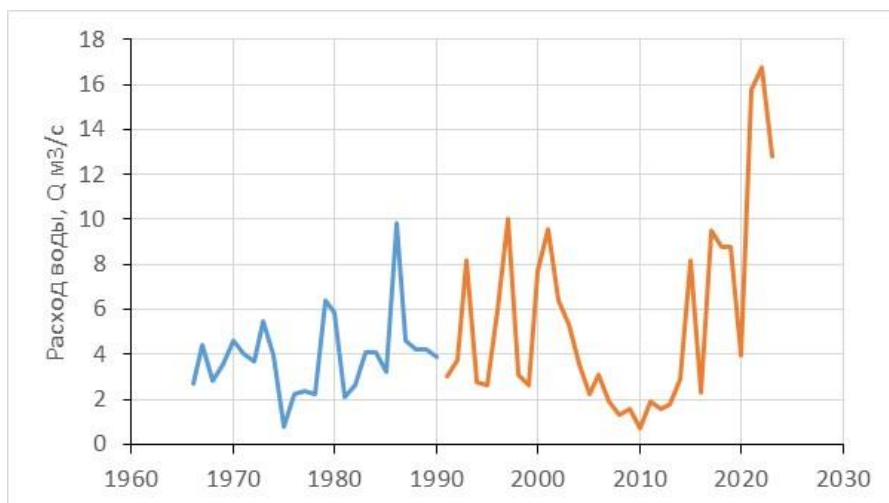


Рисунок 2.27 – Хронологический график минимальных летне-осенних суточных расходов реки Юрюзань – д. Вязовая за 1991-2023 гг.

На реке Юрюзань однородность ряда минимальных зимних расходов воды по всей видимости нарушается в результате нерегулярных сбросов воды из водохранилищ Юрюзани и Усть-Катава.

3. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА СРЕДНЕГОДОВОЙ И ЭКСТРЕМАЛЬНЫЙ СТОК РЕК ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

3.1. Оценка климатических изменений

Анализ, представленный в разделе 1.3 показал, что на всей территории Челябинской области в рядах среднегодовых температур воздуха наблюдается значимый тренд на повышение. Интенсивный рост температуры начался в начале 90-х годов XX века и продолжается по настоящее время. Рост температуры воздуха наблюдается для всех месяцев года, но наиболее существенно температура повысилась в зимние месяцы.

Ряды годовых сумм осадков являются однородными и стационарными, но на всех метеостанциях наметилась тенденция к снижению годовых сумм осадков.

Для оценки влияния изменений климата на годовой максимальный и минимальный сток рек дополнительно выполнен анализ рядов средних температур воздуха и сумм осадков за год, холодный период и теплый период.

Для проверки однородности рядов использовались критерии Стьюдента и Фишера при уровне значимости $2\alpha = 5\%$. Для оценки изменения динамических свойств рядов анализировался показатель Херста. Теоретические основы теории Херста представлены в приложении Д. Интерпретация показателя Херста дана в таблице 3.1, результаты расчетов приводятся в таблицах 3.2-3.7.

Таблица 3.1 – Связь показателя Херста и характеристики временного ряда

Значения показателя Херста H	Характеристика временного ряда
$0 < H < 0,5$	Ряд неустойчив (антиперсистентен)
$H = 0,5$	Абсолютно случайный ряд
$0,5 < H < 1$	Трендоустойчивый (персистентный) ряд
$H > 1$	Возникают независимые скачки амплитуды

Таблица 3.2 – Результаты проверки рядов температур воздуха и сумм осадков на однородность при уровне значимости $2\alpha = 5\%$; **МС Златоуст**

Интервал осреднения	n	t^*	$t_{2\alpha}$	F^*	$F_{2\alpha}$	Опровержение гипотезы об однородности ($\oplus$)		Приращение за последний климатический период
						Стьюдент	Фишер	
Температура воздуха								
Год	98	-5,75	1,98	1,12	1,77	$\oplus$	—	+1,2 °С
Холод. период	98	-5,33	1,98	1,28	1,77	$\oplus$	—	+1,8 °С
Теплый период	98	-2,40	1,98	1,53	1,77	$\oplus$	—	+0,8 °С
Атмосферные осадки								
Год	79	1,24	1,99	1,48	1,90	—	—	-39 мм
Холод. период	79	2,10	1,99	1,89	1,90	$\oplus$	—	-13 мм
Теплый период	79	0,51	1,99	1,35	1,90	—	—	-26 мм

Таблица 3. 3 – Показатель Херста для рядов температур воздуха и сумм осадков за период до 1990 года и за современный климатический период; **МС Златоуст**.

№	Интервал осреднения	Показатель Херста, H		Приращение H	
		до 1990 г.	после 1990 г.	Δ	$\Delta\%$
Температура воздуха					
1	Год	0,49	0,56	-0,07	14
2	Холодный период	0,62	0,41	-0,21	-33
3	Теплый период	0,58	0,58	0	1
Атмосферные осадки					
1	Год	0,53	0,46	-0,07	-13
2	Холодный период	0,63	0,60	-0,03	-5
3	Теплый период	0,52	0,48	-0,04	-8

Таблица 3.4 – Результаты проверки рядов температур воздуха и сумм осадков на однородность при уровне значимости $2\alpha = 5\%$; **МС Троицк**

Интервал осреднения	n	t^*	$t_{2\alpha}$	F^*	$F_{2\alpha}$	Опровержение гипотезы об однородности ($\oplus$)		Приращение за последний климатический период
						Стьюдент	Фишер	
Температура воздуха								
Год	90	-5,43	1,99	1,22	1,82	$\oplus$	—	+1,3 °C
Холод. период	90	-3,99	1,99	1,12	1,82	$\oplus$	—	+1,6 °C
Теплый период	90	-4,65	1,99	1,21	1,82	$\oplus$	—	+1,0 °C
Атмосферные осадки								
Год	90	-0,71	1,99	1,28	1,90	—	—	-4 мм
Холод. период	90	-2,81	1,99	1,25	1,90	$\oplus$	—	19 мм
Теплый период	90	0,42	1,99	1,17	1,99	—	—	-23 мм

Таблица 3.5 – Показатель Херста для рядов температур воздуха и сумм осадков за период до 1990 года и за современный климатический период; **МС Троицк**

№	Интервал осреднения	Показатель Херста, H		Приращение H	
		до 1990 г.	после 1990 г.	Δ	$\Delta\%$
Температура воздуха					
1	Год	0,62	0,52	-0,1	-16
2	Холодный период	0,62	0,46	-0,16	-26
3	Теплый период	0,55	0,60	0,05	9
Атмосферные осадки					
1	Год	0,49	0,40	-0,09	-18
2	Холодный период	0,61	0,53	-0,08	-14
3	Теплый период	0,52	0,40	-0,12	-23

Таблица 3.6 – Результаты проверки рядов температур воздуха и сумм осадков на однородность при уровне значимости $2\alpha = 5\%$; **МС Верхнеуральск**

Интервал осреднения	n	t^*	$t_{2\alpha}$	F^*	$F_{2\alpha}$	Опровержение гипотезы об однородности ($\oplus$)		Приращение за последний климатический период
						Стьюдент	Фишер	
Температура воздуха								
Год	90	-3,31	1,99	1,01	1,82	$\oplus$	—	+0,7 °С
Холод. период	90	-2,00	1,99	1,36	1,82	$\oplus$	—	+0,9 °С
Теплый период	90	-2,83	1,99	1,05	1,82	$\oplus$	—	+0,5 °С
Атмосферные осадки								
Год	79	-0,97	1,99	1,51	1,90	—	—	0 мм
Холод. период	79	-2,31	1,99	1,12	1,90	$\oplus$	—	9 мм
Теплый период	79	-0,16	1,99	1,39	1,90	—	—	-9 мм

Таблица 3.7 – Показатель Херста для рядов температур воздуха и сумм осадков за период до 1990 года и за современный климатический период; **МС Верхнеуральск**

№	Интервал осреднения	Показатель Херста, H		Приращение H	
		до 1990 г.	после 1990 г.	Δ	$\Delta\%$
Температура воздуха					
1	Год	0,44	0,43	-0,01	-1
2	Холодный период	0,47	0,46	-0,01	-2
3	Теплый период	0,53	0,53	0	1
Атмосферные осадки					
1	Год	0,54	0,47	-0,07	-13
2	Холодный период	0,59	0,54	-0,05	-9
3	Теплый период	0,55	0,43	-0,12	-21

3.2 Влияние климатических изменений на среднегодовой сток

Анализ, выполненный в разделе 2.5, показал, что из 7 рассмотренных рядов среднегодовых расходов воды 6 рядов являются однородными. В тоже время у двух рядов выявлен тренд на понижение. В частности, значимые тренды выявлены на реках Тюлюк и Куса. Перечисленные реки имеют площадь водосбора менее 300 км² и относятся к категории малых. За современный климатический период значимый тренд выявлен также на реке Уфа – г. Нязепетровск, в бассейне которой широко развит карст.

Произошедшие на этих реках изменения по всей видимости связаны со снижением годовых сумм осадков, которые фиксируются на северо-западе Челябинской области. По метеорологической станции Златоуст снижение за последние 30 лет составило 39 мм. Хотя произошедшее снижение осадков не превысило 10%, малые реки уже среагировали на перестройку климатической системы региона.

Поскольку большинство рядов среднегодовых расходов воды являются однородными по критериям Стьюдента и Фишера для всех постов был выполнен расчет основных статистических характеристик. Расчет выполнялся методом моментов [3,5,8,16]. Результаты расчета представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Основные статистические характеристики рядов среднегодовых расходов воды рек северо-запада Челябинской области

№ п/п	Река – пост	F, км ²	Средний		C _v	C _s	C _s /C _v
			Q, м ³ /с	q л/ с км ²			
1	Ай – г. Златоуст	1120	7,57	6,76	0,38	0,57	1,52
2	Ай – д. Веселовка	586	4,39	7,49	0,40	0,67	1,65
3	Уфа – г. Нязепетровск	3560	23,50	6,60	0,41	0,52	1,26
4	Юрюзань – д. Вязовая	2430	23,06	9,49	0,34	0,33	0,99
5	Тюлюк – д. Тюлюк	136	2,01	14,78	0,37	0,30	0,82
6	Куса – пгт Магнитка	287	3,27	11,38	0,34	0,67	1,99
7	Бол. Арша – д. Вознесенская	277	2,35	8,49	0,36	0,52	1,44

Как видно из таблицы, для рек района исследований отношение C_s/C_v не превышает 2. В этой ситуации при расчете расходов заданной обеспеченности

следует использовать в качестве аналитической кривой кривую Крицкого-Менкеля, которая в отличие от кривой Пирсона III типа всегда имеет нулевой нижний предел и не уходит в область отрицательных значений.

3.3 Влияние климатических изменений на максимальный весенний сток

Проверка рядов максимальных расходов весеннего половодья, выполненная в разделе 2.6 показала, что из 7 рядов гипотеза об однородности и стационарности опровергается для трех рядов. Значимый тренд на понижение выявлен на реках: Куса – пгт Магнитка, Юрюзань – д. Вязовая и Уфа – г. Нязепетровск.

Снижение стока на этих реках коррелирует со снижением осадков за холодный период года. Кроме того, из-за потепления зим увеличилось число оттепелей, что привело к снижению снеготопавки к началу половодья.

3.4 Влияние климатических изменений на минимальный сток

Проверка рядов минимальных зимних расходов воды, выполненная в разделе 2.7 показала, что из 7 рядов гипотеза об однородности опровергается для 5 рядов. Значимый тренд на понижение выявлен на четырех реках: Ай – д. Веселовка, Юрюзань – д. Вязовая, Тюлюк – д. Тюлюк, Бол. Арша – д. Вознесенская.

Проверка рядов минимальных летне-осенних расходов воды, выполненная в разделе 2.8 показала следующее.

По критерию Фишера неоднородность выявлена в рядах Ай – д. Веселовка, Уфа – г. Нязепетровск, Юрюзань – д. Вязовая, Куса – пгт. Магнитка, а ряд Тюлюк – д. Тюлюк является неоднородным по критерию Стьюдента. При этом значимый тренд на понижение выявлен на реках: Ай – г. Златоуст, Юрюзань – д. Вязовая, Тюлюк – д. Тюлюк, Бол. Арша – д. Вознесенская.

Можно назвать две причины снижения минимального стока на реках Северо-Запада Челябинской области:

1. Повышение среднегодовой температуры воздуха и температуры воздуха за теплый период года привело к увеличению испарения с поверхности водосборов.
2. Уменьшение годовых сумм осадков и сумм осадков за теплый период года привело к тому, что поступление воды в грунтовые горизонты уменьшилось. А это в свою очередь привело к снижению меженных расходов, когда реки переходят преимущественно на грунтовое питание.

3.5 Влияние климатических изменений на вероятностную структуру гидрологических рядов

Для оценки изменения динамических свойств рядов анализировался показатель Херста. Сравнение показателя Херста за современный и предшествующий климатический периоды показало, что на всех метеорологических станциях Челябинской области наблюдается тенденция к снижению показателя Херста в рядах осадков. Это указывает на то, что снижаются трендоустойчивость рядов и возрастает их хаотичность. В этой ситуации увеличивается вероятность «выбросов», то есть появления экстремальных значений осадков.

На водном режиме рек эти изменения климатических характеристик отразились прежде всего на минимальном стоке, где большинство рядов являются неоднородными по критерию Фишера (таблица 3.9).

В таблице использованы следующие обозначения:

St – критерий Стьюдента; F – критерий Фишера;

$\oplus$ – гипотеза об однородности опровергается;

$\oplus$ – тренд значим.

Таблица 3.9 – Результаты проверки рядов речного стока на однородность и стационарность при уровне значимости $2\alpha = 5\%$

Река – пост	$Q_{\max}$ весенний			$Q_{\min}$ зимний			$Q_{\min}$ летне-осенний		
	St	F	Тренд	St	F	Тренд	St	F	Тренд
Ай – г. Златоуст									⊕
Ай – д. Веселовка						⊕		⊕	
Уфа – г. Нязепетровск			⊕	⊕	⊕			⊕	
Юрюзань – д. Вязовая			⊕	⊕	⊕	⊕		⊕	⊕
Тюлюк – д. Тюлюк	⊕	⊕		⊕		⊕	⊕		⊕
Куса – пгт Магнитка			⊕	⊕	⊕			⊕	
Бол. Арша – д. Вознесенская				⊕	⊕	⊕			⊕

3.6 Учет произошедших климатических изменений при выполнении гидрологических расчетов

В настоящее время гидрологические расчеты должны выполняться с учетом произошедших климатических и антропогенных изменений. При расчете расходов заданной обеспеченности в случае неоднородности и нестационарности рядов можно рекомендовать использование усеченных кривых обеспеченностей. На рисунке 3.1 в качестве примера представлены эмпирическая и аналитическая кривые обеспеченностей для максимальных расходов весеннего половодья реки Тюлюк – д. Тюлюк.

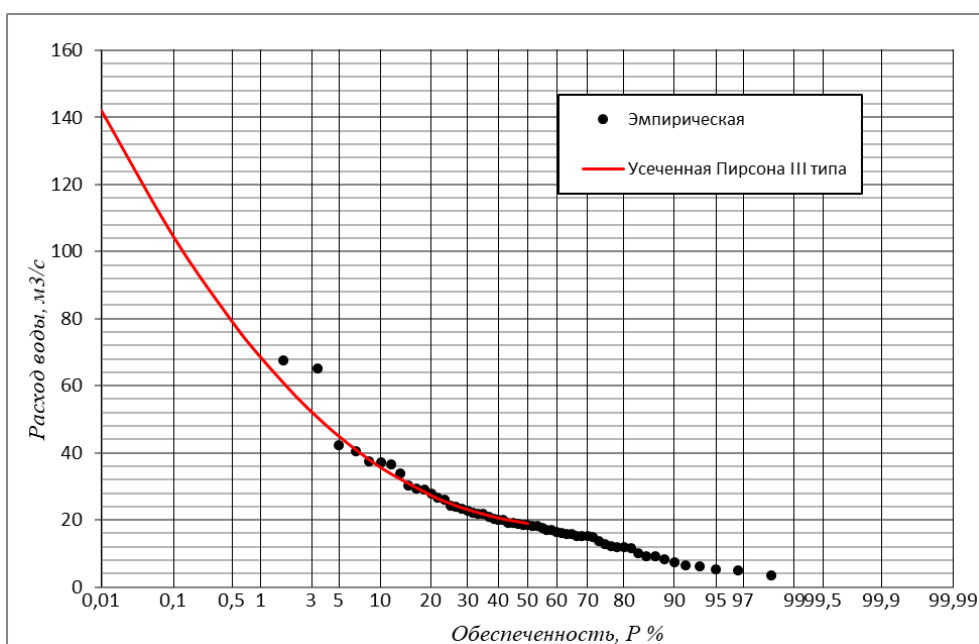


Рисунок 3.1 – Усеченная кривая обеспеченностей максимальных расходов весеннего половодья; р. Тюлюк – д. Тюлюк.

В качестве аналитической кривой использована усеченная кривая Пирсона III типа с точкой усечения в медиане. Построение кривой выполнено графо-аналитическим методом, адаптированным для построения усеченных кривых [15]. Расчет параметров распределения приводится в приложении Е.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как показал анализ, в настоящее время большинство рядов среднегодовых расходов воды рек северо-запада Челябинской области являются однородными по критериям Стьюдента и Фишера. При этом у двух рядов выявлен значимый тренд на понижение. Обе реки имеют площадь водосбора менее 300 км² и относятся к категории малых.

Произошедшие на этих реках изменения по всей видимости связаны со снижением годовых сумм осадков. По метеорологической станции Златоуст снижение за последние 30 лет составило 39 мм. Хотя произошедшее снижение осадков не превысило 10%, малые реки уже среагировали на перестройку климатической системы региона.

Проверка рядов максимальных расходов весеннего половодья показала, что в трех рядах из 7 наблюдается значимый тренд на понижение. Снижение стока на этих реках коррелирует со снижением осадков за холодный период года. Кроме того, из-за потепления зим увеличилось число оттепелей, что привело к снижению снегозапасов к началу половодья.

Большинство рядов минимальных суточных расходов воды (как зимних, так и летне-осенних) имеют значимый тренд на понижение. Это связано с тем, что уменьшение годовых сумм осадков и сумм осадков за теплый и холодный периоды года привело к тому, что поступление воды в грунтовые горизонты уменьшилось. А это в свою очередь привело к снижению меженных расходов, когда реки переходят преимущественно на грунтовое питание.

На всех метеорологических станциях Челябинской области наблюдается тенденция к снижению показателя Херста в рядах осадков. Это указывает на то, что снижается трендоустойчивость рядов и возрастает их хаотичность. В этой ситуации увеличивается вероятность «выбросов», то есть появления экстремальных значений осадков. Эти изменения климатических характеристик отразились прежде всего на минимальном стоке, где большинство рядов являются неоднородными по критерию Фишера.

В настоящее время гидрологические расчеты должны выполняться с учетом произошедших климатических изменений. При расчете расходов заданной обеспеченности в случае неоднородности и нестационарности рядов можно рекомендовать использование усеченных кривых обеспеченностей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 *Алисов, Б. П., Полтараус Б. В.* Климатология: учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Изд-во Московского ун-та, 1974. – 299 с.
- 2 *Богословский Б.Б.* Общая гидрология: учебник для студ. ВУЗов/ Богословский Б.Б. [и др.] – Л.: Гидрометеиздат, 1984.–356 с.
- 3 *Владимиров А.М.* Гидрологические расчёты. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 365 с.
- 4 *Владимиров А.М., Дружинин В.С.* Сборник задач и упражнений по гидрологическим расчётам. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – 208 с.
- 5 *Евстигнеев В. М.* Речной сток и гидрологические расчеты. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 304 с.
- 6 *Левит А. И.* Южный Урал: география, экология, природопользование / А. И. Левит — 2-е изд. — Челябинск: Южно-Уральское книжное издательство, 2005 — 246 с.
- 7 *Международное руководство по методам расчета основных гидрологических характеристик.* – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 248 с.
- 8 *Методические рекомендации по определению расчётных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометрических наблюдений.* – Нижний Новгород: Вектор-ТиС, 2007. – 134 с.
- 9 *Методические рекомендации по определению расчётных гидрологических характеристик при недостаточности данных гидрометрических наблюдений.* – СПб.: Ротапринт ГНЦ ААНИИ, 2007. – 67 с.
- 10 *Методические рекомендации по определению расчётных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений.* – СПб.: «Нестор-История», 2009. – 193 с.
- 11 *Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик.* – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 444 с.

- 12 Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 11. Средний Урал и Приуралье. – Гидрометеиздат. Ленинград. – 1973 год. – 849 с.
- 13 Рождественский А.В., Чеботарев А.И. Статистические методы в гидрологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 424 с.
- 14 Свод правил СП 529.1325800.2023. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М.: Стройиздат, 2023.
- 15 *Сикан А.В.* Вероятностные распределения в гидрологии. Специальные главы теории и практики гидрологических расчетов: учебник. – СПб.: РГГМУ, 2020. – 286 с.
- 16 *Сикан А.В.* Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. – СПб.: изд. РГГМУ, 2007.–279 с.
- 17 *Сикан А.В., Малышева Н.Г., Винокуров И.О.* Лабораторный практикум «Статистические методы анализа гидрометеорологической информации» [Текст] – СПб: РГГМУ, 2014. – 75 с.

ЭЛЕКТРОННЫЕ РЕСУРСЫ

- 18 Большая российская энциклопедия/Челябинская область [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://old.bigenc.ru/geography/text/4681593> (дата обращения: 28.09.2025).
- 19 Основные гидрологические характеристики рек бассейна Камы: Научно-прикладной справочник / Под редакцией Георгиевского В.Ю [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hydrology.ru/storage/files/publications/kama.pdf> (дата обращения 11.01.2026).
- 20 Специализированные массивы для климатических исследований [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://aisori-m.meteo.ru/waisori/index0.shtml> (дата обращения 11.01.2026).

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А – СРЕДНЯЯ МЕСЯЧНАЯ ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА

Таблица А.1 – Средняя месячная температура воздуха, °С. МС г. Златоуст

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1818	-15,6	-20,1	-4,8	2,6	9,1	16,6	14,1	16,8	7,8	-2,6	-8,8	-12,2
1819	-14,4	-18,3	-7,8	2,2	10,2	15,9	18,7	14	10,8	4,6	-8,9	-19,3
1837	-16,1	-17,4	-7,4	-1,8	9,6	14,4	14,4	13,2	6,9	-1,1	-7,4	-16
1838	-21,9	-15,1	-11,4	1,2	8,8	13,1	15	14	5,9	1,3	-3,8	-14,1
1839	-11,3	-12	-11,9	-1,1	9	14,2	16,9	15,3	7,4	0,4	-7,8	-20,9
1840	-14,4	-19,4	-11,2	1,6	7,4	16,8	16,5	13,7	6	-0,9	-8,5	-15,7
1841	-15,9	-15,3	-10,1	-0,2	8,4	13,9	17	15,8	5,7	3,2	-7,6	-18,8
1842	-15,5	-11,1	-9,9	-0,5	5,8	12,2	17,2	12,1	5,2	0,6	-5,8	-13,2
1843	-14,2	-6,5	-6,7	-0,4	9	15,8	17	10,3	9,5	5	-8,1	-12,2
1844	-14	-14,5	-9,5	-2,5	9	15,8	16,7	11,4	6,8	0,3	-12,1	-18
1845	-14,9	-16,4	-9,7	0,6	6	13,5	15,9	13,3	8,4	-0,4	-6,4	-17,2
1846	-17,9	-10,1	-6,6	-1,3	8,2	14,5	16,5	11,1	8	-1,8	-7,7	-11,3
1847	-20,1	-12,9	-13,2	2	8,1	12,8	17,5	15,3	10,7	2,1	-4,8	-17,6
1848	-22,6	-11,8	-8,8	3,4	8,4	13,9	19,4	13,9	7,8	-0,1	-9,7	-19,2
1849	-15	-13,7	-7,1	0,3	5,7	14,4	19,3	13,9	5,4	3,7	-6	-17,2
1850	-26,8	-13,3	-8	1	6,9	13,7	16,7	13,2	7,1	-2,9	-6,6	-12,7
1851	-17,4	-16,4	-13	-1,1	9,2	16,5	15,7	13,9	11,7	1,3	-2,2	-9,4
1852	-17	-16,2	-6,7	2,6	10,8	12,5	13,8	13	8,7	-0,4	-10,2	-10,4
1853	-14,8	-13	-8,8	-0,2	9,6	11,5	16,6	16,4	6,8	1,2	-8,6	-13
1854	-21,4	-12,9	-9,7	-0,1	10,9	14,9	17,3	14,7	10,7	5	-4,4	-7,1
1855	-15,6	-9,3	-9,5	3,6	12,4	12	14,8	15	7	2,7	-5,6	-15,3
1856	-12,4	-13,4	-10,2	-0,8	10,3	13,1	15,9	12,5	8,8	-2,2	-6,7	-8,4

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1857	-13,9	-18,3	-6,2	-0,4	8,3	12	15,8	15,1	5,9	-1	-9	-16,1
1858	-14,3	-14,6	-10	3	11,2	13,1	16,4	10,5	6,8	1,7	-8,4	-13,8
1859	-16,3	-11,6	-9,2	4,8	8,4	16,1	17,2	12	8,3	3,4	-4,7	-10,4
1860	-19	-15,5	-15,5	1,1	10,4	13,7	17,1	14,1	9,9	2	-9,5	-25,3
1861	-22	-15,4	-7,5	-2,2	12,6	11,4	17,5	15,5	9,1	-1,1	-6,1	-15,4
1862	-18,2	-19,2	-7,6	1,4	5,4	12,8	16,8	12,5	8,5	-1	-8	-18,5
1863	-10,3	-13,3	-9	0,9	12,3	13,2	17,7	15,4	8,7	0,8	-5,4	-14,9
1864	-20,4	-12,5	-5,6	3,5	11,4	16,8	17,8	17,7	8,1	0	-9,5	-15,2
1865	-13,8	-16,9	-11,1	0,4	5,4	15,1	15,4	14,9	8	-1,1	-6,1	-14
1866	-12,9	-18,6	-6,1	-0,6	10,8	12,7	17,5	14,2	8,8	-1,3	-5,1	-10,7
1867	-12,8	-14,8	-10,7	3,8	7,2	15,5	18,2	15,7	9,6	2,1	-3	-11,6
1868	-17,5	-16,6	-10	1,8	9	14,2	17,5	15,8	9,2	2,3	-6,5	-14,7
1869	-20,6	-10,4	-12,6	-1,1	7,2	17,6	18,4	18,2	11,5	3,3	-1,8	-13,1
1870	-14,8	-16,8	-6,1	0,6	9,6	16,4	15,6	13,1	9	-1,1	-7,8	-19,2
1871	-21	-20,8	-8,8	5,4	7,2	13,3	16,7	15,4	8	1,9	-4,9	-12,1
1872	-18,9	-20,9	-6,8	2,5	10	11,4	16,8	14	6,6	2,2	-5	-11,5
1873	-16,9	-13,8	-12,2	-2,2	10,2	14	14	14,6	5,1	2,7	-5,5	-11,2
1874	-15,6	-13,8	-8	2	12,6	13,6	14,4	14,9	9,3	0,4	-5	-10,4
1875	-18,7	-14,9	-11,5	0,9	7,9	12,7	14,8	13	6	-0,2	-8,5	-19,3
1876	-17,6	-13,1	-2,8	2,4	7,8	15,2	17,1	14,5	11,1	-1,1	-8,7	-19,8
1877	-15,6	-17,3	-4,3	-1,1	7,8	13,2	18,4	14,2	7,4	0,9	-5,5	-18,1
1878	-17,6	-11,9	-4,2	0,2	8,8	16,2	17,2	12,8	8,9	3	-1,8	-9,8
1879	-16	-10,9	-9,1	4,3	11,7	12,2	16,6	12,5	7,1	2,6	-8,8	-14,8
1880	-18,4	-15,6	-10,7	-3,5	11,3	13,2	16,6	14,7	8,7	0,6	-4,2	-11,3
1881	-15,8	-14,5	-8,2	4	10	12,9	14,8	15,3	4,5	-0,8	-9,2	-17,9
1882	-12,9	-14	-5,5	-2	9,6	14	14,6	13,3	8,1	-4,6	-3,6	-17,4
1883	-18,5	-13,8	-6,6	-3,6	10,8	13,2	15,4	13,4	7,5	0,9	-7	-11,9
1884	-15	-15,7	-11,3	-1,5	7,3	11,3	13,7	10,6	4,1	1,4	-6,2	-7,6
1885	-19,1	-11,7	-8,4	-1,4	9,5	12,3	13,1	11	7,2	0,8	-9,1	-11,4
1886	-12,9	-16,9	-9,5	-1,4	7,1	11,9	14,9	13,3	7,1	-3,3	-8	-8,2
1887	-16,7	-11,2	-10	1,1	11,2	14,3	15	13,9	10,9	1,1	-5	-9,2
1888	-15,2	-16	-8,7	5,7	10,9	13,7	17,6	14	8,7	3	-9,9	-18,9
1889	-18,4	-12	-9,6	2,1	9,4	12,6	15,2	14,8	8,6	1,1	-13	-15,3

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1890	-13,9	-13,6	-5,4	0,8	5,6	16,3	19,6	13,5	8,4	2	-13,9	-13
1891	-19,9	-13,8	-2,3	-0,4	10	13,8	15,7	13,8	7	-3,1	-13,8	-10,2
1892	-18,8	-13,1	-9,6	-1,4	10,1	14,7	17,4	13,2	8,3	0,8	-8,7	-17,5
1893	-21,7	-10,6	-3,1	2,2	6,6	13,8	16,5	13,7	9,5	2,7	-5,1	-10,6
1894	-15,6	-7,9	-8,9	-1,6	10,1	12,7	13,3	14,8	7,1	-1,1	-8,5	-16,5
1895	-14,4	-14,7	-5,9	-2,2	6,8	12	15,9	15,3	8,2	3,4	-7,5	-15,1
1896	-21,2	-15	-10,9	-3,7	10,3	12,8	14,9	14,7	7,3	5	-8,9	-17,2
1897	-16,4	-14,4	-11,5	0,6	12,1	13,7	15,1	14,1	10	-0,4	-9,4	-17,2
1898	-13,4	-17,9	-16,8	-1,3	10,2	13,4	17,7	12,9	10,3	-3,3	-6,7	-8,7
1899	-10,9	-13,3	-9,2	2,3	9,6	14,7	14,6	14,3	9,5	4,5	-3,7	-17,4
1900	-20,2	-14,3	-5,9	-2,1	10,5	13,5	15,4	13,3	6,8	2,5	-8,4	-12,3
1901	-18,8	-8,9	-4,3	5,3	9,7	13,8	15,6	12,8	5,9	-1	-6,6	-15,7
1902	-13,3	-11,1	-7,8	-1,2	8,4	15,2	18,2	15,2	6,7	-2,1	-11,7	-18
1903	-14,4	-10	-9,7	3,5	7,6	14,3	16,2	15,5	7,1	-1,7	-7,6	-14,2
1904	-13,6	-11	-8	-0,1	9,9	12,7	15,2	13,3	7,3	1,1	-5,5	-13,9
1905	-15,9	-11,5	-9	-0,2	9,5	13,2	13	13,2	9,2	6,3	-4,5	-9,8
1906	-16,9	-15,8	-3,9	2,6	12,1	16,5	18,2	14,4	7,3	-0,6	-8,2	-12,2
1907	-19,3	-13,1	-7,5	1,5	6,5	13	18,2	14,4	7,9	-0,3	-12,9	-13,8
1908	-18	-15	-12,2	1,1	6,5	14	12,5	12,2	9	-2,5	-9,9	-15,4
1909	-16,1	-11,6	-10,2	3,6	8,3	15,2	16,4	12	9,7	2,2	-2,7	-10
1910	-12,7	-14,3	-6,7	2,8	9,5	12,6	16,6	13,9	7,9	-2	-6,9	-10,1
1911	-17,3	-17,9	-9,8	2,7	6,8	16,7	18,8	11,2	6,1	-0,3	-2,7	-12,6
1912	-12,9	-18,6	-7,8	0,5	10,5	16,3	15	13	8,3	-2,6	-5	-16,2
1913	-13,9	-17,5	-5,3	0	7,1	12,8	15,7	15,4	8	-2,5	-2,8	-8,4
1914	-12,1	-9,9	-7	-2,1	10,3	12,7	14,3	14,4	7	-1,2	-9,1	-12,7
1915	-13	-9,3	-9,5	3,6	9,9	15,3	15,9	13,5	8,9	-1,3	-6,5	-13,8
1926	-13,5	-15	-6,9	-1,3	7,5	13,9	12,3	12,9	8,4	1,5	-3	-12,7
1927	-19,2	-13,1	-10	3,6	10,3	15,2	18,2	14	9,7	1,8	-6,2	-17,9
1928	-15,6	-14,4	-10,5	-0,2	7,8	13,6	16,1	13,2	9,7	1,4	-7,2	-14,4
1929	-18,6	-20,8	-9,1	-0,5	9,3	15,5	18,2	14,4	7,2	2,4	-4	-19,3
1930	-13,9	-16,3	-4,8	0,9	9,5	13,3	15,8	15,9	7,1	1,5	-4,7	-18,3
1931	-17,7	-19,2	-7	1,7	11	17,2	20,4	14,6	9,6	3,5	-7,3	-14,3
1932	-10,5	-16,4	-8,4	3,4	9,8	15,1	15,4	14,8	8,9	3,4	-7,1	-12

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1933	-19,5	-19,7	-9,8	2,5	8,8	13,5	17,9	12,8	8,1	1,6	-7,2	-18
1934	-12,6	-9,6	-10,4	-0,2	11,4	12,1	15,1	15,6	5,7	3,4		-14
1935	-15,8	-8,9	-7,2	5,5	9,5	14,4	15,1	14,9	9,2	4	-10,3	-14,8
1936	-11,8	-11,9	-8,4	1,8	8,2	17,8	18,4	14,6	9,1	2,6	-4	-8,7
1937	-15,2	-13,6	-7,5	2,2	6,5	15,3	16,7	14,6	10,3	3	-7,9	-15
1938	-15,7	-12,7	-7,6	4,8	11,3	13,6	14,9	15,1	10,7	2,6	-4,8	-17,8
1939	-15,3	-11	-5,6	2,9	8,7	17	17,1	12,4	6,7	-0,8	-5,3	-9,3
1940	-21,8	-15	-6,5	4,9	5,5	14,8	18	16,8	11,2	-2,6	-4,2	-13,9
1941	-17,2	-15,7	-6,8	-1,5	6,1	13	15,4	14,4	9,1	0,5	-12,3	-16,3
1942	-18,8	-14,7	-11,6	0,1	9,4	14,8	17	14,2	7,7	1,3	-6,2	-11,5
1943	-19,2	-13,1	-7,2	5,5	14,9	14	16,8	14,6	7,6	0,4	-9,4	-10
1944	-9,1	-11,8	-2,1	3,4	10,8	14,7	15	12,8	10,1	2	-10,3	-15,8
1945	-16,3	-15	-9,3	0,9	5,5	14,2	14,4	16,7	7,8	0,1	-9,2	-16,5
1946	-13,9	-6,8	-8,2	2,1	9,9	14,2	15,8	14,2	8,6	-1,7	-6,3	-14,8
1947	-18,1	-13,4	-5,3	4,2	7,4	12,3	14,6	14,3	9,8	2,5	-2,6	-14,7
1948	-9,7	-12,6	-9,3	0,4	13,4	18,4	15	14,3	8,7	2,8	-4,1	-15,1
1949	-8,8	-13,6	-10,3	1,3	11,4	16,4	15,9	15,8	6,4	0,8	-7,6	-15,5
1950	-21,5	-12,7	-6,4	6,4	9,3	13	14,8	13,3	10,2	1,9	-11,1	-10,9
1951	-15,7	-19,9	-4,4	8,4	8,8	14,9	18,2	15,4	9,8	-0,1	-8,9	-7,4
1952	-13,3	-13,8	-9,4	-1,1	11,6	16,6	19,4	15,3	11,3	0,1	-8,9	-12,3
1953	-14,3	-17	-6,7	4,4	10,5	13,8	17,8	17,4	9,2	-0,4	-14,3	-11,6
1954	-19,5	-21,8	-8,6	2	10,4	14,8	18,9	14,9	11,1	3,6	-5,8	-12,2
1955	-10,3	-12,5	-8,8	2,1	12,2	17,2	15,1	13,2	8,3	4,2	-7,8	-20,1
1956	-16,4	-20,6	-9,8	3,1	9,7	15,3	14,6	14,2	4,8	2,5	-9,6	-9,3
1957	-15,5	-10,1	-11,5	1,1	15	17,3	16,3	14,7	13,9	1,4	-9	-8,3
1958	-13,1	-9	-9,7	1,5	9,2	17,5	16,7	16,6	4,3	1,7	-5,6	-13,6
1959	-10	-13,8	-6,7	1,7	11,8	13,5	15,8	12,5	7,7	-1,9	-9,3	-15,2
1960	-13,9	-12	-12,6	3,1	5,2	16	14,6	12,9	8,5	-1,5	-9,8	-8,7
1961	-12	-10,4	-3,6	1,9	10,4	14,3	16	13,4	7,8	0,3	-7,9	-8,9
1962	-9,8	-8,7	-3,7	4,1	13	13,1	18,6	12,3	8,3	0,7	-5,9	-11,6
1963	-14,6	-9,6	-12	1,4	10,2	15,4	17,2	12,6	8,7	2,4	-4,5	-12,6
1964	-14,8	-16,1	-10	-0,6	9,9	13,4	16,8	13,3	8,8	0,1	-5,9	-7,7
1965	-13,4	-13,2	-4,4	-0,2	10,8	14,9	17,2	12,1	9,2	-0,4	-9,1	-8,2

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1966	-14,3	-15,4	-5,2	3,5	9,3	12,8	18	15	8,9	-0,3	-5,3	-19,7
1967	-14,9	-16	-4,6	7,2	10,7	13,8	16	15,2	6,2	3,7	-2,7	-9,7
1968	-14,2	-11,3	-5,3	0,7	11,4	12,5	14	13,6	6,4	-0,9	-7,3	-17
1969	-24,6	-18,2	-10,4	2,4	4,8	11,6	15,5	12,7	9,2	-2,5	-4,1	-14,2
1970	-14,2	-10,4	-4,6	3,1	9,4	12,8	16,2	12,8	10,4	1,1	-8,3	-14,8
1971	-9,8	-16,9	-9,2	0,4	8,2	13,6	17,9	12,4	12	0,5	-1,6	-11,4
1972	-24,2	-13,9	-9,7	3,4	10,1	13	15,1	15	5,9	0,8	-5,7	-9,9
1973	-20,1	-11,3	-5,8	5,3	11,3	14,9	13,2	13	4,2	-0,8	-5,1	-7,7
1974	-19,6	-13	-4,4	3,5	10,7	13,8	18,2	12,9	10,7	5,5	-7,1	-11
1975	-11,1	-13,8	-3,3	8,2	11,5	15,7	17,2	13,7	11,6	-1,6	-7,9	-10,4
1976	-12,3	-17,6	-9,4	5,1	11	16,3	14	15,3	7,1	-6,6	-8,7	-12,8
1977	-18,3	-14,5	-4,2	5,5	12,4	16,6	16,3	12,4	7,7	-2,4	-4	-14,2
1978	-10,5	-11,8	-1,9	0,8	9	14,6	14,9	11,8	8,5	0,1	-6,4	-17,3
1979	-15,8	-11,7	-4,2	-2,3	12	9,8	16,7	14,2	9	-0,1	-5,7	-9,2
1980	-17,3	-14	-10	1,9	11,8	13,1	14,9	10,5	8,3	1,3	-6,6	-6,8
1981	-10,2	-10	-7,6	-0,2	7,6	16,2	18,4	17,8	8,6	4,1	-3,8	-8,4
1982	-14,3	-14,8	-9,2	5,5	9,6	13,6	16,8	13,9	9,7	0,8	-5,1	-7,7
1983	-9,4	-8,8	-6,7	7,1	7,9	14,4	18,3	13,6	7	2,6	-6,4	-7,7
1984	-11,1	-13,5	-4,6	-0,2	10,6	15,1	17,9	13,6	7,9	0,6	-10,5	-18,4
1985	-12,4	-16,8	-7,1	2	7,5	13,8	14,3	15,1	9,4	-1,3	-7,5	-10,8
1986	-12,6	-15,1	-5,6	5,8	6,5	14,1	13,5	12,3	7,2	0,4	-7,1	-16,3
1987	-18,3	-8,9	-8,5	-0,9	12,6	17,8	16,5	13,7	7,4	0	-12	-11,8
1988	-13,3	-11	-5,3	3,9	8,3	17,7	19	16,1	8,8	1,8	-7,9	-11,1
1989	-14,1	-11,1	-2,8	-0,6	10,4	18,9	20,3	12,6	8,3	1,7	-5,5	-10,9
1990	-13,4	-8,6	-2,6	3,6	8,7	15,2	16,3	13,6	7,8	-0,2	-6,1	-9,6
1991	-13,2	-12,6	-7,9	7,5	13,6	18,6	16,1	12,6	9,5	6,2	-4,1	-13,8
1992	-11,5	-10,4	-5,3	2,3	8,6	12,3	13,8	11,8	9,5	0,7	-5,3	-10,1
1993	-10	-13	-7,9	1,4	9,7	15,1	16,5	14,2	4,3	1,1	-15,1	-11,4
1994	-10,6	-18,1	-7,8	3,5	9,9	15	13,2	13,1	9,7	4,7	-7	-12
1995	-12,1	-5,8	-2,2	8,9	11,4	16,2	17,5	15,1	9	2,7	-3,6	-13,9
1996	-16	-13,1	-7	-1,2	11,3	17,4	17,6	12,2	7,1	-0,1	-4,1	-11,3
1997	-17,3	-9,9	-3	4,4	10,4	15,9	14,1	13	9,2	5,1	-8,1	-13,5
1998	-11,9	-14,9	-5,1	-2,4	10,6	18	19,5	15,9	7,9	2,6	-11,1	-7,5

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1999	-10,6	-8,1	-10,3	3,9	7,8	13,1	17,6	14	8,1	4,4	-11	-7,2
2000	-11,7	-8,5	-4	5,9	6,4	16,1	17,7	14,3	7,2	0,9	-7,2	-10,4
2001	-10,9	-13,4	-4	5,2	11,8	13	15,8	13	8,6	0,2	-4,8	-14,3
2002	-9	-5,8	-2,4	0,2	7,4	12	17,3	11,8	10,1	1,9	-3,9	-20,2
2003	-11,3	-14,7	-6,1	3,2	10,7	12,7	16,9	17,9	10,4	2,8	-6,5	-6,8
2004	-10,3	-10	-5,1	-0,5	13	15,4	18,9	14,9	10	1	-3,8	-11,7
2005	-12,1	-15	-7,9	3,7	12,8	14,4	16,9	14,5	10	3,6	-2,9	-9,8
2006	-20,7	-11	-4,7	2,5	10,7	16,9	14,1	13,7	10	1,8	-8,1	-7,2
2007	-6,3	-15,4	-3,8	3,7	10,8	13	17,3	17,4	9,9	3,5	-6,8	-12,5
2008	-14,4	-9,9	-2,1	4,5	10,5	14,4	18,6	15,7	6,5	4	-0,2	-8,7
2009	-12	-9,7	-3,6	0,9	10,4	16,2	15	13,7	10,8	4,1	-4,4	-14,6
2010	-19,1	-15,3	-6,1	4,2	12,7	17,7	19	18,6	9,7	1,9	-2,5	-11,8
2011	-14,8	-15,8	-7,2	3,5	10,6	14,4	18,2	13,1	10,9	3,7	-9	-9,9
2012	-13,7	-16,3	-6,3	9,4	12,9	17,9	20,1	17,1	9,2	4	-4,1	-16,3
2013	-14,5	-8,7	-7,8	4	10,2	16,4	17	15,6	9,3	1,1	-0,1	-8,8
2014	-14,7	-14,8	-2,8	0,8	13,3	15,1	12,8	16,7	7,5	-1,7	-7,1	-9,3
2015	-12,2	-7,6	-4,4	2,7	11,4	17,8	14,5	12	10,8	-0,5	-7,8	-7,9
2016	-15,5	-5,2	-4,8	6	11,1	14,8	17,6	20	9,5	-0,9	-9,6	-15,3
2017	-11,7	-12,3	-4	3,3	8,8	13,4	16,2	15,9	8,8	0,6	-3,7	-10
2018	-15,7	-12,5	-9,1	1,6	8,8	12,5	18,4	14,4	10	2,8	-6,9	-12
2019	-12,4	-11,1	-2,5	2,3	11,4	13,8	17,6	14	6,8	4,2	-6,1	-7,8
2020	-7,4	-5,9	-0,5	3,3	13,1	13,4	19,6	15,4	9	3,5	-6,4	-11,9
2021	-13,7	-16,2	-6,4	4,9	16,4	16,7	17,5	18,4	6,9	2,6	-5,2	-9,2
2022	-12,7	-7	-7,6	5,6	8,5	13,7	17,9	17,3	9,3	3,2	-7,6	-11,5
2023	-11,8	-10,7	-0,8	5,8	13,6	14,2	19,4	15	10,9	3,3	-2,5	-12,5
2024	-15,3	-12,1	-3,4	8,1	7,1	17,2	17,2	13,4	10,4	2,5	-3,8	-7,7
2025	-7	-9,4	-1,7									

Таблица А.2 – Средняя месячная температура воздуха, °С. МС г. Верхнеуральск

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1903		-11,3	-10,3	4,8	9,6	15,9	18,6	18,2	9,3	-0,3	-8,9	-15,2
1904	-15,9	-11,6	-11,2	-1,3	12	13,5	16,9	15,1	8,2	0,8	-5,2	-13,9
1905		-13,2		0,6					10,4	7,1	-3,3	
1906		-17,7	-4,3	3,5	13,8			15,8	8,5	-0,3	-8,5	-13,6
1907		-17,3	-11,7	-0,7	8,2	14,2	19,1	15,5	9	0,6	-12,6	-12,7
1908	-18,7	-17,9	-12,3	1	8,3	16	14,4	13,7	10,2	-1	-9,9	-14,4
1909	-17,4	-14,5	-13,6	4	10,3	16,4	17,6	14,2	11,9	2,7	-1,7	-12,3
1910	-14,4	-19,9	-6,1	4,3	11,3	14,3	18,8	16,3	9,4	-0,8	-6,8	-10,3
1911	-18,4	-18,7	-10,5	4	9,5	19,6	21,4	13,5	7,5	0	-1,6	-11,9
1912	-12,5	-18,3	-8,1	1,9	11,7	17,6			9,8	-1,6	-5,5	-17,2
1913	-14,1	-19	-6,3	-1,3	8,8	14,3	17,1	17,1	9,5	-0,9	-3	-8,7
1914	-11,7	-9,6	-7,3	-1,9	11,9	14,1	16,9	15,8	8,1	-0,3	-9,8	-15,6
1915	-15,7	-11,2	-10,7	4,8	11,4	16,9	17	14,5	10,4		-4,9	-12,2
1916	-15,1	-12,7	-10,9	3,6	11,5	15,8	16,3	13,3	9,3	2,1	-4,5	-17,2
1917	-13,4	-19,4	-12,1	6,3	10,1	13	17,9	14,8	11,4	3,3	-2,3	-14,4
1918	-11,8	-15,5	-9,5	0,4	5,4	16,6	17,8		10,3	5,1	-4,4	-18,6
1919	-18,9	-15,9	-11,6	5,1			17,8	15,8	10,4			
1924			-9,7	3,2	10,7	16,8	17,4	14,6	11,5	1,7	-5,9	-12,1
1925	-12,9	-8,2	-4,2	1,1	11,9	16,5	18,2	18,5	11,1	2,4	-4,3	-13,7
1926	-14,4	-16,1	-8,1	-2,1	8,6	15,3	13,7	14,9	9,2	1,9	-2,1	-10,9
1927	-16,6	-14	-10,6	5,6	12,3	17	19,7	15,8	11	3,1	-5,9	-17,8
1928	-15,8	-15,8	-9,9	0,7	9,3	14,6	17	14,4	10,2	2,4	-7,5	-17,1
1929	-19,5	-20,8	-8,7	-0,4	10,8	16,3	19,6	16,8	8,3	3	-3,8	-20,2
1930	-14,5	-16,2	-3,8	3,4	11,3	15,5	17,2	17,9	8,4	2,4	-4,9	-18,8
1931	-19,6	-25,4	-8,2	2,3	11,2	18,5	21,8	15,4	10	3,8	-6,6	-13,9
1932	-10,9	-16,9	-9	1,9	11	16,3	16,5	16,7	9,8	4,2	-6,5	-11,1
1933	-19,6	-22,9	-9,4	3,9	10,1	15,3	19,6	14,8	8,9	1,6	-6,5	-18,6
1934	-13,9	-10,2	-12,8	0,2	12,5	13,2	16,3	17	6,8	3,8	-4,7	-14,2
1935	-15,6	-11	-9,5	4,3	11	15	16,5	16,5	10,2	5,4	-11,1	-17,1
1936	-12,7	-14,3	-8,6	1,5	8,6	18,2	18,3	16	9,8	3,4	-3,5	-9
1937	-16,3	-17,3	-8,4	2,5	8	16,2	17,7	15,8	11,7	3,2	-6,7	-15,4

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1938	-19,3	-14,5	-9,1	5,3	12,5	15,2	15,9	16,1	11,4	3,6	-5,2	-19,2
1939	-16,3	-11,4	-6,7	3,9	10	19,1	18	13,8	7,8	-0,7	-5,9	-9,8
1940	-24,5	-17,3	-7,3	5,5	7,3	16	19,3	18,8	12,3	-2,6	-3,8	-13,4
1941	-17,4	-18,2	-7,1	-0,9	7,4	14,3	16	14,9	9,7	0	-10,8	-16
1942	-19,5	-17,6	-12,8	-0,3	10,2	15,8	18,1	15,4	9	2	-7	-12,7
1943	-18,6	-15,7	-7	5,6	16,5	15,6	18,1	16	8,9	1,5	-10	-10,8
1944	-11,2	-12,7	-4,2	4,5	12,1	15,4	16,3	14,2	11,6	2	-11,8	-16,3
1945	-17,9	-18,3	-9,7	1,2	7,1	14,9	15,6	17,3	9	-0,1	-8,5	-16,5
1946	-14,1	-8,1	-11,5	2,4	10,6	15,7	15,9	14,9	9,8	-1,2	-5,4	-15,1
1947	-18,9	-17,5	-5,8	4,8	8,6	12,9	15,3	14,9	10,2	2,4	-3,2	-16,2
1948	-10,3	-14	-9,7	1,4	14,4	19,6	16,3	16,2	9,6	3,5	-5,2	-14,3
1949	-10	-13,5	-11,9	2,3	13	18,5	18	17,1	8,1	1,5	-7,4	-18,3
1950	-22,3	-15,2	-8,7	7,2	11,5	14,4	16,3	14,9	12	1,3	-9,7	-11,8
1951	-18,3	-20,9	-5,1	9,2	10,9	15,7	19,1	16,5	11,4	-0,2	-9,6	-8,3
1952	-14,8	-17,7	-12,3	-1,1	13,2	17,7	20,3	16,9	11,9	0,9	-10,8	-15,6
1953	-14,8	-18,2	-8,5	4,2	11,7	14,6	18,9	18,7	11,1	0,6	-14,9	-11,8
1954	-21,1	-23,8	-10,5	1,6	11,2	16,2	20,4	16,9	12,6	4,3	-4	-14,9
1955	-12,3	-15,5	-11,7	2,4	14	19,3	16,5	14,3	9,4	3,9	-6,9	-18,6
1956	-18,3	-21,3	-13,8	3,3	10,8	16,6	16,2	15,8	6	3	-9,3	-12,7
1957	-15,6	-12,2	-12,4	1,9	16,4	19,1	17,5	15,7	14,8	2	-7,8	-9
1958	-15,5	-9,5	-10,9	1,3	10,2	18,3	18	18,1	6,2	2,3	-4,9	-12,9
1959	-13,3	-15,2	-8,9	3,7	13,4	15,4	17,5	13,7	9,2	-0,4	-7,7	-15,5
1960	-14,7	-12,5	-12,7	3,9	6,3	16,9	15,7	13,9	8,9	-0,2	-7,5	-8,6
1961	-14	-14,9	-4,4	3,5	12,2	16	16,6	14,2	8,8	1,7	-7,8	-10,5
1962	-12,9	-13,4	-3,5	5,2	13,1	14,4	20,2	14,3	9,1	1,2	-7,6	-11,1
1963	-15	-12,7	-10,9	1,5	11,6	16,5	17,9	13,9	9,6	3,6	-2,9	-11,8
1964	-14,6	-19,8	-10,8	0,7	10,6	14,9	17,1	14,5	9,9	1,4	-3,8	-7,7
1965	-16	-14,4	-7,1	1,2	12,1	16	18,7	14,7	11,2	1	-9,6	-13,1
1966	-19,6	-15,3	-6,9	2,3	10,9	14,2	18,8	16,4	9,7	1,6	-3,7	-24,3
1967	-18,2	-21,3	-8,6	7,7	12,7	15,3	17,5	16,6	7,5	4,3	-4,8	-10,6
1968	-17,9	-16,5	-7,9	2,3	13,3	14,1	15,3	14,6	7,6	-0,3	-5,3	-18,4
1969	-28,7	-21,5	-12,6	3,8	7,2	14,2	16,7	13,9	10,3	-0,9	-6,8	-17,1
1970	-16,6	-15,6	-9,8	3	10,9	14,1	17,3	14,4	10,9	1,5	-7,6	-16,1

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1971	-8,5	-19,3	-12,2	1,2	9,9	15,1	19,1	14,1	12,9	2,5	-1,6	-12,6
1972	-25,1	-14,5	-9,2	4,9	11,6	14,5	16,6	16,3	7,9	1,3	-4,5	-11,6
1973	-21,6	-15,8	-9,4	5,1	12,2	16,3	15,1	14,2	6,2	1,1	-4,8	-9,3
1974	-21,7	-15,8	-5,3	4,8	11,8	15,2	19	14	11,2	5,4	-5,7	-17,6
1975	-12,8	-14,5	-3,8	9,5	13,7	18	19	16,2	12,6	0,2	-7,2	-11,6
1976	-13,1	-19,4	-10,5	5,5	12,3	17,9	15,5	17	8	-7,4	-10,4	-17,6
1977	-23,8	-18,2	-3,7	6,7	14,2	18,1	17,6	14,4	9	-1,2	-6	-15,5
1978	-14,7	-13,8	-5,2	2,7	10,3	16,7	16,9	14	10,1	1,5	-5,8	-17,4
1979	-18,4	-13,3	-5,4	-0,9	13,8	12,4	18,6	16,5	10,6	0,3	-8,1	-10,1
1980	-19,8	-19,3	-14,8	2,4	13,6	15	16,9	11,9	9,5	1,8	-7,4	-8,3
1981	-14,7	-14,3	-9,3	1	8,7	16,4	19	18,1	10,4	4,2	-4,1	-14
1982	-14,6	-16,6	-10,1	6,3	11,5	15,4	17,6	15,6	10,7	2,5	-6,2	-9,4
1983	-10,2	-10,6	-9,1	7,5	9,4	16	19,5	15,4	8,8	3,4	-5,9	-8,8
1984	-16,3	-16,8	-6,5	1,6	11,9	16,9	20,3	15,4	9,5	2,6	-9,8	-22,7
1985	-15,8	-19	-12,3	3,2	9,2	15,2	15,9	16,6	10	0,1	-9	-12,6
1986	-14,6	-15,8	-7,6	6,5	8,5	15,6	15,8	14,4	8,8	1,4	-11,2	-17,1
1987	-19	-11,1	-16,5	-0,3	13,9	18,6	17,8	15,3	9,2	1,8	-12,7	-12
1988	-15,2	-17,2	-9,9	5,3	9,6	18,7	19,3	17,1	10	2,7	-7,1	-13,1
1989	-15,4	-14,7	-8,7	0,4	12	19,2	20,9	14,9	10,1	3,1	-4,7	-10,8
1990	-14,8	-11,8	-1,7	4,3	11,1	17,2	17,4	14,6	9,5	1,3	-5,1	-9,6
1991	-12,3	-16,1	-7,1	7,4	14,2	19,8	18	14,2	10,9	6,8	-7,9	-16,1
1992	-11,9	-12,9	-8,9	3,7	9,3	14,2	15,2	13,6	9,8	1,8	-5,7	-13,2
1993	-10,2	-14	-9,2	2,1	11,1	16,3	17,5	15,8	6	2,5	-16	-14,6
1994	-14,3	-20,1	-11,2	4,4	10,8	16,3	15,1	14,3	10,7	4,6	-5,7	-13,3
1995	-19,3	-7,6	-3,1	8,6	12,2	17,5	19,3	16,5	9,5	3,5	-4,6	-15,4
1996	-22,2	-18,4	-14,7	-1,7	12,6	18,8	19,5	13,2	8,2	0,8	-6,2	-13,2
1997	-19,4	-11,8	-3,7	5,7	11,5	17,8	15,7	14,9	9,7	7	-6	-14,4
1998	-14,8	-16,2	-9,7	-1,2	12,1	20,8	21,5	18,1	9,8	4,3	-11,5	
2001											-5,2	-18,4
2002	-8,9	-6,9	-2,2	-0,3	8,3	13,2	18,2	13,4	11	2,8	-3,4	-21,6
2003	-12,2	-17,1	-8,2	3,2	11,7	13,9	17,4	18,4	11,2	1,3	-7,6	-7,7
2004	-13,8		-7,7	1	13,7	16,7	19,3	16,4	11	2,3	-2,8	-13,9
2005	-16,6	-22,2	-9,3	3,6	13,2	16,2	17,5	15,5	9,6	3	-2,7	-11

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2006	-21,8	-14,5	-6,2	3,9	11,5	17,8	15,1	14,8	10,3	2,7	-7,1	-7
2007	-7,2	-16,2	-9,9	4	12,6	14,2	17,5	17,9	10,6	3,3	-7,9	-15,9
2008	-19,5	-11,9	-3,2	3,9	11,2	14,6	19,3	16,7	7,8	3,6	0,9	-10,3
2009	-14,2	-15	-6,4	1,6	11,6	17,6	16,5	15,2	11,2	4	-5	-15,7
2010	-22,7	-19,6	-8,9	4	12,5	19,5	19,6	18,8	10,3	1,1	-0,8	-13,5
2011	-22,4	-22,4	-11,9	3,3	11,6	15,7	19,1	14,1	11,3	3,7	-8,7	-14
2012	-19,6	-21,7	-8,5	9,3	13,5	19	20,7	18,7	10,5	5	-3,2	-19,9
2013	-16,8	-15,3	-8,4	4,7	11,9	17,2	17,6	16,5	9,9	3	0,4	-9,2
2014	-15,4	-17,7	-3,9	2,1	14,5	16,5	14,5	17,3	8	0,9	-6,3	-8,7
2015	-14,9	-11,9	-5,8	3,4	12,1	18,5	16,4	13,5	11,5	1,1	-6,6	-7,9
2016	-19,3	-8,2	-6,3	6,7	11,5	15,6	18,4	20,3	10,1	0,1	-9,9	-16,3
2017	-14,2	-15,5	-6,8	4,5	10	14,5	17	16,6	10	0,8	-3,5	-14,9
2018	-22,1	-17,8	-12,2	2,5	10,2	13,8	18,8	15,2	10,6	4	-5,8	-16,5
2019	-17,9	-15	-3,9	2,9	12,5	16	18,4	15,2	7,4	4,7	-6,7	-10,6
2020	-7,7	-8,4	-1,9	4,3	13,8	15,2	20,7	16,3	9,3	4,2	-7,2	-14,5
2021	-16,5	-16,3	-8,5	4,9	15,8	18,1	18,8	18,5	7,4	3,5	-5,6	-12
2022	-17,7	-13	-10,8	7,3	9,1	14,9	18,3	17,9	9,7	3,1	-8,9	-16
2023	-15,2	-16	-2,3	5,3	12,9	15,4	19,9	15,9	10,9	4,1	-1,7	-14,6
2024	-17,8	-16,3	-6,6	9,3	8,5	17,6	18,3	14,8	9,7	1,5	-4,8	-10,1
2025	-8,6	-11,8	-3,3									

Таблица А.3 – Средняя месячная температура воздуха, °С. МС г. Троицк

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1887												-9,2
1888	-16,1	-19,5	-8,8	6,6	14,8	17,5	22	17,2	11,8	5,4	-9	-18,4
1889	-19,4	-14,8	-11,4	2,4	12,2	16			11,8	3	-15,9	-15,6
1890	-14,8	-15,3	-6,2	3,5	9,1	19,8	23,4	16,6	11,6	4,7	-11,9	-13,6
1891	-19,4	-15,1	-1,2	3	14,3	18,3	20,2	17,8	10,5	-0,8	-14	-11,9
1892	-20,8	-15,5	-13,2	-1,1	13,5	18,4	21,2	16,9	11,1	2,5	-6,6	-18,6
1893	-27,3	-13,3	-4,3	5,1	9,2	18,2	21,5	17,4	12,8	4,3	-4,7	-10,6
1894	-17,3	-9,9	-10,5	1	14,2	16,7	17	18,5	10,2	1,3	-7,8	-18,3

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1895	-17,5	-17,9	-8	0,7	10,4	16,5	20,7	19,6	11,6	5,1	-6,3	-16
1896	-23,3	-18,2	-15	-3,5	13,7	17,4	18,6	18,1	10,1	5,8	-6,9	-18
1897	-19,6	-17,2	-13,9	2,6	15,7	17,9	19,9	19	13,5	2	-9,1	-19,3
1898	-14,6	-20,1	-18,2	0,2	13,6	17,7	20,8	16,9	13	-0,6	-0,6	-7,9
1899	-12,6	-15,1	-9,3	3	14,1	19,8	18,1	18,8	12,6	6	-2,5	-16,6
1900	-22,4	-16,1	-6,4	-0,8	14,8	17,8	18,7	17,1	9,7	3,4	-8,2	-12,5
1901	-19,8	-11,5	-5,5	7	13,8	17,3	19,1	15,6	8,9	0,7	-5	-15,3
1902	-14,7	-12,9	-8,3	0,6	13,2	19,2	21,8	19,3	10,1	0,6	-10,4	-17,7
1903	-14,7	-10,5	-10,9	5,5	10,8	17,6	19,7	19,6	10,6	0,6	-8	-14
1904	-15,3	-12,7	-11,8	-0,6	14	16,3	19,3	17	10,1	2,5	-4,7	-12,9
1905	-16,3	-13,3	-12,6	0,9	11,9	16,1	16,2	15,6	11,8	7,4	-2,3	-9,5
1906	-17,5	-18,8	-4,2	4,8	14,4							
1914	-12,5	-10,4	-7,6	-0,8	14	15,7		18,6	10,4	0,7	-9,8	-15
1915	-16,4	-12,4	-11,1	5,2	13,5	20,1	19	16,7	12,1	0,9	-4,2	-12,2
1916	-15,2	-13,7	-11,9	3,2	14	18,2	18,3	15,7	11,4	3,2	-5,7	-16,8
1917	-14,4	-19,3	-12,2	7,8	12,4	15,1	20,6	16,3	12,8	4,3	-1,3	-13,9
1918	-11	-18	-10,8	1	8,1	19,4	20,4	19	12	5,4	-4,8	-19,5
1919	-20,4		-12,3	5,6	9,8	16,1	18,9	18	11,1			
1934	-14,9	-10,4	-13,8	-1	13,7	15,6	17,7	18,9	7,8	4,6	-4,1	-14,1
1935	-16,2	-10,3	-9,7	5,6	12,7	17,5	18,3	18,8	12	5,8	-9,8	-15,3
1936	-13,8	-13,7	-8,7	2,6	10,3	20,4	21,1	18,2	11,5	4,9	-3	-8,4
1937	-16,7	-17,2	-9,4	2,8	9,2	18	19,7	17,9	12,7	4,1	-6,2	-15,9
1938	-20,7	-14,3	-9,6	7,2	14	16,2	16,8	17,4	12,4	3,8	-5	-20
1939	-18,2	-11	-7,4	5,4	11,4	20,6	19,6	15,2	8,9	0,8	-4,8	-9,6
1940	-24,6	-17,7	-6,8	6,5	8,3	17,2	20,9	19,6	13,1	-2	-4	-13,1
1941	-18,8	-19,4	-7,3	-1,9	9,4	16,1	17,3	16,3	11,3	1,3	-11,4	-16,6
1942	-18,8	-17,8	-12,8	-0,7	11,8	18	20,5	16,6	10	2,9	-7	-13
1943	-20,5	-17	-7,8	6,7	18	17,3	19,9	17,7	10,4	2,1	-10,9	-12,3
1944	-11,6	-12,9	-3,7	5,8	13,5	17,3	17,9	16,1	13	3,7	-10,4	-15,2
1945	-18,8	-19,2	-9,8	3,1	9	16,8	16,8	19,4	10	1,3	-7,3	-16,9
1946	-13,4	-8,3	-10	4,1	11,8	16,9	17,6	16	10,6	0,2	-6	-15,8
1947	-18,1	-18	-5,8	6,1	10,6	14,3	17,2	16,5	11,4	3,9	-2	-16,8
1948	-9,9	-15,2	-8,9	1,9	15,7	20,8	18,6	17,5	10,7	4,7	-4,5	-15,2

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1949	-9,9	-14,4	-12,6	3,2	13,7	19,3	19,4	19,3	8,3	2,2	-5,5	-17,3
1950	-23	-15,9	-8,6	6,6	12,4	16	18,1	15,5	12,4	2,7	-11,4	-12,6
1951	-18,8	-23	-6,9	10,2	12,4	17,5	21,6	18,3	12,9	1,3	-9,3	-8
1952	-16	-18,5	-11,2	-0,1	15,5	20,2	22,8	19	13,9	1,9	-11,3	-14,9
1953	-16,1	-17,5	-8,6	5,2	13,3	16,2	21,3	20,6	12,8	1,6	-14,9	-12,5
1954	-21,7	-24,5	-10,7	2,4	12,7	18,1	22,4	18	13,7	5,4	-4,2	-15,4
1955	-12,5	-15,6	-11,7	3,9	16,1	21,8	18	15,8	10,7	5,2	-6,9	-18,7
1956	-19,2	-21,5	-12,2	4,3	12,5	17,8	18,5	17,8	7,4	4,5	-6,9	-9,9
1957	-16,2	-13,7	-12,2	2,5	17,7	21,2	19,2	17,4	16,4	2,9	-7,1	-9,5
1958	-14,9	-9	-10,7	2,5	11,9	20,3	19,9	20	7	3,9	-3,9	-13,4
1959	-14	-15,5	-8,5	4,3	15,1	17,3	19	15,5	10,1	0,7	-6,8	-15,3
1960	-15,1	-12,6	-12	5,8	8,1	19,2	16,9	15,6	11,2	0,9	-8,1	-9,1
1961	-13,4	-13	-3	5,2	14,5	17,8	18,9	16,3	10,3	2,4	-6,4	-9,5
1962	-12,4	-10,4	-3	7,1	15,9	17	23	15,9	11,4	3	-6	-11,4
1963	-14,6	-11,1	-10,1	3,6	13,2	19,1	20,9	15,8	11,4	2,5	-2,8	-10,9
1964	-14,3	-18,9	-9,9	1,5	13	16,7	19,3	16	11,6	1,9	-3,5	-7,3
1965	-13,9	-13,4	-3,7	3,4	14,9	19,5	21,2	15,6	12,6	2,4	-9	-11,6
1966	-18,1	-15,4	-6,9	2,7	12,9	16,4	21,5	18,6	12,6	1,3	-4,2	-22,8
1967	-17	-18	-5,6	9,4	13,8	17,2	19,4	18,4	9,2	5,7	-2,3	-9,8
1968	-15,4	-14,1	-6,2	3,8	15,4	15,5	17,3	17,2	9,4	1,8	-5,6	-17,7
1969	-27,5	-18,8	-11,3	4,8	8,4	15,9	19,7	16,3	12,3	0,2	-3,6	-15
1970	-15,4	-13	-5,4	5,6	11,8	16,2	19,1	16,2	13,4	3,1	-6,6	-16,2
1971	-9,3	-18,2	-10,4	2,9	11,4	17,2	21,4	15,7	15,1	3,8	-0,6	-10,4
1972	-25,1	-14,6	-9,3	6,4	13,3	16,6	18	17,8	9,4	3,3	-3,8	-9,7
1973	-21,1	-12,8	-6,9	7,6	14,4	18,2	17	16,5	7,7	2,2	-4,3	-8,6
1974	-20,4	-14,7	-3,4	6,7	14	17,6	22,4	16,2	13,8	7,1	-5,8	-15,8
1975		-14,2	-2,9	10,9	14,6	20	20,8	18,1	14,3	1,1	-6,3	-11,1
1976	-12,5	-19	-9,7	6,6	14,1	20,2	17,7	19,9	10,4	-5,4	-10,3	-17,6
1977	-22,8	-17,6	-3,7	8,6	16,3	20,8	20	15,8	10,7	0,1	-5,2	-14,2
1978	-13,2	-12,7	-3,9	4,1	12,3	19	18,6	15,9	12,5	2,6	-5,3	-16,7
1979	-18,5	-11,4	-5,7	0	15	13,7	20,8	17,9	12,5	1,8	-7,8	-9,4
1980	-18,8	-18,8	-11,9	3,8	15,8	16,4	18,7	13,7	11,8	3,4	-6,8	-8,6
1981	-14,8	-12,2	-7,3	2,9	10,6	19	21,3	21,4	12,2	5,9	-2,6	-10,9

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1982	-13,9	-16,3	-9,9	8	13,4	17,4	19,3	17,4	12,8	3,1	-3,8	-8,8
1983	-9,7	-9,3	-6,8	9,1	10,4	18,3	21,5	17,2	10	5	-5,1	-7,9
1984	-14,6	-15,8	-4,9	2,9	13,9	19,1	21,9	17,3	10,7	3,6	-10,6	-19,2
1985	-14,7	-17,1	-9,1	4,9	10,6	17,7	17,8	18,1	12,6	0,9	-8,7	-12,2
1986	-13,2	-15,8	-5,7	8,4	9,6	17,4	17,6	15,9	10,5	2,6	-8,1	-16,9
1987	-18,5	-10,5	-13,3	-1	15,8	21,3	20,1	17,1	10,6	2,6	-11,9	-12,3
1988	-16,9	-16,1	-7,1	6,6	11,2	21,3	21,4	19,2	11,9	4,1	-6,7	-11,1
1989	-15	-12,8	-5,9	1,6	13,6	22,5	24,3	16,6	11,8	4	-4	-10,9
1990	-15	-10,9	-1,4	6	12,4	19,9	19,2	17,1	11,3	2,7	-3,9	-10
1991	-12,1	-14,8	-6,8	10,1	17,2	22,6	19,7	16,1	12,4	8	-7,1	-15
1992	-11,1	-11,8	-7,2	4,7	11,6	16,1	17,4	15,1	11,5	3,4	-5,1	-13,3
1993	-10,8	-13,6	-8,5	2,5	12,6	18,8	19,8	17,9	7,7	3,4	-14,6	-13,2
1994	-13,4	-19,8	-10,4	5	13,1	19,5	16,6	16,4	12	6,5	-5,4	-13,4
1995	-16,2	-7,2	-2,2	11,2	14,1	19,6	21,8	19,3	12,1	4,9	-3,3	-13,9
1996	-18,7	-16,7	-11	0,2	14,8	21,8	21,5	15,4	10,5	1,8	-6,3	-12,8
1997	-18	-11,2	-2,9	7,7	14	19,7	17,4	16,2	12,5	8,3	-6,7	-14,5
1998	-13,9	-14,9	-7,5	0,6	14,3	22,2	23,9	20,6	10,9	5,3	-10,2	-7,3
1999	-11,8	-10,7	-12,3	6	11,4	15,7	20,7	17,5	11,2	6,8	-9,4	-7,1
2000	-13	-11	-6,5	7,9	9,5	19,5	20,6	17,5	10,3	2,6	-7,2	-11
2001	-12,6	-14,3	-3,1	7,1	15,7	16,8	18,7	16,7	11,1	3,1	-4,6	-16,1
2002	-8,7	-7	-2	1,6	10,8	15,4	20,3	15,4	13,2	4,4	-2	-19,5
2003	-12	-15,5	-7,4	4,8	13,6	16,3	19,2	22,1	13,7	4,4	-6,7	-7,2
2004	-12,1	-10,8	-4,9	3,1	16,4	19,5	22,5	19	13,6	4,1	-1,9	-12
2005	-15,8	-19,1	-6,9	5	15,6	18,5	19,9	17,6	12,5	5,3	-1,8	-10,2
2006	-21,7	-13,3	-3	5,6	13,8	20,5	17,5	16,7	12,9	3,9	-6,8	-6,9
2007	-6,8	-15	-7,1	6,2	14,2	16,6	20,3	20,3	12,9	5,6	-6,4	-14,5
2008	-17,7	-11	-1,5	6,5	13,3	18,1	22,2	19,6	9,9	5,8	1,4	-8,7
2009	-13,2	-13,7	-3,7	3,8	13,3	20,1	18,8	17,3	13,4	5,3	-3,8	-14,8
2010	-21,1	-18,5	-7,2	6,5	15,1	22	20,8	21,4	13,1	4	-0,2	-13,3
2011	-19,9	-17,9	-9,3	5,7	14,3	17,9	20,6	16	14,2	5,4	-8,1	-13,6
2012	-17,4	-19,1	-6,9	11,7	15,7	21,5	23,5	20,9	12,4	6,6	-3,3	-18,3
2013	-15,6	-12,2	-7,4	6	13,5	19,7	20,2	18,3	12,3	4	1,6	-8,7
2014	-14,3	-16,2	-2,4	3,5	16,5	19,6	15,7	19,7	10,3	1,7	-4,9	-8,6

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2015	-13	-10	-4,6	5,4	14	21,7	18,6	15,9	13,1	2,4	-6,3	-7,3
2016	-17,8	-7,5	-4,7	8,4	13,9	18,1	20,4	22,5	12,6	1,3	-8,9	-15,6
2017	-13,4	-14,2	-5,7	5,9	12,3	17,4	19,4	19,6	11,8	2,5	-2	-11,7
2018	-19	-14,3	-9,5	3,6	11,5	16,1	21,6	17,4	13,4	5,5	-4,9	-15
2019	-15,9	-13,7	-2,6	4,8	15,2	18,1	21,3	17,9	9,9	6,4	-7,4	-9,4
2020	-7,8	-7,1	-0,1	6,8	16,6	17,6	23,3	19,5	11,9	5,1	-5,5	-12
2021	-16,1	-15,1	-7,1	6,7	19,5	20,4	20,8	21,7	9,8	5,1	-4,7	-9,6
2022	-14,6	-9,8	-8,7	9,1	12	17	20,7	20,3	12,6	4,5	-7,9	-14,4
2023	-13,2	-13,6	-2,3	7,4	16	18,1	22,6	17,9	12,6	5,5	-0,5	-12,7
2024	-15,9	-14,2	-5,4	9,6	9,9	20,1	20,3	16,3	11,7	3,7	-3,3	-7,8
2025	-8,8	-9,8	-1,4									

ПРИЛОЖЕНИЕ Б – МЕСЯЧНЫЕ СУММЫ ОСАДКОВ

Таблица Б.1 – Месячные суммы осадков, МС г. Златоуст

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1936	14,9	25,5	32,8	23,6	29,4	25,7	52,5	9,1	49,9	62,4	41,4	38,8
1937	18,3	5,6	11,9	36	106,4	94	118,1	87,3	36,5	36,2	32,9	40,9
1938	8,8	23,3	20	37,1	74,2	134,3	150,3	46,1	19,8	64,6	39,9	9,1
1939	18,9	31,8	28,1	44,2	58,8	143,8	71,2	45,1	96,5	41,3	27,3	23,8
1940	11,5	7,5	37,6	40,3	79,3	57,7	130,5	23,3	25,6	98,8	79,9	51,1
1941	37,6	27,1	62,5	93,1	150	97,7	90,7	108,2	60,3	60,2	60,5	51
1942	34,2	17,2	56	41,4	73,8	101,6	170,2	86,3	147,7	107,9	43,6	65,3
1943	57,5	24,3	88,9	33,8	35,6	217,3	247,3	206	72,3	86	54	63,1
1944	34,8	51,2	29,6	43,3	43,9	66,5	106,7	56,9	32,5	29,6	6,9	6,9
1945	7,7	6,2	30,3	80,2	122,8	114,1	170,2	53,4	185,3	32	96,7	91,7
1946	50,5	36,3	44,1	57,3	62,9	55,5	165,6	117	126,7	70,9	74,3	29,3
1947	33,7	13,4	56	55,8	88,3	97,4	119	75	38	42,2	41,8	64,1
1948	50,5	40,1	92	72,5	17,1	71,4	165,6	46,3	94	40,6	33,2	109,5
1949	50,9	53,8	21,2	32	38,5	44,7	83,5	86,6	66,2	82,6	58,6	31,8

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1950	60,1	18,2	25,6	16,6	81,1	118	117,3	140	81,6	78,3	110	29,4
1951	21,6	14,7	24,4	5,4	88	45,6	79	79,4	113,9	44,9	23,1	55,6
1952	21,1	12	37,6	80,2	32,9	69,2	32,8	23,6	19,8	86,5	50	33,3
1953	38,2	52,2	77,3	7	106	83,2	81,5	37,8	106,8	120,7	92,4	79,1
1954	31,8	18,1	21,4	34,4	105,2	95,1	72	65,5	70,5	64,6	53,9	32,7
1955	26,9	40,1	20,9	11,2	53,4	43,5	147,4	146,8	21,9	35,6	77,1	58,8
1956	22,9	28,7	26,3	50,5	39,6	45,8	93,9	69,7	114,6	96,4	72,2	79,3
1957	46,4	19,7	60,7	37,5	14,3	44,3	166,3	119,3	16,2	99,3	63,8	61,7
1958	42,3	43,1	19,3	24	49,5	10,2	21,4	24,9	141,6	80	73,8	24,4
1959	29,2	43,7	46,7	68,9	19,8	113,4	71,4	165,5	121,1	114	42,2	44,7
1960	37,1	51,9	47,7	31,9	123,8	54,8	76,2	86	34,1	92,6	55,9	59,6
1961	37,7	30,9	25,4	62,8	112,1	63,5	148,1	60,9	57,6	84,5	80	35
1962	38,3	19,1	41,9	15,3	115,7	57,3	103	106,2	76,8	78,5	35,8	67,1
1963	87,7	10,7	94,4	10,3	29,8	26,1	63,7	141,4	78,8	79,7	95	68,9
1964	75,7	21,6	18,9	55,5	38,4	152,8	124,5	121,9	66,5	83,2	54,7	80
1965	33,9	32,2	24,5	42,4	41,3	43,2	46,4	114,2	36,1	62,4	72,3	16,1
1966	24,7	76,1	81,8	38,3	70,5	106,4	177,3	41,4	62,3	79,4	66,9	17,6
1967	40,6	20,7	12,6	16	126,7	49,6	197,5	58,3	112,8	31,5	9,3	47,6
1968	44,5	35,9	47,4	93,9	77,2	121,8	150,5	33,3	92,9	29,4	73,3	60,8
1969	15	17,9	32,6	71,8	87,4	148,9	148,5	63,3	42,4	92,5	44,3	29,9
1970	49,3	24,9	46,4	77,7	70,5	122	142,8	121,4	50,3	60,4	90,2	52,1
1971	69,9	19,1	49,4	37,7	68,2	93,6	172,6	138,1	27,4	108,8	45,7	47,2
1972	47,3	72,3	79,7	64,7	18,5	72,7	123,1	22,3	61,4	71,2	67,2	65,8
1973	63	17,3	62,5	5,4	28,8	78,8	102,2	87,4	124,9	59,3	62,5	69,9
1974	35,6	45,4	54,4	41,8	33,2	132	89,2	48,5	34,9	26,2	78,3	3,9
1975	36,7	39,2	31,4	39,1	26	45,5	57,5	51,4	18	110,8	67,6	62,2
1976	58,5	39,6	1,2	26	46,1	19,5	138,6	91,3	45,6	68,9	67,9	34,9
1977												
1978	26,1	27	9,2	73,5	97	87,6	125,5	91,9	73,8	87	105,7	51,4
1979	25,3	31,9	32,4	51,9	50,3	161,9	118,3	54,5	82,6	46,7	28,4	25,9
1980	34,7	15	24,6	38,3	28	63	96,9	81,2	93,4	47,3	48,1	33,6
1981	10,3	13,2	42,2	37,1	131,4	59,3	27	47,3	92	32,5	30,3	23,2
1982	50,6	58,8	30,1	54,2	45,8	61,3	54,1	124,9	57,3	115,9	42,5	40,8

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1983	28,8	53,4	21,6	16,1	80,2	103,5	152	90,4	121,4	35,9	74,4	50,4
1984	10,1	12,7	11,8	38,4	72,9	99,4	120,2	85,5	94,7	123	75,2	33,3
1985	46,6	34,1	4,7	26,3	36,2	91,1	220,2	18,3	48,3	74,4	60,1	87,3
1986	31,5	49,3	18,5	30,3	54,2	83,9	123,5	89,3	93,7	63,8	42	60,8
1987	74,3	22,2	5	79,2	41,9	31,5	163,3	75,3	138,3	33,4	59,6	29,7
1988	22,9	12	20,9	58,7	64,6	37,9	110,1	21,5	87,2	43	79,5	36
1989	35,3	47,8	7,6	67,3	95,5	24	34,8	114,5	69,8	120,8	37,5	41,1
1990	52,9	28,3	54,6	71,5	135	123	112,7	71,2	75,2	104,9	72	25,4
1991	36,9	30,3	62,2	2,2	4,6	53,3	130,2	119,1	79,1	16,4	43,8	25,2
1992	37,6	15,4	14,6	58,9	65,3	58,3	88	105,7	10,4	55,3	21,8	27,2
1993	55,5	29,6	12,5	49,6	44,1	104,7	154,1	150,2	75,9	51,1	47,3	27,8
1994	21,7	51,2	18,2	15,4	44,4	44,8	291,3	159,2	42,2	35	54,8	46,9
1995	20,7	17,7	12,1	7,7	70,1	61,6	45,3	73,5	39,7	53,7	42	72,9
1996	39,4	16,2	0,9	52,4	61,7	55,3	102,9	72,2	59,7	78,7	5,6	31,1
1997	52,3	20,5	61,9	65,8	110	74,4	53,7	58,1	33,6	79,1	60,7	61
1998	14,8	38,6	4,8	56,2	37,5	55,4	97	73,2	46,8	97,1	85,8	70
1999	47,8	16,9	42,6	18,9	57,7	104,3	122,5	97,2	104,3	83,8	53	63,9
2000	61	35,1	26,1	40,8	132,4	105,9	67,9	113,8	72,2	48	28,4	73,2
2001	95,9	51,5	48,4	11,4	49	122,5	93,8	97,5	108,8	136,6	44,4	13,9
2002	47,8	33,7	76,5	13,5	80,5	169,2	43,8	139,1	43,1	75,4	92,8	28,2
2003	22,7	51,1	15,5	15,9	82,7	100,8	47,6	165,9	38	30,4	44,8	38,3
2004	10,1	16,6	43,7	76,3	20,9	61,6	104,5	79,5	100,6	150,4	64,3	45,7
2005	25,1	13,3	71,3	25,7	64,9	156,5	62,2	31,9	55,1	19,1	12,2	43,6
2006	28,2	17,6	60,7	82,7	35,4	143,9	195,8	37,7	66,4	70,3	65,3	56,3
2007	49	58,2	15,9	65,3	112,5	65,3	121,8	85,9	59,3	22,4	33,6	34,7
2008	21,3	56,1	43,9	7,2	88,5	73,4	62,6	78,4	93,8	48,6	58,5	14,1
2009	39,3	23,2	38,7	46,9	31,2	35,5	121,2	123,2	34	25,9	22,2	38,5
2010	41,9	26,3	58,7	30,4	47,5	18,7	21,8	31,8	34	6,3	92,7	41,8
2011	8,5	24,5	34,9	47,6	66,7	180,5	159,2	38,4	60,3	51,5	57,6	17,6
2012	6,6	4,2	46,8	39,9	43,4	39,3	29,5	63,3	54,2	83	96,9	49,7
2013	40,4	30,9	72,3	40,6	78,4	39,5	175,8	81,1	94,9	70,9	50,4	58,5
2014	35,6	38,3	68,9	59,4	64,4	112	200	39,4	25,5	155,6	41	47,4
2015	25,5	11,3	35	41,8	113,6	67,5	113,3	135,3	37,7	133,4	58,2	75,9

Таблица Б.2 – Месячные суммы осадков, МС г. Верхнеуральск

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1936	7,2	25,2	17,3	18,8	9,8	24,6	80,3	14,3	21,1	61,1	9,6	12,1
1937	9,9	4,5	11,6	25,7	63,5	53,4	99,2	56,3	37,3	26	6	38,1
1938	14,9	12,3	8,6	29,9	19,4	77,8	109,2	23,3	31	12	16,3	6,8
1939	5,7	11	18,2	16,6	33,6	28,2	107,1	62,5	58,1	8,1	3,7	34,3
1940	23,4	12,4	37	17,9	107,2	26,7	118,7	5,7	6,9	29,4	40	37,7
1941	5,3	29,2	39,2	43,8	113	46,6	132	147,1	12,9	45,4	2,4	9,1
1942	6,7	2,2	17,3	28,7	40,2	40,4	40,9	25,5	60,4	32,7	14,6	21,3
1943	10,3	0,5	1,8	4,8	16,6	46,6	178,5	81,7	10,7	13,5	9,9	5,8
1944	1,3	18,4	9,6	11,4	14,8	14,7	129,3	5,6	11,6	8,7	7,8	0
1945	2,1	0,7	10,3	59,7	45,3	89,4	120,3	27,3	40,8	19,3	1,7	43,3
1946	0,9	23	21,9	25,9	55,3	26,8	168,3	56,3	75,1	42,6	26,9	4,2
1947	17,2	7,2	52,3	9,5	31	134	67,3	58,7	98,3	23	19,9	32,9
1948	32,3	14,5	19,5	8,9	22,3	59,6	82,8	11,5	76,6	18,2	19,6	23,8
1949	16	15	1,9	18,3	22,7	20,2	26,2	44,5	5,6	12,7	13,7	33,1
1950	29,7	10	14	6,5	16,3	49,3	45,2	80,2	18,9	26,8	20,5	25
1951	4,6	4,7	5,4	8,9	70,6	67,9	63,6	23,5	47,9	14,7	4,7	13,2
1952	8,1	17,4	52,1	27	37,4	35,5	39,8	23,2	12,1	48,8	21,8	14
1953	20,5	46,1	26,1	5,7	78,8	36,6	42,4	17,8	33,8	24,3	35,5	10,3
1954	14,6	2,7	8,7	37,8	45,5	79,5	19,9	36,3	30,5	16	12,9	9,3
1955	11,5	36,8	2,3	7,3	21,6	8,7	87,7	75,6	4,8	19,5	20,6	22,7
1956	12	5,4	12,5	17,9	24,7	73,4	84,8	54	69,2	35,4	53,2	22,3
1957	9	5,5	18	5	1,7	17,3	60,8	51,7	4,8	16,6	6,7	2,2
1958	31,4	37,7	14,3	29,2	48,4	16,7	7,3	52,3	103,1	19,4	14	8,3
1959	3,5	20,7	8,8	21,6	13,6	66,7	81,2	127	63,9	56,1	1,9	8
1960	28,5	24,4	7,2	47,4	37,4	92,9	76,3	46,7	31,3	36,9	3,4	10,5
1961	33,4	3,7	21,9	32,8	20,8	103,8	102,5	66,8	24	4,8	47,1	33
1962	14,2	7,7	26,2	12	69,9	23,3	26,6	18,4	21,6	33,1	15,9	20,7
1963	64,3	7,3	32,4	0,4	13,6	23,3	63,9	77,7	36,7	27,8	18,3	29,2
1964	12,5	14,8	5,3	17,4	41,1	209,9	119	55,7	16,4	9,4	34,3	8,4
1965	14	11,3	18,8	16,5	26,4	30,7	25,3	33,8	13,1	19,8	64,6	6,2

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1966	17,4	47,8	8,2	34,4	31,9	63,5	158,2	24	26,6	23,1	18,8	13,6
1967	20,9	3,1	6,9	6,8	101,1	76,1	170,5	49,7	42,6	15,4	10,5	43,2
1968	38,2	24,4	12,5	24,8	21,8	74	49,6	19	48,6	4,3	8,7	56,3
1969	4,7	11,4	11	28,7	50,3	70,1	123,6	24,7	19	87,2	29,7	56,5
1970	19,1	6,4	18,1	34,2	55,3	29,1	41,9	75,7	16,9	27,3	26,4	3,7
1971	7,2	11,6	32,5	18,7	22,8	54	101,1	12,5	15,4	52	20,5	32,2
1972	17	2,3	32,6	41,5	1,7	55,8	47,9	12	12,2	36,6	31,6	10,6
1973	17,9	16,2	19,1	4,7	40,4	37,1	80,8	61,8	44,4	14,1	36	24,2
1974	9,7	5,9	21,7	15,7	49,4	42,7	163,3	46,1	40,4	13,5	15,9	6,9
1975	11,9	9,9	21,9	13	15,9	6,5	40,2	14,5	7,4	14,4	4,3	26,8
1976	50,5	6,9	1	17	43,6	29	87,9	34,8	5,3	41,4	27,6	1
1977												
1978	5,2	25,1	6,9	45,6	39,2	20,7	108,1	45,9	32,4	26,5	25,6	34,3
1979	16,3	29,8	7	36,7	3	57,2	56,6	8,7	26,2	29,5	14,3	22,4
1980	19,6	16,6	23,4	50,1	7,7	77,8	65,8	103,1	19,8	48,4	27,1	9,1
1981	7,6	20,4	40,1	25,7	80,6	77	102	42,4	39,3	9,9	19,8	7
1982	39,1	8,1	19,5	16,7	12,1	39,1	49,3	49,6	33,8	40,8	12,7	22,3
1983	22	39,2	26	8	82,2	49,5	53,1	49,2	27	20,2	21,6	39,3
1984	13	0,2	5,3	1,9	25,1	68	35,2	126,7	13,3	53,9	40,5	19,5
1985	12,5	91,3	2,5	28,1	30,3	103,8	77,7	5,1	23,6	30,7	22,6	46,6
1986	19	14,4	5,7	5,8	43,4	65,2	46,4	92,5	81,3	16,5	33,8	46,5
1987	60,6	7,9	8,9	27,5	16,7	26,7	109,3	62	114,2	5,5	16,8	8,1
1988	6,9	2,1	22,4	16,1	39,8	32,6	88,8	51,3	23	4,2	45,6	32,7
1989	28	15,1	18,9	32,7	27,6	72,2	60,1	64,1	7,4	42,3	37,3	22
1990	15,4	11,4	18	100	82,4	87,9	67,2	73,9	23	27,7	16,3	12,3
1991	22,2	4,8	23,9	3,4	1,9	18	134,1	26,8	18,4	17,2	9,9	20
1992	21,8	15,2	6,4	39,1	23	63	80,8	54,5	1,8	31,5	32,8	9,4
1993	5,9	5,1	13,3	26	18,3	91,7	96	84,6	49,2	21,7	6,5	27,5
1994	20,6	10,7	18,9	8,1	80,3	34,9	102,1	80,1	20,5	13,6	19,3	38,5
1995	4,7	11,1	10,6	12,3	41,5	31,3	12,2	17,9	37	24,1	24,7	41,1
1996	23,5	23,4	1,4	14,5	47	40,5	38,4	35,5	18,1	13,6	12,7	14,7
1997	36,7	2,8	32,5	39,4	64,3	47,8	51,5	23,5	28,4	30,8	23	17,1
1998	29	31,8	6,9	29,8	0,2	18,3	39,7	20,5	28,9	19	54,2	10,9

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1999												
2000												
2001											23,9	8,5
2002	19	8,9	26,1	26,2	57,9	91,6	45,7	54,2	17,5	34,3	38,7	20,1
2003	11,8	19,9	3,3	13,5	74,7	95	49,3	22,5	17,8	22,4	17,7	4,6
2004	3,2	10,3	77,1	55,7	11,7	20,3	80,3	39,6	31,7	80,5	25	26,2
2005	9,3	13,9	73,1	11,3	38,5	69,6	40	42,4	24,9	39,6	0,5	7,8
2006	12,1	34,9	32	67,7	18,2	103,4	119,7	42,9	13,4	9,6	25,9	11,5
2007	31,4	49,6	7,9	65,3	57,5	40,8	108,6	44,6	45,5	2,6	9,5	11,8
2008	17,2	18,8	37,8	12,9	58,6	38,1	63,4	14,6	73,8	20,4	2,5	6,1
2009	19,2	8,9	22,4	15,4	24,1	28,6	35,4	84	33,7	23,4	7	36,9
2010	21	13,2	15,6	18,5	10,9	28,5	68,1	39,5	8	2	56,6	36,1
2011	8,3	28,7	18,8	62,6	40,2	88,7	58,4	68,7	55,8	36,8	5,9	7,6
2012	5,6	4,2	33,8	16,3	29,5	27	20	34,7	9,9	28,6	34,7	36,1
2013	22,9	8,8	39,1	40,3	28,5	20,2	256,5	191,3	23,4	7,1	2,7	24,1
2014	16,6	28,7	40,6	13,6	9,1	26,1	105,7	66,3	1,8	22,7	10	21,3
2015	20,1	8,3	6,4	29,7	102,1	75	48,2	21,7	23,5	19,9	56	28,8

Таблица Б.3 – Месячные суммы осадков, МС г. Троицк

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1936	21,6		14,2	6,7	10,6	10,3	29,4	13	19,1	58,4	11,9	18,3
1937	15,1	5,3	9,4	23,9	57,9	47,6	36,7	35,6	26,2	20,4	11	40,7
1938	11,2	27,3	17	41,9	47,5	106,5	87,5	85,4	22	27,1	33	7,9
1939	6,8	8,7	34,8	36,5	29,4	33,6	67,7	34,3	76,8	24,7	6,1	30,4
1940	19	22,7	21,3	18,9	69,1	54,9	58,9	14,5	15,2	32	19,9	21,4
1941	24,5	25	35,8	20,1	115,4	71,7	97,4	56,9	44	43,8	12,7	18,1
1942	27,2	3,7	28,7	66,1	42	68,5	29,7	78,3	62,3	50,9	28	18,3
1943	32,7	6,1	20,9	17,6	21,1	53,6	45,5	59,8	21,1	53	19,3	23,3
1944	4,9	20,5	9,8	10,5	47,7	42,7	78,5	22,5	23,1	39,4	7,1	3,7
1945	8,6	6,9	24,5	36,1	65,4	79,5	114,3	27,4	49,7	30,3	10,3	47,5
1946	5,5	10,7	15,8	37,8	66,7	26,5	162,6	113,9	51,2	55	52,1	16,1

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1947	8,1	4,5	24,7	12,8	35	103,8	50,8	68,3	42,7	30,3	38,3	8,8
1948	20,8	3,6	13,8	25,4	30,5	16,2	109,6	26	23,4	18,4	6,9	24,3
1949	17,9	45,5	2,2	43,5	68,9	26,9	34	92,8	34,6	26,3	11,9	48,5
1950	29,4	7,9	9,5	4,9	32,7	84,9	81,1	61,2	57,9	14,3	42,2	35,5
1951	7,3	6,3	14,3	1,1	53,1	39,4	58,4	28,6	31,3	23,7	7,6	27,7
1952	18,4	9,4	11,3	32,3	2,3	34,7	56,8	8,1	58,9	60,7	30,6	18,6
1953	36,8	46,1	13,4	13,6	69,9	46,2	25,3	13,7	23,9	41,9	44,9	15,9
1954	6,4	3,7	10	29,6	35,9	38,7	45,8	52,7	31,8	15,1	27,8	8,6
1955	8,1	28,3	6,2	3,7	11,9	23,2	72,1	55,5	6,1	16,7	58,3	47,3
1956	16,9	11,7	9	15,3	24,8	87	42,8	26,5	77,4	28,3	59,5	41,7
1957	21,8	14,1	30,8	7,1	3	12,6	142,3	84,2	1	45	19,6	12,4
1958	39,3	35,7	21,9	18,4	38,9	8,7	16,1	22,1	89,9	26,5	34,7	19
1959	5,7	23,4	11,2	28,2	9,9	41,6	82,6	44,5	88,7	55,1	5,6	21,8
1960	23,5	21,2	12,7	16,4	74,4	48,6	98,8	43,5	14,2	38,3	9,4	22,3
1961	29	9,3	23,8	19,4	38,8	67,5	166	25,7	27,6	14,2	50	23,2
1962	14,4	15,9	43,6	10,3	99,5	67,8	25,7	51,6	17	31,1	21	37
1963	58,2	14,4	26,2	9999,9	13,3	74,2	50,9	144	28,3	31,7	38,6	37,9
1964	25,9	14,5	7,4	50,9	17,8	134,9	65	55,4	26,8	19,3	34,7	20,4
1965	16,9	20,5	10,6	8,7	5,7	28	97,6	50	9	14,3	52,6	8
1966	28,2	65,3	21,2	69,3	26,7	32,3	118	66,5	16,6	48,1	30,6	19,2
1967	20,1	2,8	7,5	2,1	96,9	53,4	141,1	39,5	50	18,1	3,1	38,1
1968	51,1	32,6	18,1	38,5	21,3	99,3	76,5	32,8	51,1	4,2	16	42,1
1969	4,5	20,9	22,9	61,6	49,4	43	82	46,9	19,8	123,3	27,4	56,1
1970	18,8	16,4	27,5	26,7	64,2	61,4	28,6	34	10	27,3	40,6	12,7
1971	19	31,3	51,9	19,3	70,5	40,5	83,2	41,5	18,6	52,6	20	24,2
1972	37,9	7,8	12,7	27,1	12,2	51,5	99,4	2,6	14,1	20,8	43	16,7
1973	28,2	11,3	14,2	9,8	46,6	79,2	60,5	74,9	57,3	28,8	39,6	23,2
1974	20	9,2	11,7	44,8	26,4	52	63	30,1	26,7	15,8	15	2,3
1975	10,4	21,1	12,4	20,2	14,8	8,3	46,6	16	11,8	21,3	10,8	36,8
1976	48,6	10,8	2,3	16,1	36,5	13,2	76,5	32,5	8,9	50,7	45,5	9,2
1977												
1978	6,6	16,3	4,6	47	44,9	21,3	122,9	23	21,9	43	40,2	49,8
1979	23	32,7	14,7	20,6	29,6	78,3	75,8	51,8	24,5	18,3	18,9	30,3

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1980	14,1	15,4	17,4	35,6	14,4	55,2	80,8	73,5	22,6	56,4	40,6	13,6
1981	4,5	18,9	29,7	27,3	92,4	28,5	51,7	34,9	80,1	15,5	16,4	4,6
1982	26,4	18,4	15	22	34,3	110,4	80,6	51,5	17,2	45,4	20,3	28,3
1983	18,3	38,2	22,8	4,9	61,4	56,9	67,6	39,1	23,1	23,1	29,9	49,5
1984	12,8	3,1	8,2	8,9	24,1	39,1	42,2	89,6	28,2	87,4	40,4	11,7
1985	19,5	81,8	2,7	29,1	35,5	51,7	69,7	36,7	11,8	29,1	33,1	31,8
1986	30,7	7,9	2	9,3	90,4	59	74	56,6	68,1	17	29,9	61,5
1987	63,9	10	11,7	49,1	22	8,8	192,7	58	94,9	7,4	43,5	22,5
1988	12,6	5,9	28,1	20	45,3	16,6	48,1	57,2	40,7	9	50	25,5
1989	36,8	18,5	16	47,6	36,5	18,4	49,4	52,7	10,7	69,5	33,5	43,6
1990	17,8	7,3	49,7	25,6	72,6	80,9	88	47	45,4	29,7	32,8	16,5
1991	19,7	9,7	17,5	2,2	2,8	26,1	68,7	50,7	39,7	5,7	21,7	27,3
1992	35,3	28,2	8,6	34,4	41,4	64,3	74,7	39,9	3	34,9	43,5	22,4
1993	24,1	7,7	19,8	51,8	27,8	77,8	132,2	64,7	53,1	64,4	7,1	26,2
1994	18,8	24,3	25,9	10,4	47,5	58	90,2	111,8	19,5	7,9	32,5	51,9
1995	2,9	17,4	8,4	5,2	13,6	30,3	19,3	27	22,9	38,7	25,7	56
1996	19,5	31,6	2,1	20,6	30,9	22,2	61,3	47,9	21,1	34	7,1	23,7
1997	50,1	13,1	13,7	51,8	49,4	28,1	74	55	17,1	36,6	70,4	35,3
1998	16,3	37,3	3,5	30,2	8,1	25	31,5	16,7	21,9	27,4	47,3	29,8
1999	42,2	24,8	27,6	8,2	84	48,6	66,6	42,4	50,1	50,3	33,4	31,2
2000	44,8	19,6	46,2	28,4	98,3	101,8	15,8	37,4	45,1	21,6	14,8	66,3
2001	44,5	37	19,6	1,1	28,1	72,2	64,8	31,7	28,2	108,8	33	17,1
2002	45,5	21,4	39,7	40,3	42,6	54,2	22,4	83,8	18,2	31,6	48,8	22,2
2003	20,5	12,3	6,6	37,4	71,6	74,9	31,8	39,3	50,2	22,4	17	9,4
2004	3,3	11,3	43	54,4	3,2	28,2	41,7	21,1	19,5	84,5	34,8	38
2005	9	17,8	67,7	27,3	32,5	53,1	32,8	49,3	22,7	34,6	4	22,6
2006	27,7	27,8	19,2	71,2	22,6	89,3	111,7	47,2	11,6	41,6	49	26,9
2007	18,9	59,9	4,1	43,2	56,9	34,1	55,9	55,4	46,1	5,4	22,7	26,1
2008	15,5	35,9	41,8	10,6	44,3	14,2	61,8	15,6	50,2	8,2	11	10,1
2009	30,6	15,8	27,7	21,4	35,5	14,2	56,8	92,7	14,6	38,2	8,3	42,1
2010	37,1	4,7	41,1	13,6	27	14,2	97,7	37,4	6,5	3,8	40,3	34,4
2011	6,7	26,9	32,5	10,7	31,4	110,9	86,4	67,2	43,4	39,2	17,4	9,6
2012	5,5	5	28,6	20,3	22,6	42,1	23,3	39,6	14,6	18,3	62,3	41,7

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2013	35,4	15,9	50,2	37,9	42,2	18	86,4	169,2	18	19,6	13,1	18,8
2014	30,1	37,7	46,2	20,3	35	23,7	126,8	10,8	14	49,4	11,2	29,2
2015	23,6	8,8	9,4	21,4	81,6	86,5	52,6	24,6	19,8	38,7	53,2	35

ПРИЛОЖЕНИЕ В – ГРАФИКИ СВЯЗИ СРЕДНЕГОДОВЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ РЕК СЕВЕРО-ЗАПАДА ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

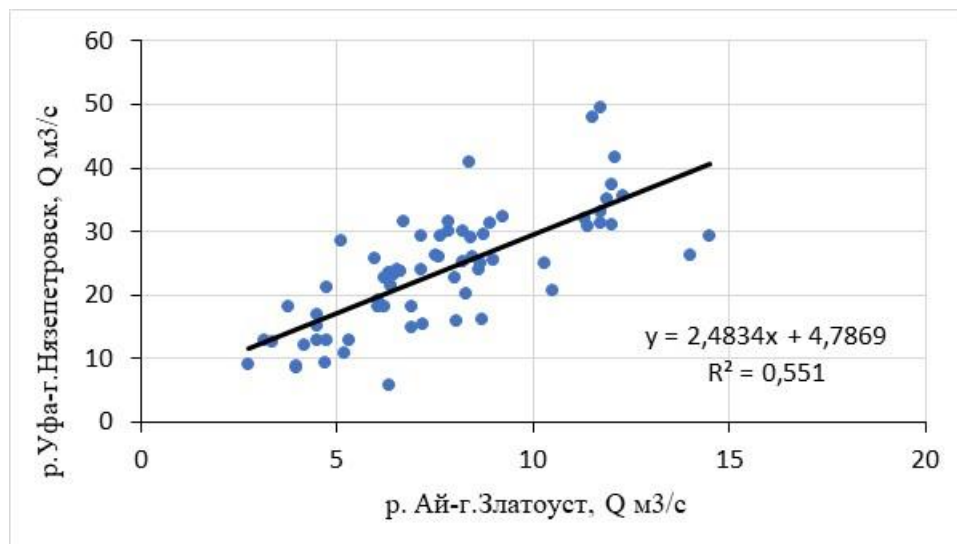


Рисунок В.1 – График связи среднегодовых расходов воды реки Уфа – г. Нязепетровск (расчетная река) и реки Ай – г. Златоуст (река-аналог).

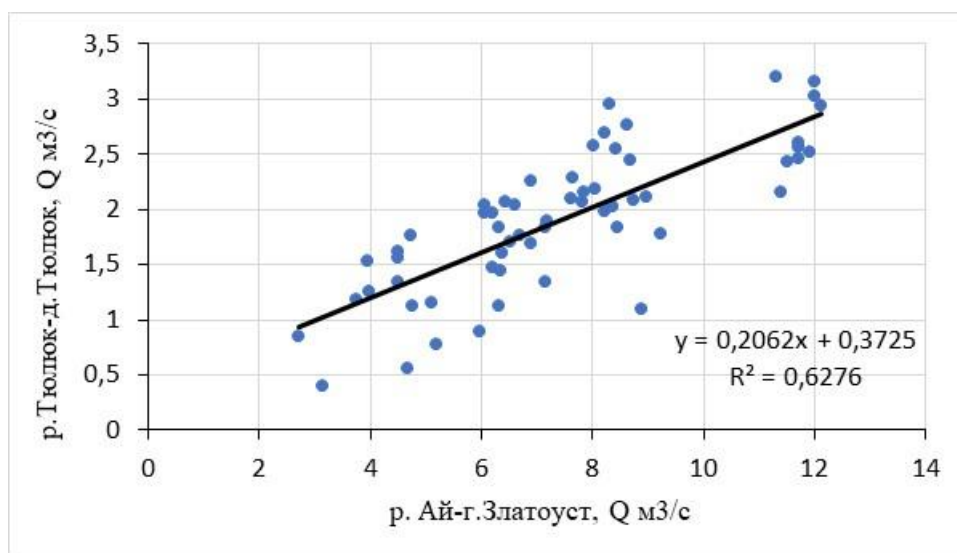


Рисунок В.2 – График связи среднегодовых расходов воды реки Тюлюк – д. Тюлюк (расчетная река) и реки Ай – г. Златоуст (река-аналог).

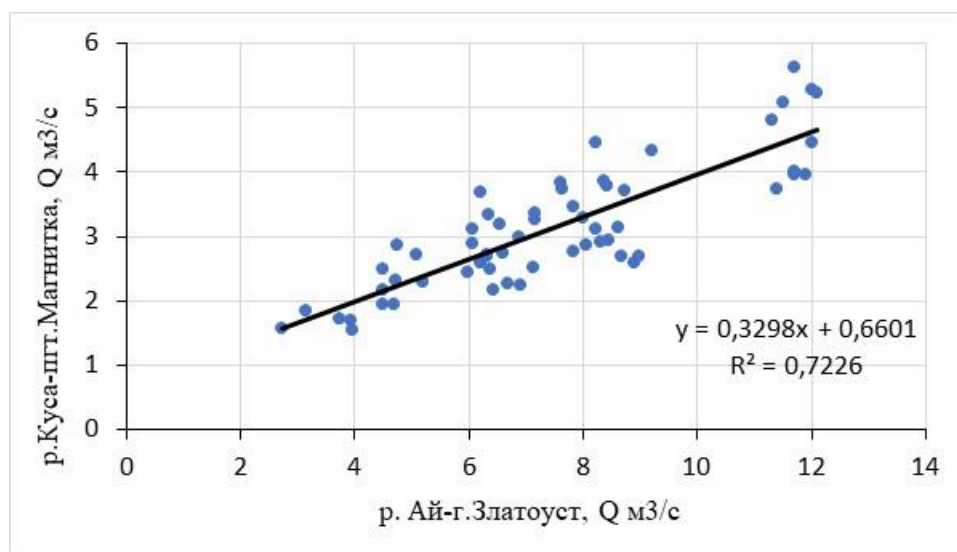


Рисунок В.3 – График связи среднегодовых расходов воды реки Куса – пгт. Магнитка (расчетная река) и реки Ай – г. Златоуст (река-аналог).

\

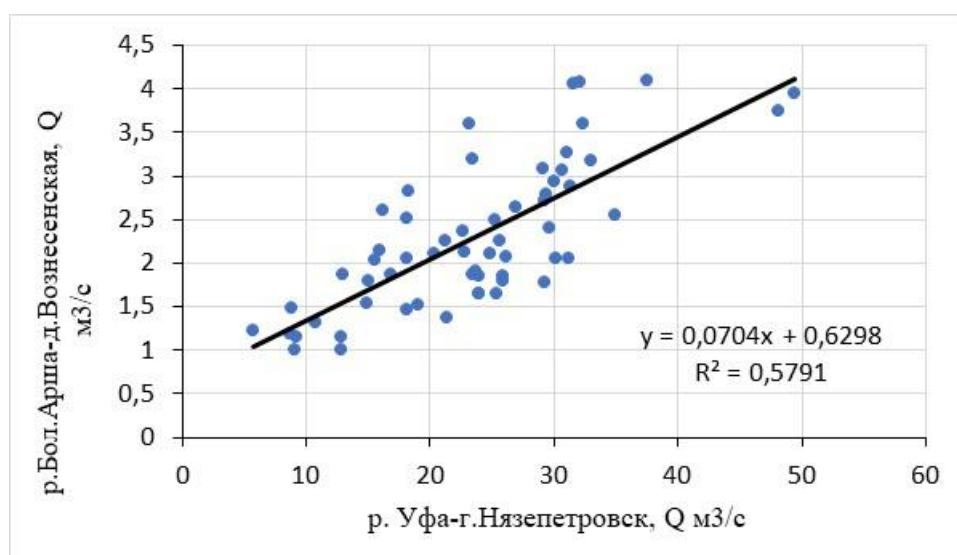


Рисунок В.4 – График связи среднегодовых расходов воды реки Бол. Арша – д. Вознесенская (расчетная река) и реки Уфа – г. Нязепетровск (река-аналог).

ПРИЛОЖЕНИЕ Г – ВОССТАНОВЛЕННЫЕ РЯДЫ СРЕДНЕГОДОВЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ РЕК СЕВЕРО-ЗАПАДА
ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ (м³/с)

р. Ай – г. Златоуст		р. Ай – д. Веселовка		р. Уфа – г. Нязепетровск		р. Юрюзань – д. Вязовая		р. Тюлюк – д. Тюлюк		р. Куса – пгт Магнитка		р. Бол. Арша – д. Вознесенская	
год	расход	год	расход	год	расход	год	расход	год	расход	год	расход	год	расход
1929	4,29	1935	2,07	1929	12,5	1936	11,4	1935	1,05	1935	1,84	1959	2,31
1930	3,81	1936	1,58	1930	10,9	1937	25	1936	0,84	1936	1,53	1960	2,06
1931	3,09	1938	6,06	1931	8,49	1938	24,9	1938	2,7	1938	4,3	1961	2,10
1932	6,41	1939	2,79	1932	19,6	1939	16,3	1939	1,35	1939	2,28	1962	2,08
1933	5,51	1941	7,18	1933	16,6	1940	18,6	1941	3,17	1941	5,0	1963	2,64
1934	4,53	1942	4,91	1934	13,3	1966	18,7	1942	2,23	1942	3,59	1964	2,72
1935	4,15	1943	8,25	1935	12,1	1967	21,7	1943	3,61	1943	5,66	1965	1,64
1936	3,36	1944	3,55	1936	12,6	1968	28,1	1944	1,66	1944	2,75	1966	1,64
1937	5,96	1945	7,31	1937	18,1	1969	34	1945	3,22	1945	5,08	1967	1,54
1938	10,50	1946	8,81	1938	20,8	1970	27,5	1946	3,85	1946	6,01	1968	2,40
1939	5,30	1947	8,06	1939	12,8	1971	33,8	1947	3,53	1947	5,54	1969	3,18
1940	3,27	1948	5,61	1940	9,11	1972	23,9	1948	2,52	1948	4,02	1970	2,06
1941	12,30	1949	3,48	1941	35,5	1973	27,7	1949	1,63	1949	2,71	1971	2,55
1942	8,67	1950	4,11	1942	24,9	1974	21,5	1950	1,9	1950	3,1	1972	1,80
1943	14,00	1951	4,30	1943	26,2	1975	9,35	1951	1,97	1951	3,21	1973	2,05
1944	6,50	1952	2,83	1944	19,9	1976	16,7	1952	1,36	1952	2,3	1974	1,86
1945	12,50	1953	3,11	1945	40	1977	18	1953	1,48	1953	2,48	1975	1,01
1946	14,90	1954	3,53	1946	48	1978	25,4	1954	1,65	1954	2,74	1976	1,18
1947	13,70	1955	2,04	1947	44	1979	26,8	1955	1,03	1955	1,81	1977	2,03
1948	9,79	1956	3,39	1948	30,91	1980	21,1	1956	1,6	1956	2,65	1978	2,11
1949	6,40	1957	4,93	1949	19,57	1981	20,7	1957	2,23	1957	3,6	1979	2,78

р. Ай – г. Златоуст		р. Ай – д. Веселовка		р. Уфа – г. Нязепетровск		р. Юрюзань – д. Вязовая		р. Тюлюк – д. Тюлюк		р. Куса – пгт Магнитка		р. Бол. Арша – д. Вознесенская	
год	расход	год	расход	год	расход	год	расход	год	расход	год	расход	год	расход
1950	7,40	1958	3,69	1950	22,91	1982	16,2	1958	1,72	1958	2,83	1980	1,52
1951	7,70	1959	5,99	1951	23,92	1983	31,4	1959	2,68	1959	4,26	1981	1,91
1952	5,35	1960	6,18	1952	16,05	1984	23,5	1960	2,75	1960	4,38	1982	1,15
1953	5,81	1961	5,93	1953	17,59	1985	32,8	1961	2,65	1961	4,22	1983	1,85
1954	6,47	1962	4,17	1954	19,8	1986	33,9	1962	1,92	1962	3,14	1984	1,85
1955	4,09	1964	8,56	1955	11,84	1987	25,3	1964	3,74	1964	5,85	1985	2,36
1956	6,25	1965	3,57	1956	19,06	1988	15,5	1965	1,71	1965	3,18	1986	3,09
1957	8,70	1966	3,20	1957	27,26	1989	26,8	1966	1,34	1966	3,35	1987	2,94
1958	6,72	1967	3,46	1958	20,64	1990	38,4	1967	1,69	1967	3,0	1988	1,80
1959	10,40	1968	3,62	1959	32,95	1991	20,9	1968	2,08	1968	3,72	1989	2,15
1960	10,70	1969	6,21	1960	33,95	1992	20,9	1969	2,61	1969	3,96	1990	3,27
1961	10,30	1970	6,21	1961	24,9	1994	46,9	1970	2,46	1970	4,0	1991	2,13
1962	7,50	1971	6,93	1962	26,2	1995	13,7	1971	2,52	1971	3,96	1992	2,51
1963	8,59	1972	3,77	1963	26,9	1996	23,6	1972	1,84	1972	2,94	1993	4,07
1964	14,50	1973	4,12	1964	29,3	1997	34,2	1973	2,16	1973	3,46	1994	4,10
1965	6,53	1974	3,48	1965	24	1998	15,2	1974	1,83	1974	2,71	1995	1,87
1966	7,15	1975	1,46	1966	24	1999	24,6	1975	0,85	1975	1,58	1996	1,87
1967	6,89	1976	1,88	1967	14,9	2000	31,2	1976	1,53	1976	1,69	1997	3,02
1968	8,73	1977	3,06	1968	29,6	2003	16,9	1977	1,9	1977	3,27	1998	2,75
1969	11,70	1978	4,65	1969	33	2004	15,2	1978	2,96	1978	2,92	1999	3,89
1970	11,70	1979	3,77	1970	31,2	2005	15,4	1979	2,29	1979	3,73	2000	3,96
1971	11,90	1980	3,53	1971	35	2006	21,9	1980	1,97	1980	3,12	2001	3,75
1972	8,46	1981	4,03	1972	25,9	2007	17,9	1981	2,04	1981	2,74	2002	3,94
1973	7,84	1982	2,34	1973	30,1	2008	11,3	1982	1,56	1982	2,16	2003	1,78
1974	6,31	1983	4,57	1974	23,5	2009	9,98	1983	2,77	1983	3,15	2004	1,38
1975	2,72	1984	3,66	1975	9,07	2010	7,46	1984	2,09	1984	3,83	2005	2,50
1976	3,94	1985	4,47	1976	8,67	2011	14,4	1985	2,57	1985	3,29	2006	1,64
1977	7,17	1986	4,44	1977	15,5	2012	11,8	1986	2,54	1986	3,78	2007	3,07
1978	8,30	1987	5,28	1978	20,3	2013	24,1	1987	2,69	1987	4,45	2008	2,83
1979	7,63	1988	2,76	1979	29,4	2014	27,6	1988	1,34	1988	2,48	2009	1,46
1980	6,06	1989	4,11	1980	19,1	2015	23,2	1989	2,18	1989	2,87	2010	1,01

р. Ай – г. Златоуст		р. Ай – д. Веселовка		р. Уфа – г. Нязепетровск		р. Юрюзань – д. Вязовая		р. Тюлюк – д. Тюлюк		р. Куса – пгт Магнитка		р. Бол. Арша – д. Вознесенская	
год	расход	год	расход	год	расход	год	расход	год	расход	год	расход	год	расход
1981	6,61	1990	5,99	1981	23,7	2016	21,8	1990	3,15	1990	4,46	2011	2,06
1982	4,49	1991	2,88	1982	12,9	2017	26,3	1991	1,47	1991	2,58	2012	1,48
1983	8,63	1992	2,84	1983	24	2018	23,4	1992	1,97	1992	3,69	2013	2,61
1984	7,61	1993	6,32	1984	25,9	2019	27,8	1993	3,2	1993	4,8	2014	3,59
1985	8,01	1994	6,23	1985	22,7	2020	26,9	1994	3,02	1994	5,27	2015	4,05
1986	8,42	1995	2,49	1986	29,1	2021	28,7	1995	1,62	1995	1,94	2016	2,89
1987	8,22	1996	2,80	1987	30	2022	34,5	1996	1,76	1996	2,31	2017	2,26
1988	4,49	1997	4,23	1988	15,1	2023	30,8	1997	2,07	1997	2,76	2018	2,25
1989	8,06	1998	2,66	1989	16			1998	1,15	1998	2,72	2019	3,19
1990	12,00	1999	4,49	1990	31			1999	2,02	1999	3,87	2020	3,59
1991	6,21	2000	6,58	1991	22,8			2000	2,94	2000	5,22	2021	1,15
1992	6,21	2001	6,36	1992	18,1			2001	2,43	2001	5,08	2022	1,32
1993	11,30	2002	7,13	1993	32,1			2002	2,56	2002	5,63	2023	1,22
1994	12,00	2003	3,49	1994	37,5			2003	1,84	2003	2,51		
1995	4,49	2004	3,31	1995	16,8			2004	1,6	2004	2,50		
1996	4,72	2005	4,60	1996	13			2005	1,98	2005	3,11		
1997	7,82	2006	5,85	1997	31,5			2006	2,11	2006	2,69		
1998	5,09	2007	5,32	1998	28,5			2007	2,16	2007	3,74		
1999	8,37	2008	2,51	1999	40,9			2008	2,04	2008	2,9		
2000	12,10	2009	1,75	2000	41,6			2009	1,18	2009	1,72		
2001	11,50	2010	2,23	2001	48,1			2010	0,4	2010	1,85		
2002	11,70	2011	3,36	2002	49,4			2011	2,26	2011	2,25		
2003	7,14	2012	2,40	2003	29,2			2012	1,25	2012	1,55		
2004	6,37	2013	7,39	2004	21,4			2013	2,44	2013	2,7		
2005	8,22	2014	5,01	2005	25,2			2014	2,07	2014	2,17		
2006	8,98	2015	5,39	2006	25,4			2015	1,77	2015	2,26		
2007	11,40	2016	2,94	2007	30,7			2016	1,1	2016	2,59		
2008	6,06	2017	4,19	2008	18,3			2017	1,12	2017	2,87		
2009	3,75	2018	2,51	2009	18,1			2018	0,89	2018	2,45		

р. Ай – г. Златоуст		р. Ай – д. Веселовка		р. Уфа – г. Нязепетровск		р. Юрюзань – д. Вязовая		р. Тюлюк – д. Тюлюк		р. Куса – пгт Магнитка		р. Бол. Арша – д. Вознесенская	
год	расход	год	расход	год	расход	год	расход	год	расход	год	расход	год	расход
2010	3,14	2019	4,24	2010	12,9			2019	1,44	2019	3,33		
2011	6,90	2020	8,39	2011	18,1			2020	1,78	2020	4,34		
2012	3,97	2021	2,99	2012	8,79			2021	0,56	2021	1,94		
2013	8,68	2022	3,89	2013	16,2			2022	0,77	2022	2,29		
2014	6,44	2023	3,47	2014	23,2			2023	1,12	2023	2,7		
2015	6,68			2015	31,6								
2016	8,89			2016	31,3								
2017	4,75			2017	21,3								
2018	5,98			2018	25,7								
2019	6,34			2019	23,5								
2020	9,22			2020	32,4								
2021	4,68			2021	9,28								
2022	5,19			2022	10,8								
2023	6,31			2023	5,77								

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Эмпирический закон Херста

В последние годы для описания вероятностной структуры гидрометеорологических рядов стали использовать так называемый показатель Херста, названный в честь британского гидролога Гарольда Эдвина Херста (1880-1978). Показатель Херста используется в качестве меры долговременной памяти временных рядов.

Херст долгие годы работал в Египте, где изучал водный режим реки Нил и получил прозвище Абу-Нил («отец Нила»).

Изучив записи о наводнениях на реке Нил за 800 лет, Херст обнаружил в них закономерность: за годом с высоким уровнем воды обычно следовал еще один год с высоким уровнем, а за годом с низким уровнем воды – еще один год с низким уровнем. Это было похоже на циклы с непредсказуемым периодом.

Для описания таких рядов Херст разработал собственную теорию, которую сейчас называют эмпирическим законом Херста. Для сравнения различных типов временных рядов Херст ввел следующее соотношение:

$$R/S = N^H, \quad (1)$$

где R/S – нормированный размах разностной интегральной кривой; N – число наблюдений; H – показатель Херста.

Если в двойных логарифмических координатах найти наклон R/S как функцию от N , то тем самым получим оценку H . Эта оценка не связана с какими-либо предположениями относительно лежащего в основе распределения, т. е. является непараметрической.

Из формулы (1) следует, что показатель Херста равен:

$$H = \frac{\lg(R/S)}{\lg(N)}. \quad (2)$$

В настоящее время принята следующая классификация для показателя Херста:

1) $H = 0,5$. Указывает на случайный ряд. Автокорреляция отсутствует. Настоящее не влияет на будущее.

2) $0 \leq H < 0,5$. Данный диапазон соответствует *антиперсистентным* рядам. Такой тип системы часто называют – «возврат к среднему». Если система демонстрирует «рост» в предыдущий период, то, скорее всего, в следующем периоде начнется спад. И наоборот, если шло снижение, то вероятен близкий подъем. Такой ряд более изменчив, чем ряд случайный, так как состоит из частых реверсов спад-подъем.

3) $0,5 < H < 1,0$. Имеем *персистентные*, или трендоустойчивые ряды. Если ряд возрастает (убывает) в предыдущий период, то, вероятно, что он будет сохранять эту тенденцию какое-то время в будущем. Чем ближе H к 0,5, тем более зашумлен ряд и тем менее выражен его тренд (рисунок 1).

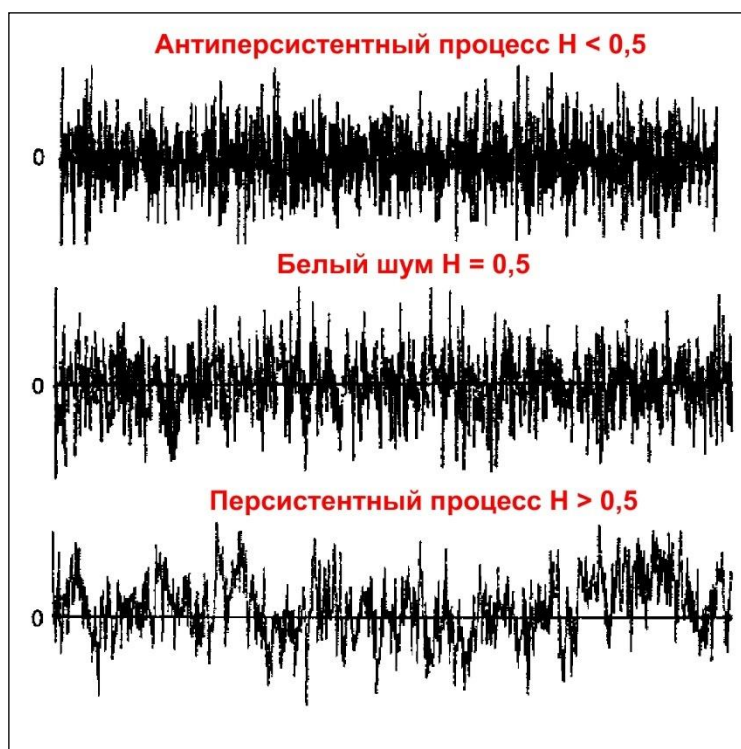


Рисунок 1 – Основные типы процессов по показателю Херста (из книги Мандельброта Б. и Хадсона Р. Л. (Не)послушные рынки: фрактальная революция в финансах).

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Расчет параметров распределения при построении усеченной кривой Пирсона III типа для ряда максимальных расходов весеннего половодья реки Тюлюк – д. Тюлюк с точкой усечения в медиане.

При расчете параметров распределения применялась методика, описанная в [15] (раздел 5.1, стр. 180-182)¹ с использованием формул (1-4):

$$S_{\max} = (x_5 + x_{50} - 2x_{25}) / (x_5 - x_{50}), \quad (1)$$

$$\sigma = (x_5 - x_{50}) / (t_5 - t_{50}), \quad (2)$$

$$\bar{x} = x_{25} - \sigma t_{25}, \quad (3)$$

$$C_v = \sigma / \bar{x}. \quad (4)$$

где x_p – значения расходов воды, соответствующие обеспеченностям $P = 5\%$, 25% и 50% ; t_p – нормированные ординаты распределения Пирсона III типа, соответствующие обеспеченностям $P = 5\%$, 25% и 50% , определяемые по прил.1 учебника [15] в зависимости от значения коэффициента $S_{\max}$.

Значение C_s тоже определяется по прил.1 учебника [15] в зависимости от значения коэффициента $S_{\max}$. Результаты расчета представлены в таблице Е.1.

Таблица Е.1 – Результаты расчета статистических характеристик усеченной кривой обеспеченностей для максимальных расходов весеннего половодья реки Тюлюк – д. Тюлюк

$X_{5\%}$	$X_{25\%}$	$X_{50\%}$	$S_{\max}$	$t_{5\%}$	$t_{25\%}$	$t_{50\%}$	C_s	σ	$\bar{X}$	C_v
45	25	19	0,538	1,985	0,14	-0,405	3,30	10,88	23,5	0,46

¹ http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/rid_87d638c890a947f99fcec9099b397e64.pdf

