



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 **Анализ многолетних изменений**
минимального стока рек
Кемеровской области в теплый
период года

Исполнитель _____ Сулоев Артем Николаевич
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель _____ К.Г.Н., доцент
(ученая степень, ученое звание)

Сакович Владимир Михайлович
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

К.Т.Н., доцент
(ученая степень, ученое звание)

Гайдукова Екатерина Владимировна
(фамилия, имя, отчество)

« 16 » 06 2025 г.

Санкт-Петербург
2025

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение	5
1 Характеристика физико-географических условий, гидрография и гидрологический режим рек района исследований	7
1.1 Рельеф и геологическое строение	8
1.2 Климатическая характеристика района исследования	10
1.3 Основные сведения о гидрографической сети	11
1.4 Особенности водного режима рек	14
1.5 Антропогенная деятельность на территории Кемеровской области	15
2 Методика расчета минимального стока	19
2.1 Особенности формирования минимального летне-осеннего стока	20
2.2 Расчет при наличии данных наблюдений	22
2.3 Расчет при отсутствии данных наблюдений	23
3 Гидрометеорологическая изученность и исходные данные	26
3.1 Гидрологическая и метеорологическая изученность, выбор опорных метеостанций и гидрологических постов для проведения исследования	26
3.2 Исходные метеорологические данные	30
3.3 Подготовка рядов исходных данных о минимальном летне-осеннем стоке рек	33
4 Оценка изменения метеорологических условий при формировании минимального стока рек в летне-осенний период	32
4.1 Анализ хронологических изменений температуры воздуха и установление сроков смены климатических условий	32
4.2 Оценка статистической значимости трендов и неоднородности рядов температур	35
4.3 Анализ хронологических изменений осадков	41

4.4	Оценка статистической значимости трендов и неоднородности рядов осадков	45
5	Анализ изменений минимального летне-осеннего стока основных рек Кемеровской области	49
5.1	Визуальная оценка особенностей хронологических колебаний минимального летне-осеннего стока	49
5.2	Оценка значимости линейных трендов	51
5.3	Проверка на однородность рядов минимальных летне-осенних 30-суточных расходов воды	52
5.4	Оценка изменений расчетных значений минимального летне-осеннего стока	54
5.5	Анализ изменения модуля минимального стока 80% обеспеченности	61
	Заключение	64
	Список использованных источников	66
	Приложение А – Карта рельефа Кемеровской области	68
	Приложение Б – Исходные данные среднемесячных температур опорных метеостанций	69
	Приложение В – Исходные данные месячных сумм осадков опорных метеостанций	74
	Приложение Г – Исходные данные минимальных 30-суточных расходов воды на опорных гидрологических постах	79
	Приложение Д – Хронологические графики средних температур	83
	Приложение Е – Графики интегральных кривых и интегральных разностных кривых температур воздуха	86
	Приложение Ж – Хронологические графики изменения температур воздуха	89
	Приложение И – Хронологические графики сумм осадков	94
	Приложение К – Графики интегральных кривых и интегральных разностных кривых сумм осадков	97

Приложение Л – Хронологические графики изменения сумм осадков	100
Приложение М – Графики хронологических изменений минимальных 30-суточных расходов воды за теплый период	105
Приложение Н – Графики совмещенных эмпирических кривых обеспеченности минимальных 30-суточных расходов	108
Приложение П – Совмещенные графики эмпирических кривых обеспеченности и сглаживающих кривых расходов воды	111

ВВЕДЕНИЕ

Бакалаврская работа посвящена анализу многолетних изменений минимального стока рек Кемеровской области в теплый период года.

Минимальные 30-суточные расходы воды являются важной гидрологической характеристикой, особенно в летне-осенний период. Этот показатель представляет собой средний расход воды за 30 последовательных суток с наименьшим стоком в указанный сезон. В своде правил СП 529.1325800.2023 [1] определены условия, при которых этот период может быть уменьшен до 24 суток.

В летне-осенний период особенно важно отслеживать минимальные расходы воды, так как они влияют на:

- обеспечение водой промышленных предприятий;
- работу систем водоснабжения населенных пунктов;
- судоходство;
- рыбохозяйственную деятельность;
- экологическое состояние водных объектов.

Практическое применение этих данных критически важно при проектировании объектов водопотребления. Согласно нормативам, при проектировании учитываются различные уровни расчетной обеспеченности расходов воды, в зависимости от типа и назначения объекта.

Определение минимальных 30-суточных расходов воды в летне-осенний период является необходимым условием для рационального использования водных ресурсов и обеспечения надежной работы водохозяйственных объектов.

Целью работы является анализ величины возможных многолетних изменений минимального стока рек Кемеровской области (Томь, Иня, Кия, Яя) в летне-осенний период в условиях изменяющегося климата.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Выбор гидрологических постов в нижнем течении рек Томь, Иня, Кия и Яя, расположенных максимально близко к границам Кемеровской области, имеющих длительный период наблюдений за расходами воды.
2. Формирование многолетних рядов, содержащих данные о минимальных 30-суточных расходах воды в летне-осенний период, за весь период наблюдений, включая 2021 год.
3. Выявление и оценка изменений климатических условий теплого периода на территории Кемеровской области.
4. Анализ изменений минимального стока в летне-осенний период на основе хронологических данных.
5. Оценка изменений расчетных значений минимального стока летне-осеннего периода на реках Томь, Иня, Кия и Яя.

Глава 1 описывает характеристику физико-географических условий, гидрографию и гидрологический режим рек района исследований. Глава 2 содержит методику расчета минимального стока. В главе 3 представлена информация о гидрометеорологической изученности района исследований. В 4-й главе дана оценка изменения метеорологических условий при формировании минимального стока рек в летне-осенний период. Основная глава – 5, посвящена анализу изменений минимального летне-осеннего стока на реках Кемеровской области.

Значимость данной работы определяется тем, что масштабные климатические изменения, зафиксированные за последние четыре десятилетия, могут существенно влиять на формирование речного стока и приводить к изменению водного режима и характеристик речного потока. В контексте текущих климатических изменений особенно важно провести анализ того, как меняющиеся климатические условия воздействуют на минимальный летне-осенний сток рек.

1 Характеристика физико-географических условий, гидрография и гидрологический режим рек района исследований

Кемеровская область расположена в азиатской части Российской Федерации на юго-востоке Западной Сибири, в умеренных широтах между $52^{\circ}08'$ и $56^{\circ}54'$ с.ш. и $84^{\circ}33'$ и $89^{\circ}28'$ в.д., что соответствует широтам Московской, Челябинской областей и Камчатского края в России [2].

Кемеровская область расположена в центре евразийского материка, на практически равном расстоянии от западных и восточных границ Российской Федерации. Протяженность Кемеровской области с севера на юг – 510 км, с запада на восток – 300 км [3].

Большая часть территории Кемеровской области занята Кузнецкой котловиной, расположенной между Салаирским кряжем на западе области и Кузнецким Алатау на востоке, на которой сосредоточены огромные угольные запасы каменного угля [4]. Кузнецкий Алатау и Салаирский кряж сближаются на юге области, где расположена Горная Шория – горный район, образованный северными отрогами Алтайских гор (рисунок 1.1). Большая разность высот рельефа оказывает существенное влияние на природно-климатические особенности.

Площадь региона – 95,7 тыс. км², что составляет 0,6% территории Российской Федерации. По площади Кемеровская область – одна из самых маленьких в Западной Сибири (меньше только Республика Алтай – 92,6 тыс. км²).

Кемеровская область имеет только сухопутные границы: на севере регион граничит с Томской областью по равнинным территориям, на юге с Республикой Алтай и Алтайским краем по главным хребтам Горной Шории и Салаирского кряжа, на востоке – с Красноярским краем и Республикой Хакасия, на западе по равнинным территориям – с Новосибирской областью.

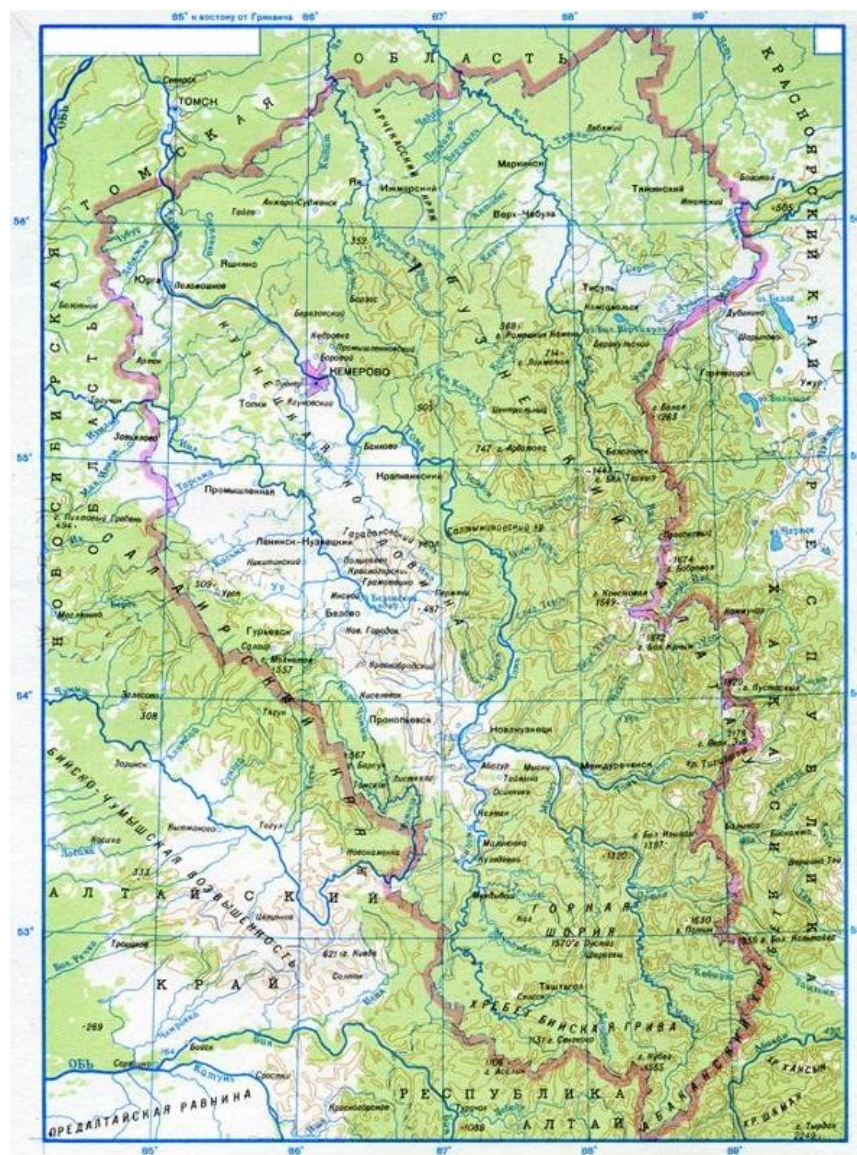


Рисунок 1.1 - Физическая карта Кемеровской области

1.1 Рельеф и геологическое строение

Кемеровская область расположена в центральной части Евразийской литосферной плиты и представляет собой территорию, сформированную в карбоне и перми, с основными геоструктурными элементами Алтае-Саянской складчатой области и частью Западно-Сибирской платформы [5].

Современный рельеф области, сформировавшийся в четвертичный период кайнозоя, включает равнинную часть (Западно-Сибирская равнина), горные районы (Кузнецкий Алатау, Салаирский кряж, Горная Шория) и Кузнецкую

котловину [6]. Горный рельеф преобладает, занимая 64% территории [Приложение А].

Высотные характеристики варьируются от 2178 м (голец Верхний Зуб на границе с Хакасией) до 78 м над уровнем моря в долине реки Томи на границе с Томской областью [7].

Кузнецкий Алатау представляет собой крупнейшую горную систему Кемеровской области, включающую собственно Кузнецкий Алатау и Абаканский кряж.

Горная система характеризуется наличием вершин-гольцов высотой 1500-2000 метров, на северных склонах которых располагаются многолетние снежники. [8].

Территория богата гидрологическими объектами: каровыми озерами ледникового происхождения, фирновыми снежниками, горными болотами, многочисленными реками и ручьями. Здесь берут начало река Томь и её притоки.

Салаирский кряж представляет собой древние средневысотные горы, расположенные в Южной Сибири на границе Кемеровской области и Алтайского края. Имеет сглаженный рельеф с преобладанием невысоких ветвящихся увалов и останцев из трудновыветриваемых пород [7]. Средняя высота кряжа составляет менее 400 метров над уровнем моря. Наивысшей точкой является гора Кивда (618 м).

Салаирский кряж является истоком нескольких рек, включая Чумыш, с водотоками как на восток (в сторону реки Иня), так и на запад (в сторону рек Бердь и Чумыш). На территории кряжа отсутствуют снежники и горные озера.

Горная Шория представляет собой горный регион в южной части Кемеровской области, расположенный на стыке хребтов Северо-Восточного Алтая, Кузнецкого Алатау и Салаирского Кряжа. Площадь региона составляет 13,5 тыс. км² (14,1% территории Кемеровской области). Наивысшая точка – гора Патын (1628 м).

Рельеф сформирован в результате длительного процесса эрозии и поднятия территории, с существенным влиянием гидрологических, температурных и химических факторов [7].

Равнинная территория Кемеровской области включает два основных орографических района: Кузнецкую котловину и Западно-Сибирскую равнину.

Кузнецкая котловина представляет собой межгорный прогиб геосинклинального типа площадью 70 тыс. км², сложенный осадочными породами.

Территория богата полезными ископаемыми, в первую очередь каменными углями Кузнецкого и бурыми углями Канско-Ачинского бассейнов [9].

Рельеф преимущественно равнинный с высотами от 200 м на севере до 400-500 м на юге. В центральной части расположены низкогорные кряжи высотой до 600-740 м. Характеризуется развитой сетью оврагов и речных долин, служащих путями стока талых и паводковых вод [7].

Север Кузнецкой котловины вливается в южную часть широко простирающейся *Западно-Сибирской равнины*. Эта территория области сформировалась в мезозойскую и кайнозойскую эры и представлена платформенным щитом, состоящим в основном из осадочных пород. Рельеф региона характеризуется слабоволнистыми равнинами с незначительными перепадами высот (100-150 м).

Таким образом, разнообразие форм рельефа на территории Кемеровской области существенно влияет на климатические условия, гидрологическую систему и распределение природных ресурсов региона.

1.2 Климатическая характеристика района исследования

Кемеровская область находится в континентальном климате умеренного пояса, на границе нескольких климатических зон [10]. Здесь наблюдается умеренное количество солнечной радиации (95-115 ккал/см²), выраженная

сезонность и преобладание западного переноса воздушных масс. Длительность светового дня варьируется от 7 часов в декабре до 17,5 часов в июне.

Климат характеризуется резкими колебаниями температуры: максимумы достигают +35...+38 °С, минимумы – ниже -50 °С, с годовой амплитудой до 90° [3]. Зима длится около 5,5 месяцев, весна начинается в апреле, лето – в июне, а осень – в сентябре. Безморозный период составляет 100-120 дней.

Осадки распределены неравномерно: от 300 мм на равнинах до 1800 мм в горах, с максимальным количеством в июне-июле и ноябре-декабре. 95% осадков в теплый период приходят от циклонов [3]. Снежный покров образуется в конце октября и варьируется от 40 см до 300 см в зависимости от рельефа [11].

Географическое положение области определяет её климат: она защищена горами от восточных и южных ветров, открыта для северных и западных. Западные ветры приносят прохладную погоду летом и снег зимой, северные – похолодание, юго-западные – оттепели, а юго-восточные – морозы. Зимой преобладает антициклональная погода с сильными морозами, а летом циклоны формируют облачную и дождливую погоду.

1.3 Основные сведения о гидрографической сети

Внутренние воды Кемеровской области представлены многочисленными реками, озерами, болотами, ледниками, водохранилищами и подземными водами.

Поверхностные воды Кемеровской области имеют густую гидрографическую сеть, принадлежащую бассейну реки Оби. Всего на территории Кемеровской области зарегистрировано 32 109 рек. Наиболее крупными из них являются реки: Томь, Иня, Кия и Яя (рисунок 1.2) [9].

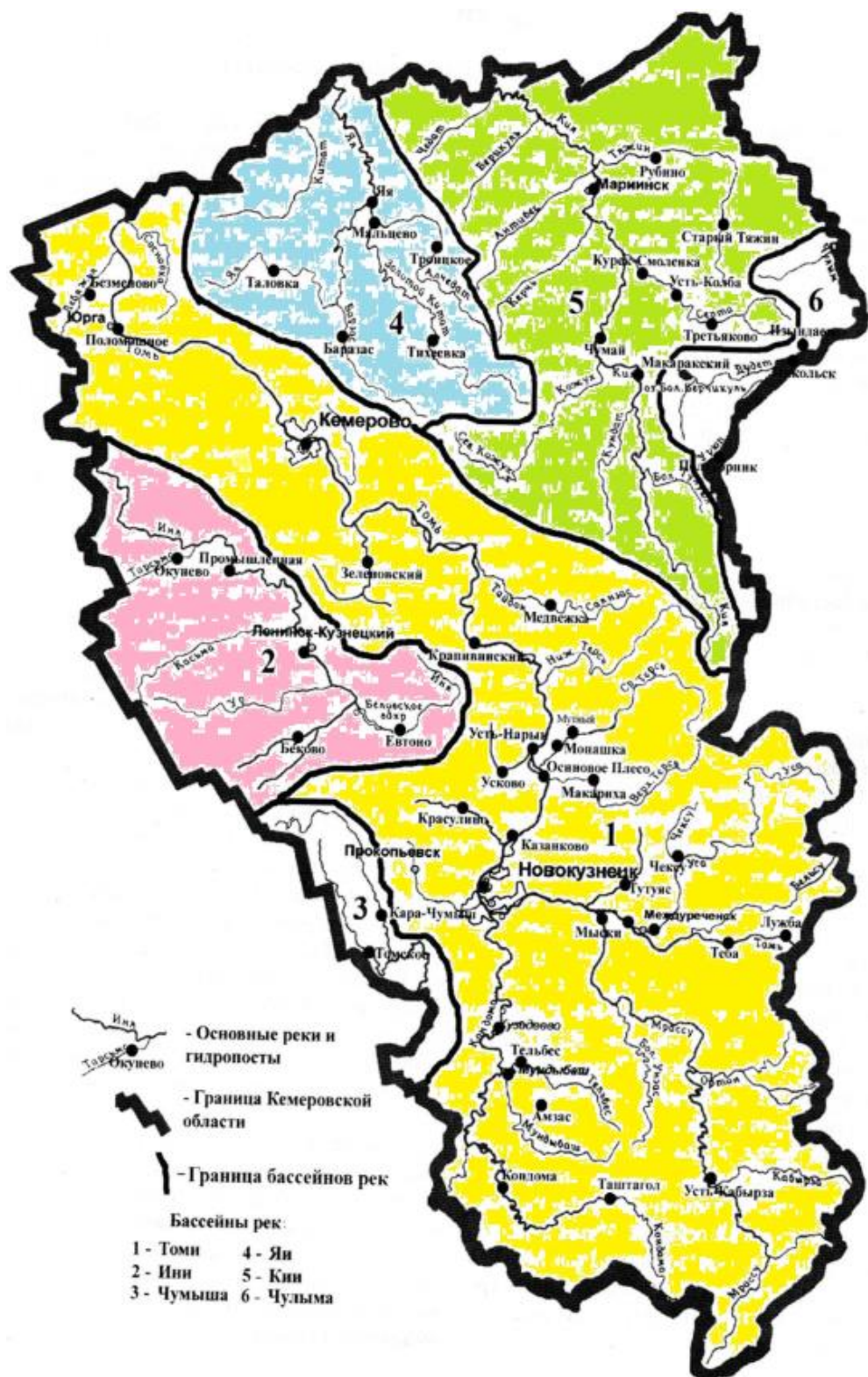


Рисунок 1.2 - Картограмма водосборов бассейнов основных рек Кемеровской области

Река Томь является главной на территории Кемеровской области, площадь бассейна составляет 62,03 тыс. км², длина 827 км (596 км – в пределах региона).

Исток Томи находится на западном склоне Абаканского хребта на территории Республики Хакасия (свыше 900 м над уровнем моря), устье Томи – река Обь. Верхняя часть бассейна Томи до г. Новокузнецка и средняя правобережная часть до г. Кемерово имеют горный рельеф, левобережная часть ниже г. Новокузнецка и правобережная от г. Кемерово до северной границы области характеризуется всхолмленным (равнинным) рельефом. Замерзает Томь в конце октября – начале ноября, средняя продолжительность ледостава 158-160 дней. Скорость течения воды р. Томь в межень 0,8-0,9 м/сек, в паводок – 2,5-3,0 м/сек. Питание реки – на 70-75% снеговое, на 15-20% за счет подземных вод и на 10% дождевое. Томь насчитывает более 115 притоков.

Река Иня является правым притоком Оби. Площадь ее бассейна составляет 17,6 тыс. км², длина – 663 км (в пределах Кемеровской области – 433 км). Исток Ини находится на южных склонах Тарадановского увала (260 м над уровнем моря), устье – река Обь в районе города Новосибирска. Иня – типичная равнинная река, бассейн которой в большей степени расположен в пределах Кузнецкой котловины, средняя скорость ее течения составляет 0,4-0,5 м/сек. Река замерзает в октябре, вскрывается в мае, питание - смешанное с преобладанием снегового.

Кия - это крупная река в Сибири, левый приток Чулыма. Её длина составляет 548 км, а площадь бассейна достигает 32,2 тыс. км². Река берет начало в Кемеровской области на восточных склонах Кузнецкого Алатау, течет преимущественно на северо-запад. Режим реки характеризуется снегово-дождевым питанием. Замерзает в ноябре, вскрывается в апреле.

Яя - это река, протекающая по территории Кемеровской и Томской областей, являющаяся левым притоком реки Чулым (бассейн Оби). Длина реки составляет 380 км, площадь бассейна - 11,7 тыс. км². Река берет начало в отрогах Кузнецкого Алатау, после чего протекает по равнинной местности. Питание преимущественно снеговое. Замерзает в начале ноября, вскрывается в апреле [7].

Озер в Кузбассе насчитывается 850 площадью около 0,1% от всей территории региона. К крупным озерам можно отнести только одно – Большой

Берчикуль, площадь которого – 16,4 км². Озер площадь которых превышает 1 км² немного, среди них Малый Берчикуль, Моховое, Большой Базыр, Шумилка. По происхождению в регионе преобладают пойменные озера. Особенно много их в нижнем течении рек Кия, Яя, Иня [3].

Также для Кузбасса, в силу его промышленной специализации, характерны озера антропогенного происхождения, образованные в результате добычи угля и других полезных ископаемых (карьерные озера). Данные озера характеризуются значительной глубиной (80-120 м) и большим объемом воды при небольшой площади.

Болота и заболоченные земли на территории области занимают площадь около 908 км². Наиболее крупные болота – Антибесское, Усть-Тяжинское, Новоивановское и др.

На территории Кемеровской области имеются *водохранилища*: Беловское на реке Ине, Журавлевское на реке Исток, Кара-Чумышское на одноименной реке, Гурьевское на реке Малый Бачат и другие.

Подземные воды на территории Кемеровской области относятся к гидрогеологическим структурам Алтае-Саянской сложной гидрогеологической складчатой области и Западно-Сибирскому сложному артезианскому бассейну. По данным ФГБУ «Гидроспецгеология», по состоянию на 2019 год в Кемеровской области эксплуатируется 122 месторождения подземных вод [12]. Также они являются основным источником питания рек в маловодные периоды.

1.4 Особенности водного режима рек

Среднегодовой сток всех рек Кемеровской области составляет около 43,2 км³/год. Основная доля стока приходится на весеннее половодье. Питание рек Кузбасса смешанного типа осуществляется в большей степени (около 55%) за счет снеготаяния, дождевое питание составляет 30%, остальное – за счет подземных вод.

Модуль среднегодового стока рек Кемеровской области имеет выраженную пространственную изменчивость:

- с юга на север величина модуля стока уменьшается от 20 до 5 л/(с*км²);
- с востока на запад наблюдается снижение от 40 до 3 л/(с*км²).

Горная часть Кузбасса (Кузнецкий Алатау и Горная Шория) характеризуется более высокими показателями стока. Здесь реки берут начало на высоте более 500 метров и имеют типично горный характер, в частности - быстрое течение.

Чтобы рассмотреть особенности распределения стока внутри года обратимся к рисункам 1.3 и 1.4 [13].



Рисунок 1.3 – Характерный гидрограф расходов воды на гидрологическом посту р. Томь – г. Томск за 2021 год

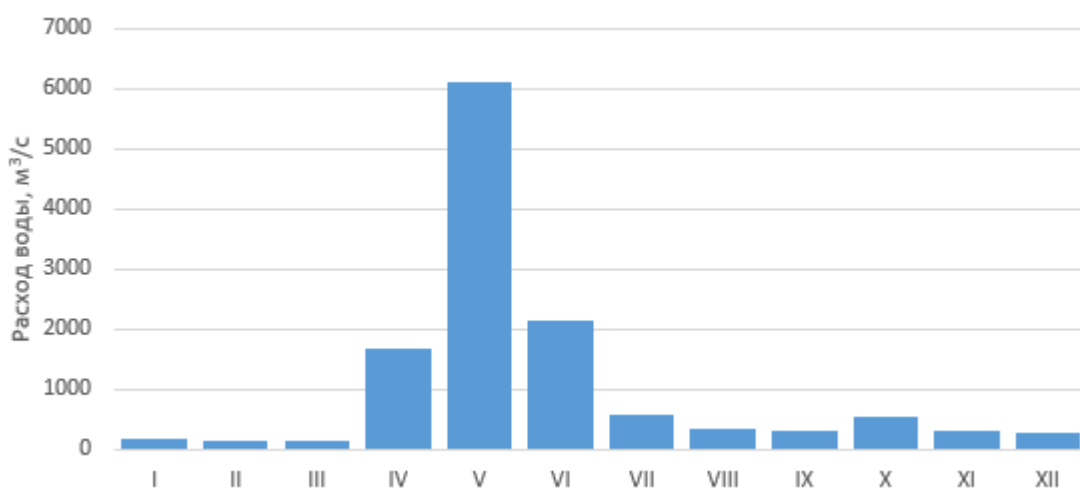


Рисунок 1.4 – Гистограмма изменения расходов воды на гидрологическом посту р. Томь – г. Томск за 2021 год

По характерному гидрографу и гистограмме изменения расходов воды можно выделить следующие фазы водного режима:

1) Максимальный сток приходится на период весеннего половодья, который начинается в конце апреля и заканчивается в первых числах июля.

2) Заметное увеличение стока из-за дождевых осадков, наблюдается с середины сентября по первые числа ноября.

3) Летне-осенняя межень наступает в начале июля и длится до середины сентября.

4) Зимняя межень длится с ноября по первые числа апреля.

В силу того, что река Томь является самой крупной рекой Кемеровской области, а также, учитывая ее расположение (рисунок 1.2), можно сделать вывод, что для остальных крупных рек области гидрографы и внутригодовое распределение расходов воды будут иметь схожий характер.

В целом, гидрологическому режиму рек Кемеровской области свойственны: устойчивая зимняя межень, раннее и дружное вскрытие, средний по продолжительности ледоход, продолжительное многопиковое половодье [14].

1.5 Антропогенная деятельность на территории Кемеровской области

Кемеровская область богата полезными ископаемыми и минеральными ресурсами (рисунок 1.5). В Кузбассе открыто более 90 месторождений и 20 рудопроявлений металлических ископаемых, включая серебро, железо, алюминий, марганец, цинк, свинец, медь, титан, хром, вольфрам, молибден, ртуть, сурьму, уран и торий, сосредоточенных в Горной Шории и Кузнецком Алатау. Также зарегистрировано 148 месторождений золота [4, 7].

Для централизованного водоснабжения используются воды рек, таких как Томь и Яя, с преобладанием забора из бассейна реки Томь, который составляет около 88% от общего водозабора [15].

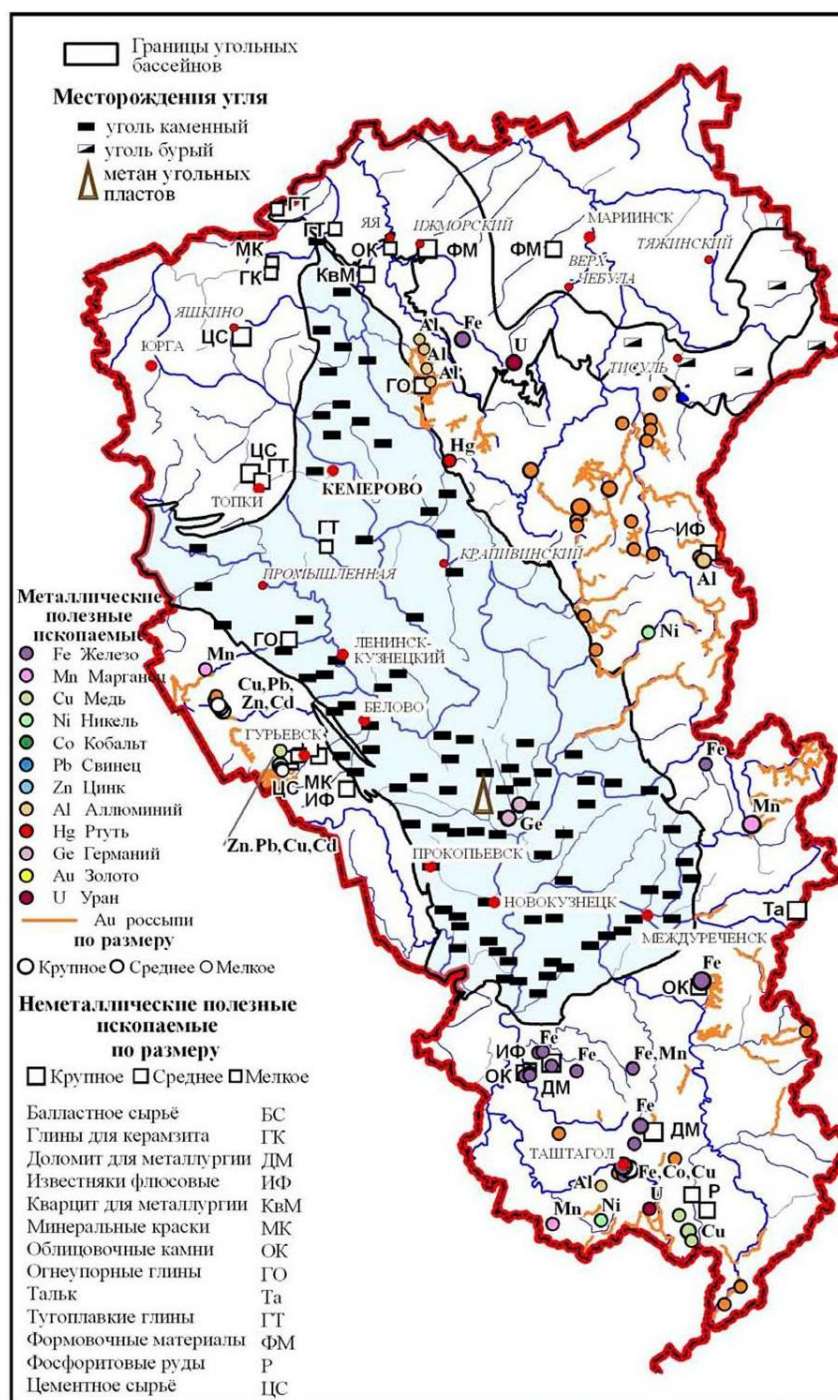


Рисунок 1.5 - Полезные ископаемые Кемеровской области [3]

Кемеровская область имеет высокую плотность населения и множество загрязняющих промышленных предприятий, что приводит к значительной антропогенной нагрузке на природу. Горнодобывающие компании, особенно при открытой добыче угля, наносят вред почвенному покрову и гидрологическому режиму, вызывая образование карьеров и отвалов пустой породы. Добыча полезных ископаемых также приводит к техногенным

землетрясениям, как, например, землетрясение в районе Бачатского угольного разреза в 2013 году с магнитудой 6,1. В результате добычи формируются новые зоны сейсмической активности в Кузбассе [16].

Горнодобывающая деятельность в Кемеровской области приводит к формированию антропогенных неоландшафтов, характеризующихся интенсивной трансформацией всех компонентов природной среды: литосферы, гидросферы и атмосферы.

Площадь техногенных ландшафтов региона достигает 157,7 тысяч гектаров. Горнопромышленные работы вызывают деградацию гидрогеологической структуры, сопровождающуюся оседанием земной поверхности и формированием депрессионных воронок. Значительный вклад в преобразование природных ландшафтов вносят открытые горные работы.

Подземная добыча полезных ископаемых провоцирует развитие промышленного карста, локализованного в угледобывающих районах Кузнецкой котловины, местах разработки железных руд Горной Шории и полиметаллических руд Салаирского кряжа.

2 Методика расчета минимального стока

В гидрологическом режиме рек в течение года четко прослеживаются периоды повышенной и пониженной водности. Для большинства рек Российской Федерации характерно наличие двух периодов минимальной водности: летне-осеннего и зимнего. При анализе этих периодов используется не календарный, а водохозяйственный год, что позволяет избежать разделения зимнего периода на разные календарные годы. Речной сток, регистрируемый в маловодные сезоны при отсутствии значительных паводковых явлений, определяется как меженный сток, а соответствующий временной интервал называется меженным периодом. В рамках меженного периода выделяется отрезок времени, характеризующийся минимальными значениями стока [17]. Под минимальным 30-суточным расходом конкретного года понимается средний расход за 30 суток в период наиболее низкого стока в зимний или летне-осенний сезоны.

В практике водохозяйственного проектирования основными расчетными характеристиками минимального и меженного стока являются минимальные суточные, 30-суточные и меженные расходы воды расчетной вероятности ежегодного превышения (обеспеченности), в основном в диапазоне 75-97% [17].

С октября 2023 года вступил в силу СП 529.1325800.2023 «Определение основных расчетных гидрологических характеристик» [1], регламентирующий методику определения расчетных гидрологических характеристик водных объектов. Документ устанавливает требования к выполнению инженерных гидрологических расчетов при проектировании и реконструкции объектов различного назначения, включая все виды строительства и мероприятия по инженерной защите территорий.

Расчет гидрологических характеристик производится с использованием кривых обеспеченностей при условии репрезентативности периода наблюдений. Критерием достаточной продолжительности наблюдений служит соблюдение

следующих ограничений по погрешности: не более 10% для годового и сезонного стоков, не более 20% - для максимального и минимального стоков.

При превышении допустимых значений погрешностей или нерепрезентативности периода наблюдений необходимо выполнить корректировку характеристик с приведением к многолетнему периоду в соответствии с разделом 6 СП. Величина средних квадратических погрешностей определяется либо по формулам 5.25-5.29 СП, либо с использованием таблиц, полученных методом статистических испытаний. [1].

2.1 Особенности формирования минимального летне-осеннего стока

На реках России межень бывает зимняя и летне-осенняя (или только летняя, или только осенняя). Продолжительность летней или летне-осенней межени определяется от конца половодья, то есть даты, когда интенсивное уменьшение расходов воды сменяется замедленным, до осенних паводков, а при их отсутствии - до начала зимнего периода, т. е. до момента появления на реке ледовых явлений.

В зависимости от географического района и водности конкретного года минимальный сток может быть сформирован как подземными, так в значительной мере и поверхностными водами в результате наличия частых паводков, таяния ледников, наличия наземных аккумуляторов стока, длительного времени добегания поверхностных вод. Весь комплекс факторов, влияющих на режим и размер меженного и минимального стока в летне-осенний сезон, разделяется на климатические факторы, факторы подстилающей поверхности и антропогенные факторы [17].

Минимальный 30-суточный сток рек может формироваться: только подземными водами; подземными и частично поверхностными водами, образующимися от таяния снегов и выпадения дождей; поверхностными водами, образующимися от выпадения дождей, при подчиненной роли подземных вод;

главным образом водами тающих ледников и выпадающих дождей; в основном поверхностными (дождевыми) и наледными водами [18].

Применительно к условиям летне-осеннего сезона на территории России выделено семь районов в пределах четырех зон (рисунок 2.1).

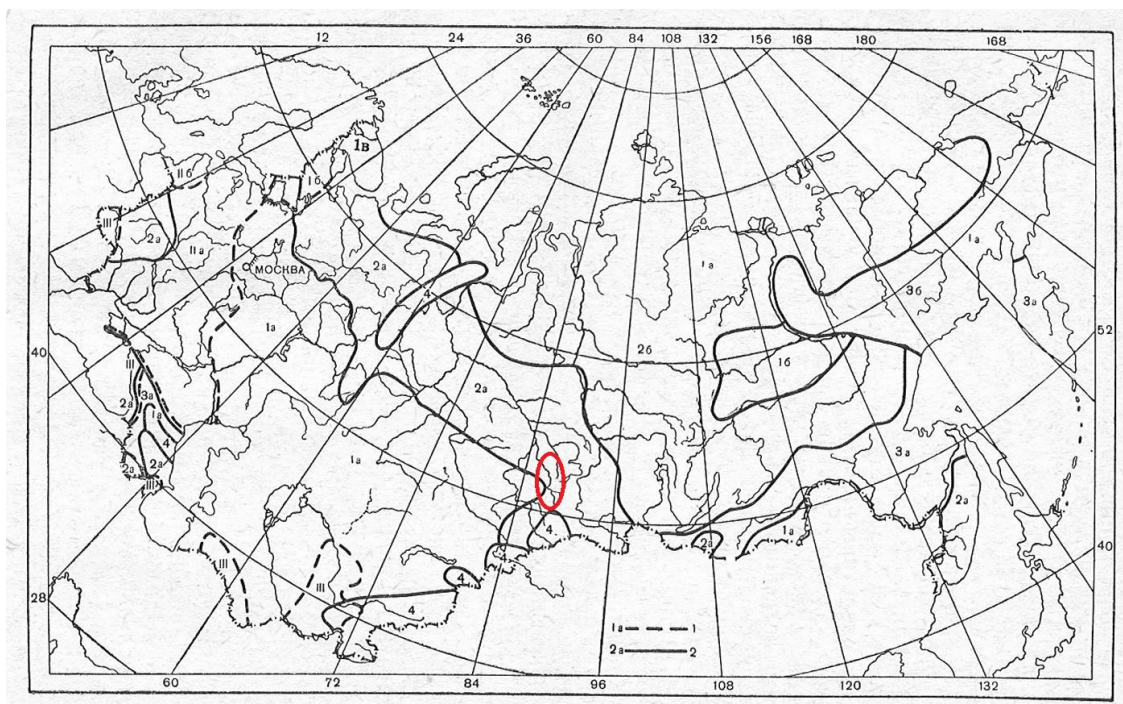


Рисунок 2.1 - Районы с однотипными условиями питания рек в период минимального 30-суточного стока (2 - для летне-осеннего сезона)

Три из четырех исследуемых рек Кемеровской области (Томь, Кия, Яя) полностью располагаются в районе 2а. Для режима стока рек этого района характерно, что в нем наряду с подземными участвуют и поверхностные воды, образующиеся за счет выпадения дождей. Доля поверхностного стока в минимальном невелика, составляет 10-20%.

Река Иня располагается сразу в двух районах: 1а и 2а. Для режима стока рек района 1а характерно наличие длительного и устойчивого меженного периода, в течение которого происходит значительное истощение запасов подземных вод в водоносных горизонтах, питающих реки, что за частую ведет к прекращению стока в руслах рек, особенно малых [18].

2.2 Расчет при наличии данных наблюдений

При определении минимального стока рек используются два основных подхода: географический и статистический методы. Когда имеются достоверные гидрометрические данные, обеспечивающие необходимую точность для практических целей, преимущественно применяются статистические методы анализа. Однако даже при наличии надежных данных требуется провести предварительный анализ исходной гидрологической информации.

Оценка пригодности данных для получения расчетных характеристик с требуемой точностью осуществляется через генетический и статистический анализы. Для получения достоверного среднего многолетнего минимального расхода воды необходимо соблюдение двух условий: расчет должен охватывать как минимум один полный цикл колебаний речного стока, а средняя квадратическая ошибка не должна превышать 15% [18].

На этом фоне величина среднего 30-суточного минимального стока является более устойчивой характеристикой, чем среднесуточная.

Чтобы исключить случайные ошибки можно произвести сопоставление имеющихся величин как по длине одной и той же реки при наличии на ней ряда створов, так и по нескольким рекам, находящимся в сходных физико-географических условиях. Полезно также сопоставить соответственные средние суточные и средние месячные величины минимального стока рек рассматриваемого района, учитывая при этом генетическую однородность формирования этих характеристик [18].

Применительно к минимальному стоку основное значение имеет обеспеченность последних членов ряда, поскольку в большинстве случаев расчет ведется для обеспеченностей в диапазоне 75-97 %, характеризующих наиболее напряженные по водности условия. Она может существенно изменяться при различной длительности периода наблюдения за стоком. Поэтому положение точек в самой нижней части эмпирического ряда обеспеченностей должно быть наиболее обоснованным [17]. Резкое отклонение эмпирической точки одной из

характеристик минимального стока, не подтвержденное другими генетически однородными характеристиками, свидетельствует о ее случайной или ошибочной величине.

В соответствии с СП 529.1325800.2023 расчет минимальных расходов воды при достаточном объеме гидрологических наблюдений выполняется с использованием кривых обеспеченности (5.1.3 СП). При неоднородности временного ряда применяются усеченные (5.3.4 СП) или составные (5.1.11 СП) кривые распределения вероятностей превышения.

Для вычислений используются минимальные значения расходов воды, зафиксированные в зимний и/или летне-осенний периоды. Базовыми являются среднесуточные, среднемесячные или 30-суточные (не календарные) показатели. В регионах с частой паводковой активностью в зависимости от целей исследования могут применяться минимальные средние расходы за 5 или 10 суток.

При существенном несоответствии аналитической кривой фактическим данным в нижней части графика (обусловленном физическими факторами), используются эмпирические кривые обеспеченности. Их характерной особенностью является плавное изменение в основной части и резкий перегиб в нижней зоне, обычно приходящийся на интервал обеспеченности 90-97%.

В случае наличия нулевых значений расходов воды в ряду наблюдений расчеты выполняются согласно 5.1.11 СП. Если полученная аналитическая кривая не соответствует наблюдаемым значениям, применяется эмпирическая кривая вероятностей превышения. [1].

2.3 Расчет при отсутствии данных наблюдений

В соответствии с СП 529.1325800.2023 при отсутствии гидрометрических данных в расчетном створе используются региональные методы расчета гидрологических характеристик, основанные на гидрометеорологических

наблюдениях и данных инженерно-гидрометеорологических изысканий в районе проектирования (4.3 СП).

Точность определения расчетных характеристик оценивается согласно 4.11 и 5.1.14 СП. Квадратическая погрешность расчета по региональным зависимостям определяется с учетом отклонений эмпирических точек. Допускается использование альтернативных региональных формул при соответствующем обосновании.

Для равнинных и полугорных районов метод определения минимального расхода зависит от категории реки:

- малые реки - неполное дренирование подземных вод;
- средние и большие реки - полное дренирование подземных вод.

Минимальные расходы на больших и средних реках определяются по данным гидрологических постов с учетом боковой проточности. При отсутствии наблюдений для средних рек применяется пространственная интерполяция минимального модуля стока 80% обеспеченности.

Минимальный сток малых равнинных и полугорных рек $Q_{p\%}$, м³/с, рассчитывают по зависимости минимальных расходов воды 80% обеспеченности от площади водосбора, выявленной для районов, однородных по условиям формирования минимального стока. В общем виде эта зависимость имеет вид

$$Q_{p\%} = b(A - A_1)^m \lambda_{p\%}, \quad (2.1)$$

где b , m - эмпирические коэффициенты, определяемые по рекам-аналогам на основе зависимости $Q_{p\%} = f(A - A_1)$;

A - площадь водосбора, км²;

A_1 - площадь водосбора с ежегодным отсутствием стока в течение расчетного периода; определяется по рекам-аналогам;

$\lambda_{p\%}$ - переходный коэффициент от расчетного минимального расхода $p\%$ воды 80% обеспеченности к расходу воды расчетной обеспеченности.

Коэффициент $\lambda_{p\%}$ определяют как средний в однородном районе по данным рек-аналогов.

Зависимость (2.1) используют для районов с относительной озерностью водосборов менее 2%, заболоченностью менее 5% и при отсутствии карста и многолетней мерзлоты.

Расчет минимального стока для неизученных малых рек с относительной озерностью более 2% и заболоченностью более 5% водосборов, а также расположенных в районах развития карста и многолетних мерзлых пород выполняется на основе результатов инженерно-гидрометеорологических изысканий в соответствии с 4.3 СП.

Минимальный среднесуточный расход воды расчетной обеспеченности определяют по формуле

$$Q_{\text{сут } p\%} = k Q_{80\%} \lambda_{p\%}, \quad (2.2)$$

где k – коэффициент, определяемый как средний по району по связи суточных и средних минимальных расходов за принятый расчетный период (см. 5.5.1 СП).

Зависимость (2.1) используют для районов с относительной озерностью водосборов менее 2%, заболоченностью менее 5% и при отсутствии карста и многолетней мерзлоты. Расчет минимального стока для неизученных малых рек с относительной озерностью более 2% и заболоченностью более 5% водосборов, а также выполняют на основе результатов инженерно-гидрометеорологических изысканий в соответствии с 4.3 СП [1].

3 Гидрометеорологическая изученность и исходные данные

3.1 Гидрологическая и метеорологическая изученность, выбор опорных метеостанций и гидрологических постов для проведения исследования

На территории Кемеровской области организацию и производство наблюдений за гидрометеорологическими процессами, загрязнением окружающей природной среды осуществляет Кемеровский ЦГМС – филиал ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» (далее Кемеровский ЦГМС).

Согласно данным, представленным на официальном сайте Кемеровского ЦГМС [19], на территории области функционируют: 21 метеорологическая станция и 50 гидрологических постов.

Схема расположения метеорологических станций Кемеровского ЦГМС на территории области представлена на рисунке 3.1.

Учитывая физико-географические условия района, о которых было рассказано в первой главе, было принято решение выбрать три опорные метеорологические станции:

- 1) м/с Таштагол – располагается в горном районе на юге области.
- 2) м/с Промышленная – располагается на равнине на западе области.
- 3) м/с Мариинск – располагается на равнине на севере области.

Выбор данных метеорологических станций позволит максимально полно охватить климатические изменения в разных районах Кемеровской области. Основные сведения о метеостанциях представлены в таблице 3.1.



Рисунок 3.1 – Схема расположения метеорологических станций
Кемеровской области

Таблица 3.1 – Сведения о метеорологических станциях

Индекс	Название	Год начала наблюдений	Координаты		Высота над уровнем моря, м
			Широта	Долгота	
29954	Таштагол	1962	52°46'	87°50'	424
29644	Промышленная	1961	54°57'	85°40'	195
29551	Мариинск	1907	56°11'	87°41'	142

Уровень гидрологического исследования речных бассейнов определяется количеством действующих гидрометрических постов и длительностью их работы. Анализ показывает, что степень изученности гидрометрических характеристик можно оценить, как удовлетворительную. Первые гидрологические посты на территории области были открыты в самом конце XIX века. Большинство действующих постов были открыты в 30-60 гг. XX века.

Исходя из целей работы на каждой из четырех рек Кемеровской области, имеющих наибольшую площадь водосбора, были выбраны действующие гидрологические посты, имеющий наиболее длительные ряды наблюдений за расходами воды:

- р. Томь – г. Томск;
- р. Томь – г. Новокузнецк;
- р. Иня – п.г.т. Промышленная;
- р. Кия – г. Мариинск;
- р. Яя – п.г.т. Яя.

На реке Томь взято два поста, что позволяет отдельно оценивать изменения стока в верхней части бассейна реки (г. Новокузнецк) и с площади всего бассейна в целом (г. Томск).

Схема расположения гидрологических постов и бассейнов рек представлена на рисунке 3.2 (опорные гидрологические посты отмечены красными кружками).

Выбранные гидрологические посты – действующие, имеют достаточно длинные ряды наблюдений за расходами воды в летне-осенний период, что позволит сделать корректные выводы об изменениях этих расходов. Сведения о гидрологических постах представлены в таблице 3.2.

Ввиду отсутствия наблюдений за расходами воды в бассейнах рек Чумыш и Чулым на территории Кемеровской области и относительно небольшой площади водосбора, приходящейся на рассматриваемую территорию, эти реки не будут рассматриваться в рамках настоящей работы.



Рисунок 3.2 – Схема гидрологических постов и бассейнов рек Кемеровской области

Таблица 3.2 – Основные сведения о гидрологических постах

Индекс	Река - пост	Дата открытия	Расст. до устья, км	Площадь водосб., км ²	«0» граф. поста, м	Длина ряда наблюдений, лет
10251	Томь - Томск	14.01.1918	75	57000	69,98	104
10240	Томь - Новокузнецк	09.11.1893	580	29800	192,46	128
10216	Иня - Промышленная	01.11.1959	380	7960	149,20	62
10387	Кия - Мариинск	07.09.1934	252	9820	119,63	86
10407	Яя - Яя	25.10.1934	200	3460	130,43	87

3.2 Исходные метеорологические данные

Для проведения анализа изменения климатических условий у метеорологов Кемеровского ЦГМС были получены ряды среднемесячных температур воздуха и сумм месячных осадков для опорных метеостанций (приложения Б и В):

- м/с Таштагол – за 1963-2023 гг.
- м/с Промышленная – за 1962-2023 гг.
- м/с Мариинск – за 1960-2023 гг.

По исходным рядам были рассчитаны:

- среднегодовые температуры, средние температуры за теплый период (апрель - октябрь) и средние температуры за летне-осеннюю межень (июль - сентябрь);
- суммарное годовое количество осадков, суммарное количество осадков за теплый период и суммарное количество осадков за летне-осеннюю межень.

3.3 Подготовка рядов исходных данных о минимальном летне-осеннем стоке рек

Для проведения анализа изменения минимальных 30-суточных расходов воды у гидрологов Кемеровского ЦГМС были получены готовые ряды, которые они периодически используют в рамках должностных обязанностей, для исследуемых гидрологических постов (приложение Г):

- р. Томь – г. Томск за 1918-2021 гг.;
- р. Томь – г. Новокузнецк за 1894-2021 гг.;
- р. Иня – п.г.т. Промышленная за 1960-2021 гг.;
- р. Кия – г. Мариинск за 1936-2021 гг.;
- р. Яя – п.г.т. Яя за 1935-2021 гг.

С методикой расчета минимальных 30-суточных расходов воды можно ознакомиться в [17]. Методика заключается в анализе ежедневных расходов воды в меженный период.

4 Оценка изменения метеорологических условий при формировании минимального стока рек в летне-осенний период

4.1 Анализ хронологических изменений температуры воздуха и установление сроков смены климатических условий

С целью установления сроков возможной смены климатических условий для каждой опорной метеорологической станции были составлены: хронологические графики средних температур (приложение Д), графики интегральных кривых и интегральных разностных кривых средних температур (приложение Е): за весь год, теплый период (апрель - октябрь) и летне-осеннюю межень (июль - сентябрь).

В качестве иллюстрации, представлены: хронологические графики средних температур, интегральные кривые и интегральные разностные кривые средних температур:

- за год по метеостанции Промышленная (рисунки 4.1 и 4.2);
- за теплый период по метеостанции Мариинск (рисунки 4.3 и 4.4);
- за летне-осеннюю межень по метеостанции Таштагол (рисунки 4.5 и 4.6).

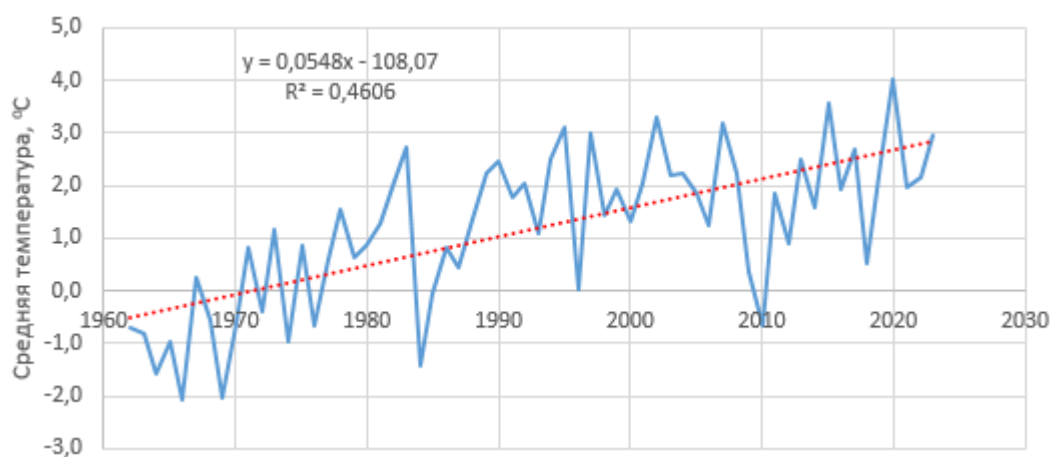


Рисунок 4.1 – Хронологический график средних годовых температур по метеостанции Промышленная

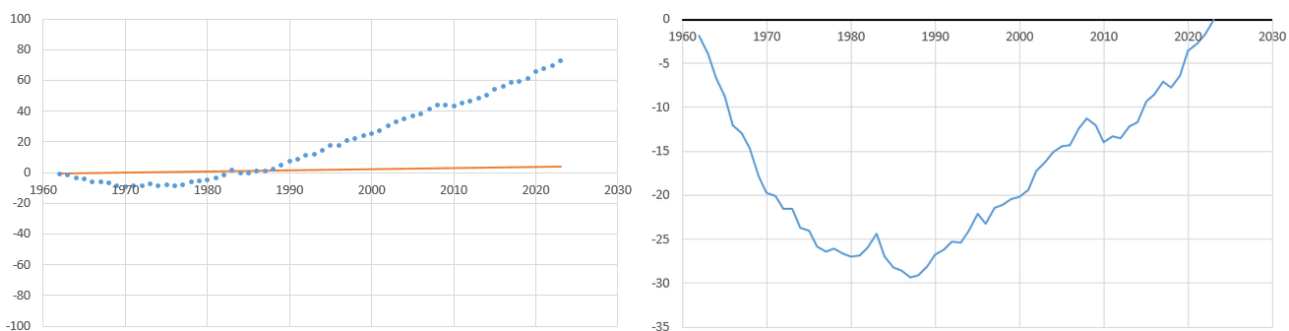


Рисунок 4.2 - Интегральная кривая (слева) и интегральная разностная кривая (справа) средних годовых температур по метеостанции Промышленная

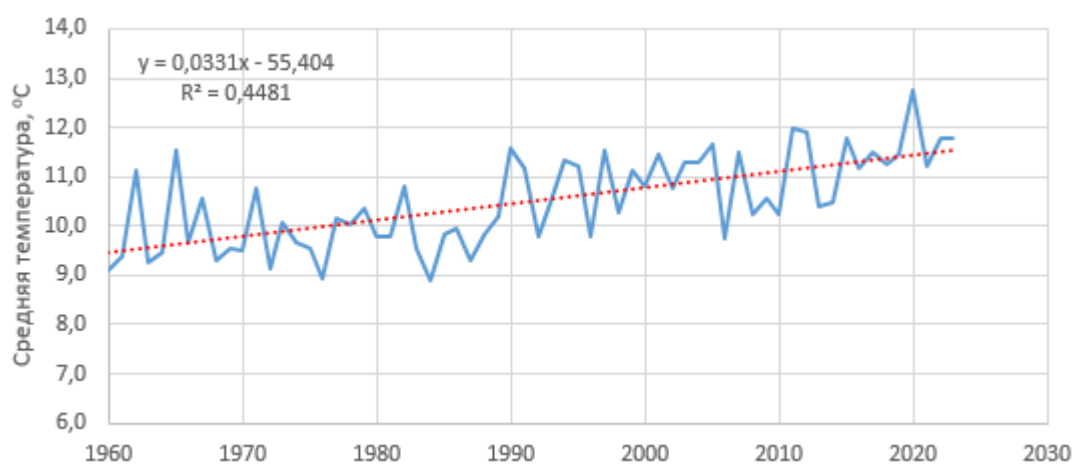


Рисунок 4.3 – Хронологический график средних температур за теплый период по метеостанции Мариинск

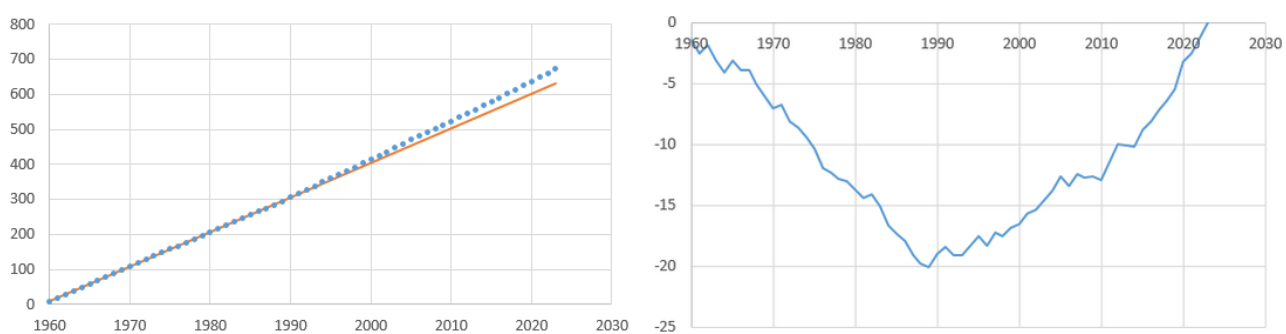


Рисунок 4.4 - Интегральная кривая (слева) и интегральная разностная кривая (справа) средних температур за теплый период по метеостанции Мариинск

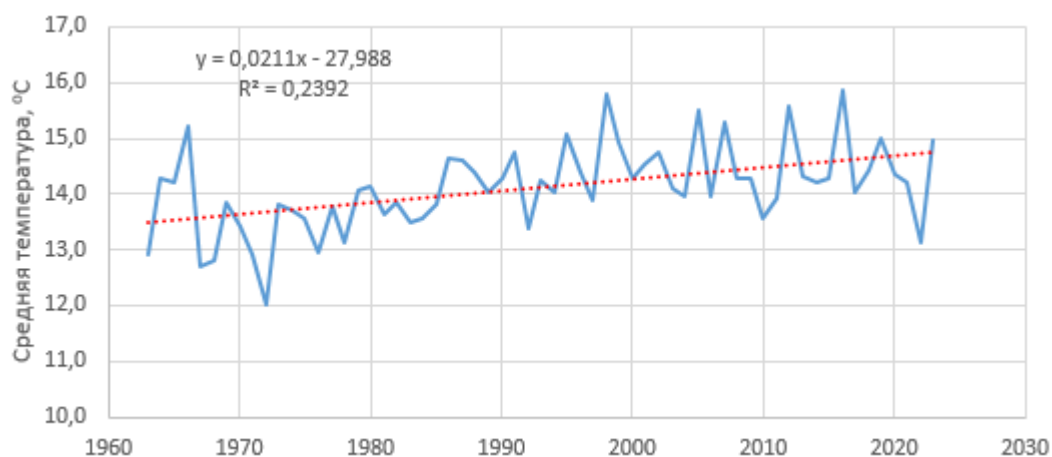


Рисунок 4.5 – Хронологический график средних температур
за летне-осеннюю межень метеостанции Таштагол

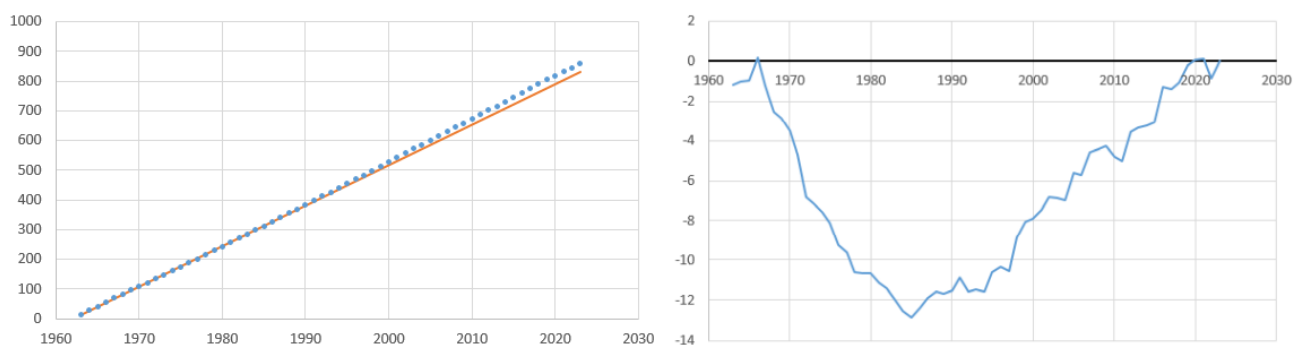


Рисунок 4.6 - Интегральная кривая (слева) и интегральная разностная кривая
(справа) средних температур за летне-осеннюю межень метеостанции Таштагол

На основании анализа графиков интегральных кривых и интегральных разностных кривых средних температур (приложение Е) была составлена таблица 4.1, в которой отражены годы смены температурных условий.

Таблица 4.1 - Годы смены температурных условий

	Годы смены температурных условий		
	За год	За теплый период	За лет.-осен. межень
Мариинск	1988-1989	1989-1990	1985-1986
Промышленная	1987-1988	1988-1989	1985-1986
Таштагол	1988-1989	1989-1990	1985-1986
<i>Усредненные</i>	<i>1988-1989</i>	<i>1989-1990</i>	<i>1985-1986</i>
Итоговые	1985-1986		

Проанализировав итоговые годы смены температурных условий, принимая во внимание цель работы, для дальнейшего анализа однородности рядов можно принять единую временную границу деления рядов температур на два квазистационарных периода - 1985-1986 гг.:

- 1-й период - по 1985 год включительно;
- 2-й период - начиная с 1986 года.

4.2 Оценка статистической значимости трендов и неоднородности рядов температур

По всем рядам средних температур была проведена оценка значимости линейного тренда. Оценивались значимость трендов среднегодовых температур (таблица 4.2), средней температуры за теплый период (таблица 4.3) и средней температуры за период летне-осенней межени (таблица 4.4). Оценка производилась как за весь период наблюдений, так и за каждый квазистационарный климатический период в отдельности.

Линейный тренд считается незначимым, если выполняется неравенство [20]:

$$\frac{|R|}{\sigma_R} < t_{2\alpha}$$

где R – выборочный коэффициент корреляции; $t_{2\alpha}$ – квантиль нормированного нормального распределения при уровне значимости $2\alpha = 5\%$; σ_R – стандартная ошибка коэффициента корреляции, рассчитываемая по формуле:

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

Таблица 4.2 – Оценка значимости линейных трендов многолетних рядов
среднегодовой температуры воздуха

Период	n	R	σ_R	$ R /\sigma_R$	$t_{2a} = 5\%$	Оценка
<i>м/с Мариинск</i>						
1960-2023	64	0,464	0,099	4,69	2,00	Значим
По 1985 г.	26	0,001	0,20	0,01	2,06	Не значим
С 1986 г.	38	0,199	0,158	1,26	2,03	Не значим
<i>м/с Промышленная</i>						
1962-2023	62	0,679	0,069	9,83	2,00	Значим
По 1985 г.	24	0,583	0,138	4,23	2,07	Значим
С 1986 г.	38	0,224	0,156	1,44	2,03	Не значим
<i>м/с Таштагол</i>						
1963-2023	61	0,698	0,066	10,53	2,00	Значим
По 1985 г.	23	0,375	0,183	2,05	2,08	Не значим
С 1986 г.	38	0,395	0,139	2,84	2,03	Значим

Таблица 4.3 – Оценка значимости линейных трендов многолетних рядов
средней температуры воздуха за теплый период (апрель-октябрь)

Период	n	R	σ_R	$ R /\sigma_R$	$t_{2a} = 5\%$	Оценка
<i>м/с Мариинск</i>						
1960-2023	64	0,669	0,070	9,63	2,00	Значим
По 1985 г.	26	0,056	0,199	0,28	2,06	Не значим
С 1986 г.	38	0,545	0,116	4,71	2,03	Значим
<i>м/с Промышленная</i>						
1962-2023	62	0,730	0,060	12,18	2,00	Значим
По 1985 г.	24	0,620	0,128	4,83	2,07	Значим
С 1986 г.	38	0,450	0,131	3,43	2,03	Значим
<i>м/с Таштагол</i>						
1963-2023	61	0,701	0,066	10,68	2,00	Значим
По 1985 г.	23	0,447	0,171	2,62	2,08	Значим
С 1986 г.	38	0,323	0,147	2,20	2,03	Значим

Таблица 4.4 – Оценка значимости линейных трендов многолетних рядов средней температуры воздуха за период летне-осенней межени (июль-сентябрь)

Период	n	R	σ_R	$ R /\sigma_R$	$t_{2a} = 5\%$	Оценка
<i>м/с Мариинск</i>						
1960-2023	64	0,295	0,115	2,56	2,00	Значим
По 1985 г.	26	0,206	0,192	1,07	2,06	Не значим
С 1986 г.	38	0,196	0,158	1,24	2,03	Не значим
<i>м/с Промышленная</i>						
1962-2023	62	0,647	0,074	8,69	2,00	Значим
По 1985 г.	24	0,206	0,200	1,03	2,07	Не значим
С 1986 г.	38	0,196	0,158	1,24	2,03	Не значим
<i>м/с Таштагол</i>						
1963-2023	61	0,489	0,098	4,98	2,00	Значим
По 1985 г.	23	0,037	0,213	0,18	2,08	Не значим
С 1986 г.	38	0,010	0,164	0,06	2,03	Не значим

Анализ значимости линейных трендов, проведенный по рядам за весь период наблюдений показал, что на всех метеорологических станциях присутствует тенденция на увеличение средней температуры воздуха, которая не зависит от выбранного временного промежутка внутри года.

После чего исходные ряды были разделены на две части, согласно ранее выделенным квазистационарным периодам: по 1985 год и с 1986 года. Здесь результаты оценки значимости тренда различаются в зависимости от временного промежутка внутри года. Так, если рассматривать летне-осеннюю межень, то видно отсутствие значимых трендов в обоих периодах. Если же взять весь теплый период, то можно заметить, что во всех квазистационарных периодах кроме одного (м/с Мариинск, по 1985 год) тренды значимы.

Исходя из того, что в работе проводится анализ изменения минимальных 30-суточных расходов в теплый период, которые в Кемеровской области приходятся на период летне-осенней межени, целесообразно уделять внимание именно этому временному промежутку внутри года (таблица 4.4).

Явные различия в оценке значимости линейных трендов по полным рядам и по первому и второму периоду в отдельности дает основание предположить, что температурные колебания носили прерывистый характер с быстрыми переходами вместо плавного изменения.

Далее была проведена проверка рядов средних температур на однородность по критериям Стьюдента и Фишера. Для этого ряды были разбиты на две части: 1-я часть - по 1985 год, 2-я часть - с 1986 года. С хронологическими рядами средних температур можно ознакомиться в приложении Ж.

Проверка рядов на однородность по среднему по критерию Стьюдента [20]. Гипотеза об однородности рядов по среднему значению не опровергается, если выполняется условие:

$$t^* < t_{2\alpha}$$

где $t_{2\alpha}$ - теоретические значения статистики Стьюдента, при уровне значимости $2\alpha = 5\%$; t^* - эмпирические значения статистики Стьюдента, рассчитываемое по формуле:

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

где σ_1 и σ_2 - среднеквадратические отклонения по первой и второй частям ряда; $\bar{Q}_1$ и $\bar{Q}_2$ - средние значения по первой и второй частям ряда; n_1 и n_2 - длина первой и второй частей ряда.

Результаты проверки представлены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Результаты проверки рядов температуры воздуха на однородность по критерию Стьюдента при $2\alpha=5\%$ и $r(1)=0$

Период	Сред. 1 ч.р.	Сред. 2 ч.р.	t^*	$t_{2\alpha}$	Результат
<i>м/с Мариинск</i>					
Год	0,36	1,75	4,23	2,00	Не однороден
Апрель-октябрь	9,88	10,96	5,98	2,00	Не однороден
Июль-сентябрь	14,17	14,70	2,62	2,00	Не однороден
<i>м/с Промышленная</i>					
Год	-0,001	1,92	6,55	2,00	Не однороден
Апрель-октябрь	9,84	11,54	6,40	2,00	Не однороден
Июль-сентябрь	13,90	15,24	5,88	2,00	Не однороден
<i>м/с Таштагол</i>					
Год	-0,27	1,20	6,48	2,00	Не однороден
Апрель-октябрь	9,44	10,49	6,88	2,00	Не однороден
Июль-сентябрь	13,56	14,46	5,37	2,00	Не однороден

Проверка рядов на однородность по дисперсии по критерию Фишера [20]. Гипотеза об однородности рядов по дисперсии не опровергается, если выполняется условие:

$$F^* < F_{2\alpha}$$

где $F_{2\alpha}$ - теоретические значения статистики Фишера при уровне значимости $2\alpha = 5\%$; F^* - эмпирические значения статистики Фишера, определяемое по формуле:

$$F^* = \frac{D_1}{D_2}$$

где D_1 и D_2 - дисперсии по первой и второй частям ряда, учитывая что $D_1 > D_2$.

Результаты проверки представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Результаты проверки рядов температуры воздуха на однородность по критерию Фишера при $2\alpha = 5\%$ и $r(1) = 0$

Период	Дисп. 1 ч.р.	Дисп. 2 ч.р.	F^*	$F_{2\alpha}$	Результат
<i>м/с Мариинск</i>					
Год	1,72	1,62	1,06	2,03	Однороден
Апрель-октябрь	0,61	0,46	1,33	2,13	Однороден
Июль-сентябрь	0,76	0,54	1,39	2,03	Однороден
<i>м/с Промышленная</i>					
Год	1,63	1,03	1,59	2,05	Однороден
Апрель-октябрь	1,74	0,62	2,82	2,05	Не однороден
Июль-сентябрь	1,34	0,41	3,31	2,05	Не однороден
<i>м/с Таштагол</i>					
Год	0,82	0,69	1,19	2,07	Однороден
Апрель-октябрь	0,34	0,32	1,04	2,07	Однороден
Июль-сентябрь	0,44	0,38	1,17	2,07	Однороден

Проверка по критерию Стьюдента показала, что неоднородность рядов, не зависящую от внутригодового промежутка времени. Во всех случаях наблюдается увеличение среднего значения во втором квазистационарном периоде. Проверка по критерию Фишера показала однородность рядов везде, кроме метеостанции Промышленная в теплый период и период летне-осенней межени.

Проведя анализ таблицы 4.5 и графиков из приложения Ж, можно сделать вывод, что:

1. При рассмотрении средних годовых температур среднее значение второго квазистационарного периода на 1,4-1,9 °С выше по сравнению с первым периодом. Минимальное изменение наблюдалось на метеостанции Мариинск, максимальное – на метеостанции Промышленная.

2. В разрезе средних температур за теплый период среднее значение второго квазистационарного периода на 1,1-1,7 °С выше по сравнению с первым периодом. Минимальное изменение наблюдалось на метеостанциях Таштагол и Мариинск, максимальное – на метеостанциях Промышленная.

3. Температурные изменения, произошедшие в период летне-осенней межени, оказались наименьшими по сравнению с другими периодами. Так, средние значения температуры за период летне-осенней межени второго квазистационарного периода на 0,5-1,3 °С выше по сравнению с первым периодом. Минимальное изменение наблюдалось на метеостанции Мариинск, максимальное – на метеостанции Промышленная.

4.3 Анализ хронологических изменений осадков

В дополнение к анализу хронологических изменений температуры воздуха был проведен анализ хронологических изменений осадков. С этой целью для каждой опорной метеорологической станции были составлены: хронологические графики сумм осадков (приложение И), графики интегральных кривых и интегральных разностных кривых сумм осадков: за весь год, теплый период (апрель - октябрь) и летне-осеннюю межень (июль - сентябрь) (приложение К).

В качестве иллюстрации, на рисунках 4.7 - 4.12 представлены: хронологические графики, интегральные кривые и интегральные разностные кривые сумм осадков:

- за год по метеостанции Промышленная (рисунки 4.7 и 4.8);
- за теплый период по метеостанции Мариинск (рисунки 4.9 и 4.10);
- за летне-осеннюю межень по метеостанции Таштагол (рисунки 4.11-4.12).

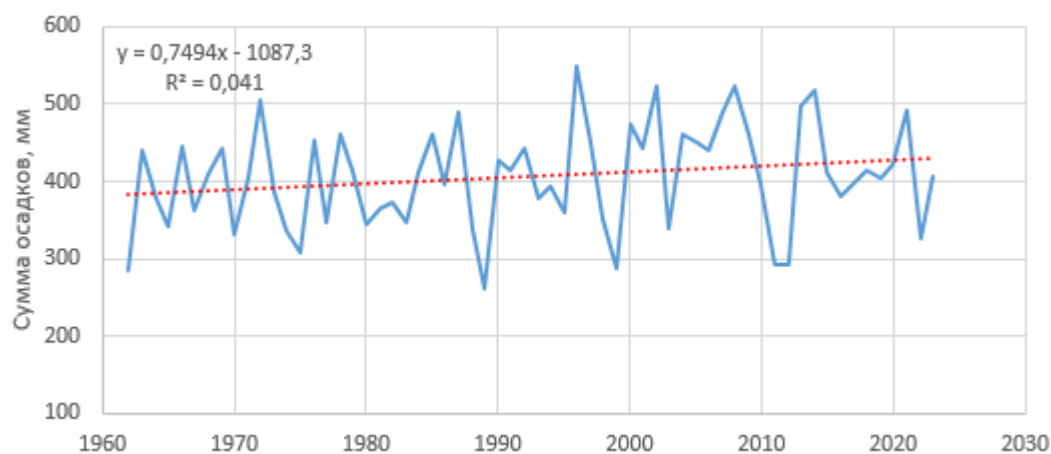


Рисунок 4.7 – Хронологический график годовых сумм осадков по метеостанции Промышленная

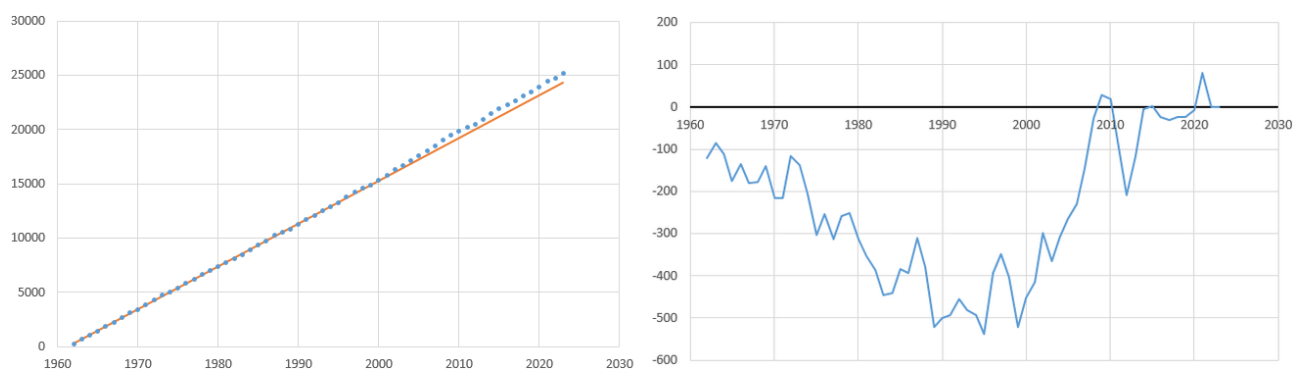


Рисунок 4.8 – Интегральная кривая (слева) и интегральная разностная кривая (справа) годовых сумм осадков по метеостанции Промышленная

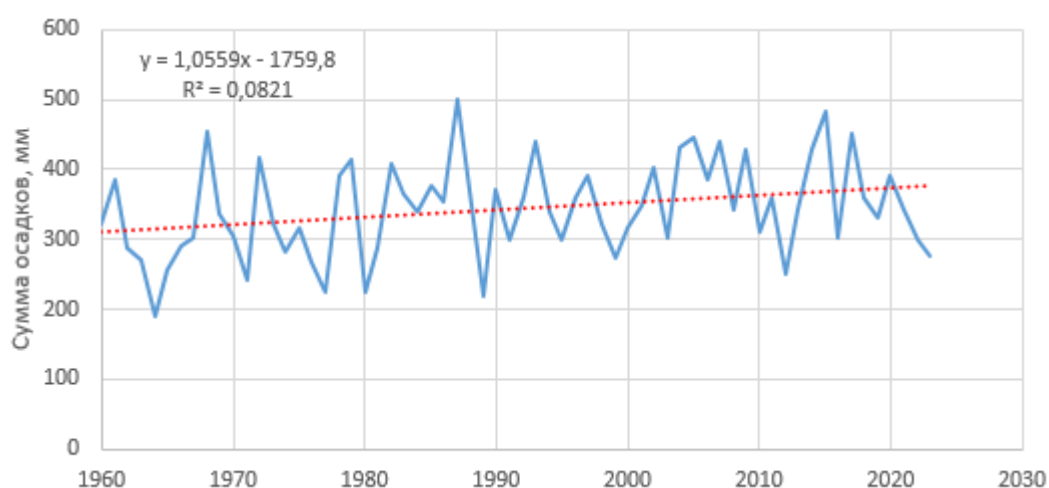


Рисунок 4.9 – Хронологический график сумм осадков за теплый период по метеостанции Мариинск

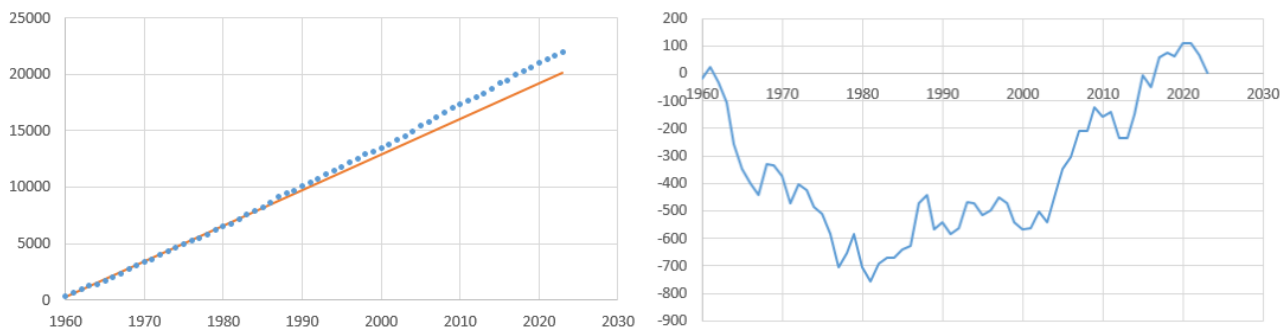


Рисунок 4.10 – Интегральная кривая (слева) и интегральная разностная кривая (справа) сумм осадков за теплый период по метеостанции Мариинск

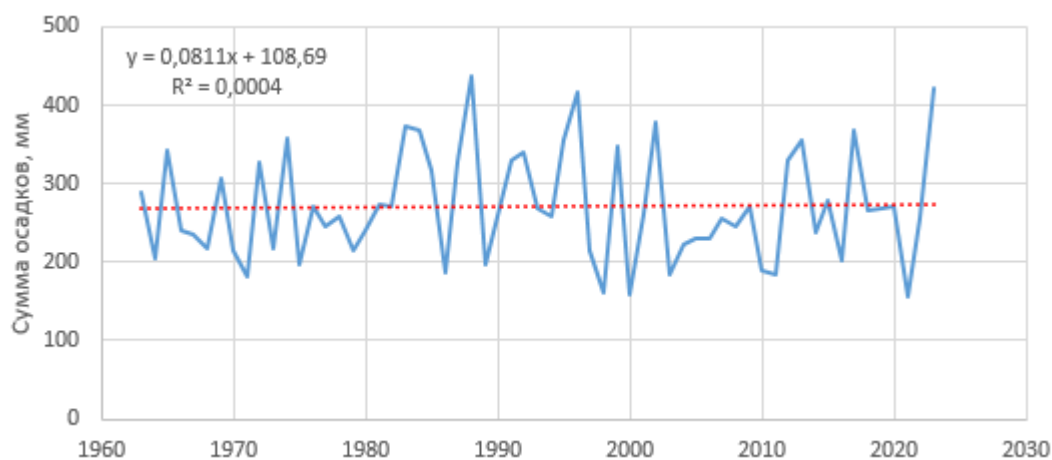


Рисунок 4.11 – Хронологический график сумм осадков за летне-осеннюю межень по метеостанции Таштагол

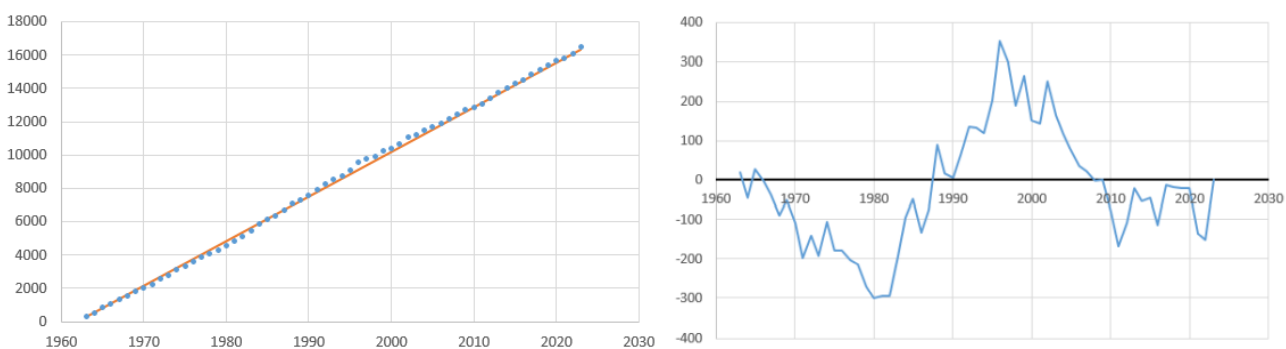


Рисунок 4.12 – Интегральная кривая (слева) и интегральная разностная кривая (справа) сумм осадков за летне-осеннюю межень по метеостанции Таштагол

На основании анализа графиков интегральных кривых и интегральных разностных кривых сумм выпавших осадков (приложение К) была составлена таблица 4.7, в которой отражены годы смены количества осадков.

Таблица 4.7 - Годы смены количества осадков

	Годы смены количества осадков		
	За год	За теплый период	За лет.-осен. межень
Мариинск	1981-1982	1985-1986	1985-1986
Промышленная	1999-2000	нет	нет
Таштагол	нет	нет	нет
<i>Усредненные</i>	<i>нет</i>	<i>нет (1985-1986)</i>	<i>нет (1985-1986)</i>
Итоговые	нет (1985-1986)		

Проанализировав годы смены количества осадков, принимая во внимание цель работы, невозможно принять единственно верного решения о выделении квазистационарных периодов. В большинстве случаев на интегральных и интегральных разностных кривых (приложение К) невозможно выделить периоды с пониженным и повышенным количеством осадков. Исключением можно считать метеостанцию Мариинск, где наблюдается увеличение осадков в восьмидесятых годах. Отсюда можно сделать вывод, что изменений в количестве осадков не произошло, за исключением северных территорий, где расположена метеостанция Мариинск.

Для дальнейшего анализа рядов осадков на однородность будет принята единая временная граница деления на два квазистационарных периода - 1985-1986 гг., полученная при анализе годов смены температурных условий:

- 1-й период - по 1985 год включительно;
- 2-й период - начиная с 1986 года.

4.4 Оценка статистической значимости трендов и неоднородности рядов осадков

По всем рядам сумм осадков была проведена оценка значимости линейного тренда. Оценивались значимость трендов годовых сумм осадков (таблица 4.8), сумм осадков за теплый период (таблица 4.9) и сумм осадков за период летне-осенней межени (таблица 4.10). Оценка производилась как за весь период наблюдений, так и за каждый квазистационарный климатический период в отдельности.

Критерии значимости линейного тренда были рассмотрены в разделе 4.2.

Таблица 4.8 – Оценка значимости линейных трендов многолетних рядов годовых сумм осадков

Период	n	R	σ_R	$ R /\sigma_R$	$t_{2a} = 5\%$	Оценка
<i>м/с Мариинск</i>						
1960-2023	64	0,420	0,104	4,05	2,00	Значим
По 1985 г.	26	0,409	0,167	2,45	2,06	Значим
С 1986 г.	38	0,014	0,164	0,09	2,03	Не значим
<i>м/с Промышленная</i>						
1962-2023	62	0,202	0,123	1,65	2,00	Не значим
По 1985 г.	24	0,102	0,206	0,49	2,07	Не значим
С 1986 г.	38	0,070	0,164	0,43	2,03	Не значим
<i>м/с Таштагол</i>						
1963-2023	61	0,003	0,129	0,02	2,00	Не значим
По 1985 г.	23	0,166	0,207	0,80	2,08	Не значим
С 1986 г.	38	0,052	0,164	0,32	2,03	Не значим

Таблица 4.9 – Оценка значимости линейных трендов многолетних рядов сумм осадков за теплый период (апрель-октябрь)

Период	n	R	σ_R	$ R /\sigma_R$	$t_{2a} = 5\%$	Оценка
<i>м/с Мариинск</i>						
1960-2023	64	0,287	0,116	2,48	2,00	Значим
По 1985 г.	26	0,227	0,190	1,23	2,06	Не значим
С 1986 г.	38	0,010	0,164	0,06	2,03	Не значим
<i>м/с Промышленная</i>						
1962-2023	62	0,081	0,127	0,63	2,00	Не значим
По 1985 г.	24	0,045	0,208	0,21	2,07	Не значим
С 1986 г.	38	0,167	0,160	1,04	2,03	Не значим
<i>м/с Таштагол</i>						
1963-2023	61	0,063	0,129	0,49	2,00	Не значим
По 1985 г.	23	0,473	0,166	2,86	2,08	Значим
С 1986 г.	38	0,002	0,164	0,01	2,03	Не значим

Таблица 4.10 – Оценка значимости линейных трендов многолетних рядов сумм осадков за период летне-осенней межени (июль-сентябрь)

Период	n	R	σ_R	$ R /\sigma_R$	$t_{2a} = 5\%$	Оценка
<i>м/с Мариинск</i>						
1960-2023	64	0,215	0,120	1,79	2,00	Не значим
По 1985 г.	26	0,017	0,200	0,09	2,06	Не значим
С 1986 г.	38	0,037	0,164	0,23	2,03	Не значим
<i>м/с Промышленная</i>						
1962-2023	62	0,024	0,128	0,19	2,00	Не значим
По 1985 г.	24	0,026	0,208	0,13	2,07	Не значим
С 1986 г.	38	0,001	0,164	0,01	2,03	Не значим
<i>м/с Таштагол</i>						
1963-2023	61	0,020	0,129	0,15	2,00	Не значим
По 1985 г.	23	0,304	0,194	1,57	2,08	Не значим
С 1986 г.	38	0,082	0,163	0,50	2,03	Не значим

Анализ значимости линейных трендов, проведенный по рядам как за весь период наблюдений, так и при разделении на квазистационарные периоды

показал, что на всех метеорологических станциях тенденция на увеличение осадков крайне мала, либо отсутствует вовсе. Исключением можно назвать метеостанцию Мариинск, где тренд на значим для годовых сумм осадков и сумм осадков за теплый период.

Исходя из того, что в работе проводится анализ изменения минимальных 30-суточных расходов в теплый период, которые в Кемеровской области приходятся на период летне-осенней межени, целесообразно уделять внимание именно этому временному промежутку внутри года (таблица 4.10).

Далее была проведена проверка рядов осадков на однородность по критериям Стьюдента и Фишера. Методики проверки на однородность были рассмотрены в разделе 4.2. Для этого ряды были разбиты на две части: 1-я часть - по 1985 год, 2-я часть - с 1986 года. С хронологическими графиками изменения сумм осадков можно ознакомиться в приложении Л.

Результаты проверки представлены в таблицах 4.11 и 4.12.

Таблица 4.11 – Результаты проверки рядов сумм осадков на однородность по критерию Стьюдента при $2\alpha = 5\%$ и $r(1)=0$

Период	Сред. 1 ч.р.	Сред. 2 ч.р.	t^*	$t_{2\alpha}$	Результат
<i>м/с Мариинск</i>					
Год	414	486	3,57	2,00	Не однороден
Апрель-октябрь	318	360	2,46	2,00	Не однороден
Июль-сентябрь	153	182	2,21	2,00	Не однороден
<i>м/с Промышленная</i>					
Год	390	416	1,51	2,00	Однороден
Апрель-октябрь	307	304	0,21	2,00	Однороден
Июль-сентябрь	159	161	0,18	2,00	Однороден
<i>м/с Таштагол</i>					
Год	877	862	0,44	2,00	Однороден
Апрель-октябрь	609	587	0,82	2,00	Однороден
Июль-сентябрь	268	272	0,19	2,00	Однороден

Таблица 4.12 – Результаты проверки рядов сумм осадков на однородность по критерию Фишера при $2\alpha = 5\%$ и $r(1) = 0$

Период	Дисп. 1 ч.р.	Дисп. 2 ч.р.	F^*	$F_{2\alpha}$	Результат
<i>м/с Мариинск</i>					
Год	7107	5628	1,26	2,03	Однороден
Апрель-октябрь	4602	4192	1,10	2,03	Однороден
Июль-сентябрь	2907	2392	1,22	2,03	Однороден
<i>м/с Промышленная</i>					
Год	5147	3104	1,66	2,19	Однороден
Апрель-октябрь	3241	2786	1,16	2,19	Однороден
Июль-сентябрь	2397	2112	1,14	2,05	Однороден
<i>м/с Таштагол</i>					
Год	18242	14406	1,27	2,07	Однороден
Апрель-октябрь	11946	9688	1,23	2,07	Однороден
Июль-сентябрь	5843	3302	1,77	2,23	Однороден

Оценка однородности рядов осадков показала соответствие с результатами оценки трендов: тренд не наблюдается. Ряды однородны, за исключением метеостанции Мариинск.

Ряды годовых осадков за теплый период и летне-осеннюю межень на метеостанциях Промышленная и Таштагол однородны по среднему значению, а на метеостанции Мариинск – не однородны. Что соответствует анализу рядов на наличие тренда. Сумма осадков за год на метеостанции Мариинск увеличилась на 72 мм, за теплый период – на 42 мм, за период летне-осенней межени – на 29 мм (таблица 4.11, приложение Л).

Проверка по критерию Фишера показала однородность всех рядов по степени изменчивости как за год, так и в теплый период и летне-осеннюю межень.

5 Анализ изменений минимального летне-осеннего стока основных рек Кемеровской области

5.1 Визуальная оценка особенностей хронологических колебаний минимального летне-осеннего стока

Для проведения визуальной оценки были построены графики хронологического изменения минимального 30-суточного летне-осеннего стока исследуемых рек на опорных гидрологических постах (приложение М). Характерные графики хронологического изменения минимального стока показаны на рисунках 5.1 и 5.2.

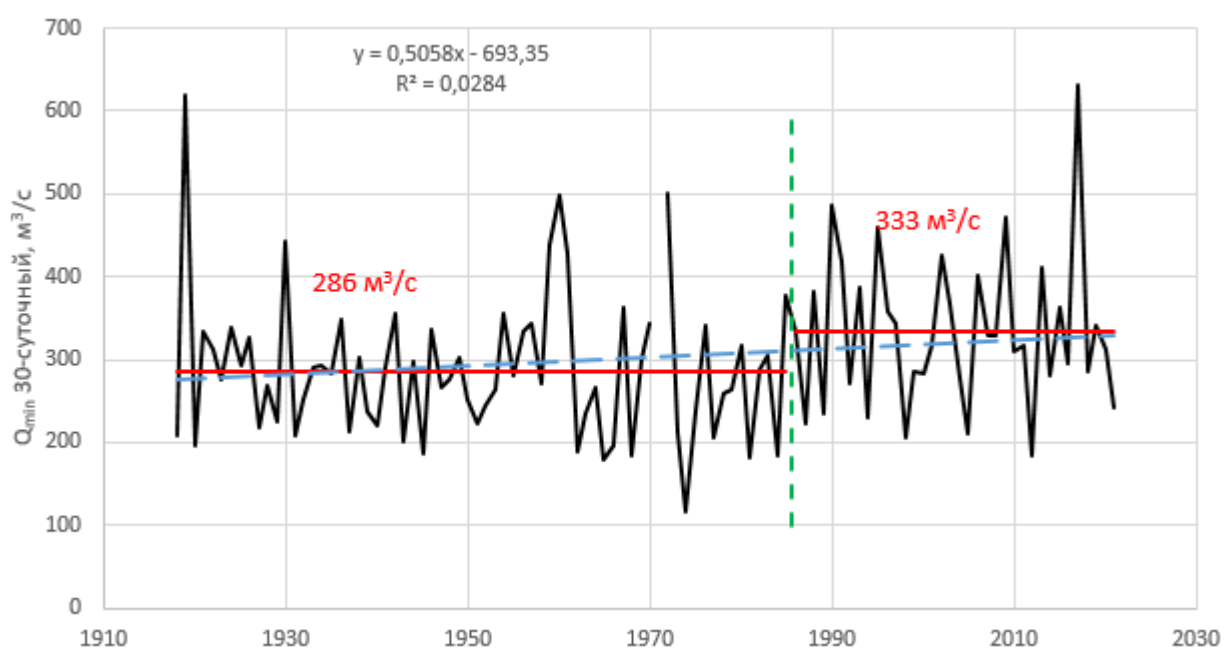


Рисунок 5.1 - График хронологического изменения минимального 30-суточного
летне-осеннего стока р. Томь – г. Томск

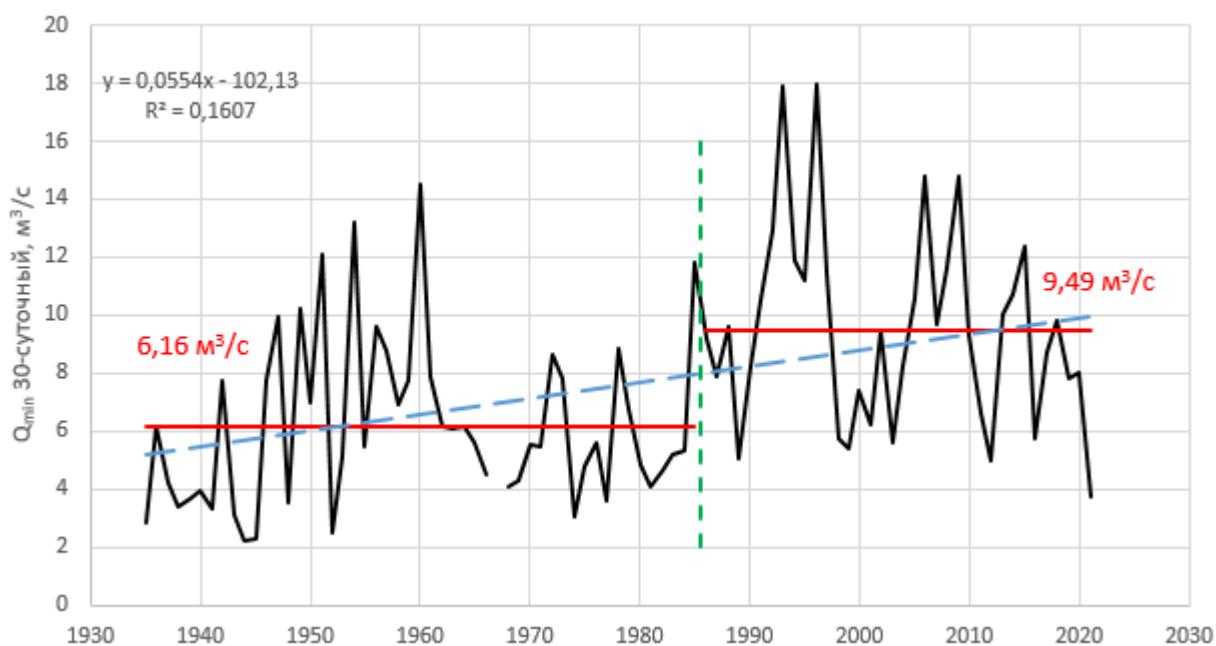


Рисунок 5.2 - График хронологического изменения минимального 30-суточного летне-осеннего стока р. Яя – п.г.т. Яя

На графиках показаны:

- тренд изменения минимальных расходов воды за весь период наблюдений;
- средние значения расходов воды за первый и второй квазистационарные климатические периоды (1-й – по 1985 год, 2-й – с 1986 года).

Разделение на квазистационарные климатические периоды основано на анализе изменений климатических условий на территории Кемеровской области, представленном в 4-й главе данной работы.

На всех реках, кроме Кии (приложение М, рисунок М4), наблюдается увеличение среднего минимального расхода во втором квазистационарном климатическом периоде по сравнению с первым. Уменьшение среднего минимального расхода за второй квазистационарный период на реке Кия можно связать с широким распространением компаний, занимающихся золотодобычей в бассейне реки.

5.2 Оценка значимости линейных трендов

По рядам минимальных 30-и суточных расходов за летне-осенний период была проведена оценка значимости линейного тренда. В результате анализа изменения климатических условий ряды минимальных 30-и суточных расходов были разбиты на два квазистационарных климатических периода (по 1985 год включительно и 1986-2021 гг.). Оценка проводилась как по ряду в целом, так и по отдельным квазистационарным климатический периодам.

Критерии значимости линейного тренда были рассмотрены в разделе 4.2. Результаты оценки значимости приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Оценка значимости линейных трендов минимальных 30-и суточных расходов воды рек Кемеровской области

Река - пост	Весь период		По 1985 год вкл.		1986-2021 гг.	
	$ R /\sigma_R$	Оценка	$ R /\sigma_R$	Оценка	$ R /\sigma_R$	Оценка
Томь - Новокузнецк	1,30	Не знач.	1,37	Не знач.	0,53	Не знач.
Томь - Томск	1,75	Не знач.	0,79	Не знач.	0,15	Не знач.
Иня - Промышленная	3,61	Знач.	1,26	Не знач.	2,70	Знач.
Кия - Мариинск	1,28	Не знач.	0,95	Не знач.	0,25	Не знач.
Яя - Яя	4,40	Знач.	0,81	Не знач.	1,15	Не знач.

Анализ оценки значимости линейного тренда показала, что:

- при рассмотрении всего периода наблюдений тренды не значимы на реках Томь и Кия, для рек Иня и Яя тренды оказались значимы;
- при рассмотрении первого квазистационарного климатического периода тренды не значимы для всех рассмотренных рек;
- при рассмотрении второго квазистационарного климатического периода тренд оказался значим только для реки Иня, для остальных рек тренд не значим.

Анализ значимости линейных трендов, проведенный по рядам как за весь период наблюдений, так и при разделении на квазистационарные периоды показал, что на всех гидрологических постах тенденция на увеличение минимальных 30-суточных расходов мала, либо отсутствует вовсе. Исключением можно назвать реки Иня и Яя, а также минимальные расходы на реке Иня за второй квазистационарный период, где тренд оказался значим для всего ряда наблюдений. Это же подтверждают и графики хронологического изменения минимального 30-суточного летне-осеннего стока рек Кемеровской области (приложение М).

5.3 Проверка на однородность рядов минимальных летне-осенних 30-суточных расходов воды

Для проведения проверки рядов на однородность по среднему по критерию Стьюдента ряды были разбиты на два квазистационарных периода: 1-й – по 1985 год, 2-й – с 1986 года. Критерии однородности рядов по среднему значению были рассмотрены в разделе 4.2. Результаты проверки приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Результаты проверки рядов минимальных 30-и суточных расходов воды на однородность по критерию Стьюдента при $2\alpha = 5\%$ и $r(1)=0$

№	Река - пост	Ср. 1 ч.р.	Ср. 2 ч.р.	Результат	Абс. изм. средн.	Относ. изм. ср., %
1	Томь - Новокузнецк	232	244	Однороден	12	5,2
2	Томь - Томск	286	333	Не однороден	47	16,4
3	Иня - Промышленная	6,69	9,53	Не однороден	2,84	42,5
4	Кия - Мариинск	51,1	47,4	Однороден	-3,70	-7,2
5	Яя - Яя	6,16	9,49	Не однороден	3,33	54,1

Для проверки рядов на однородность по дисперсии по критерию Фишера ряды также были разделены на два периода, аналогично проверке по критерию Стьюдента. Критерии однородности рядов по дисперсии были рассмотрены в разделе 4.2. Результаты проверки приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Результаты проверки рядов минимальных 30-суточных расходов воды на однородность по критерию Фишера при $2\alpha = 5\%$ и $r(1) = 0$

№	Река - пост	Дисп. 1 ч.р.	Дисп. 2 ч.р.	Результат	Абс. изм. дисперс.	Относ. изм. дисперс.,%
1	Томь - Новокузнецк	8986	7871	Однороден	-1115	-14,2
2	Томь - Томск	7532	8469	Однороден	937	12,4
3	Иня - Промышленная	14,5	11,8	Однороден	-2,70	-22,9
4	Кия - Мариинск	595	158	Не однороден	-437	-277
5	Яя - Яя	8,30	11,6	Однороден	3,30	39,8

Проверка на однородность рядов по критерию Стьюдента показала, что ряды минимальных 30-суточных расходов для гидрологических постов р. Томь – г. Новокузнецк и р. Кия – г. Мариинск однородны. Тогда как расходы для гидрологических постов р. Томь – г. Томск, р. Иня – п.г.т. Промышленная и р. Яя – п.г.т. Яя не однородны (таблица 5.2).

С другой стороны, проверка на однородность рядов по критерию Фишера показала, что ряды однородны на всех гидрологических постах, за исключением р. Кия – г. Мариинск (таблица 5.3).

На всех рассмотренных гидрологических постах кроме р. Кия – г. Мариинск наблюдается увеличение средних минимальных расходов воды во втором квазистационарном климатическом периоде от 5% до 54%. Минимальное изменение наблюдается на гидрологическом посту р. Томь – г. Новокузнецк, максимальное – на р. Яя – п.г.т. Яя. На гидрологическом посту р. Кия – г.

Мариинск наблюдается уменьшение среднего минимального расхода на 7,2% (таблица 5.2).

Что касается изменения дисперсии в разных квазистационарных периодах, то тут все не так однозначно. На гидрологический постах р. Томь – г. Новокузнецк, р. Иня – п.г.т. Промышленная и р. Кия – г. Мариинск дисперсия во втором квазистационарном периоде уменьшилась в сравнении с первым (от 14,2% до 277%). На гидрологический постах р. Томь – г. Томск и р. Яя – п.г.т. Яя дисперсия во втором периоде, наоборот, увеличилась (от 12,4% до 39,8%) (таблица 5.3).

Данные результаты можно объяснить различающимися климатическими условиями в разных районах Кемеровской области, а также активной антропогенной деятельностью в регионе.

5.4 Оценка изменений расчетных значений минимального летне-осеннего стока

В ходе заключительного этапа исследования была проведена оценка изменений расчётных значений минимального 30-суточного летне-осеннего стока рек Кемеровской области.

При проектировании строительных и водохозяйственных объектов используются расчётные значения минимального 30-суточного расхода воды за с обеспеченностью от 75% до 97%. Основной опорной характеристикой минимального стока является минимальный 30-суточный расход обеспеченностью 80 %. В данной работе рассмотрена обеспеченность от 50% до 97%.

Для определения изменений основных расчётных характеристик было проведено сравнение эмпирических кривых обеспеченности минимальных 30-суточных расходов, построенных на основе данных о стоке рек за первый квазистационарный климатический период по 1985 год, с кривыми

обеспеченности, построенными на основе данных о минимальном стоке за второй квазистационарный климатический период с 1986 по 2021 годы. Примеры графиков совмещенных кривых обеспеченностей представлены на рисунках 5.3 и 5.4. Кривые обеспеченности по всем гидрологическим постам представлены в приложении Н.

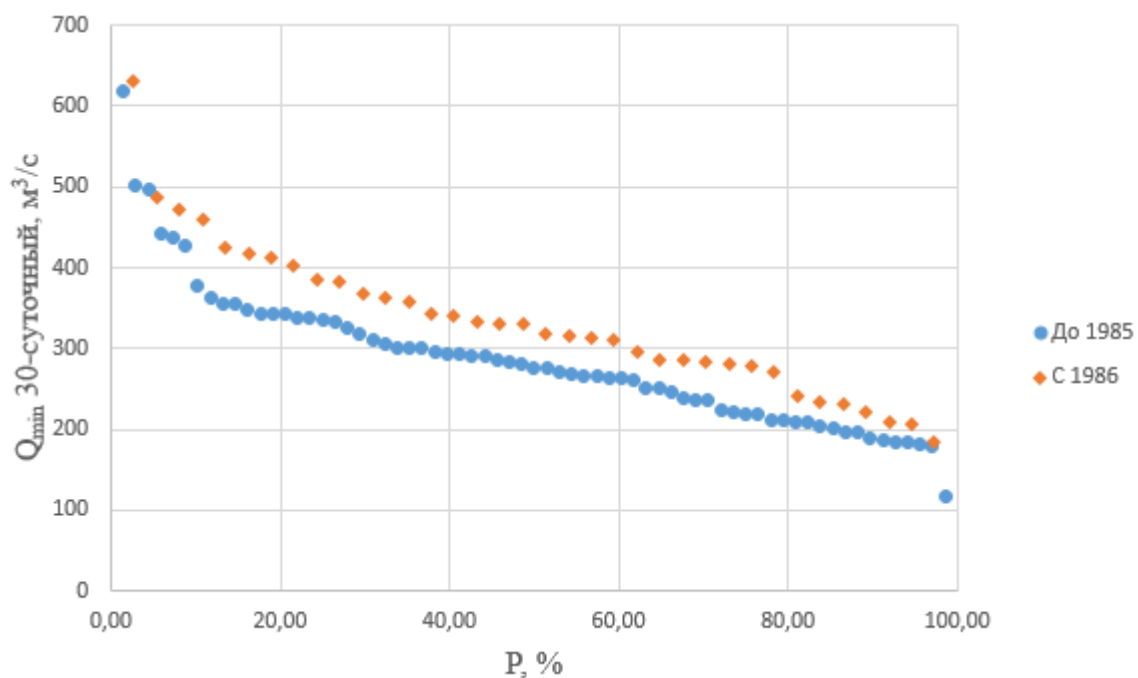


Рисунок 5.3 – график совмещенных эмпирических кривых обеспеченности минимальных 30-суточных расходов р. Томь – г. Томск

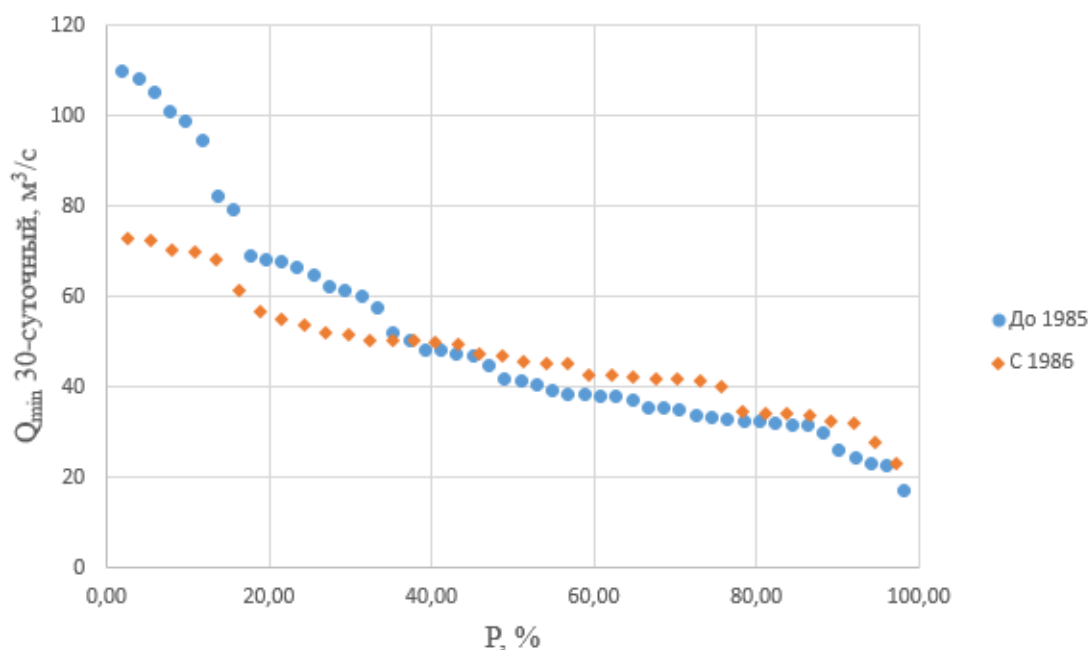


Рисунок 5.4 – график совмещенных эмпирических кривых обеспеченности минимальных 30-суточных расходов р. Кия – г. Мариинск

Построение эмпирической кривой обеспеченностей гидрологического поста р. Томь – г. Томск позволило выявить резко отклоняющуюся точку в области малых значений.

В этой ситуации необходимо выяснить, относится ли данная точка к той же генеральной совокупности, что и остальные члены выборки или нет.

Для анализа таких ситуаций в СП 33-101-2003 включены два дополнительных критерия однородности – критерий Диксона и критерий Смирнова-Граббса [20].

Требуется провести проверку ряда на однородность при уровне значимости $\alpha = 5\%$ с использованием непараметрических критериев Диксона и Смирнова-Граббса.

Статистика критерия Диксона для минимального члена выборки имеет вид:

$$D_{min}^* = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1 - Q_n}$$

Гипотеза об однородности ряда по критерию Диксона не опровергается, если

$$D^* < D_\alpha$$

где D^* – эмпирическое значение статистики Диксона; D_α – теоретическое значение статистики Диксона, определяемое по приложению 10 учебника [20] в зависимости от уровня значимости α %, коэффициента асимметрии C_s , длины выборки n и коэффициента автокорреляции $r(1) = 0$.

Статистика критерия Смирнова-Граббса для минимального члена выборки имеет вид:

$$G_{min}^* = \frac{\bar{Q} - Q_1}{\sigma^*}$$

где $\bar{Q}$ – среднее значение; σ^* – выборочное среднеквадратическое отклонение.

Гипотеза об однородности ряда по критерию Смирнова-Граббса не опровергается, если

$$G^* < G_\alpha$$

где G^* – эмпирическое значение статистики Смирнова-Граббса; G_α – теоретическое значение статистики Смирнова-Граббса, определяемое по приложению 11 учебника [20] в зависимости от уровня значимости α %, коэффициента асимметрии C_s , длины выборки n и коэффициента автокорреляции $r(1) = 0$.

Результаты проверки ряда по критериям Диксона и Смирнова-Граббса приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Результаты проверки ряда минимальных 30-суточных расходов воды р. Томь – г. Томск на однородность по критериям Диксона и Смирнова-Граббса при $\alpha = 5\%$ и $r(1) = 0$ ($Q_{cp} = 286 \text{ м}^3/\text{с}$, $\sigma^* = 86,8$, $C_s = 1,25$, $n = 67$)

Критерий Диксона			Критерий Смирнова-Граббса		
D_{min}^*	D_α	Результат	G_{min}^*	G_α	Результат
0,124	0,06	Не однороден	1,95	1,71	Не однороден

Так как проверка ряда на однородность по критериям Диксона и Смирнова-Граббса показала, что ряд не однороден, исследуемая точка в области малых значений не будет учитываться при построении эмпирической кривой обеспеченностей р. Томь – г. Томск. Обновленный график совмещенных кривых обеспеченностей представлен на рисунке 5.5.

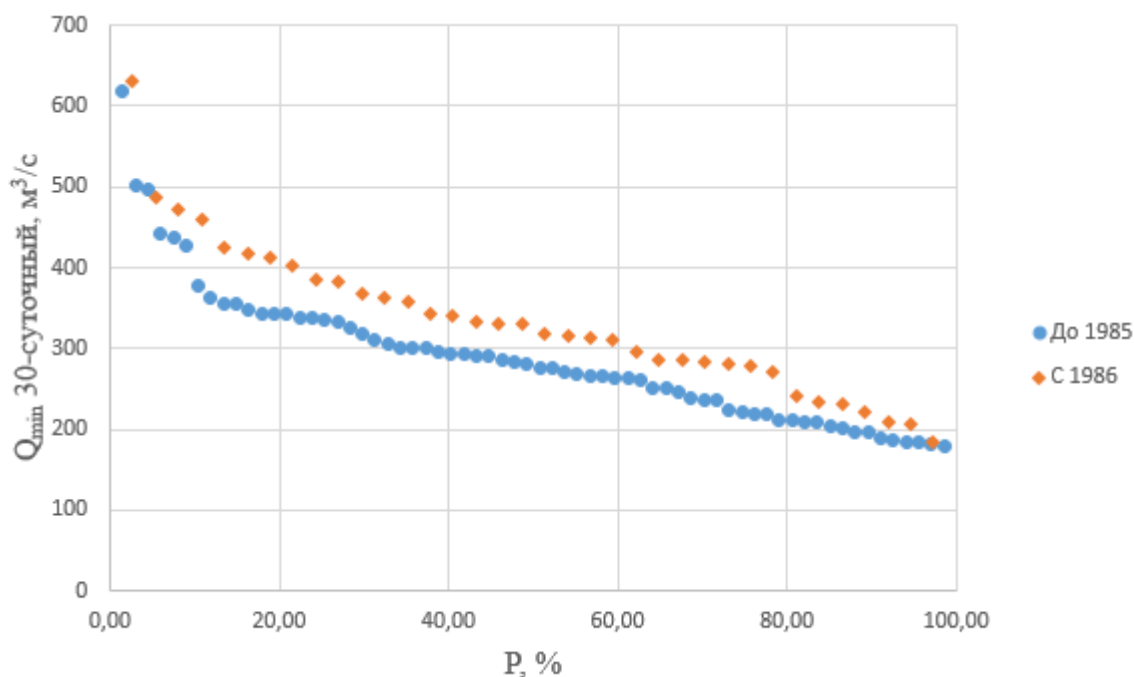


Рисунок 5.5 – график совмещенных эмпирических кривых обеспеченности минимальных 30-суточных расходов р. Томь – г. Томск

На графики эмпирических кривых обеспеченностей были наложены сглаживающие кривые в диапазоне $P\% = 40\% - 97\%$. Рисунок 5.6 позволяет наглядно оценить получившийся результат на примере гидрологического поста р. Яя – п.г.т. Яя. Совмещенные графики эмпирических кривых обеспеченности и сглаживающих кривых по всем исследуемым гидрологическим постам можно увидеть в приложении П.

По графикам сглаженных кривых были рассчитаны минимальные 30-и суточные расходы заданной обеспеченности: $P\% = 50; 75; 80; 90; 95$ и 97% (таблицы 5.5-5.9).

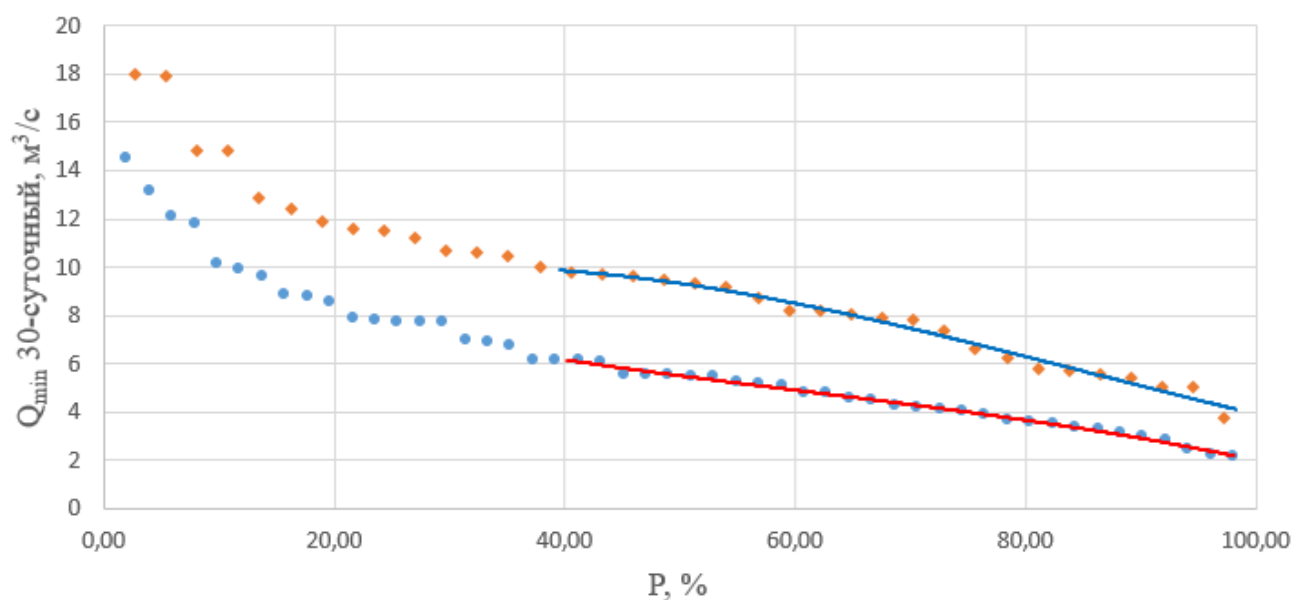


Рисунок 5.6 – Совмещенный график эмпирических кривых обеспеченности и сглаживающих кривых, р. Яя – п.г.т. Яя

Таблица 5.5 – Ординаты эмпирической кривой обеспеченностей для минимальных 30-и суточных расходов воды, р. Томь – г. Томск

		Период		Абс. изменение	Относит. изменение, %
		По 1985	С 1986		
Сред. расход		286	333	47	16,4
$P\% =$	50	280	323	43	15,4
	75	226	270	44	19,5
	80	214	255	41	19,2
	90	193	219	26	13,5
	95	184	197	13	7,1
	97	181	187	6	3,3

Таблица 5.6 – Ординаты эмпирической кривой обеспеченностей для минимальных 30-и суточных расходов воды, р. Томь – г. Новокузнецк

		Период		Абс. изменение	Относит. изменение, %
		По 1985	С 1986		
Сред. расход		232	244	12	5,2
$P\% =$	50	210	220	10	4,8
	75	166	175	9	5,4
	80	157	165	8	5,1
	90	130	143	13	10,0
	95	111	129	18	16,2
	97	102	123	21	20,6

Таблица 5.7 – Ординаты эмпирической кривой обеспеченностей для минимальных 30-и суточных расходов воды, р. Иня – п.г.т. Промышленная

		Период		Абс. изменение	Относит. изменение, %
		По 1985	С 1986		
Сред. расход		6,69	9,53	2,84	42,5
$P\% =$	50	5,65	9,10	3,45	61,1
	75	4,55	7,75	3,2	70,3
	80	4,25	7,20	2,95	69,4
	90	3,60	5,55	1,95	54,2
	95	3,20	4,85	1,65	51,6
	97	3,00	3,80	0,8	26,7

Таблица 5.8 – Ординаты эмпирической кривой обеспеченностей для минимальных 30-и суточных расходов воды, р. Кия – г. Мариинск

		Период		Абс. изменение	Относит. изменение, %
		По 1985	С 1986		
Сред. расход		51,1	47,4	-3,7	-7,2
$P\% =$	50	42,0	46,5	4,5	10,7
	75	34,2	39,0	4,8	14,0
	80	32,5	36,8	4,3	13,2
	90	27,0	31,0	4,0	14,8
	95	22,2	27,0	4,8	21,6
	97	20,0	25,0	5,0	25,0

Таблица 5.9 – Ординаты эмпирической кривой обеспеченностей для минимальных 30-и суточных расходов воды, р. Яя – п.г.т. Яя

		Период		Абс. изменение	Относит. изменение, %
		По 1985	С 1986		
Сред. расход		6,16	9,49	3,33	54,1
$P\% =$	50	5,50	9,35	3,85	70,0
	75	4,00	6,90	2,90	72,5
	80	3,65	6,30	2,65	72,6
	90	2,90	5,10	2,20	75,9
	95	2,50	4,50	2,00	80,0
	97	2,30	4,25	1,95	84,8

Из таблиц 5.5-5.9 видно, что на всех гидрологических постах произошло увеличение минимальных 30- суточных расходов обеспеченностью 50%-97% во втором квазистационарном периоде. На реках Томь и Кия прирост не большой и

составил от 5% до 25%. На реках Иня и Яя прирост более существенный и составляет от 26% до 85%.

5.5 Анализ изменения модуля минимального стока 80% обеспеченности

В методике расчета минимального стока минимальные расходы 80% обеспеченности используются в качестве опорной величины. Поэтому дополнительно было проанализировано изменение по рекам Кемеровской области модуля минимального стока 80% обеспеченности (таблица 5.10 и рисунок 5.7).

Таблица 5.10 - Сравнение модулей стока опорной обеспеченности 80%

Река - Пост	F, км ²	P% = 80%		модуль стока		ΔM , л/(с*км ²)
		по 1985	с 1986	по 1985	с 1986	
Томь - Новокузнецк	29800	157	165	5,27	5,54	0,27
Томь - Томск	57000	214	255	3,75	4,47	0,72
Иня - Промышленная	7960	4,25	7,20	0,53	0,90	0,37
Кия - Мариинск	9820	32,5	36,8	3,31	3,75	0,44
Яя - Яя	3460	3,65	6,30	1,05	1,82	0,77

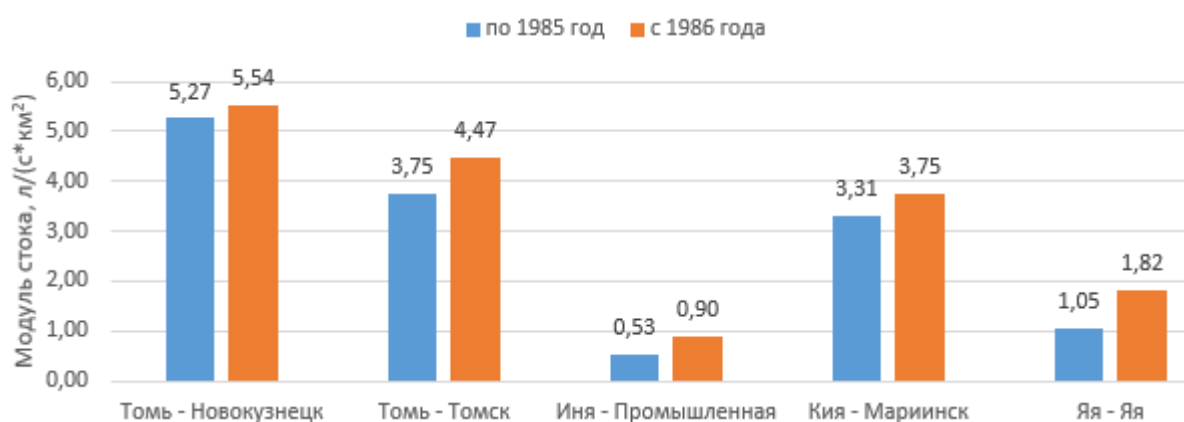


Рисунок 5.7 - Изменение модулей минимального 30-суточного стока 80% обеспеченности

По таблице 5.10 и рисунку 5.7 видно, что:

1. В первом квазистационарном периоде модуль стока варьировался от 0,53 (р. Иня – п.г.т. Промышленная) до 5,27 л/(с*км²) (р. Томь – г. Новокузнецк). На гидрологическом посту р. Томь – г. Томск модуль стока составил 3,75 л/(с*км²). Для гидрологических постов р. Кия – г. Мариинск и р. Яя – п.г.т. Яя – 3,31 и 1,05 л/(с*км²), соответственно.

2. Во втором квазистационарном периоде модуль стока варьировался от 0,90 (р. Иня – п.г.т. Промышленная) до 5,54 л/(с*км²) (р. Томь – г. Новокузнецк). На гидрологическом посту р. Томь – г. Томск модуль стока составил 4,47 л/(с*км²). Для гидрологических постов р. Кия – г. Мариинск и р. Яя – п.г.т. Яя – 3,75 и 1,82 л/(с*км²), соответственно.

3. На всех исследуемых гидрологических постах отмечено увеличение модуля стока 80% обеспеченности во втором квазистационарном периоде от 0,27 (р. Томь – г. Новокузнецк) до 0,77 л/(с*км²) (р. Яя – п.г.т. Яя). На гидрологическом посту р. Томь – г. Томск модуль стока увеличился на 0,72 л/(с*км²). Для гидрологических постов р. Кия – г. Мариинск и р. Иня – п.г.т. Промышленная увеличение составило 0,44 и 0,37 л/(с*км²), соответственно.

Для большей наглядности значения модулей стока и его абсолютное изменение были нанесены на карту-схему гидрологических постов Кемеровской области (рисунок 5.8).

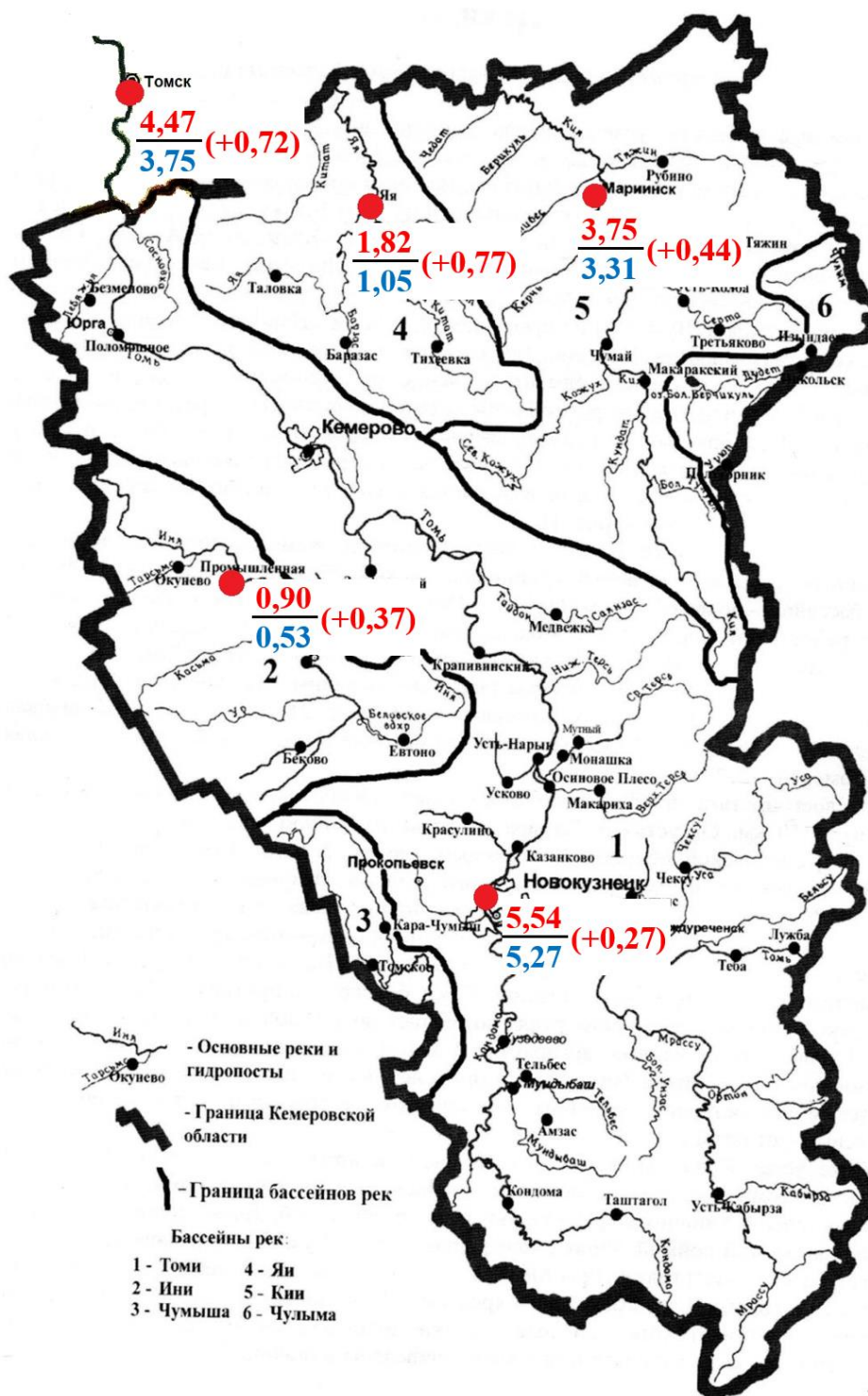


Рисунок 5.8 – Карта-схема гидрологических постов Кемеровской области с наноской модулей стока для опорных постов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показано, что на территории Кемеровской области наблюдается увеличение температур воздуха за теплый период года начиная с 1980-1990 годов, при этом анализ рядов осадков изменений не выявил.

Анализ значимости линейных трендов, проведенный по рядам за весь период наблюдений показал, что на всех метеорологических станциях присутствует тенденция на увеличение средней температуры воздуха. Анализ значимости трендов рядов температур летне-осеннего периода показал отсутствие значимых трендов.

По результатам анализа хронологических изменений температуры за границу смены климатических условий можно принять 1986 год.

Проверка показала неоднородность рядов среднегодовых температур, температур теплого и летне-осеннего меженного периодов. Среднегодовые температуры на территории Кемеровской области увеличились на 1,4-1,9 °С. Температуры теплого периода (апрель – октябрь) увеличились на 1,2-1,7 °С. Температуры месяцев летне-осенней межени (июль – сентябрь) увеличились на 0,5-1,3 °С. Для меженных месяцев температуры воздуха на метеостанции Таштагол повысились на 0,9 °С, на метеостанции Промышленная – на 1,3 °С, на метеостанции Мариинск – на 0,5 °С.

В целом, на территории Кемеровской области, за исключением северо-восточной части, значимых изменений в количестве осадков не наблюдается. На метеостанциях Таштагол и Промышленная в рядах годовых сумм осадков, осадков теплого периода и меженных месяцев тренды отсутствуют и ряды однородны по среднему значению. На метеостанции Мариинск (северо-восток территории) выявлен значимый тренд на увеличение осадков и неоднородность ряда годовых сумм осадков. Также установлена неоднородность рядов осадков за теплый период и за месяцы летне-осенней межени.

На метеостанции Мариинск средняя годовая сумма осадков до второго климатического периода увеличилась на 72 мм (с 414 до 486 мм), то есть на 17%. Осадки за теплый период увеличились на 42 мм (с 318 до 360 мм), то есть на 13%. Количество осадков за июль-сентябрь увеличилось на 29 мм (с 153 до 182 мм), то есть на 19%.

Значимый тренд на увеличение минимального летне-осеннего 30-суточного стока выявлен только на реке Иня. В то же время неоднородность по средней величине минимального летне-осеннего стока установлена на реках Томь (г. Томск), Иня и Яя. Увеличение среднего минимального стока после 1986 года на этих реках составило от 16 до 54 %. На реке Томь в створе Новокузнецк и на реке Кия минимальный летне-осенний сток практически не изменился. Изменения оказались в пределах $\pm 7\%$.

Степень увеличения модуля минимального летне-осеннего стока обеспеченностью $P = 80\%$ увеличивается с юга на север, то есть в соответствии с общим направлением всех речных потоков на территории Кемеровской области. Наименьшее приращение модуля обеспеченностью $P = 80\%$ составляет $0,27 \text{ л/(с*км}^2\text{)}$, наблюдается в верховьях реки Томь (створ Новокузнецк). На реках Кия и Иня приращение модуля 80% обеспеченности составило $0,37\text{-}0,44 \text{ л/(с*км}^2\text{)}$. Наибольшее приращение модуля $0,72\text{-}0,77 \text{ л/(с*км}^2\text{)}$ произошло в гидрологической створах, расположенных в наиболее северных, равнинных частях территории (р. Томь – г. Томск и р. Яя – п.г.т. Яя).

Проведенное исследование показало, что последние 35-40 лет на территории Кемеровской области наблюдается увеличение минимальных 30-суточных расходов воды и модуля стока в период летне-осенней межени. Поэтому, при осуществлении расчетов, связанных со строительством гидротехнических объектов, необходимо использовать данные наблюдений, включающие сведения за последние годы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 СП 529.1325800.2023 Определение основных расчетных гидрологических характеристик – Москва, 2023
- 2 Соловьев, Л. И. География Кемеровской области. Природа: учебное пособие / Л. И. Соловьев. – Кемерово: ОАО «ИПП «Кузбасс»; ООО «Скиф», 2006. – 384 с.
- 3 Физическая география Кемеровской области: учебное пособие / Н. Т. Егорова, Н. Г. Евтушик, Г. Н. Багмет, Ю. В. Удодов; под общ. ред. Н. Г. Евтушик, Г. Н. Багмет ; М-во образования и науки Российской Федерации, Новокузнец. ин-т (фил.) Кемеров. гос. ин-та. – Новокузнецк, 2018. – 263 с.
- 4 Администрация Правительства Кемеровской области. Официальный сайт. – URL: <https://ako.ru/oblast/obshchaya-informatsiya/geography.php> (дата обращения 03.05.2023)
- 5 Шпинь, П. С. Оледенение Кузнецкого Алатау / П. С. Шпинь. – Москва: Наука, 1980. – 83 с.
- 6 Удодов, Ю. В. Геолого-геоморфологическая характеристика и полезные ископаемые Кемеровской области / Ю. В. Удодов, Н. Т. Егорова, Г. Н. Багмет // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Биологические, технические науки и науки о Земле. – 2017. – № 1. – С. 53–59.
- 7 Брель, О. А. Природные ресурсы региона / О. А. Брель, К. В. Легощин, А. С. Тараканова / Кемеровский государственный университет. – Кемерово, 2012. – 98 с.
- 8 Большой информационный архив. – URL: bigarchive.ru/geography/hysical_geography_of_the_Soviet_Union/141.php (дата обращения 03.05.2023)
- 9 Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. – URL: <http://42.rpn.gov.ru/node/633/> (дата обращения 03.05.2023)

- 10 Ильичев, А. И. География Кемеровской области / А. И. Ильичев, А. И. Соловьев. – Кемерово, 1994. – 336 с.
- 11 Доклад о состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области – Кузбасса в 2020 году. – URL: http://kuzbasseco.ru/wpcontent/uploads/2021/02/doklad_2020.pdf (дата обращения 12.04.2024)
- 12 Стратегирование водных ресурсов Кузбасса: монография / под научной редакцией В. Л. Квинта. – КемГУ. – Кемерово, 2020. – 387 с.
- 13 Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО) – URL: <https://gmvo.skniivh.ru/> (дата обращения 03.06.2025)
- 14 Вершинина, И. П. Характеристика годового стока рек Кузбасса / И. П. Вершинина // Вестник Томского государственного университета. – № 316. – 2008. – С. 201–205.
- 15 Брель, О. А. Стратегирование водных ресурсов Кузбасса / О. А. Брель, Г. В. Задорожная, Н. И. Сасаев, А. И. Егорова – Экономика в промышленности. – 2020. – Том 13. – № 3. – С. 357–365.
- 16 Федеральное агентство по недропользованию. – URL: <https://rosnedra.gov.ru/> (дата обращения 26.04.2023)
- 17 Владимиров, А.М. Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеиздат, изд. РГГМУ, 1990. – 365 с.
- 18 Владимиров, А.М. Минимальный сток рек СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 214 с.
- 19 Официальный сайт Кемеровского ЦГМС – филиала ФГБУ «Западно-Сибирское УГМС» – URL: <https://meteo-kuzbass.ru/> (дата обращения 18.03.2025)
- 20 Сикан, А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. – СПб.: изд. РГГМУ. 2007. – 279 с.

Приложение А – Карта рельефа Кемеровской области

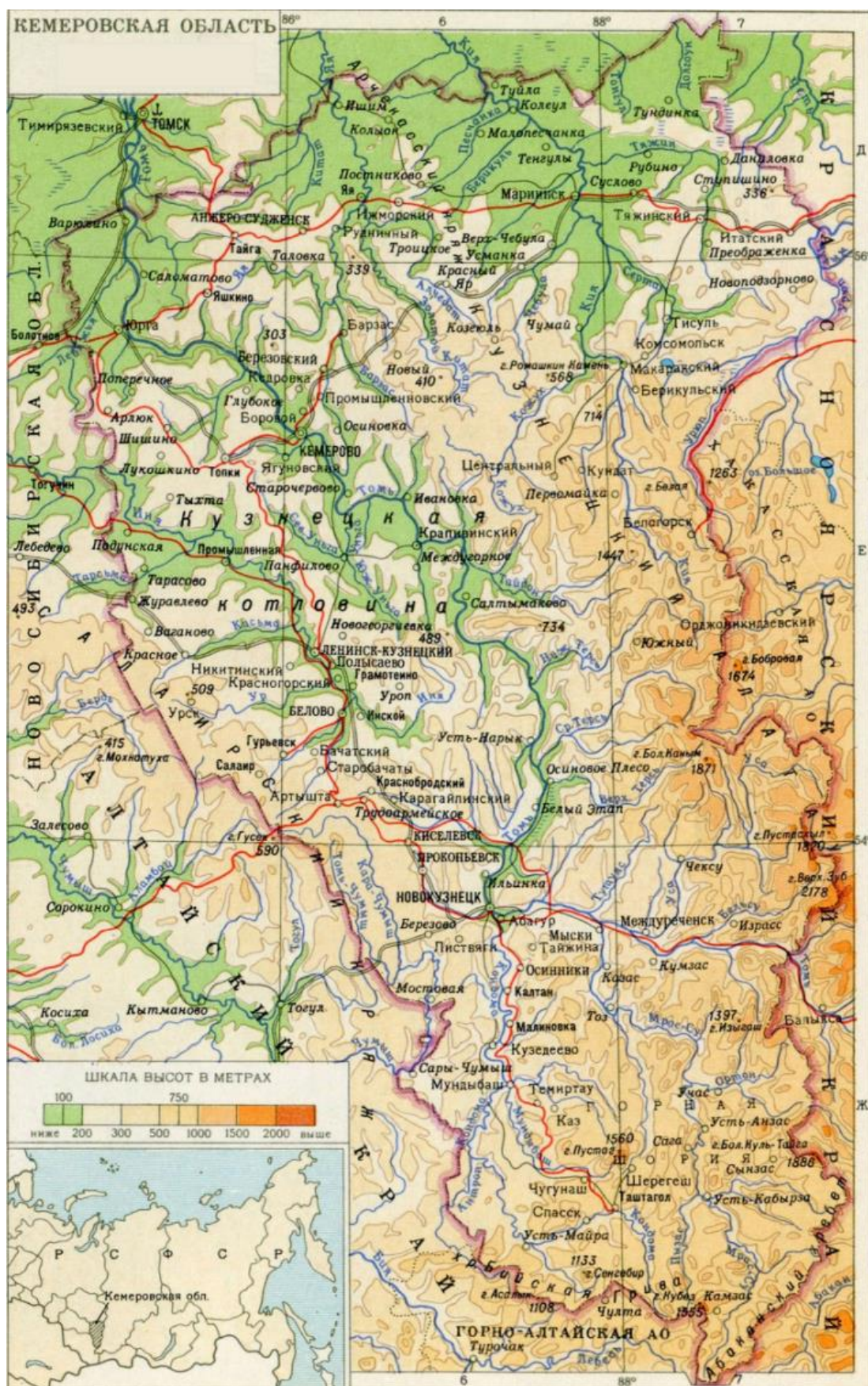


Рисунок А1 – Карта рельефа Кемеровской области

Приложение Б – Исходные данные среднемесячных температур опорных
метеостанций

Таблица Б1 – Ряды среднемесячных температур М-II Таштагол

год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1963	-18,3	-12,0	-3,1	-3,8	7,6	14,5	17,1	15,0	6,7	1,3	-5,4	-14,7
1964	-16,9	-20,3	-9,8	-3,7	8,7	15,4	18,1	15,9	8,8	-1,8	-6,8	-11,1
1965	-16,8	-16,0	-7,7	-1,0	11,0	16,3	18,8	15,0	8,8	1,5	-10,7	-19,3
1966	-19,4	-16,1	-8,2	-1,5	6,2	16,0	17,5	16,0	12,2	0,7	-11,5	-25,6
1967	-23,0	-15,9	-6,6	1,7	10,9	14,0	17,8	13,2	7,1	2,7	-13,2	-15,1
1968	-20,2	-17,1	-3,6	0,1	10,4	14,4	17,8	15,2	5,4	-0,8	-12,8	-19,5
1969	-31,1	-25,7	-11,3	0,0	5,7	15,5	20,9	13,1	7,5	1,1	-7,9	-19,1
1970	-18,0	-15,4	-11,8	1,1	8,0	14,8	16,8	14,5	9,0	-0,5	-11,4	-19,0
1971	-15,5	-18,3	-12,0	1,7	8,3	14,4	16,0	14,3	8,5	1,4	-6,5	-13,9
1972	-21,6	-15,4	-8,0	3,7	7,7	16,0	15,4	14,0	6,6	0,3	-7,1	-16,6
1973	-19,5	-17,5	-6,8	1,6	6,7	15,6	16,9	15,4	9,1	0,0	-6,4	-15,9
1974	-21,4	-19,0	-9,2	2,6	9,7	14,6	17,7	15,8	7,6	-0,5	-11,7	-23,7
1975	-14,7	-12,9	-5,1	0,0	6,6	14,2	17,9	13,8	9,0	0,2	-11,2	-19,5
1976	-15,0	-16,6	-9,7	1,5	8,9	17,4	16,6	13,8	8,5	-3,2	-14,8	-18,1
1977	-24,7	-16,2	-7,5	2,0	8,8	16,8	17,8	13,6	9,9	1,4	-7,6	-14,8
1978	-15,2	-16,1	-7,1	2,9	7,4	16,7	17,9	12,4	9,1	0,3	-6,3	-14,8
1979	-21,6	-12,5	-9,0	-2,4	8,3	17,4	18,8	14,0	9,4	1,7	-8,7	-11,6
1980	-17,0	-15,7	-10,6	0,0	10,5	15,7	17,1	15,8	9,5	1,0	-6,5	-15,8
1981	-18,4	-14,2	-5,1	3,5	10,8	18,1	16,2	14,9	9,8	0,0	-11,2	-16,0
1982	-16,8	-13,6	-11,2	3,6	11,3	16,9	16,7	15,1	9,7	3,4	-5,6	-14,2
1983	-13,6	-11,8	-4,1	-1,1	7,4	15,4	16,9	16,0	7,6	3,4	-4,3	-15,2
1984	-17,7	-20,0	-6,3	-2,7	8,7	15,6	16,1	15,2	9,4	1,6	-11,2	-22,6
1985	-17,7	-17,7	-11,3	3,1	7,8	13,0	17,6	15,0	8,8	1,0	-7,2	-17,1
1986	-17,3	-16,4	-8,3	0,7	10,3	14,5	19,1	15,3	9,5	0,3	-11,5	-17,5
1987	-15,9	-13,1	-9,3	0,3	9,8	12,4	18,0	16,7	9,1	-1,3	-15,0	-13,8
1988	-18,0	-18,9	-7,4	1,8	8,4	13,9	16,4	15,7	11,1	1,0	-6,6	-12,0
1989	-14,1	-15,0	-5,1	1,4	9,9	14,1	18,1	15,8	8,2	2,2	-9,5	-10,8
1990	-19,9	-12,6	-3,8	2,5	11,5	15,6	18,6	15,0	9,2	2,5	-9,4	-12,7
1991	-14,9	-13,9	-10,1	1,6	9,3	15,7	19,3	15,0	10,0	3,2	-7,6	-16,9
1992	-11,0	-14,5	-6,7	1,4	11,4	13,9	18,9	15,5	5,8	3,1	-7,5	-12,5
1993	-17,2	-12,8	-5,8	0,7	7,3	15,1	18,7	16,1	7,9	1,7	-14,3	-17,2
1994	-15,8	-18,3	-6,8	2,0	9,8	18,2	18,7	15,2	8,2	1,9	-6,0	-14,3
1995	-17,1	-10,9	-5,7	3,5	9,5	12,9	19,5	17,1	8,6	2,7	-5,7	-14,1
1996	-22,4	-16,4	-8,4	0,6	9,8	14,9	20,1	14,7	8,4	-0,6	-8,8	-14,2
1997	-14,8	-12,1	-1,5	7,5	12,6	15,3	17,1	15,4	9,2	4,1	-12,0	-16,8
1998	-22,5	-12,5	-6,6	1,0	9,7	15,4	20,1	18,6	8,7	2,3	-10,1	-13,0
1999	-16,0	-11,2	-14,9	0,9	12,9	15,0	20,3	15,5	9,0	2,2	-8,0	-10,1

2000	-19,3	-11,8	-5,3	4,1	11,0	17,1	17,2	16,6	9,0	-0,7	-11,4	-11,4
2001	-20,5	-13,8	-4,7	1,4	13,2	17,3	16,4	17,6	9,6	1,5	-3,6	-16,9
2002	-10,3	-7,4	-2,2	0,2	11,6	16,0	17,7	17,0	9,6	0,7	-4,8	-20,5
2003	-15,3	-14,5	-7,6	0,1	11,1	16,9	17,1	15,2	10,0	1,3	-11,1	-13,9
2004	-18,4	-10,3	-7,8	1,7	12,2	16,5	17,9	15,1	8,9	2,5	-6,9	-15,7
2005	-18,6	-20,7	-3,6	2,4	9,9	16,1	19,7	16,9	9,9	3,7	-6,7	-19,0
2006	-20,5	-13,4	-4,9	-1,4	7,4	17,4	18,1	13,9	9,9	1,7	-4,7	-9,9
2007	-13,6	-10,0	-7,8	5,6	10,7	14,5	20,1	15,1	10,7	1,7	-8,1	-13,8
2008	-20,3	-13,7	-1,9	2,1	11,1	16,6	19,2	15,5	8,1	2,6	-4,4	-15,5
2009	-18,1	-17,6	-6,2	4,0	10,3	13,5	18,1	15,2	9,5	1,8	-8,6	-17,0
2010	-24,6	-21,7	-8,0	-0,2	7,7	15,9	17,1	15,0	8,6	2,4	-2,9	-18,9
2011	-24,4	-14,8	-8,1	4,0	9,6	18,2	16,6	15,3	9,9	4,1	-9,3	15,5
2012	-21,1	-18,8	-4,5	4,7	9,7	19,1	19,6	16,3	10,8	1,6	-7,6	-22,8
2013	-14,9	-13,5	-13,5	2,7	7,8	14,4	17,9	16,6	8,5	1,8	-3,2	-11,2
2014	-16,2	-17,9	-3,2	4,7	8,5	15,6	18,2	16,2	8,2	0,3	-8,1	-16,5
2015	-14,2	-13,4	-4,9	3,0	10,5	17,5	19,1	15,7	8,1	3,5	-8,3	-9,4
2016	-18,3	-10,9	-2,9	5,0	9,1	17,2	20,1	15,6	11,9	-2,6	-12,8	-12,8
2017	-12,9	-13,2	-3,2	4,2	10,8	18,6	17,7	16,0	8,4	1,1	-7,0	-14,6
2018	-21,1	-14,3	-4,6	1,5	7,4	18,4	17,3	16,6	9,4	3,1	-8,5	-18,3
2019	-17,4	-15,6	-2,4	2,6	8,1	15,6	17,5	17,2	10,3	3,3	-8,5	-10,8
2020	-12,5	-8,2	-4,3	4,0	10,7	14,2	17,7	16,4	9,0	2,0	-4,9	-14,7
2021	-15,4	-11,8	-5,4	1,8	10,5	14,1	18,3	15,9	8,4	2,6	-6,1	-12,2
2022	-16,0	-13,4	-5,8	3,3	14,2	15,7	15,9	13,7	9,8	2,1	-7,4	-17,8
2023	-13,0	-12,7	-2,5	-0,4	8,4	16,3	18,1	16,3	10,5	4,4	-3,5	-16,2

Таблица Б2 – Ряды среднемесячных температур М-П Промышленная

год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1962	-14,3	-14,2	-8,7	0,3	8,0	12,9	14,8	13,3	8,1	-1,4	-14,3	-13,1
1963	-18,2	-13,0	-9,0	-4,7	4,7	10,6	14,0	12,4	5,9	1,5	-2,7	-11,1
1964	-10,3	-21,9	-14,7	-8,1	6,4	12,0	15,4	13,5	8,9	-3,1	-5,2	-12,0
1965	-17,8	-17,1	-8,1	-2,1	9,6	14,4	16,9	13,8	7,8	1,3	-11,4	-18,7
1966	-30,3	-27,8	-13,4	-0,6	6,8	16,9	22,8	13,5	8,7	1,6	-5,0	-18,2
1967	-19,5	-16,9	-8,2	4,0	11,2	15,3	19,8	13,2	5,8	4,1	-12,4	-13,3
1968	-18,2	-16,0	-3,1	2,5	10,9	14,3	19,2	15,7	5,9	0,6	-15,0	-23,3
1969	-30,1	-27,8	-13,3	-0,6	6,9	16,9	22,9	13,6	8,7	1,6	-5,2	-18,2
1970	-17,6	-21,7	-12,5	2,5	9,0	16,1	17,4	15,0	10,6	-0,6	-9,5	-16,4
1971	-12,8	-23,4	-12,8	4,5	9,9	15,5	16,8	15,5	10,4	4,0	-3,6	-14,1
1972	-22,8	-15,8	-10,8	4,8	8,3	16,4	15,2	13,9	6,6	0,8	-6,8	-14,4
1973	-20,9	-17,5	-7,4	2,8	8,5	17,1	17,6	16,1	11,0	0,4	-3,3	-10,3
1974	-21,0	-21,5	-10,6	4,8	10,9	15,4	18,7	16,6	8,6	-1,6	-12,0	-20,1
1975	-12,0	-13,7	-6,4	0,4	8,1	14,7	19,6	14,7	9,8	1,4	-8,9	-17,4
1976	-14,6	-18,7	-11,9	1,7	10,1	19,1	17,9	14,7	9,3	-3,4	-13,1	-18,9
1977	-24,8	-18,8	-7,3	3,5	9,9	18,2	19,1	14,1	10,3	2,1	-4,7	-14,3

1978	-13,3	-16,3	-9,0	3,4	8,0	16,9	19,5	12,9	9,5	2,5	-2,8	-12,9
1979	-24,2	-13,3	-8,9	-2,6	9,8	18,3	20,3	14,8	10,6	2,2	-7,9	-11,4
1980	-18,0	-17,4	-11,1	-0,2	10,7	17,1	17,8	15,9	10,7	1,8	-5,0	-12,0
1981	-18,8	-14,7	-4,8	4,4	11,9	19,6	17,2	16,6	10,3	0,0	-11,0	-15,3
1982	-18,0	-12,4	-12,1	5,4	13,0	18,7	18,5	15,7	9,4	1,6	-4,3	-10,7
1983	-10,9	-10,0	-3,9	-1,7	7,9	18,4	18,2	15,8	6,2	4,9	-2,5	-9,7
1984	-16,9	-21,1	-7,3	-3,5	7,5	16,6	17,2	15,9	10,2	2,5	-13,6	-24,7
1985	-15,3	-21,0	-10,7	2,6	8,4	14,1	18,2	15,6	9,5	1,8	-8,0	-15,7
1986	-15,1	-17,1	-7,5	1,7	9,4	15,1	20,1	15,3	10,1	1,5	-8,0	-15,7
1987	-16,0	-13,3	-10,3	-0,6	11,6	13,6	18,9	17,3	9,9	-0,7	-14,5	-10,8
1988	-17,1	-18,8	-7,8	3,3	8,9	14,8	17,4	15,7	11,2	1,9	-3,8	-9,5
1989	-12,6	-13,2	-4,6	1,3	12,1	15,0	19,9	16,4	9,0	3,0	-8,1	-11,3
1990	-18,0	-13,4	-1,9	3,9	13,9	17,1	19,5	15,8	9,4	3,9	-8,1	-12,4
1991	-11,8	-14,8	-12,1	3,5	11,2	17,7	20,0	15,4	11,0	3,3	-6,5	-15,7
1992	-9,0	-12,7	-7,4	0,5	12,2	13,9	19,1	16,1	6,9	3,0	-6,9	-11,1
1993	-13,8	-11,8	-6,6	2,4	7,9	16,9	20,0	17,1	8,6	2,8	-14,6	-15,6
1994	-14,8	-17,9	-7,8	8,8	11,5	20,6	20,1	16,0	9,5	3,0	-4,4	-14,4
1995	-15,0	-8,6	-6,7	5,3	11,3	12,9	19,9	18,1	9,5	4,5	-2,6	-11,1
1996	-21,8	-16,3	-10,0	0,8	10,6	16,4	21,5	13,7	7,9	0,2	-8,9	-14,0
1997	-11,8	-10,4	-1,6	8,8	12,6	15,3	17,6	16,1	10,8	4,9	-10,5	-15,8
1998	-22,4	-11,9	-8,0	1,4	11,0	16,4	21,0	18,9	8,0	2,9	-11,4	-8,8
1999	-16,7	-10,0	-15,5	2,4	16,0	14,8	21,8	16,5	8,4	3,1	-8,2	-9,5
2000	-19,8	-10,4	-5,9	4,8	11,2	18,1	17,9	17,4	10,7	-1,0	-11,6	-15,4
2001	-20,8	-14,2	-4,3	2,3	16,0	18,2	16,7	17,9	10,5	1,7	-2,4	-16,9
2002	-6,7	-7,3	-1,7	1,2	13,7	17,1	18,3	16,8	11,2	0,8	-4,9	-19,0
2003	-13,6	-13,3	-8,0	1,4	13,5	19,3	17,9	17,0	10,5	2,8	-10,2	-10,8
2004	-18,5	-10,2	-8,2	1,8	15,4	18,4	18,2	15,5	10,0	5,0	-3,4	-17,0
2005	-15,5	-19,8	-4,2	3,5	10,8	18,3	20,7	17,3	9,9	5,3	-6,0	-17,9
2006	-25,0	-15,8	-5,6	-1,7	10,1	19,7	18,9	13,6	11,0	2,1	-5,9	-6,5
2007	-8,7	-11,8	-8,2	7,4	11,8	14,7	21,0	15,9	12,0	2,0	-6,5	-11,2
2008	-21,9	-12,7	-2,4	2,7	11,6	17,5	19,9	15,6	8,3	4,2	-1,5	-14,7
2009	-17,4	-21,3	-7,0	4,9	11,9	14,0	19,1	16,1	10,3	2,0	-9,4	-18,7
2010	-27,0	-24,2	-8,4	2,3	9,1	17,1	16,9	15,8	10,1	4,6	-3,4	-20,8
2011	-24,2	-13,8	-6,5	6,6	11,0	19,6	19,9	14,9	10,3	6,0	-8,2	-13,4
2012	-21,4	-20,5	-5,5	5,6	11,0	21,5	21,8	16,6	11,8	1,7	-7,4	-24,3
2013	-16,1	-15,0	-6,1	4,0	8,5	14,8	18,6	17,1	8,8	2,7	-0,8	-6,5
2014	-15,3	-19,0	-2,4	6,2	8,9	16,3	19,7	17,1	8,1	0,3	-9,6	-11,1
2015	-12,0	-11,5	-4,8	6,2	12,2	18,7	20,0	17,1	8,5	3,7	-9,2	-6,0
2016	-20,8	-10,4	-4,0	7,1	10,0	19,3	20,3	16,7	12,3	-2,5	-12,9	-11,8
2017	-13,9	-12,1	-4,5	5,3	11,9	19,1	18,3	16,4	8,8	1,5	-6,1	-12,3
2018	-21,8	-16,3	-7,6	3,6	7,3	19,5	18,0	16,4	10,9	5,1	-8,6	-20,4
2019	-14,5	-16,7	-1,5	4,1	10,5	16,4	18,7	18,0	10,7	4,2	-10,6	-9,8
2020	-10,0	-8,7	-2,9	9,2	14,8	16,4	19,3	18,5	10,2	3,2	-5,4	-16,5
2021	-21,0	-15,2	-5,9	3,6	13,4	15,9	19,5	17,4	8,9	2,8	-6,4	-9,2

2022	-14,2	-11,8	-7,0	5,5	15,4	17,1	17,8	16,0	10,3	3,5	-8,9	-17,7
2023	-13,0	-15,4	-2,8	0,8	10,8	19,2	20,5	17,6	11,2	4,9	-3,9	-14,3

Таблица БЗ – Ряды среднемесячных температур М-II Мариинск

год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1960	-19,6	-12,4	-13,3	-0,7	8,5	14,7	17,4	13,9	9,7	0,2	-13,0	-15,2
1961	-15,7	-12,5	-6,9	3,7	9,7	14,2	18,3	13,9	9,8	-3,8	-8,4	-14,2
1962	-11,6	-10,9	-5,5	1,9	12,1	17,0	19,8	16,9	9,5	0,8	-12,1	-12,0
1963	-14,6	-10,5	-7,2	-1,6	7,7	15,4	18,2	15,0	7,6	2,6	-2,6	-11,7
1964	-9,1	-21,0	-12,4	-4,9	9,9	15,6	19,6	17,0	10,7	-1,6	-4,5	-11,8
1965	-17,3	-14,9	-5,0	0,3	12,4	18,2	20,9	16,7	9,6	2,6	-11,1	-18,1
1966	-23,0	-18,3	-10,9	-2,7	7,8	16,7	17,6	15,6	13,0	-0,3	-11,4	-26,2
1967	-17,5	-17,1	-6,6	4,0	9,5	14,5	19,6	13,5	7,7	5,0	12,8	-13,2
1968	-18,3	-15,8	-2,2	2,7	9,6	13,3	18,6	15,0	5,0	0,9	-15,2	-23,2
1969	-26,6	-29,3	-10,7	-0,5	6,4	16,7	21,1	14,1	8,4	0,7	-4,6	-16,9
1970	-16,4	-15,0	-12,1	2,4	8,9	14,7	17,5	14,1	9,7	-0,8	-9,0	-15,8
1971	-12,5	-23,2	-11,4	2,8	9,9	15,8	16,8	15,8	10,3	4,0	-3,3	-14,8
1972	-22,0	-15,2	-10,2	3,3	7,1	15,8	16,6	14,2	6,4	0,6	-8,2	-15,0
1973	-16,3	-17,2	-6,1	2,2	7,1	16,0	17,7	16,3	10,7	0,5	-3,1	-9,3
1974	-21,1	-21,7	-10,8	3,7	8,8	14,5	18,4	16,7	8,4	-2,8	-13,4	-18,6
1975	-11,3	-13,1	-4,7	0,5	7,3	14,5	19,0	14,5	9,8	1,1	-8,8	-17,2
1976	-14,0	-17,8	-12,6	1,8	8,9	17,8	18,3	13,3	7,0	-4,6	-13,3	-19,1
1977	-25,2	-19,4	-6,5	2,7	8,7	17,5	17,3	14,1	9,6	1,2	-5,3	-14,2
1978	-11,5	-16,5	-8,2	2,4	7,1	16,8	19,5	13,2	9,4	1,7	-2,7	-12,2
1979	-24,6	-14,4	-8,2	-2,6	9,0	18,2	21,1	14,7	10,1	1,9	-7,8	-11,8
1980	-16,9	-18,0	-10,6	-0,7	8,7	16,6	17,4	15,6	9,9	1,0	-5,3	-12,2
1981	-17,6	-13,6	-4,5	4,3	4,2	18,7	15,9	16,0	9,2	0,3	-12,7	-12,9
1982	-18,5	-11,9	-11,2	5,1	10,7	18,0	17,9	15,6	8,5	-0,2	-4,0	-10,4
1983	-10,8	-10,1	-3,1	-2,3	7,0	17,5	17,4	15,3	7,6	4,4	-3,2	-9,5
1984	-16,1	-18,8	-6,4	-4,2	7,9	16,0	17,2	15,8	9,2	0,4	-13,2	-24,5
1985	-14,3	-21,2	-9,9	1,9	7,7	14,5	18,2	15,3	9,3	1,8	-8,4	-15,9
1986	-15,2	-14,6	-6,5	0,9	8,3	14,3	20,0	14,9	9,5	1,8	-6,7	-15,8
1987	-18,0	-13,7	-10,6	-0,6	10,2	12,6	18,4	16,7	9,3	-1,4	-14,4	-11,3
1988	-17,4	-18,2	-6,5	2,7	8,1	13,5	17,0	15,3	10,5	1,8	-3,1	-9,1
1989	-12,3	-11,8	-3,4	0,6	11,2	13,6	19,4	15,5	8,1	2,9	-7,9	-11,9
1990	-18,1	-13,7	-0,7	3,4	13,5	16,2	19,4	15,9	8,7	3,9	-8,0	-13,3
1991	-12,0	-13,9	-12,0	2,9	10,3	16,7	19,9	15,2	10,7	2,4	-6,4	-10,1
1992	-9,0	-11,8	-7,4	-1,1	12,3	13,5	18,6	15,9	6,2	3,1	-7,6	-12,2
1993	-14,4	-10,7	-5,2	2,0	7,1	16,7	19,7	16,4	8,5	3,0	-13,9	-13,5
1994	-14,7	-17,2	-6,4	1,6	10,3	19,1	19,9	15,5	9,4	3,4	-4,6	-14,8
1995	-14,6	-8,1	-5,5	5,3	10,9	11,9	19,4	17,6	8,8	4,7	-2,1	-10,6
1996	-20,9	-15,3	-9,2	0,6	9,3	15,8	21,9	13,8	6,5	0,5	-9,7	-13,9
1997	-13,4	-10,7	-0,9	8,5	11,7	14,5	17,0	15,0	10,3	3,7	-10,9	-17,0

1998	-21,8	-11,7	-7,6	0,4	10,1	14,7	19,8	18,2	7,1	1,7	-12,4	-7,9
1999	-18,2	-8,8	-14,3	1,6	15,7	14,6	20,9	15,2	7,8	2,2	-8,5	-9,9
2000	-19,6	-10,2	-4,6	4,0	10,7	17,6	17,3	17,2	10,1	-1,3	-13,1	-17,3
2001	-23,2	-14,2	-4,9	1,9	14,8	18,1	16,4	17,6	10,0	1,3	-2,8	-16,2
2002	-6,7	-6,5	-2,5	0,1	13,6	16,8	18,1	15,8	10,5	0,4	-6,7	19,0
2003	-12,9	-12,4	-7,3	0,9	12,5	19,2	18,2	16,2	9,8	2,2	-10,3	-10,1
2004	-17,0	-10,2	-8,6	1,1	14,3	17,9	17,6	14,9	9,7	3,6	-3,1	-18,4
2005	-14,6	-19,9	-3,8	3,0	9,9	17,2	20,1	16,9	9,4	5,0	-5,9	-18,3
2006	-27,6	-16,0	-5,4	-2,8	8,9	19,4	18,7	12,9	10,5	0,6	-6,4	-6,2
2007	-8,0	-12,9	-7,0	7,0	10,8	14,2	20,6	15,5	11,1	1,4	-6,2	-11,0
2008	-21,4	-11,6	-2,6	1,5	10,7	18,2	17,8	12,9	6,4	4,1	-1,9	-15,8
2009	-17,1	-21,1	-7,2	4,3	10,1	13,8	19,0	15,9	9,8	1,0	-10,2	-20,3
2010	-25,5	-23,4	-7,8	1,2	7,7	16,4	17,0	15,2	9,4	4,6	-4,6	-21,7
2011	-22,3	-13,5	-4,7	7,0	11,0	19,6	16,2	14,5	9,7	5,9	-7,5	-12,2
2012	-19,8	-17,9	-4,3	4,5	10,1	20,6	20,5	14,9	11,6	1,2	-8,6	-24,4
2013	-16,5	-15,2	-7,3	3,8	7,5	14,6	18,8	16,7	9,0	2,5	-0,6	-6,2
2014	-14,8	-18,2	-1,6	5,9	7,7	16,1	19,7	16,9	7,5	-0,4	-9,6	-9,7
2015	-11,0	-9,8	-4,7	5,6	11,4	18,0	19,5	16,7	8,1	3,3	-10,7	-6,1
2016	-22,4	-9,1	-4,0	6,2	9,0	18,5	20,1	16,4	11,3	-3,2	-12,6	-11,7
2017	-14,1	-10,4	-3,0	5,5	11,2	19,0	18,6	16,2	8,2	1,8	-5,8	-10,2
2018	-21,5	-15,4	-7,2	3,4	6,3	19,8	17,2	15,7	10,7	5,6	-9,7	-22,0
2019	-13,2	-15,5	-0,6	3,2	10,0	16,7	18,3	17,7	10,3	3,9	-10,9	-9,8
2020	-9,3	-7,6	-2,7	9,2	14,3	15,6	18,9	18,1	10,2	2,9	-4,7	-16,1
2021	-22,2	-15,2	-5,4	3,8	11,8	15,1	19,1	17,1	8,6	2,9	-5,9	-10,4
2022	-13,0	-10,8	-7,3	5,5	14,7	16,7	17,6	15,4	9,4	3,2	-8,3	-16,1
2023	-13,7	-13,8	-2,2	0,0	10,0	18,4	20,1	17,3	11,0	5,7	-4,9	-14,8

Приложение В – Исходные данные месячных сумм осадков опорных
метеостанций

Таблица В1 – Ряды месячных сумм осадков М-II Таштагол

год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1963	23	27	32	26	30	126	123	70	97	106	187	46
1964	23	6	39	40	23	74	57	97	51	72	62	149
1965	68	8	17	33	65	31	94	136	113	87	92	75
1966	88	107	166	102	88	86	58	141	42	59	182	36
1967	16	37	24	22	64	147	114	93	28	50	36	9
1968	19	22	85	68	81	51	105	42	71	35	221	108
1969	28	44	25	141	161	90	32	152	124	136	71	29
1970	38	50	20	97	125	70	68	82	65	121	62	58
1971	45	23	50	132	73	72	89	46	46	46	38	51
1972	34	41	57	33	85	85	142	118	68	132	121	120
1973	43	44	27	54	106	76	73	81	64	67	86	20
1974	44	68	54	42	54	91	57	54	246	139	81	25
1975	60	57	36	142	136	74	45	51	102	98	47	25
1976	39	35	52	13	66	91	55	134	81	125	37	51
1977	19	59	55	25	142	40	67	117	62	122	46	77
1978	58	22	51	148	85	100	147	72	39	104	36	82
1979	82	76	47	25	116	38	56	116	44	172	90	37
1980	35	8	12	40	63	198	102	101	37	50	113	66
1981	24	38	26	42	43	22	98	101	75	142	14	43
1982	74	21	30	27	116	81	116	95	60	122	77	81
1983	29	30	21	75	88	93	115	101	157	39	99	57
1984	29	30	34	104	86	185	200	107	60	105	93	56
1985	24	25	40	85	122	162	142	123	52	87	105	44
1986	34	20	54	68	54	45	32	113	41	86	35	59
1987	72	65	15	48	119	91	76	97	155	93	101	102
1988	48	19	12	54	73	63	189	212	35	82	40	65
1989	53	44	20	92	103	75	101	69	28	76	54	101
1990	32	72	56	10	60	127	46	94	118	77	34	129
1991	29	34	42	34	56	104	155	61	113	124	93	59
1992	24	31	18	138	55	40	68	52	221	52	116	103
1993	47	42	18	33	117	142	87	91	90	36	53	55
1994	65	15	26	34	141	31	63	80	115	46	151	66
1995	42	8	36	81	80	158	162	108	85	75	41	61
1996	51	42	14	45	55	85	196	76	146	65	108	108
1997	44	43	12	21	61	54	74	119	23	28	50	70
1998	15	25	6	144	71	29	98	37	26	121	73	76
1999	88	24	24	100	41	53	143	124	80	148	58	106

2000	29	32	56	63	135	102	55	55	48	62	62	147
2001	41	49	88	65	73	71	114	53	94	52	63	33
2002	75	47	124	101	42	94	214	106	59	103	130	50
2003	41	18	33	37	107	112	97	33	54	74	70	54
2004	28	55	58	214	31	86	75	54	93	49	50	104
2005	31	15	34	107	30	82	53	91	86	52	174	19
2006	51	53	55	141	92	51	88	99	42	87	34	79
2007	69	48	37	26	215	43	136	77	44	81	38	30
2008	18	17	61	43	56	44	82	88	76	47	125	90
2009	71	61	25	36	89	86	68	147	57	156	106	82
2010	16	12	49	51	87	101	98	54	38	52	199	93
2011	14	28	37	62	89	78	52	99	33	33	53	33
2012	21	2	28	23	109	117	69	161	100	138	130	38
2013	70	49	49	33	108	81	137	143	76	84	115	45
2014	59	23	20	50	151	56	135	53	50	226	90	22
2015	57	55	57	92	85	178	74	85	120	82	94	68
2016	6	52	37	100	64	90	69	100	34	137	98	78
2017	74	21	9	42	100	60	151	98	120	53	72	37
2018	23	22	99	43	175	46	147	44	75	60	80	46
2019	25	8	13	100	74	64	73	119	77	123	133	119
2020	48	58	47	16	27	115	140	65	65	119	39	85
2021	67	106	58	43	68	58	62	47	47	56	69	60
2022	24	20	30	64	15	117	104	84	67	103	63	64
2023	92	13	43	45	85	44	164	154	103	63	91	103

Таблица В2 – Ряды месячных сумм осадков М-II Промышленная

год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1962	11	3	4	14	53	41	26	21	24	42	15	31
1963	5	20	18	15	14	23	75	93	66	40	47	25
1964	10	3	25	23	17	118	20	71	10	32	15	35
1965	15	7	1	13	41	23	19	82	52	29	28	32
1966	9	20	12	31	53	31	56	140	17	48	13	16
1967	12	24	6	15	25	110	53	35	55	16	10	1
1968	5	10	15	29	36	32	97	51	37	16	46	34
1969	8	20	10	31	53	31	56	140	17	48	13	16
1970	14	20	9	33	48	47	51	38	11	34	15	11
1971	32	5	9	15	33	136	73	41	11	11	24	14
1972	15	18	30	14	49	94	66	89	39	41	33	18
1973	14	10	10	26	29	53	165	24	8	25	16	5
1974	11	7	10	8	23	76	17	37	75	45	20	8
1975	21	17	7	35	63	21	18	37	45	25	16	4
1976	18	11	17	3	9	102	114	86	38	31	11	14
1977	12	22	12	19	27	29	48	99	14	28	22	16

1978	16	9	9	40	30	66	136	77	18	15	20	24
1979	36	12	9	20	68	53	42	44	19	42	38	30
1980	9	6	2	23	20	76	81	12	42	18	35	20
1981	12	5	9	14	20	4	140	43	28	46	32	13
1982	17	2	9	21	23	23	63	62	21	64	47	20
1983	25	15	7	22	29	32	72	21	53	20	32	19
1984	15	12	19	34	41	31	62	40	15	54	54	34
1985	6	2	9	44	49	81	69	80	24	57	28	13
1986	25	3	8	15	53	34	52	107	29	27	18	24
1987	23	23	10	32	46	60	78	34	59	55	20	49
1988	15	8	1	26	45	48	68	32	18	47	5	25
1989	8	10	0,3	35	21	52	35	27	14	24	8	28
1990	10	33	4	4	31	47	127	59	33	23	36	21
1991	28	13	9	5	14	44	75	82	48	53	16	26
1992	8	8	12	46	21	62	47	74	73	23	36	34
1993	9	4	2	12	71	92	40	44	44	22	20	19
1994	28	6	12	16	36	23	67	31	69	38	35	33
1995	16	14	25	22	33	62	39	65	40	25	12	8
1996	28	7	4	21	37	95	98	60	88	34	50	28
1997	25	18	10	14	44	65	57	124	26	18	11	38
1998	6	15	4	25	24	18	44	74	37	46	35	25
1999	35	3	15	8	12	58	10	36	22	38	19	30
2000	15	16	11	27	82	46	72	47	19	33	48	58
2001	30	22	23	18	5	96	114	40	17	30	11	38
2002	26	13	11	15	43	129	37	69	59	39	60	22
2003	28	12	11	22	7	101	44	12	40	11	39	12
2004	8	24	41	59	12	74	89	41	39	17	27	31
2005	14	7	12	34	17	40	112	76	55	24	50	9
2006	26	13	19	15	12	35	101	81	13	61	25	40
2007	21	27	20	17	75	93	57	41	28	31	57	23
2008	28	17	17	32	46	102	67	81	34	20	43	37
2009	28	25	7	26	26	62	55	49	18	71	44	50
2010	4	5	31	33	33	46	26	36	21	23	71	67
2011	5	15	5	31	22	33	37	68	23	24	13	16
2012	8	2	8	13	9	13	25	40	64	42	45	23
2013	24	30	16	18	50	35	56	147	42	39	22	19
2014	37	25	12	3	68	32	93	82	40	69	31	27
2015	22	25	26	15	39	17	52	44	64	47	33	28
2016	12	17	17	32	31	13	91	31	11	43	43	39
2017	15	13	6	25	35	32	78	34	54	33	40	33
2018	28	6	21	15	72	57	51	15	50	18	52	28
2019	18	4	5	10	27	44	56	83	64	27	28	39
2020	13	26	22	5	61	27	74	28	64	43	20	40
2021	28	36	25	18	30	70	55	58	61	13	63	36

2022	11	13	5	13	7	89	42	49	30	16	18	32
2023	40	10	24	10	7	17	87	73	44	27	31	37

Таблица ВЗ – Ряды месячных сумм осадков М-II Мариинск

год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1960	13	11	8	44	11	126	96	12	19	15	30	18
1961	8	10	5	26	34	26	134	74	49	43	28	20
1962	6	4	10	63	59	25	54	18	45	24	11	21
1963	4	7	15	7	21	24	92	86	25	16	16	25
1964	10	3	9	20	29	48	33	9	26	25	24	26
1965	11	5	2	3	63	58	16	60	36	19	19	37
1966	22	33	20	21	52	64	65	16	22	50	49	24
1967	4	25	14	8	16	105	42	66	34	30	33	6
1968	8	9	21	18	63	43	197	47	66	21	24	32
1969	6	21	15	40	55	16	31	52	77	65	16	13
1970	32	10	14	23	36	72	23	89	24	39	10	7
1971	22	8	10	15	49	34	45	49	23	26	24	13
1972	12	11	14	7	52	132	52	103	30	40	33	29
1973	11	11	14	33	62	117	62	20	13	14	39	6
1974	12	13	21	40	51	21	11	66	69	24	25	11
1975	15	8	5	18	81	32	34	88	43	22	24	5
1976	19	18	15	5	23	55	49	53	29	54	15	30
1977	15	28	22	8	28	45	21	72	17	33	30	14
1978	18	6	11	61	59	43	113	77	19	19	30	30
1979	39	19	14	33	74	72	23	129	24	58	46	40
1980	15	6	12	12	38	37	64	30	22	22	46	23
1981	11	13	24	39	21	27	97	41	19	44	21	28
1982	36	7	26	26	55	15	82	101	42	89	66	29
1983	35	11	12	34	22	103	72	49	50	35	46	14
1984	16	11	16	35	46	67	60	43	19	71	57	44
1985	16	4	14	36	59	96	23	55	41	66	62	25
1986	17	7	74	30	32	37	62	120	37	35	20	23
1987	31	17	16	46	43	56	117	65	103	71	30	66
1988	18	12	10	32	39	64	74	56	28	77	20	16
1989	19	15	4	39	14	38	56	12	21	39	19	15
1990	13	30	12	6	24	69	111	69	49	43	38	35
1991	23	18	15	21	26	54	34	65	47	53	24	33
1992	14	5	16	58	27	91	23	49	90	23	54	43
1993	17	10	5	19	63	84	61	74	94	44	30	25
1994	32	18	23	48	47	43	34	55	70	42	80	26
1995	21	15	29	20	48	44	28	67	56	37	26	17
1996	26	17	9	32	27	58	20	96	92	35	47	54
1997	18	18	6	14	24	70	53	172	21	37	36	53

1998	10	17	6	31	38	49	24	59	37	83	41	38
1999	27	6	10	22	8	74	73	61	13	22	34	39
2000	12	26	13	40	71	68	28	40	34	36	41	37
2001	27	15	33	26	14	124	105	19	37	24	43	26
2002	32	19	44	18	41	74	134	66	47	24	53	14
2003	31	9	17	27	23	72	25	26	75	55	33	22
2004	14	30	25	40	45	73	50	71	104	50	19	51
2005	18	6	16	28	52	65	137	45	90	29	47	7
2006	23	13	20	23	33	64	80	93	30	63	18	47
2007	19	31	23	29	64	128	60	43	41	76	44	23
2008	23	12	20	23	21	73	65	69	44	47	46	40
2009	15	22	16	41	88	106	16	74	41	62	54	38
2010	8	4	31	31	32	26	107	56	27	31	53	30
2011	3	20	6	45	26	46	104	72	30	36	12	18
2012	14	4	15	24	36	19	15	74	41	41	76	51
2013	18	15	52	22	54	35	16	122	41	52	31	34
2014	21	23	30	22	130	28	86	60	55	49	32	18
2015	35	20	42	42	73	55	96	78	76	62	28	39
2016	5	26	18	31	39	66	80	45	9	32	50	41
2017	20	13	9	35	70	46	59	104	103	34	35	21
2018	22	12	14	21	69	56	102	45	40	26	56	23
2019	11	4	9	22	24	73	14	91	46	62	26	30
2020	15	31	14	9	96	35	67	67	51	65	32	32
2021	32	31	17	25	40	106	72	31	43	26	50	32
2022	12	15	13	14	29	64	63	40	46	42	23	29
2023	37	7	27	14	9	21	89	70	35	39	40	34

Приложение Г – Исходные данные минимальных 30-суточных расходов воды
на опорных гидрологических постах

Таблица Г1 – Ряды минимальных 30-суточных расходов воды гидрологический
пост р. Томь – г. Томск

Год	Q _{min} 30-сут	Год	Q _{min} 30-сут	Год	Q _{min} 30-сут	Год	Q _{min} 30-сут
1918	209	1944	297	1970	343	1996	357
1919	619	1945	187	1971		1997	343
1920	197	1946	337	1972	501	1998	206
1921	333	1947	265	1973	212	1999	286
1922	311	1948	276	1974	117	2000	283
1923	275	1949	302	1975	237	2001	316
1924	339	1950	251	1976	342	2002	426
1925	293	1951	222	1977	205	2003	367
1926	326	1952	245	1978	260	2004	278
1927	218	1953	264	1979	264	2005	210
1928	269	1954	355	1980	318	2006	402
1929	224	1955	281	1981	181	2007	330
1930	443	1956	335	1982	287	2008	330
1931	209	1957	343	1983	305	2009	471
1932	251	1958	270	1984	185	2010	310
1933	290	1959	438	1985	378	2011	318
1934	293	1960	498	1986	334	2012	183
1935	284	1961	428	1987	222	2013	412
1936	348	1962	189	1988	382	2014	281
1937	212	1963	235	1989	234	2015	362
1938	302	1964	265	1990	486	2016	296
1939	238	1965	179	1991	418	2017	631
1940	220	1966	197	1992	270	2018	286
1941	290	1967	364	1993	386	2019	340
1942	355	1968	183	1994	231	2020	312
1943	202	1969	300	1995	460	2021	241

Таблица Г2 – Ряды минимальных 30-суточных расходов воды гидрологический
пост р. Томь – г. Новокузнецк

Год	Q _{min} 30-сут	Год	Q _{min} 30-сут	Год	Q _{min} 30-сут	Год	Q _{min} 30-сут
1894	162	1926	176	1958	344	1990	321

1895	119	1927	130	1959	390	1991	194
1896	167	1928	176	1960	510	1992	223
1897	278	1929	124	1961	334	1993	291
1898	255	1930	301	1962	129	1994	181
1899	87	1931	162	1963	249	1995	344
1900	156	1932	168	1964	203	1996	308
1901	92	1933	205	1965	142	1997	201
1902	167	1934	269	1966	186	1998	137
1903	580	1935	191	1967	268	1999	238
1904	178	1936	281	1968	151	2000	220
1905	213	1937	180	1969	351	2001	231
1906	133	1938	322	1970	234	2002	497,8
1907	236	1939	160	1971	157	2003	352
1908	194	1940	198	1972	389	2004	214
1909	124	1941	258	1973	134	2005	163
1910	104	1942	338	1974	160	2006	283
1911	213	1943	167	1975	193	2007	130
1912	264	1944	282	1976	247	2008	160,7
1913	374	1945	123	1977	250	2009	350
1914	180	1946	347	1978	228	2010	175
1915	227	1947	261	1979	237	2011	177
1916	111	1948	246	1980	229	2012	125
1917	366	1949	185	1981	168	2013	362
1918	174	1950	196	1982	194	2014	228
1919	540	1951	154	1983	259	2015	305
1920	155	1952	225	1984	225	2016	195
1921	235	1953	224	1985	402	2017	414
1922	318	1954	352	1986	290	2018	189
1923	279	1955	162	1987	161	2019	251
1924	326	1956	304	1988	353	2020	210
1925	194	1957	277	1989	168	2021	132

Таблица ГЗ – Ряды минимальных 30-суточных расходов воды гидрологический пост р. Иня – п.г.т. Промышленная

Год	Q _{min} 30-сут	Год	Q _{min} 30-сут	Год	Q _{min} 30-сут	Год	Q _{min} 30-сут
1960	21,2	1976	6,28	1992	6,76	2008	7,90
1961	11,1	1977	5,08	1993	10,0	2009	11,3
1962	5,17	1978	7,70	1994	8,44	2010	10,7
1963	7,22	1979	5,14	1995	10,0	2011	8,22
1964	5,92	1980	5,31	1996	9,40	2012	3,86

1965	4,71	1981	3,00	1997	8,06	2013	22,6
1966	4,17	1982	3,52	1998	9,20	2014	9,52
1967	6,69	1983	5,84	1999	6,95	2015	9,42
1968	3,92	1984	7,65	2000	11,4	2016	12,8
1969	6,06	1985	13,2	2001	11,9	2017	14,9
1970	5,22	1986	9,60	2002	8,71	2018	16,3
1971	5,40	1987	8,69	2003	5,88	2019	11,5
1972	10,4	1988	8,59	2004	5,52	2020	8,46
1973	3,73	1989	4,21	2005	5,48	2021	11,4
1974	3,92	1990	10,0	2006	8,80		
1975	6,26	1991	7,54	2007	9,20		

Таблица Г4 – Ряды минимальных 30-суточных расходов воды гидрологический
пост р. Кия – г. Мариинск

Год	Q _{min} 30-сут	Год	Q _{min} 30-сут	Год	Q _{min} 30-сут	Год	Q _{min} 30-сут
1936	50,4	1958	48,2	1980	38,0	2002	56,7
1937	22,6	1959	61,5	1981	41,9	2003	40,2
1938	33,8	1960	105	1982	38,5	2004	53,5
1939	31,8	1961	68,2	1983	44,9	2005	41,3
1940	47,1	1962	24,4	1984	32,6	2006	70,3
1941	64,6	1963	40,7	1985	68,9	2007	42,0
1942	67,8	1964	32,6	1986	49,6	2008	69,8
1943	29,7	1965	17,2	1987	54,8	2009	72,2
1944	35,6	1966	23,0	1988	47,4	2010	50,1
1945	32,8	1967	48,3	1989	23,1	2011	50,1
1946	108	1968	82,2	1990	68,0	2012	61,2
1947	98,9	1969	39,3	1991	51,7	2013	51,8
1948	79,2	1970	35,4	1992	45,2	2014	41,6
1949	110	1971	41,5	1993	50,3	2015	45,2
1950	66,3	1972	101	1994	42,8	2016	27,9
1951	37,8	1973	25,9	1995	46,8	2017	72,7
1952	31,4	1974	34,8	1996	41,9	2018	34,6
1953	51,9	1975	37,3	1997	49,8	2019	32,4
1954	94,6	1976	57,7	1998	34,0	2020	42,7
1955	31,6	1977	33,4	1999	34,2	2021	31,8
1956	60,1	1978	62,4	2000	45,5		
1957	38,5	1979	46,8	2001	33,7		

Таблица Г5 – Ряды минимальных 30-суточных расходов воды гидрологический
пост р. Яя – п.г.т. Яя

Год	Q _{min} 30-сут	Год	Q _{min} 30-сут	Год	Q _{min} 30-сут	Год	Q _{min} 30-сут
1935	2,85	1957	8,81	1979	6,80	2001	6,24
1936	6,15	1958	6,90	1980	4,84	2002	9,46
1937	4,20	1959	7,72	1981	4,09	2003	5,61
1938	3,37	1960	14,5	1982	4,63	2004	8,23
1939	3,70	1961	7,87	1983	5,19	2005	10,6
1940	3,92	1962	6,18	1984	5,30	2006	14,8
1941	3,32	1963	6,07	1985	11,8	2007	9,70
1942	7,72	1964	6,17	1986	9,21	2008	11,6
1943	3,14	1965	5,57	1987	7,90	2009	14,8
1944	2,20	1966	4,49	1988	9,63	2010	9,30
1945	2,29	1967		1989	5,07	2011	6,64
1946	7,75	1968	4,11	1990	8,24	2012	5,01
1947	9,94	1969	4,26	1991	10,5	2013	10,0
1948	3,51	1970	5,56	1992	12,9	2014	10,7
1949	10,2	1971	5,46	1993	17,9	2015	12,4
1950	6,99	1972	8,61	1994	11,9	2016	5,74
1951	12,1	1973	7,83	1995	11,2	2017	8,73
1952	2,46	1974	3,05	1996	18,0	2018	9,8
1953	5,11	1975	4,80	1997	11,5	2019	7,83
1954	13,2	1976	5,60	1998	5,77	2020	8,03
1955	5,46	1977	3,58	1999	5,39	2021	3,75
1956	9,64	1978	8,85	2000	7,38		

Приложение Д - Хронологические графики средних температур воздуха

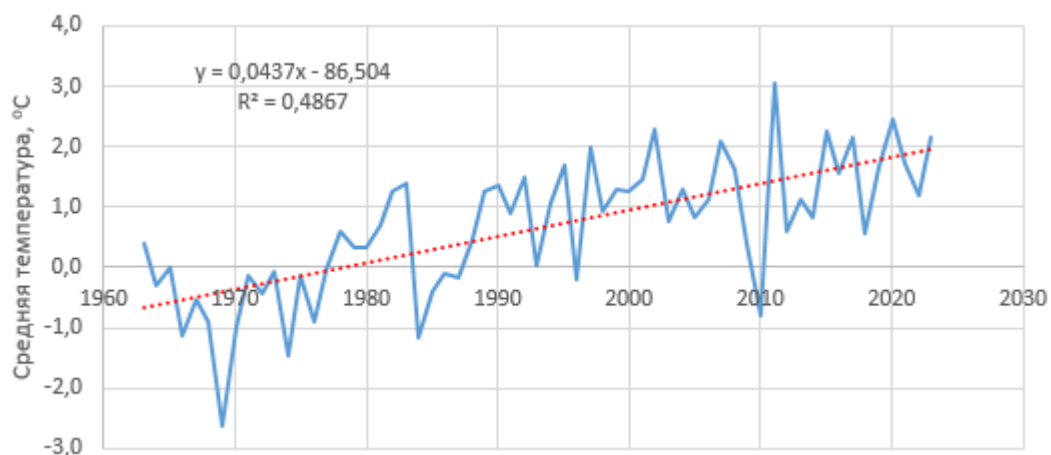


Рисунок Д1 – Хронологический график средних годовых температур по метеостанции Таштагол

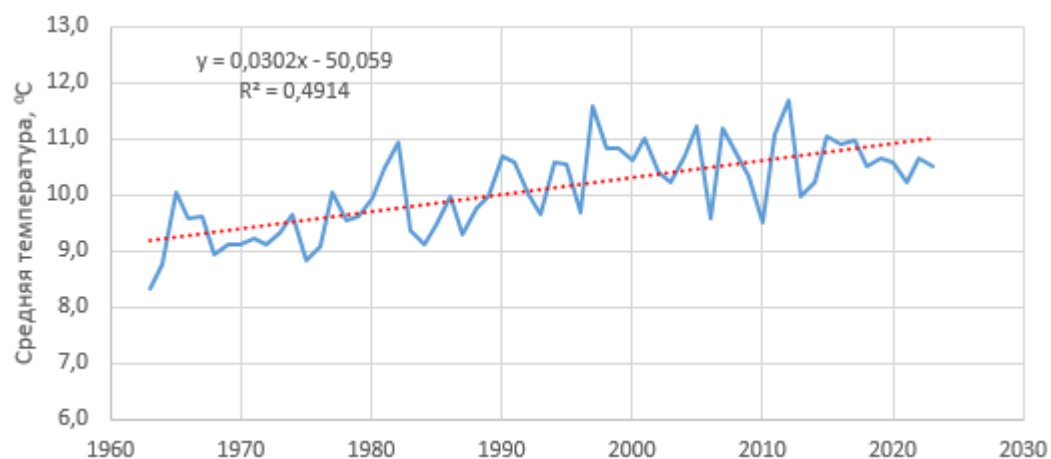


Рисунок Д2 – Хронологический график средних температур за теплый период по метеостанции Таштагол

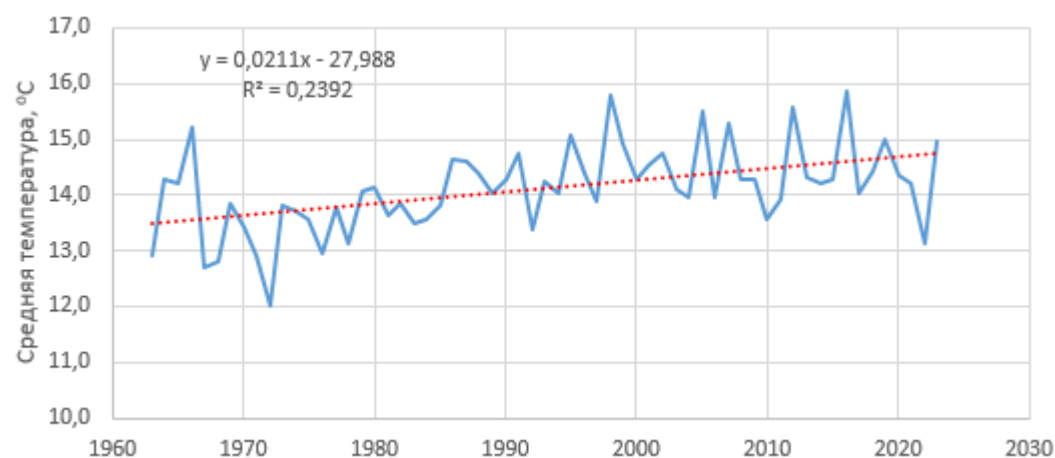


Рисунок Д3 – Хронологический график средних температур за период летне-осенней межени по метеостанции Таштагол

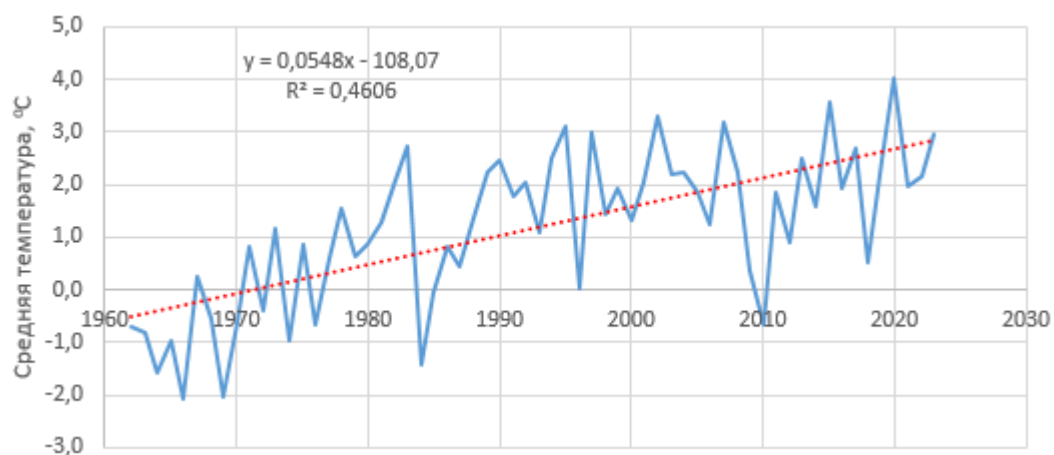


Рисунок Д4 – Хронологический график средних годовых температур по метеостанции Промышленная

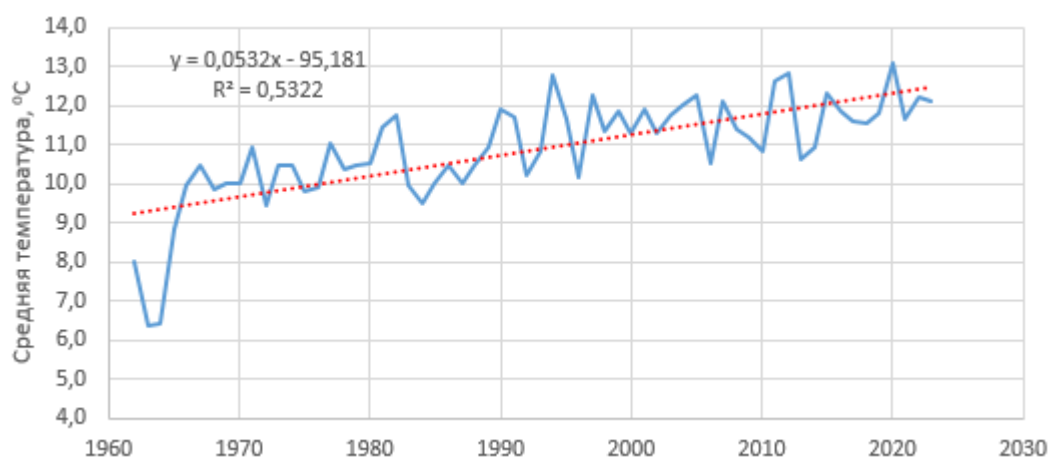


Рисунок Д5 – Хронологический график средних температур за теплый период по метеостанции Промышленная

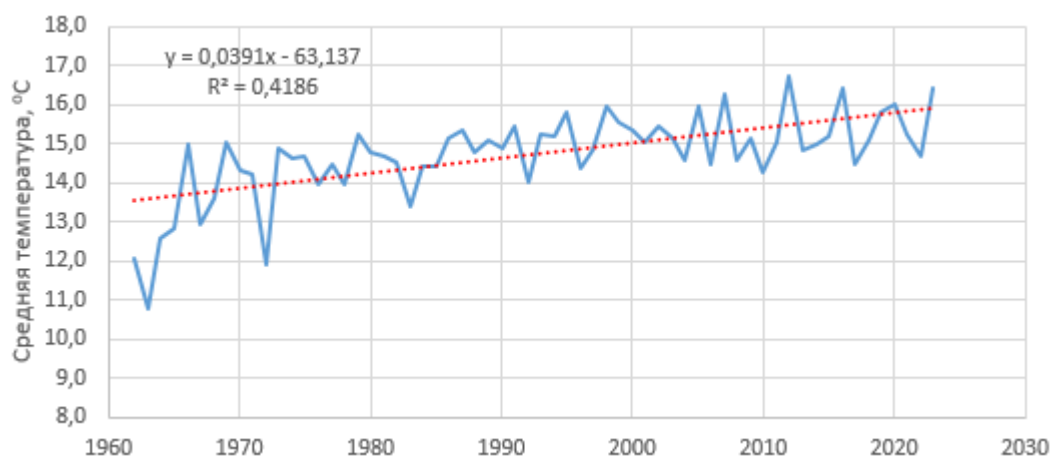


Рисунок Д6 – Хронологический график средних температур за период летне-осенней межени по метеостанции Промышленная

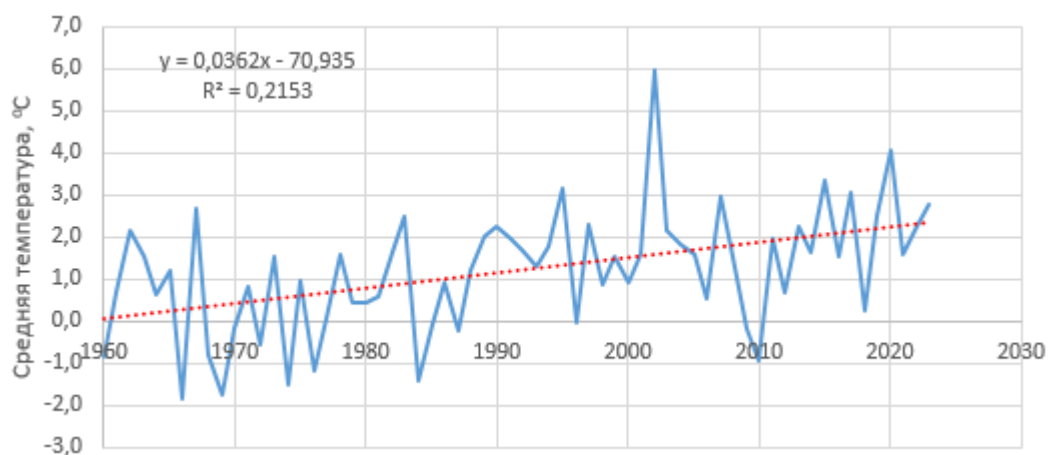


Рисунок Д7 – Хронологический график средних годовых температур по метеостанции Мариинск

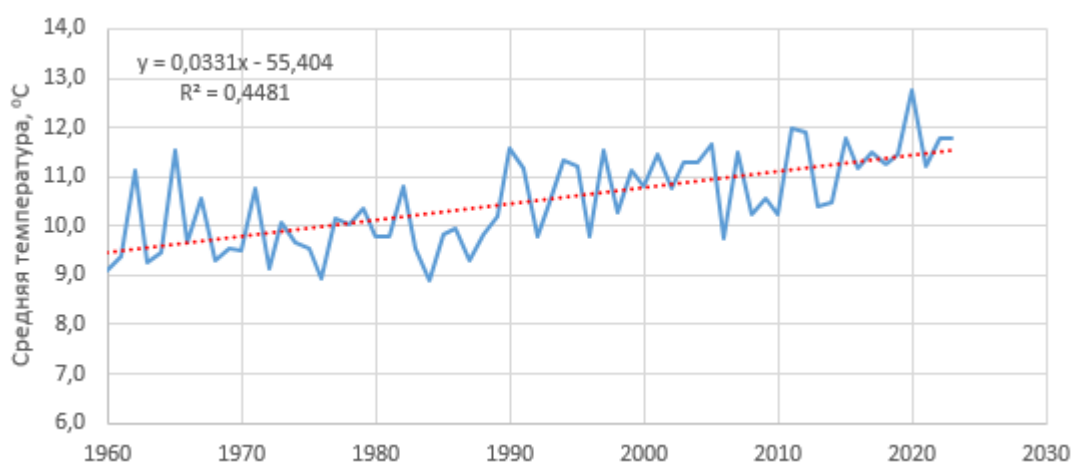


Рисунок Д8 – Хронологический график средних температур за теплый период по метеостанции Мариинск

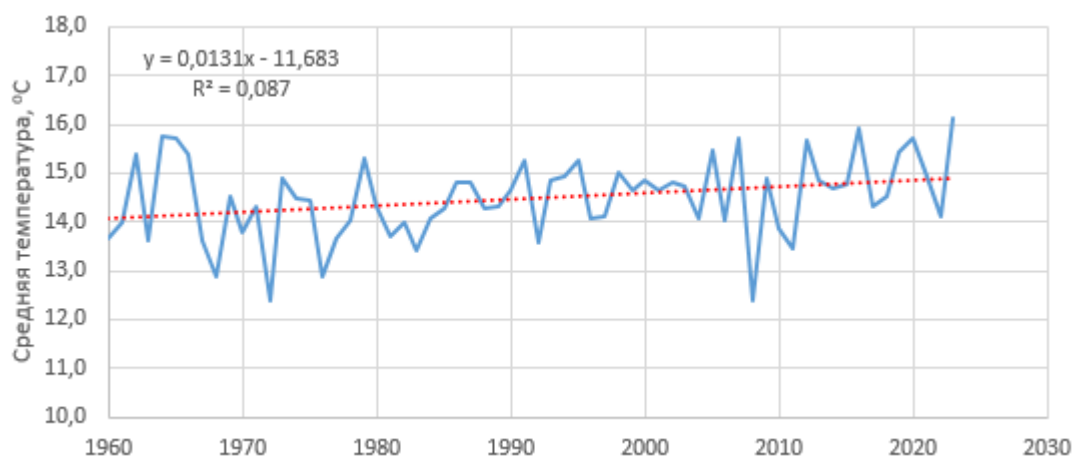


Рисунок Д9 – Хронологический график средних температур за период летне-осенней межени по метеостанции Мариинск

Приложение Е - Графики интегральных кривых и интегральных разностных кривых температур воздуха

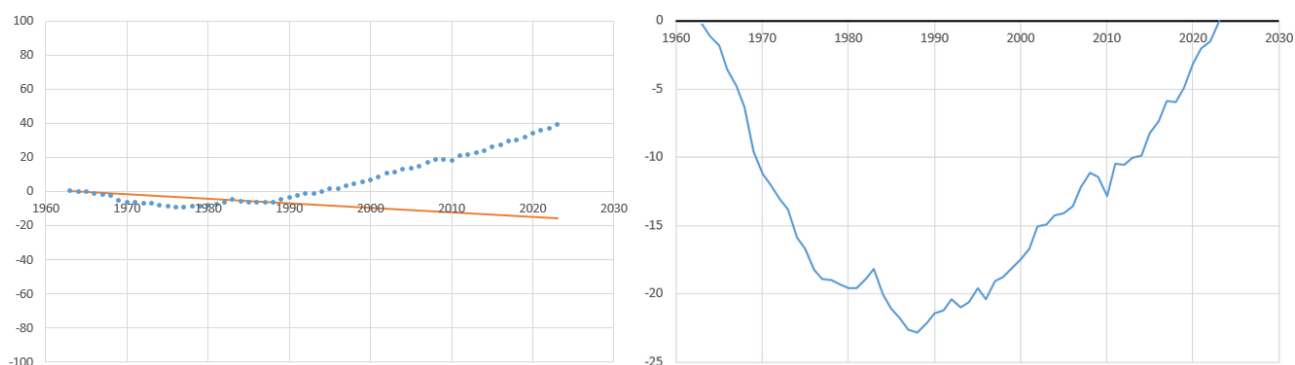


Рисунок Е1 - Графики интегральной кривой и интегральной разностной кривой средних годовых температур М-II Таштагол

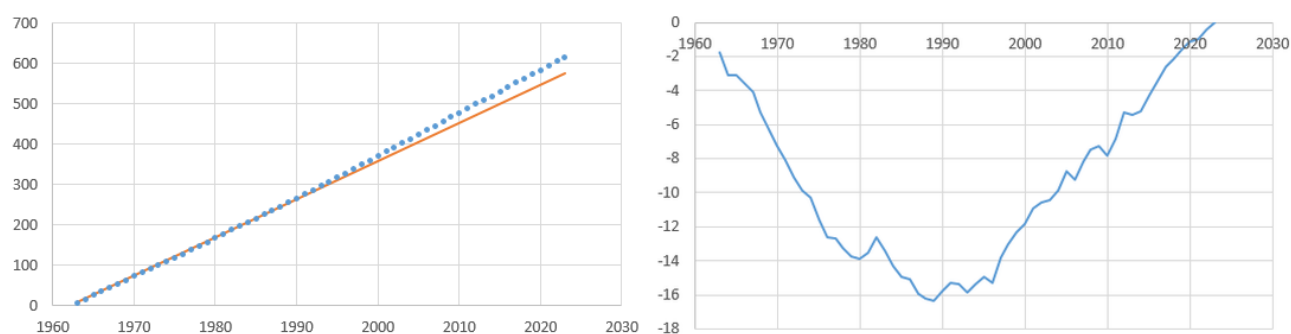


Рисунок Е2 - Графики интегральной кривой и интегральной разностной кривой средних температур за теплый период М-II Таштагол

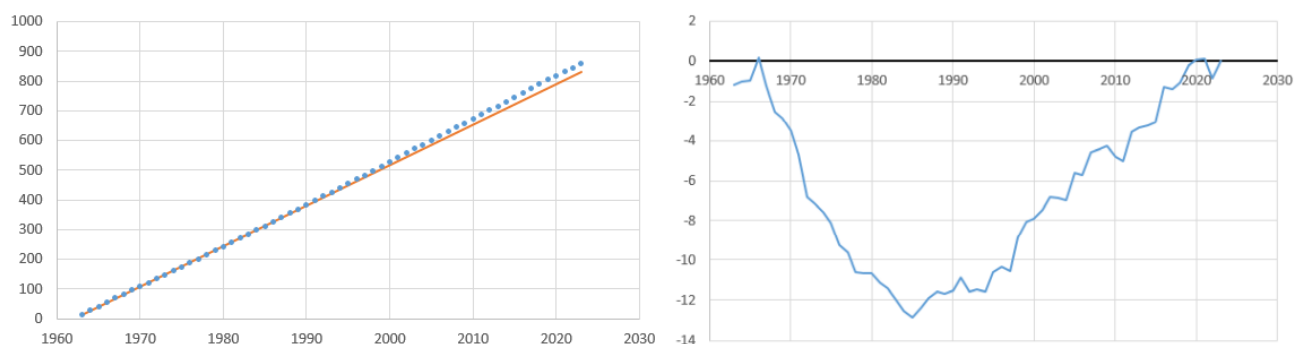


Рисунок Е3 - Графики интегральной кривой и интегральной разностной кривой средних температур за летне-осеннюю межень М-II Таштагол

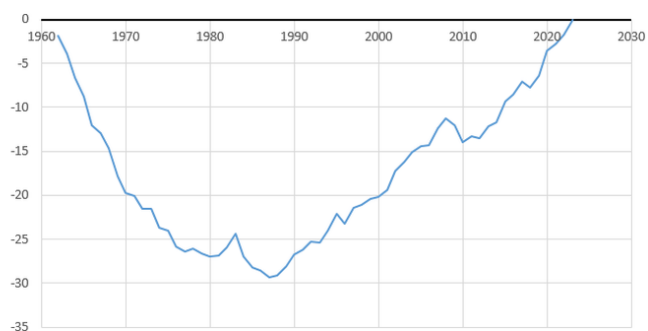
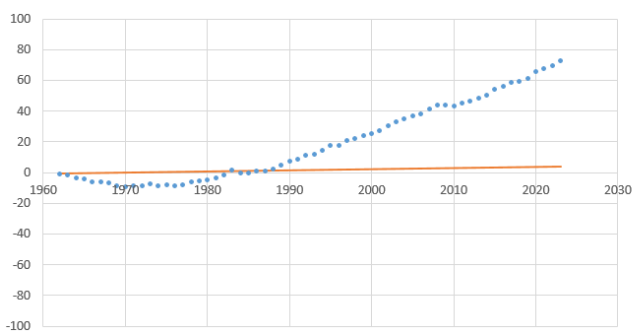


Рисунок Е4 - Графики интегральной кривой и интегральной разностной кривой средних годовых температур М-II Промышленная

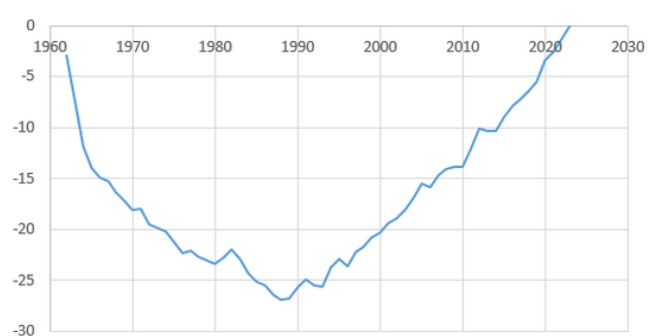
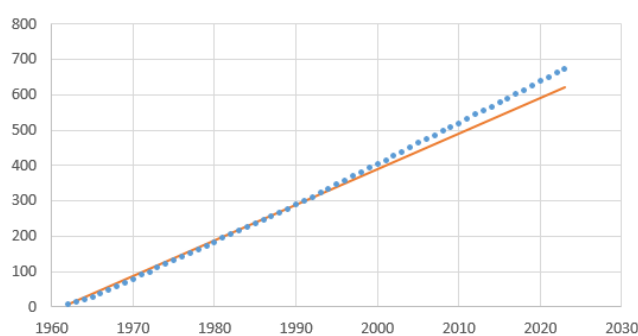


Рисунок Е5 - Графики интегральной кривой и интегральной разностной кривой средних температур за теплый период М-II Промышленная

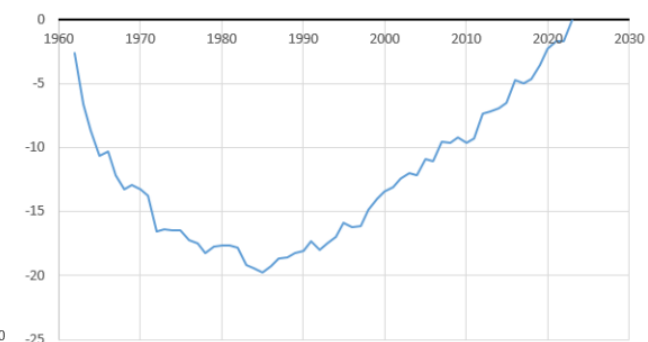
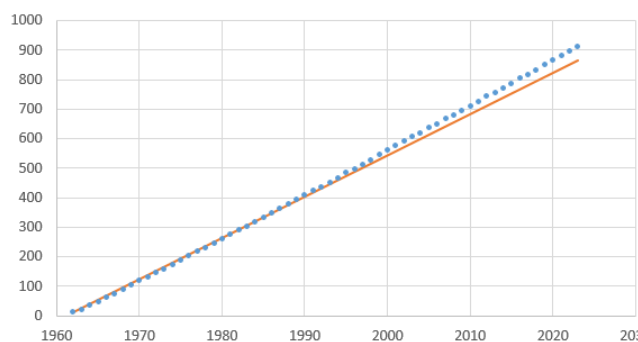


Рисунок Е6 - Графики интегральной кривой и интегральной разностной кривой средних температур за летне-осеннюю межень М-II Промышленная

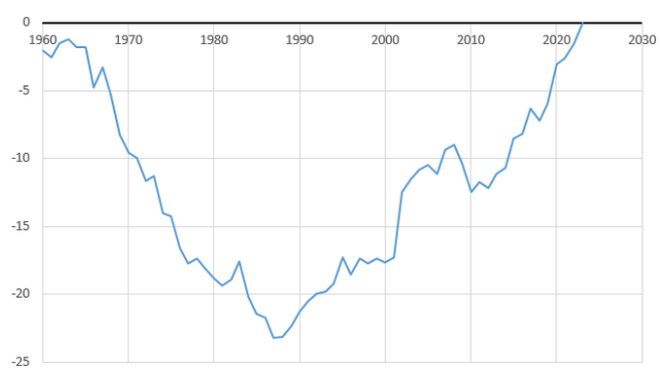
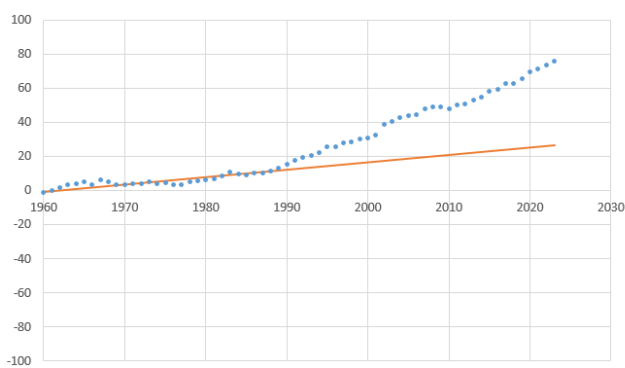


Рисунок Е7 - Графики интегральной кривой и интегральной разностной кривой средних годовых температур М-II Мариинск

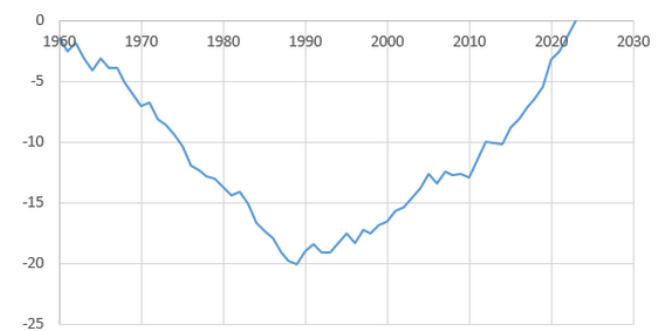
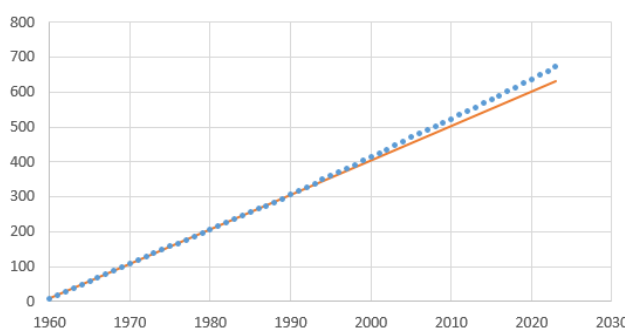


Рисунок Е8 - Графики интегральной кривой и интегральной разностной кривой средних температур за теплый период М-II Мариинск

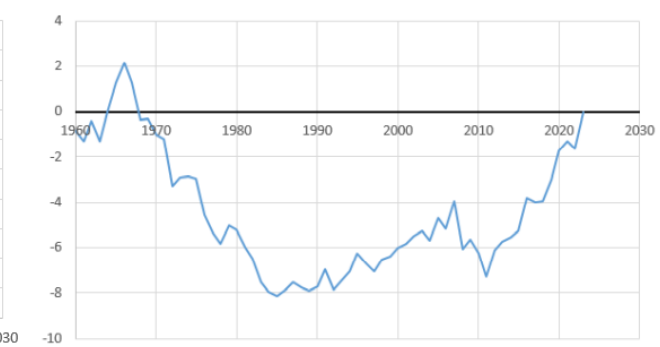
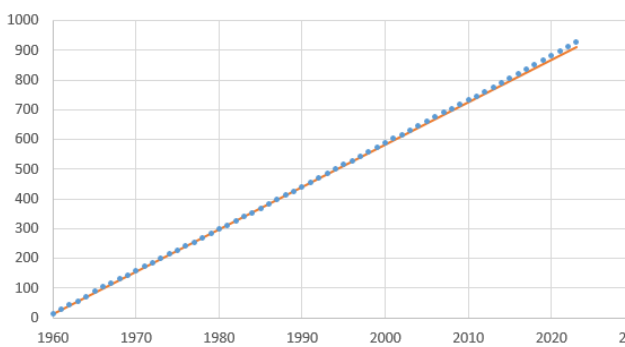


Рисунок Е9 - Графики интегральной кривой и интегральной разностной кривой средних температур за летне-осеннюю межень М-II Мариинск

Приложение Ж – Хронологические графики изменения температур воздуха

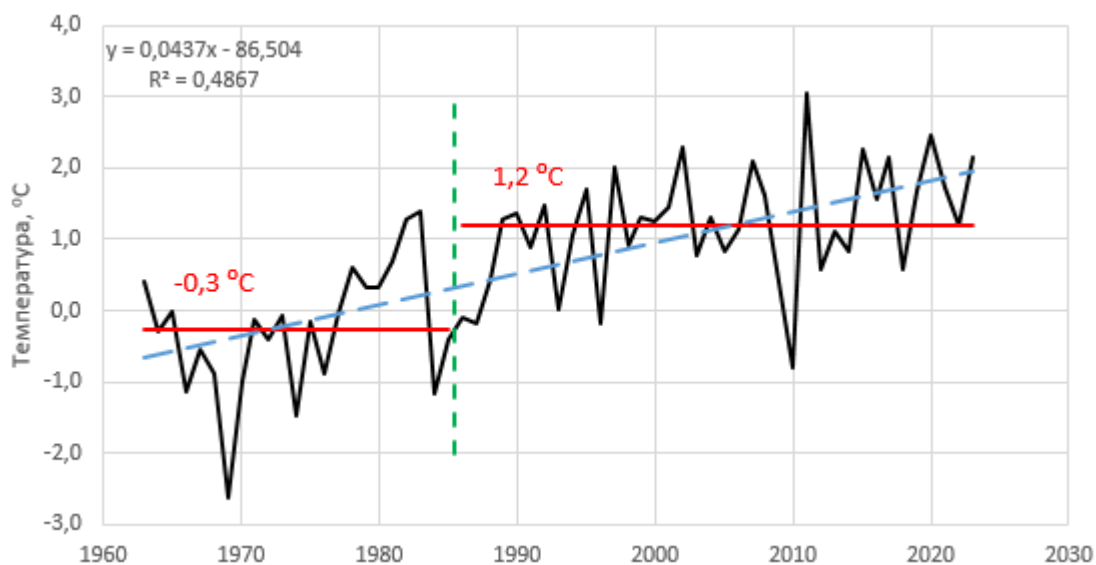


Рисунок Ж1 – Хронологический график изменения средней годовой температуры воздуха М-II Таштагол

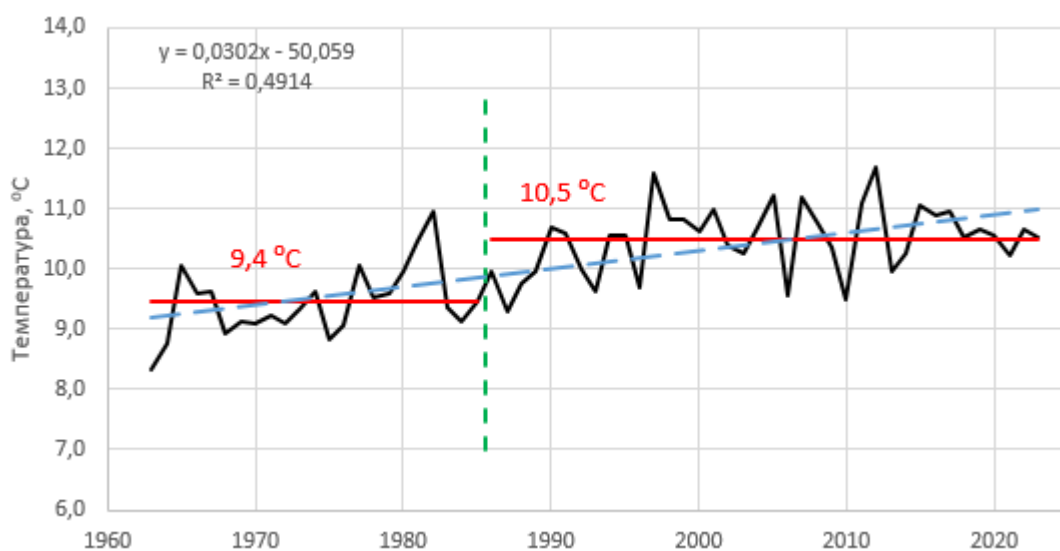


Рисунок Ж2 – Хронологический график изменения средней температуры воздуха за тёплый период М-II Таштагол

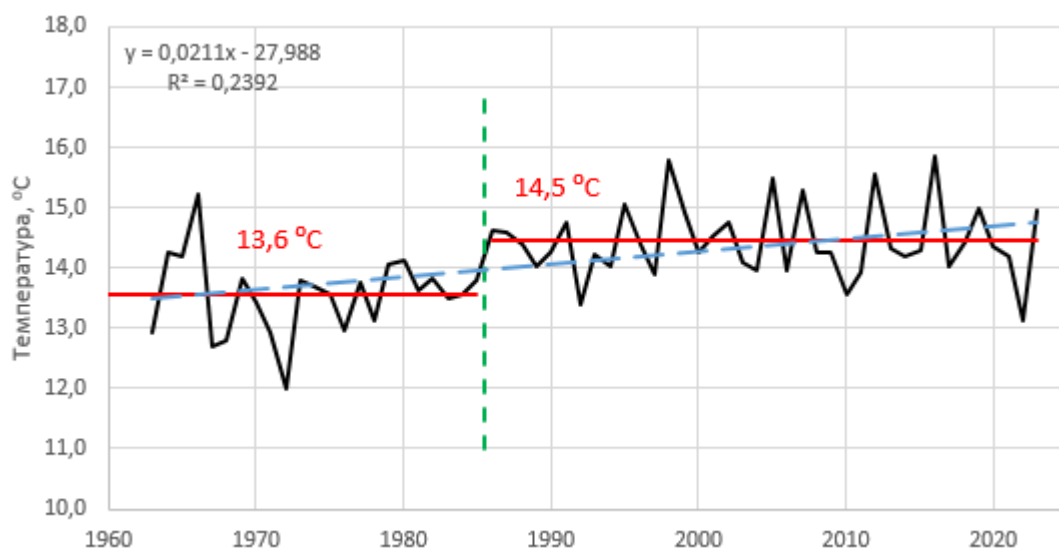


Рисунок ЖЗ – Хронологический график изменения средней температуры воздуха за летне-осенний период М-II Таштагол

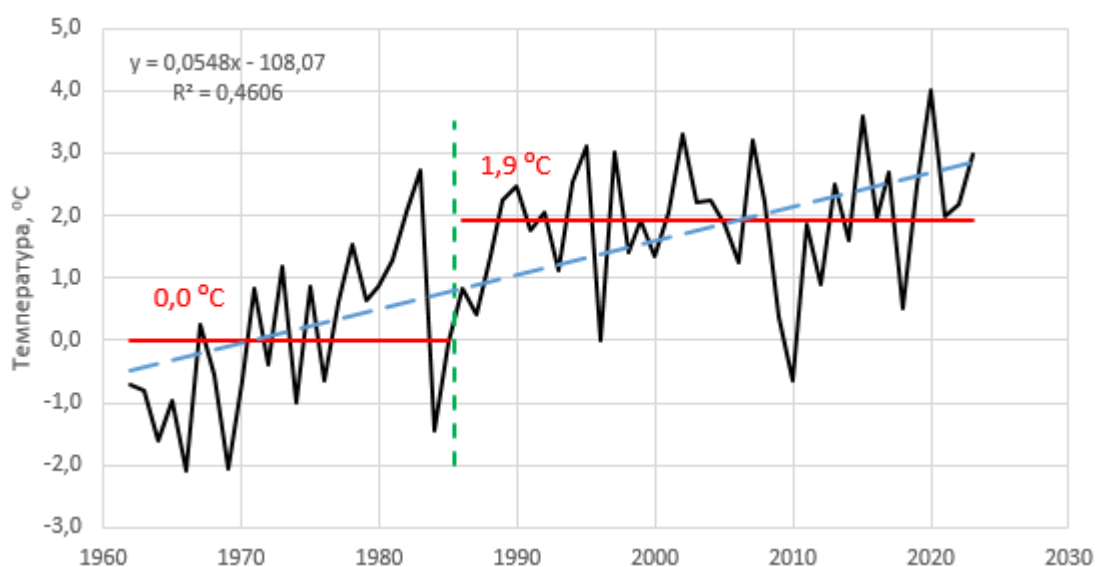


Рисунок Ж4 – Хронологический график изменения средней годовой температуры воздуха М-II Промышленная

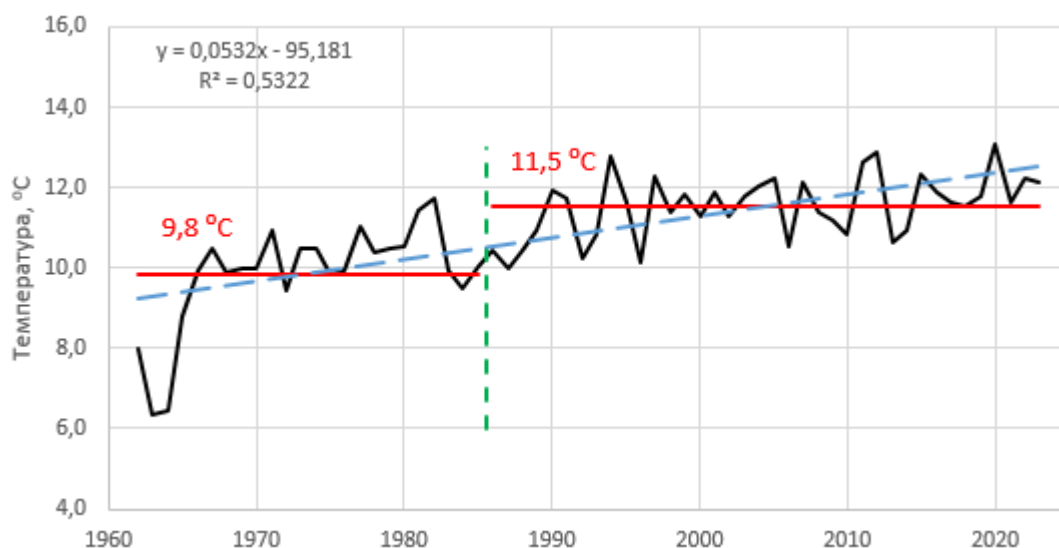


Рисунок Ж5 – Хронологический график изменения средней температуры воздуха за теплый период М-II Промышленная

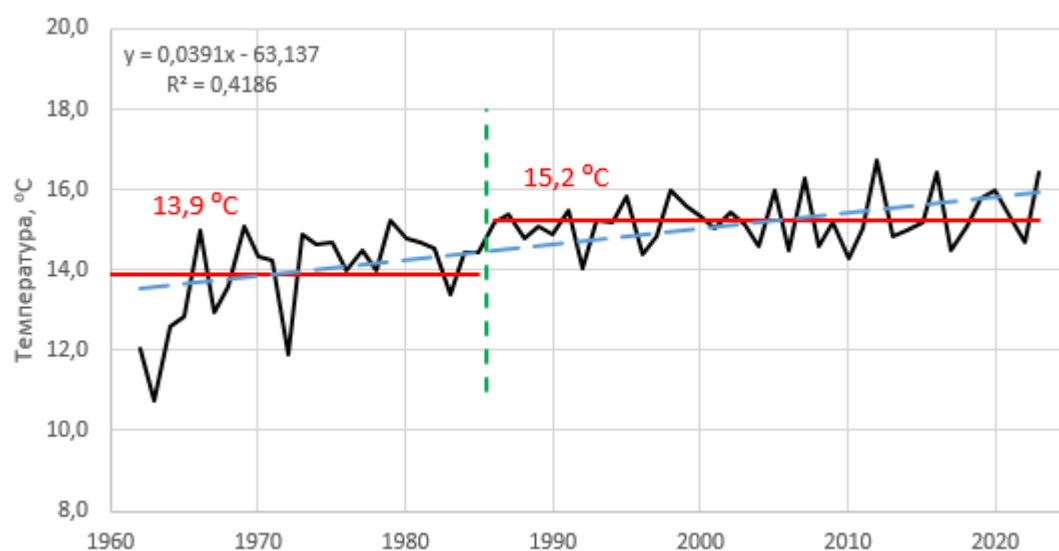


Рисунок Ж6 – Хронологический график изменения средней температуры воздуха за летне-осенний период М-II Промышленная

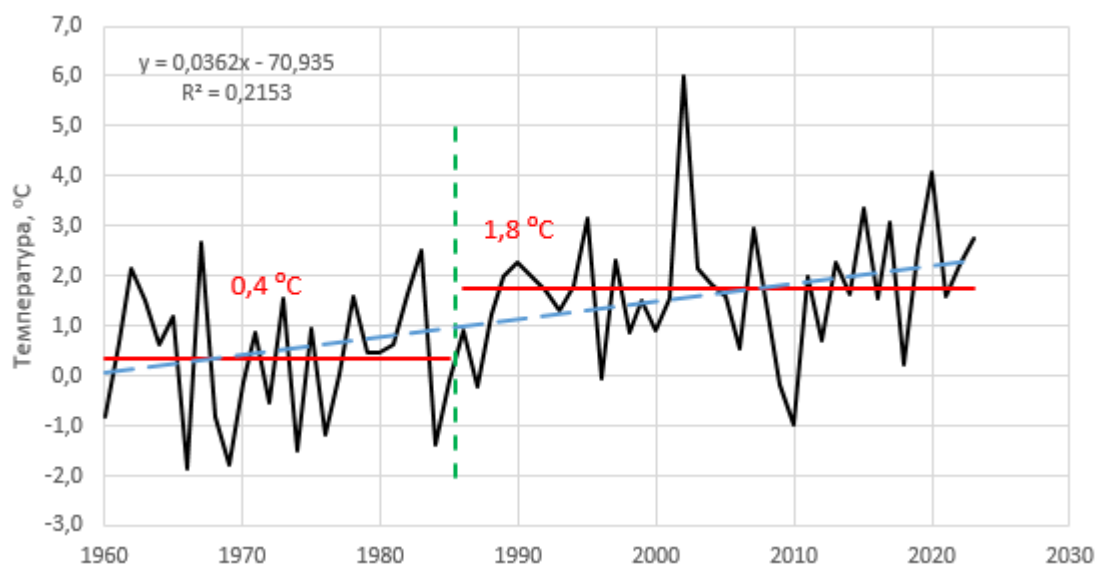


Рисунок Ж7 – Хронологический график изменения средней годовой температуры воздуха М-II Мариинск

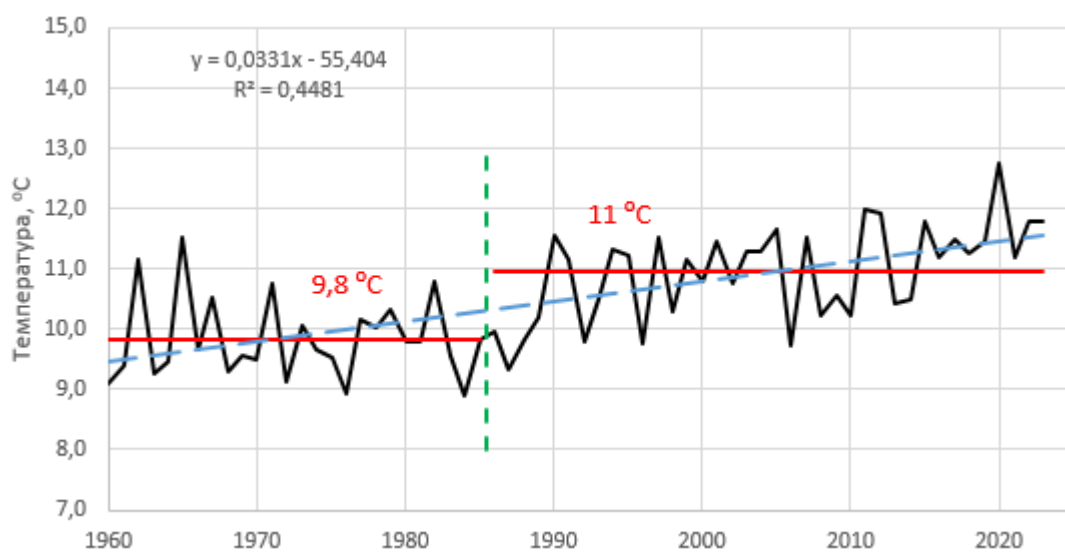


Рисунок Ж8 – Хронологический график изменения средней температуры воздуха за теплый период М-II Мариинск

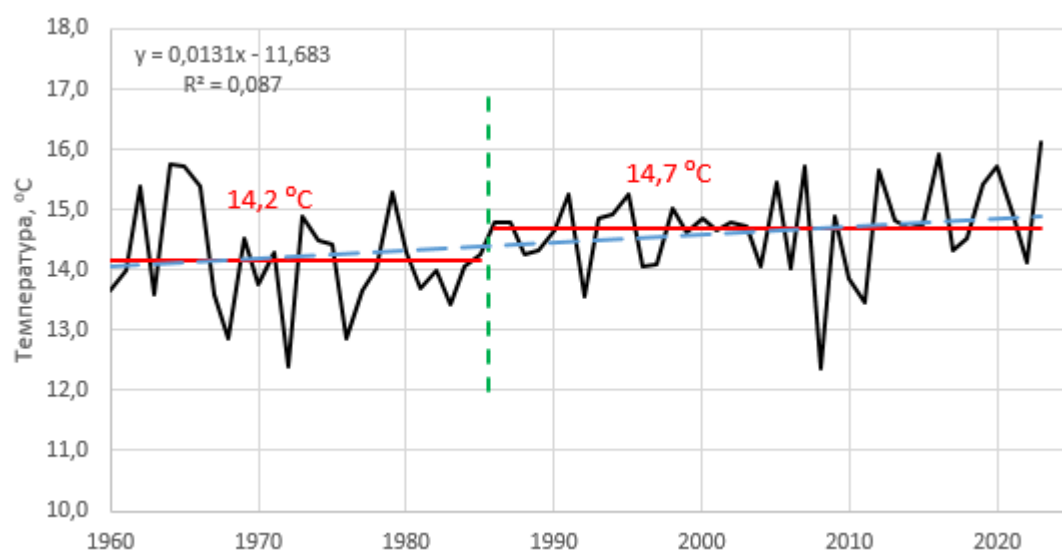


Рисунок Ж9 – Хронологический график изменения средней температуры воздуха за летне-осенний период М-II Мариинск

Приложение II - Хронологические графики сумм осадков

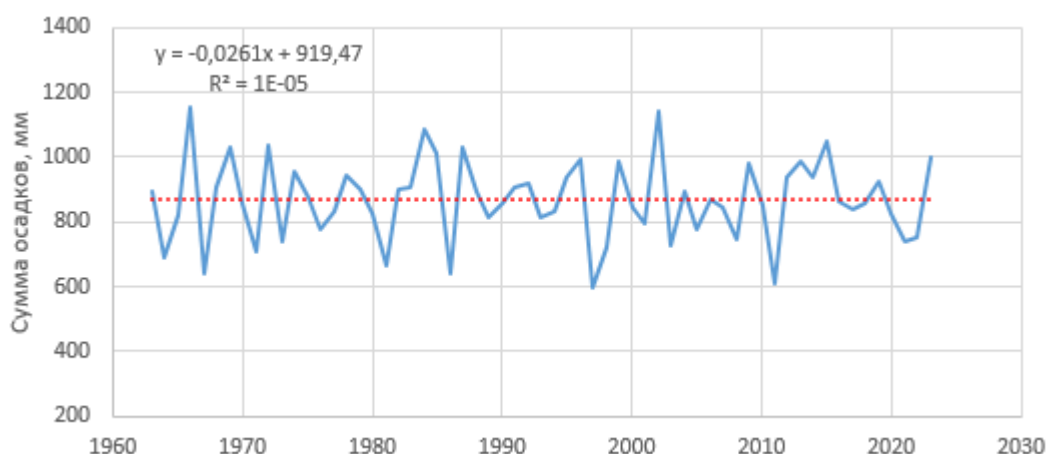


Рисунок И1 – Хронологический график годовых сумм осадков по метеостанции Таштагол

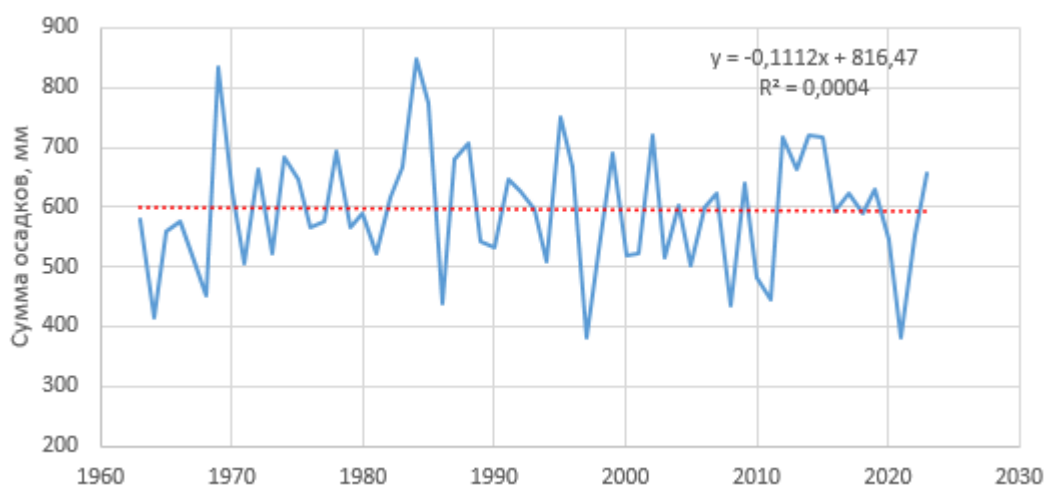


Рисунок И2 – Хронологический график сумм осадков за теплый период по метеостанции Таштагол

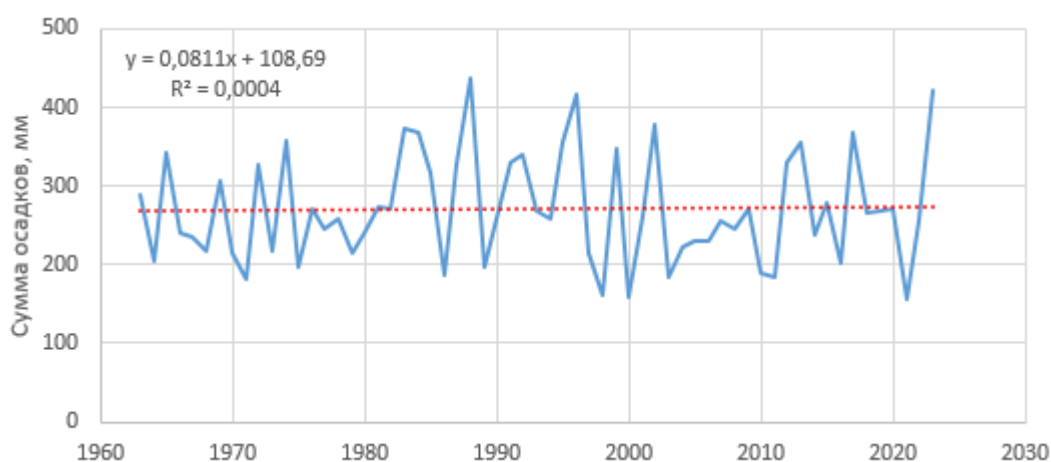


Рисунок И3 – Хронологический график сумм осадков за период летне-осенней межени по метеостанции Таштагол

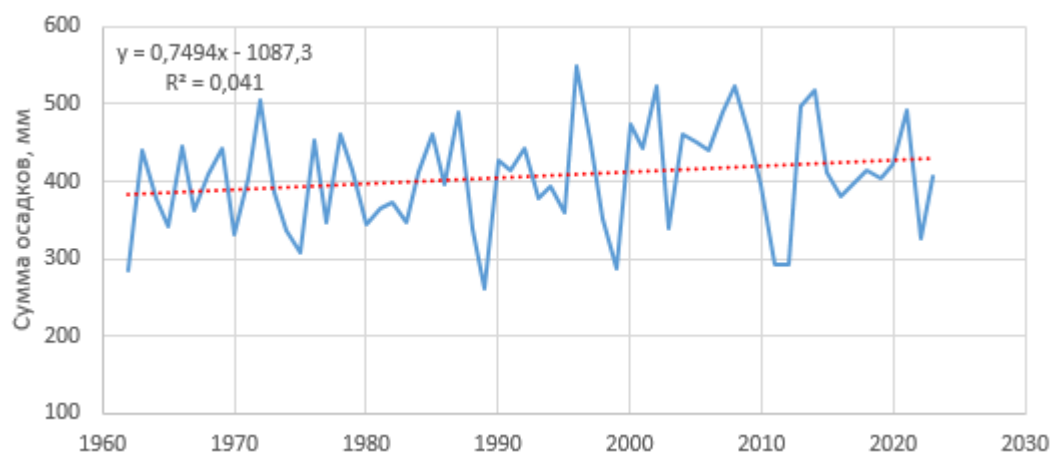


Рисунок И4 – Хронологический график годовых сумм осадков по метеостанции Промышленная

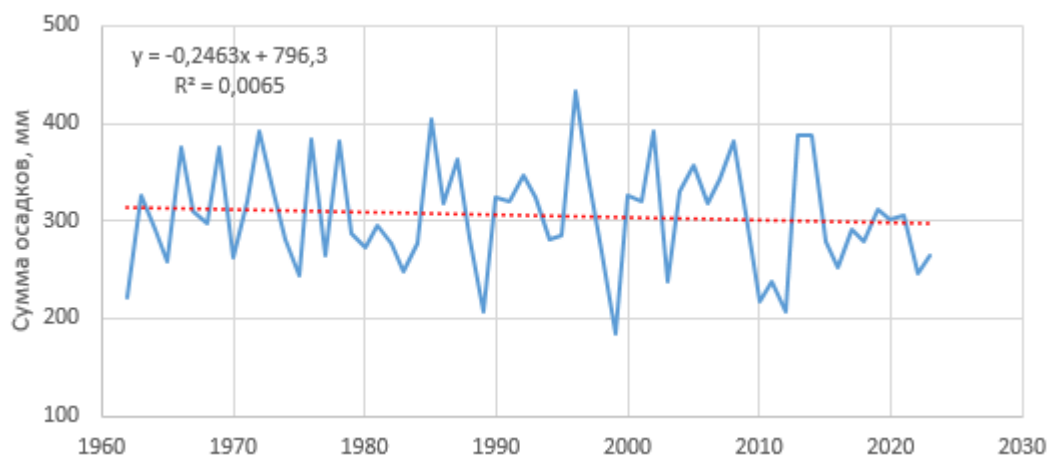


Рисунок И5 – Хронологический график сумм осадков за теплый период по метеостанции Промышленная

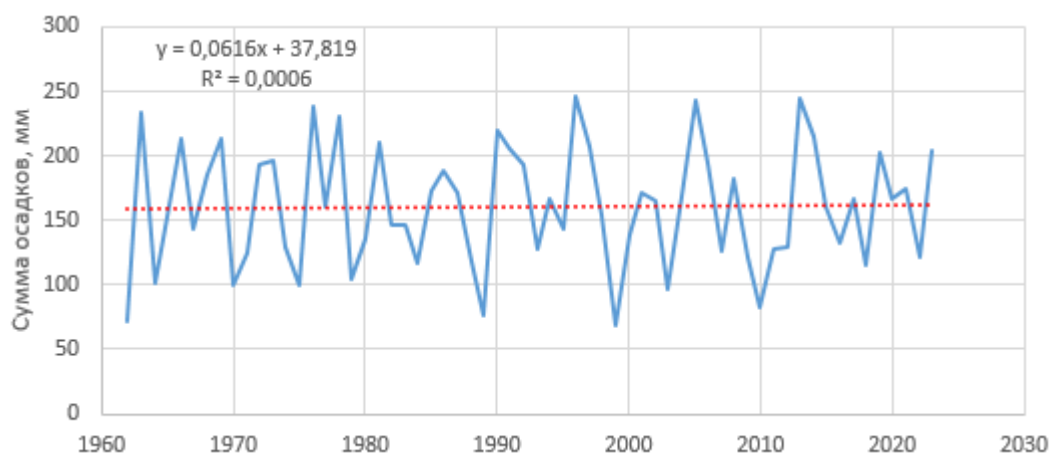


Рисунок И6 – Хронологический график сумм осадков за период летне-осенней межени по метеостанции Промышленная

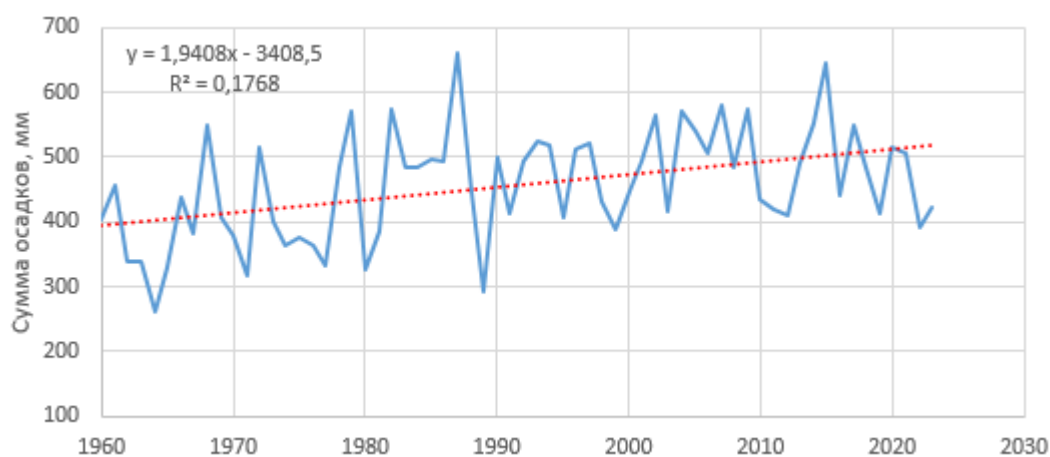


Рисунок И7 – Хронологический график годовых сумм осадков по метеостанции Мариинск

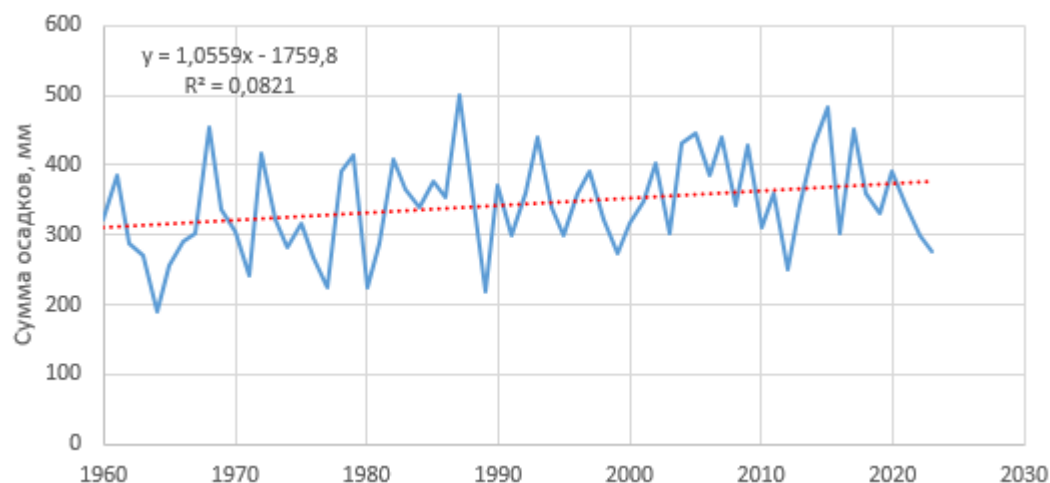


Рисунок И8 – Хронологический график сумм осадков за теплый период по метеостанции Мариинск

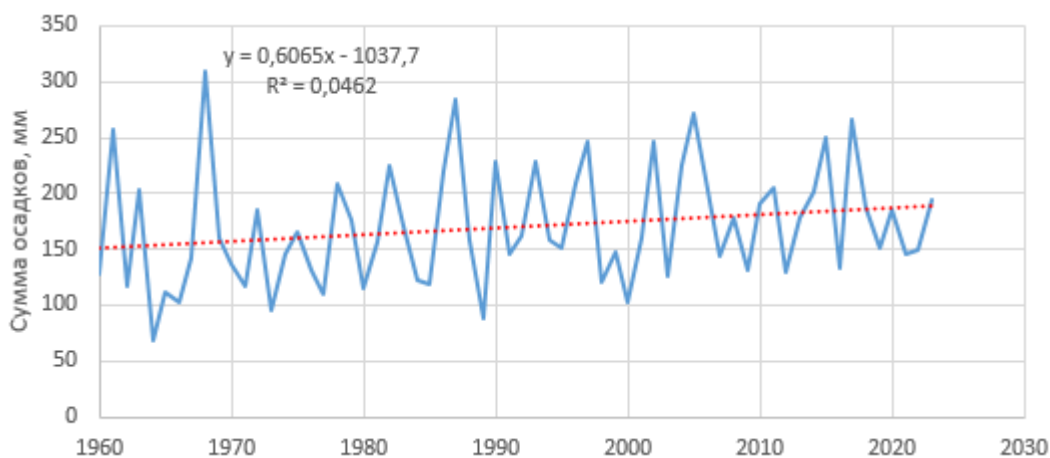


Рисунок И9 – Хронологический график сумм осадков за период летне-осенней межени по метеостанции Мариинск

Приложение К - Графики интегральных кривых и интегральных разностных кривых сумм осадков

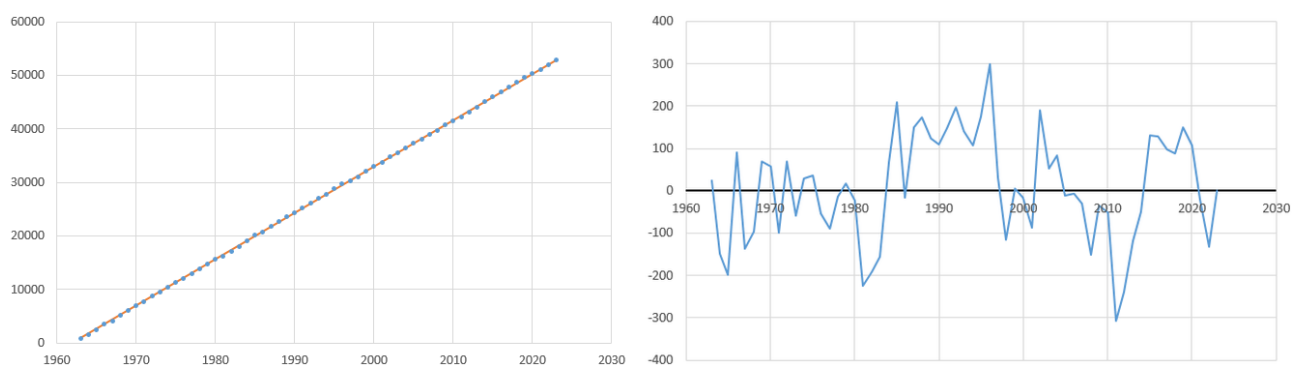


Рисунок К1 - Графики интегральной кривой и интегральной разностной кривой годовых сумм осадков М-II Таштагол

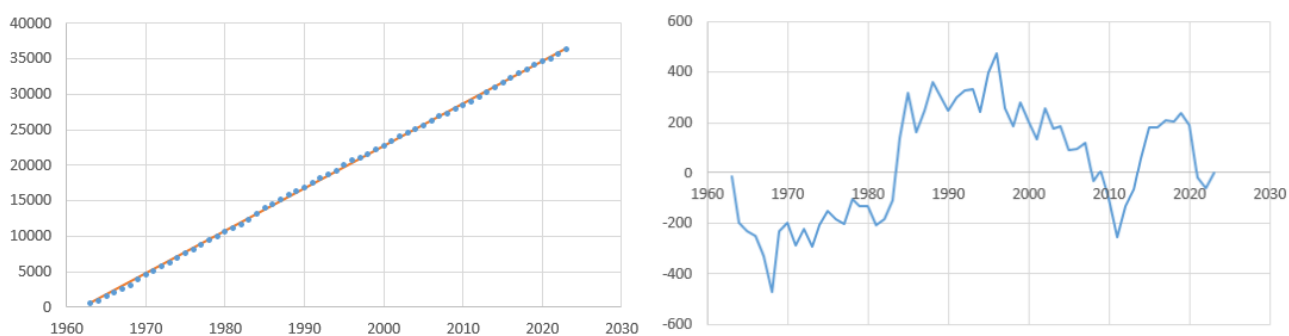


Рисунок К2 - Графики интегральной кривой и интегральной разностной кривой сумм осадков за теплый период М-II Таштагол

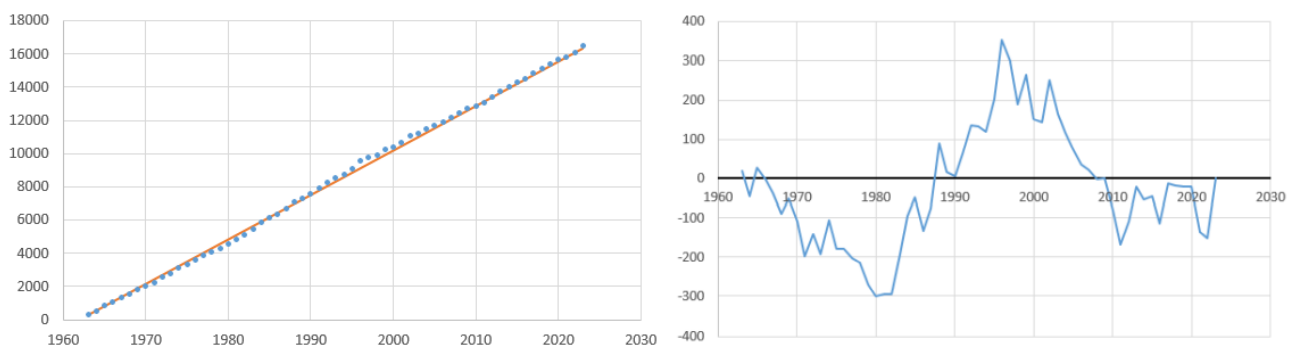


Рисунок К3 - Графики интегральной кривой и интегральной разностной кривой сумм осадков за летне-осеннюю межень М-II Таштагол

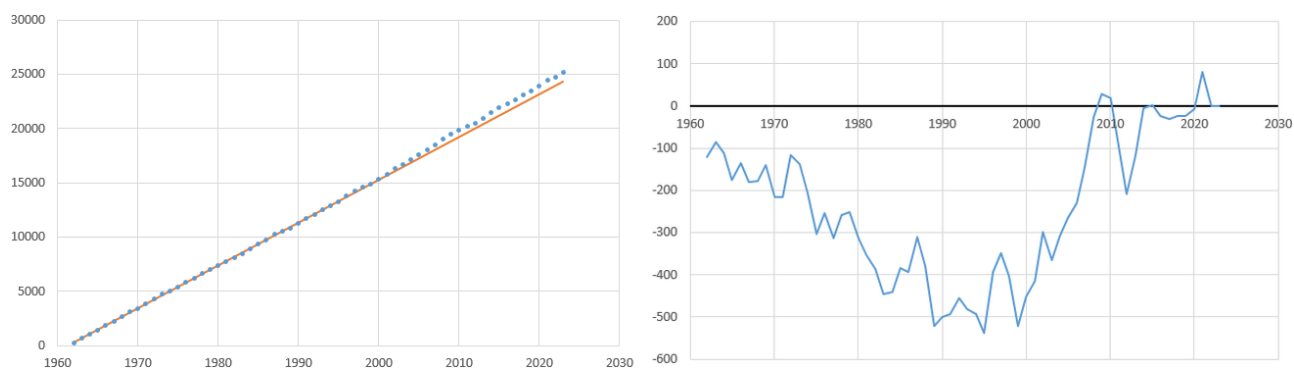


Рисунок К4 - Графики интегральной кривой и интегральной разностной кривой годовых сумм осадков М-II Промышленная

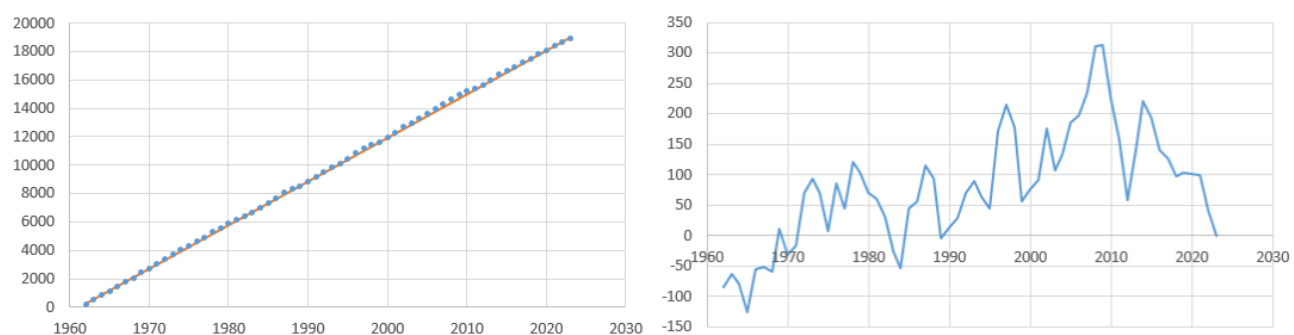


Рисунок К5 - Графики интегральной кривой и интегральной разностной кривой сумм осадков за теплый период М-II Промышленная

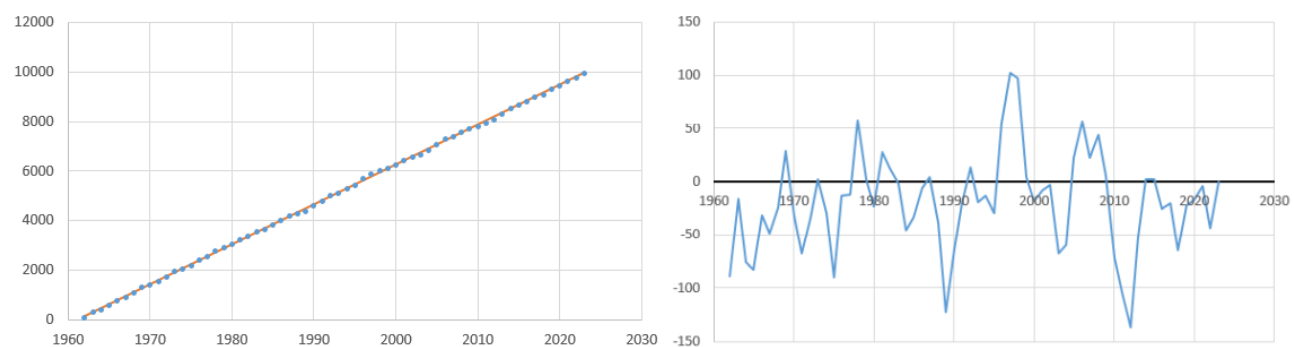


Рисунок К6 - Графики интегральной кривой и интегральной разностной кривой сумм осадков за летне-осеннюю межень М-II Промышленная

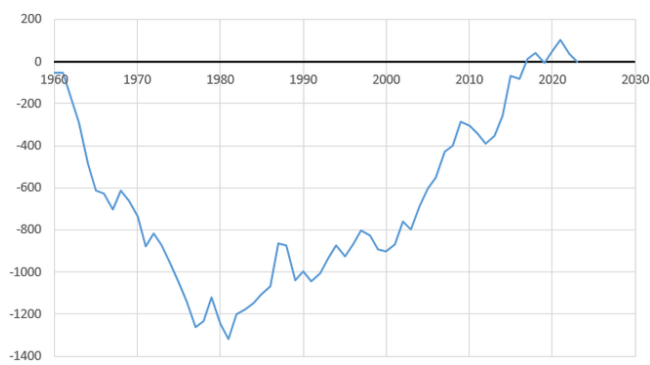
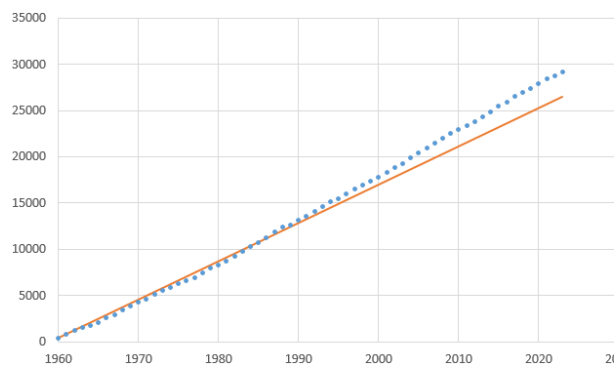


Рисунок К7 - Графики интегральной кривой и интегральной разностной кривой годовых сумм осадков М-II Мариинск

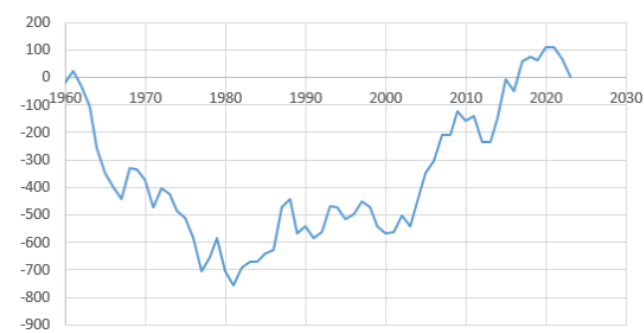
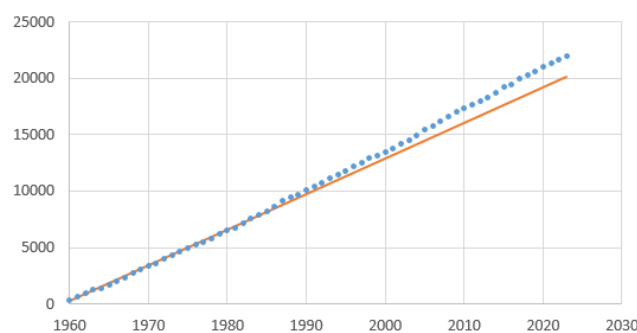


Рисунок К8 - Графики интегральной кривой и интегральной разностной кривой сумм осадков за теплый период М-II Мариинск

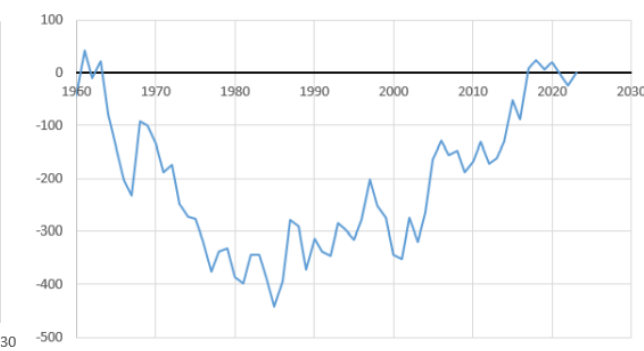
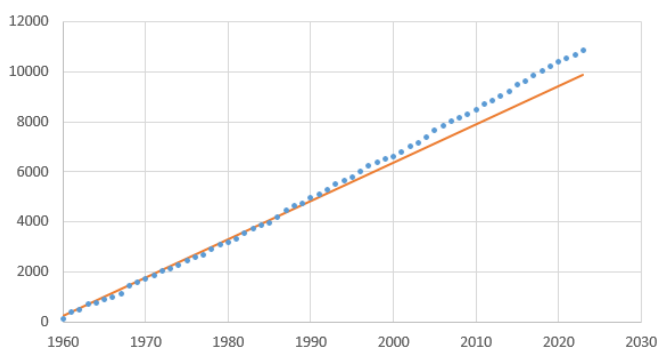


Рисунок К9 - Графики интегральной кривой и интегральной разностной кривой сумм осадков за летне-осеннюю межень М-II Мариинск

Приложение Л – Хронологические графики изменения сумм осадков

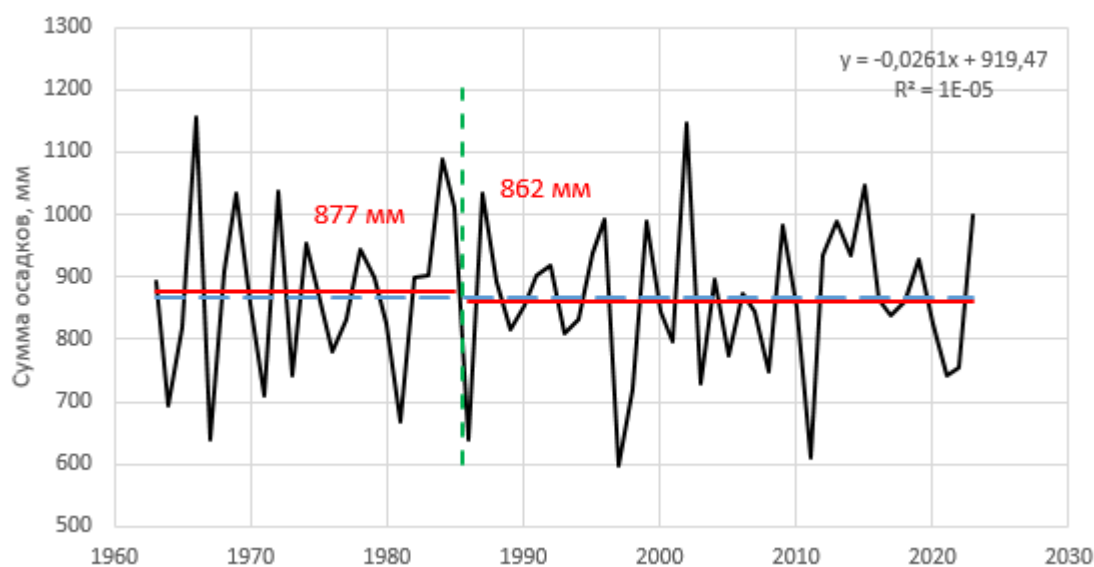


Рисунок Л1 – Хронологический график изменения годовых сумм осадков
М-II Таштагол

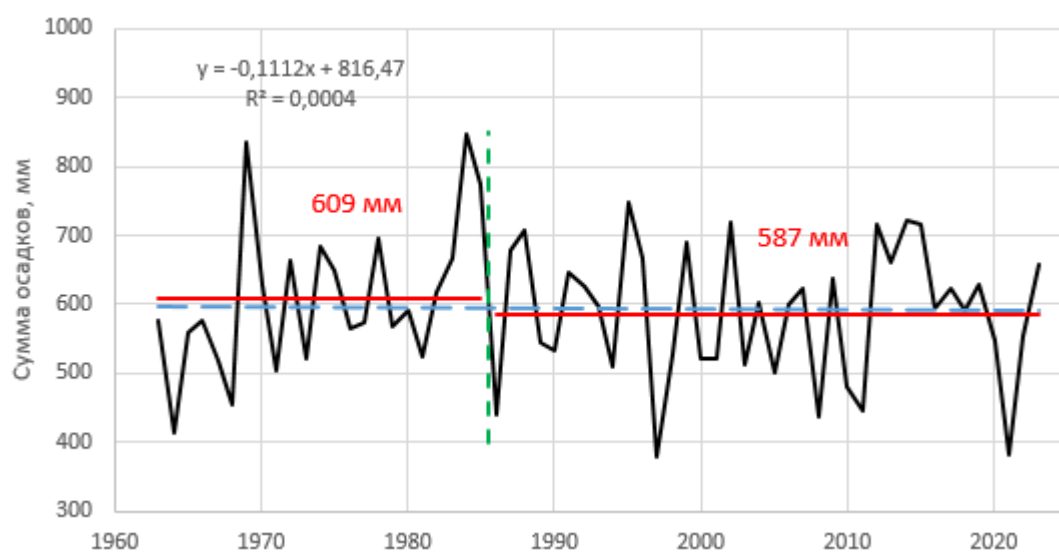


Рисунок Л2 – Хронологический график изменения сумм осадков за тёплый
период М-II Таштагол

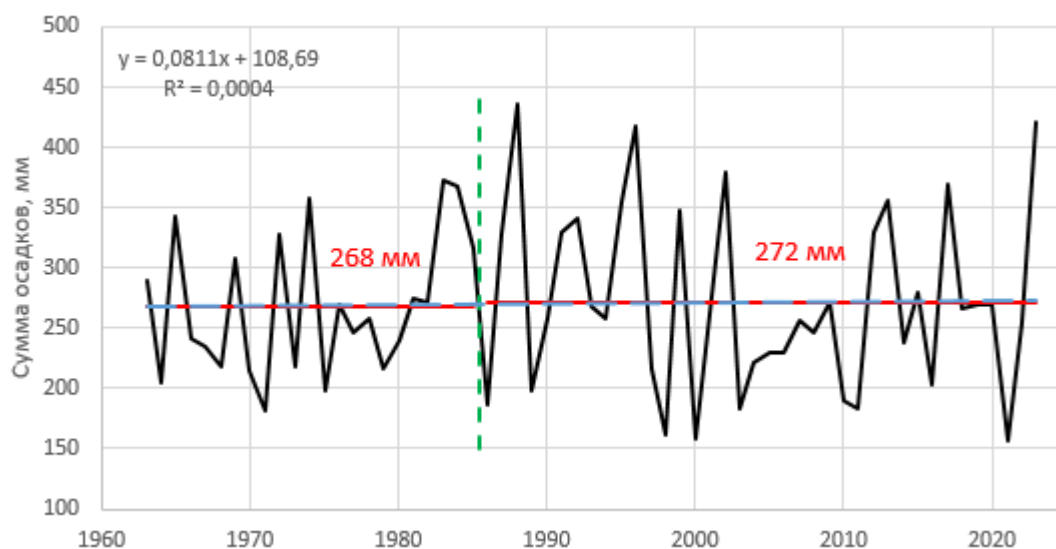


Рисунок ЛЗ – Хронологический график изменения сумм осадков за летне-осенний период М-II Таштагол

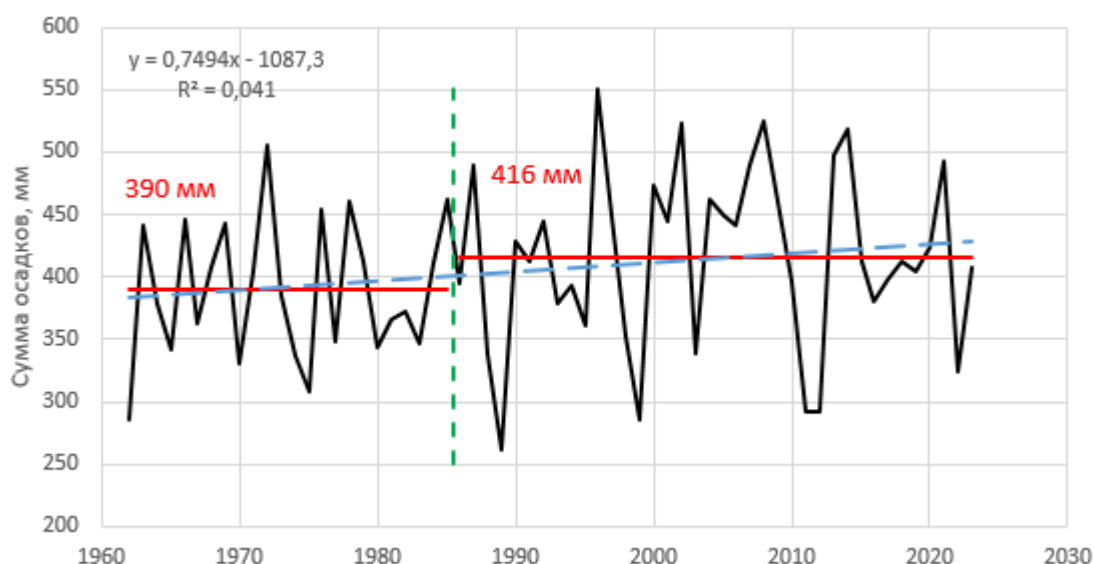


Рисунок Л4 – Хронологический график изменения годовых сумм осадков М-II Промышленная

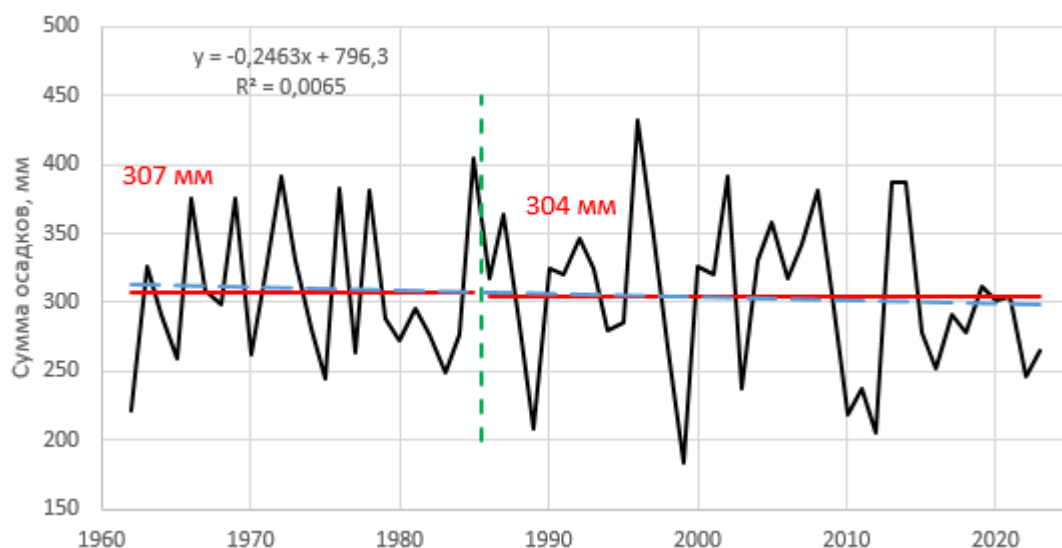


Рисунок Л5 – Хронологический график изменения сумм осадков за теплый период М-II Промышленная

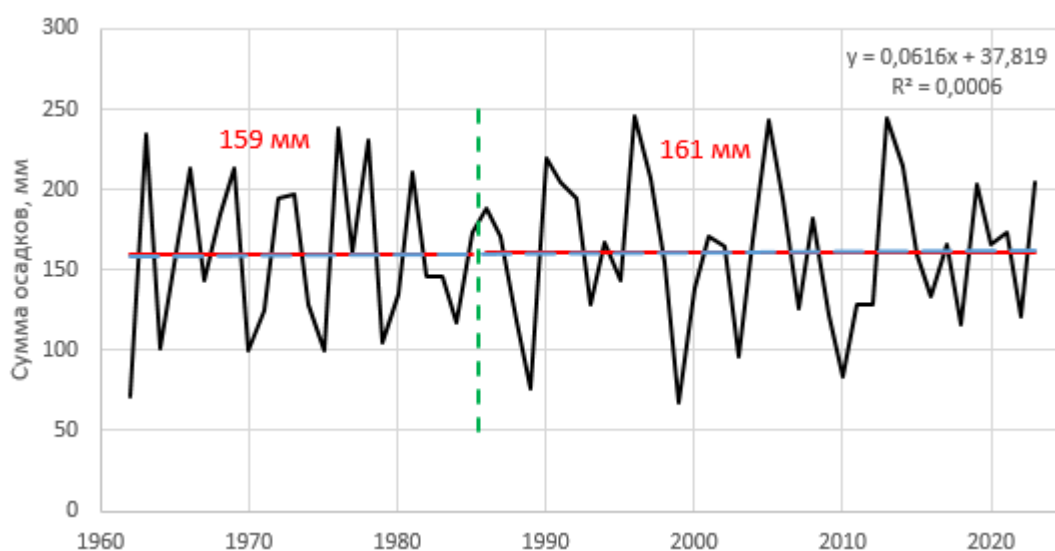


Рисунок Л6 – Хронологический график изменения сумм осадков за летне-осенний период М-II Промышленная

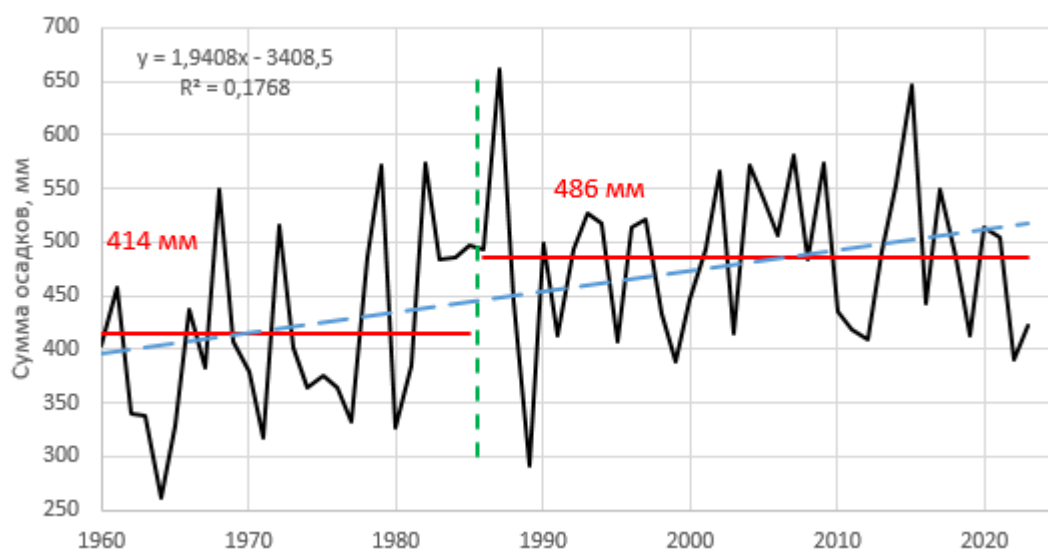


Рисунок Л7 – Хронологический график изменения годовых сумм осадков
М-II Мариинск

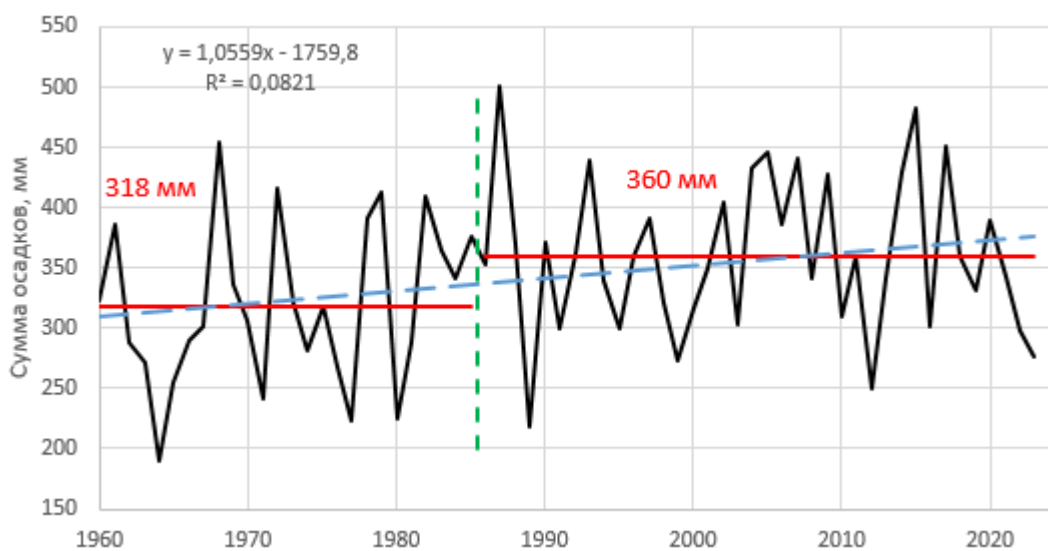


Рисунок Л8 – Хронологический график изменения сумм осадков за теплый
период М-II Мариинск

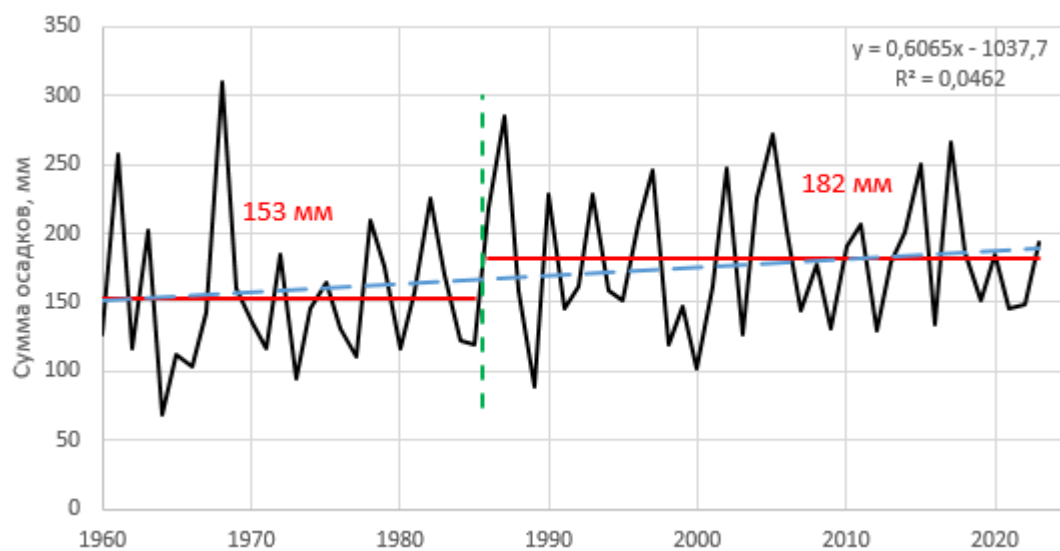


Рисунок Л9 – Хронологический график изменения сумм осадков за летне-осенний период М-II Мариинск

Приложение М – Графики хронологических изменений минимальных 30-суточных расходов воды за теплый период

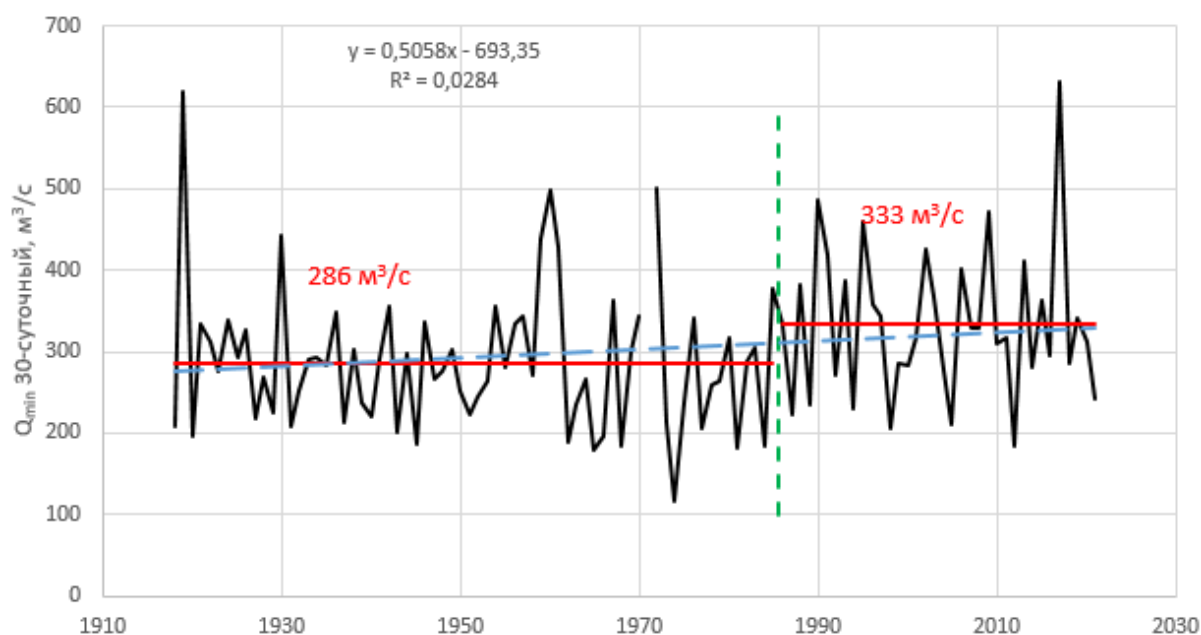


Рисунок М1 - График хронологических изменений минимальных 30-суточных расходов воды за теплый период р. Томь – г. Томск

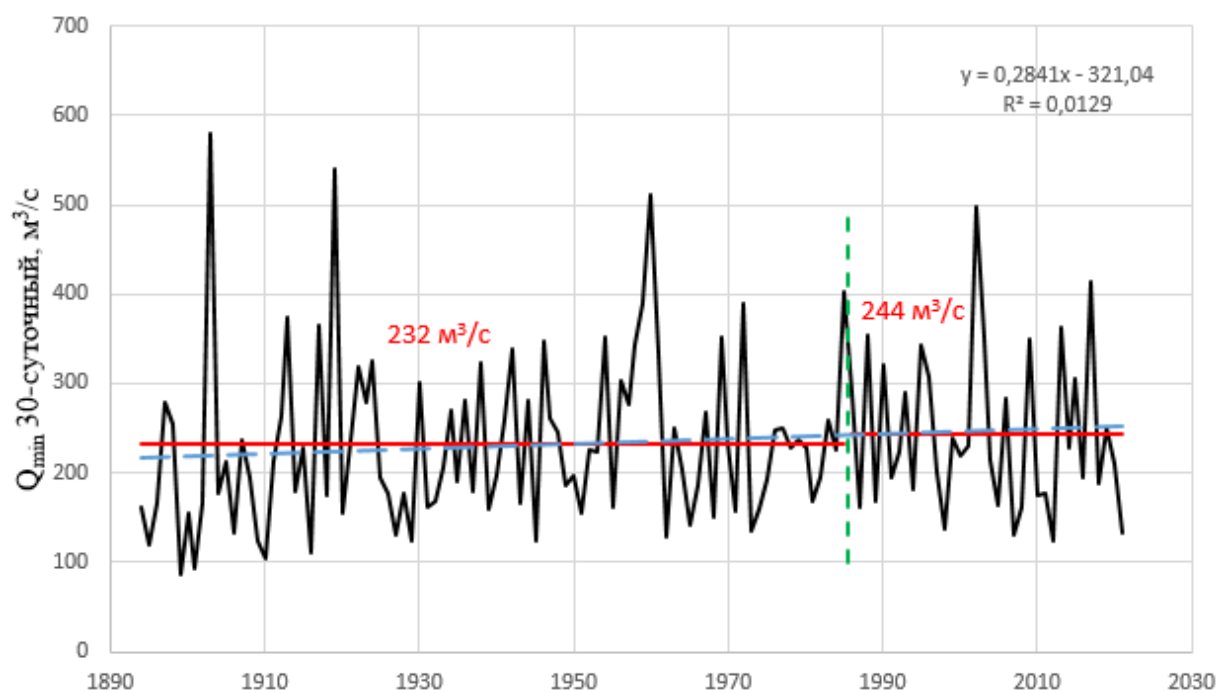


Рисунок М2 - График хронологических изменений минимальных 30-суточных расходов воды за теплый период р. Томь – г. Новокузнецк

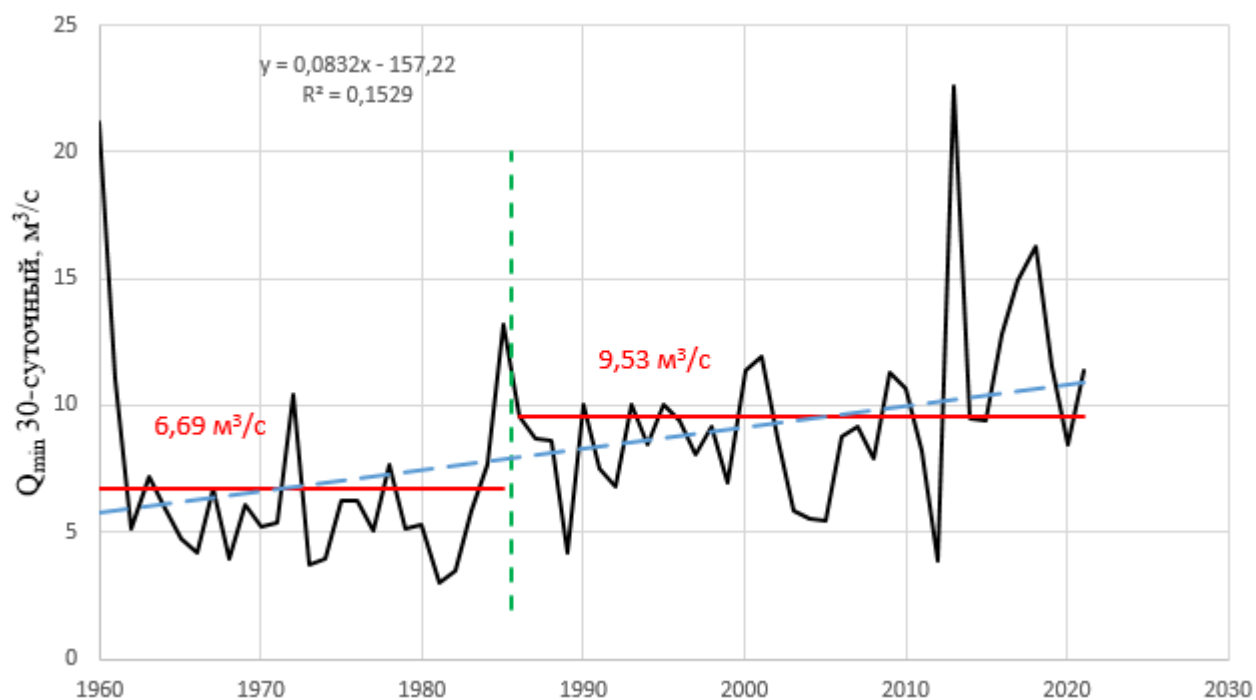


Рисунок М3 - График хронологических изменений минимальных 30-суточных расходов воды за теплый период р. Иня – п.г.т. Промышленная

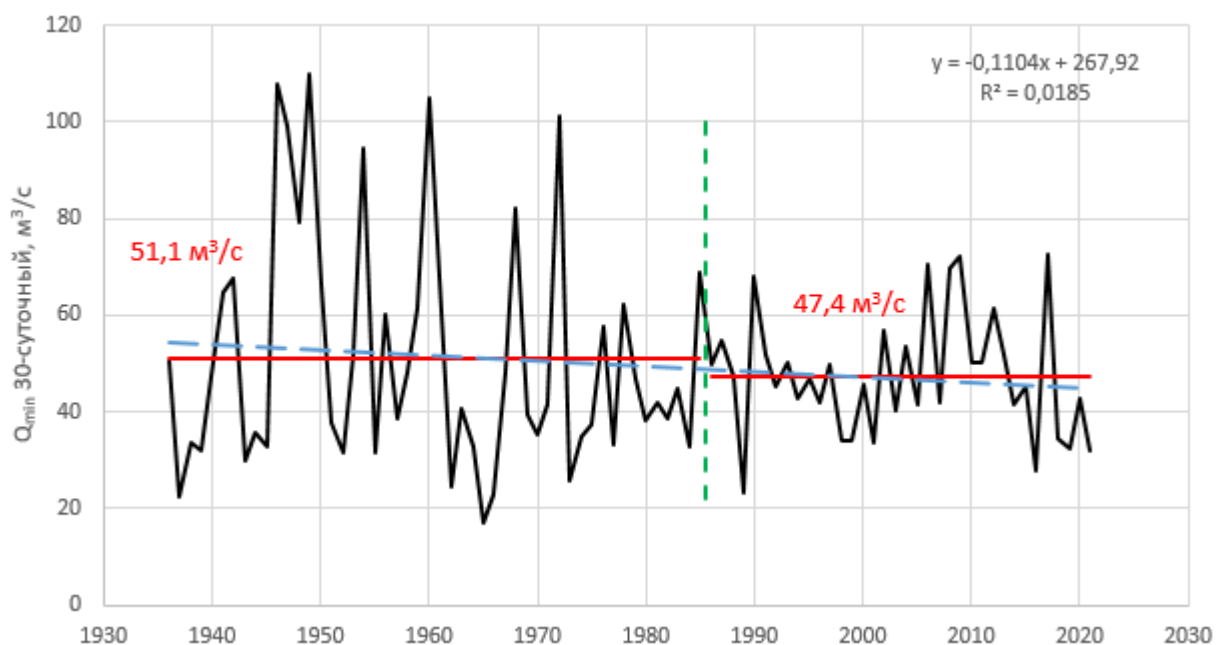


Рисунок М4 - График хронологических изменений минимальных 30-суточных расходов воды за теплый период р. Кия – г. Мариинск

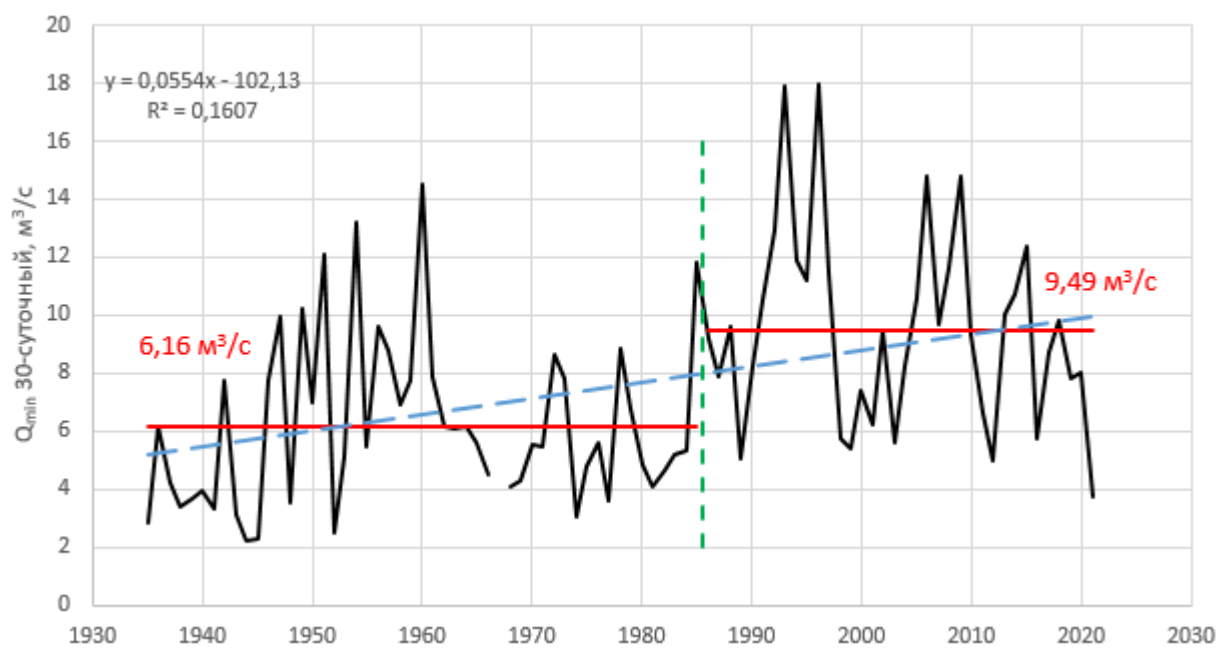


Рисунок М5 - График хронологических изменений минимальных 30-суточных расходов воды за теплый период р. Яя – п.г.т. Яя

Приложение Н - Графики совмещенных эмпирических кривых обеспеченности минимальных 30-суточных расходов

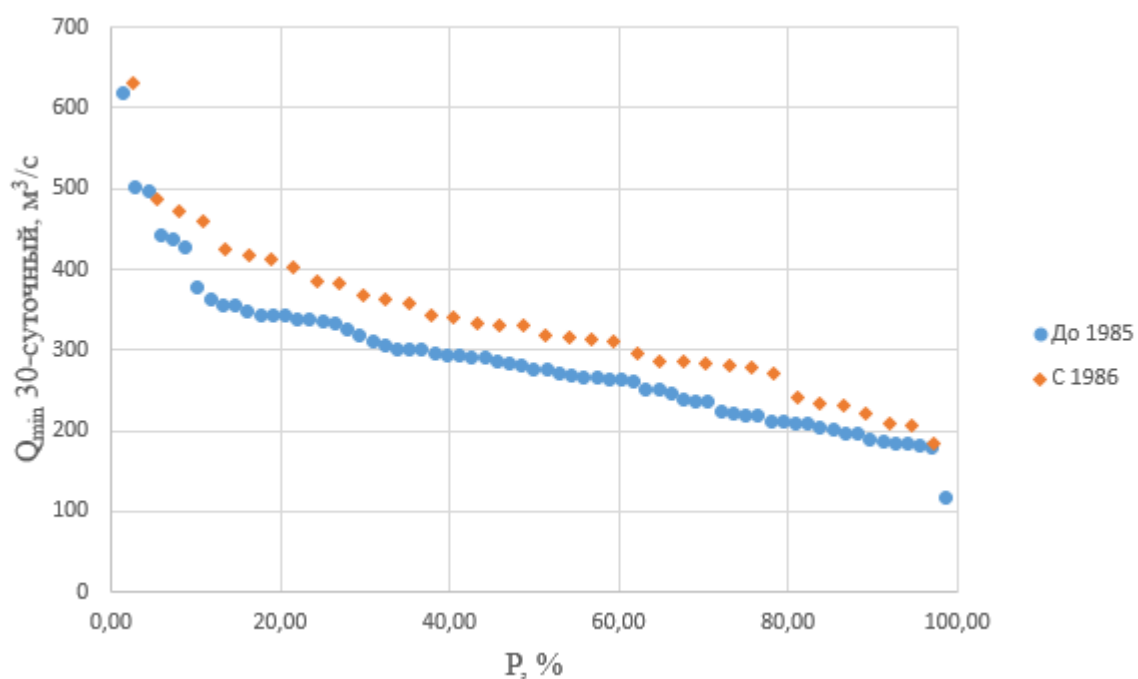


Рисунок Н1 – График совмещенных эмпирических кривых обеспеченности минимальных 30-суточных расходов р. Томь – г. Томск

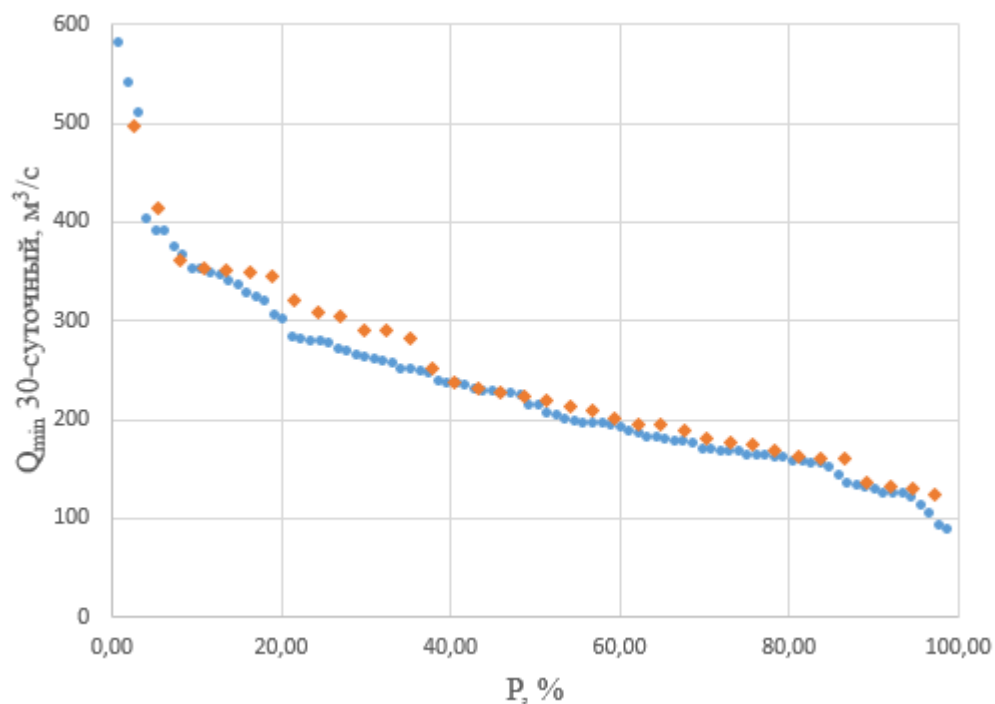


Рисунок Н2 – График совмещенных эмпирических кривых обеспеченности минимальных 30-суточных расходов р. Томь – г. Новокузнецк

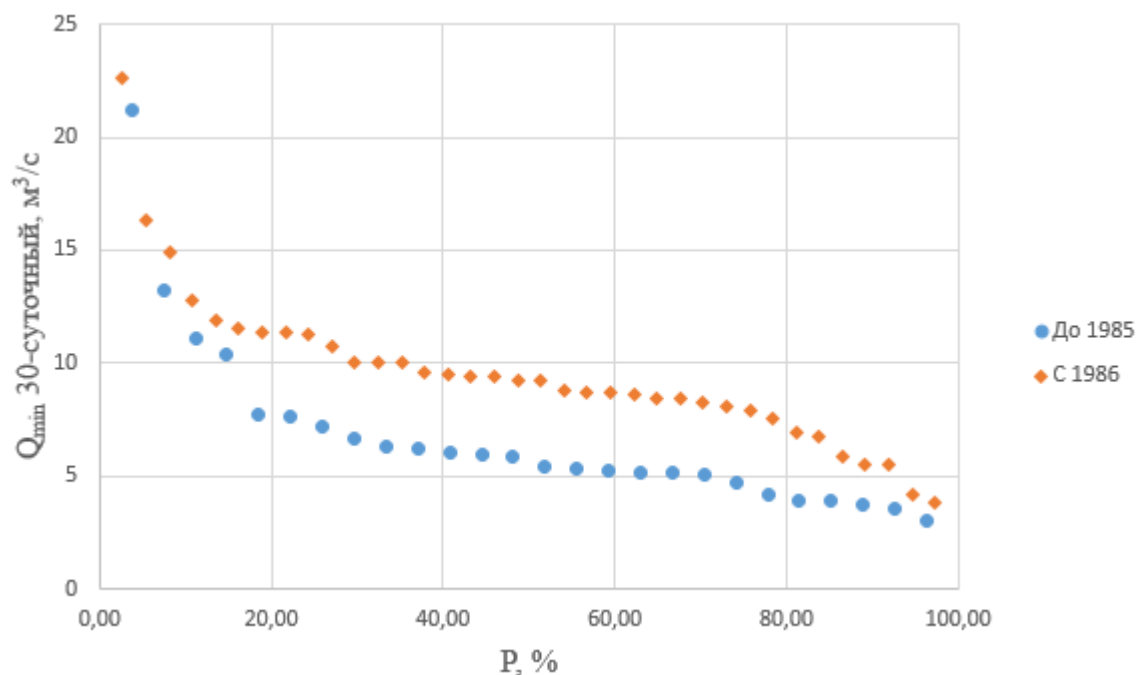


Рисунок НЗ – График совмещенных эмпирических кривых обеспеченности минимальных 30-суточных расходов р. Инья – п.г.т. Промышленная

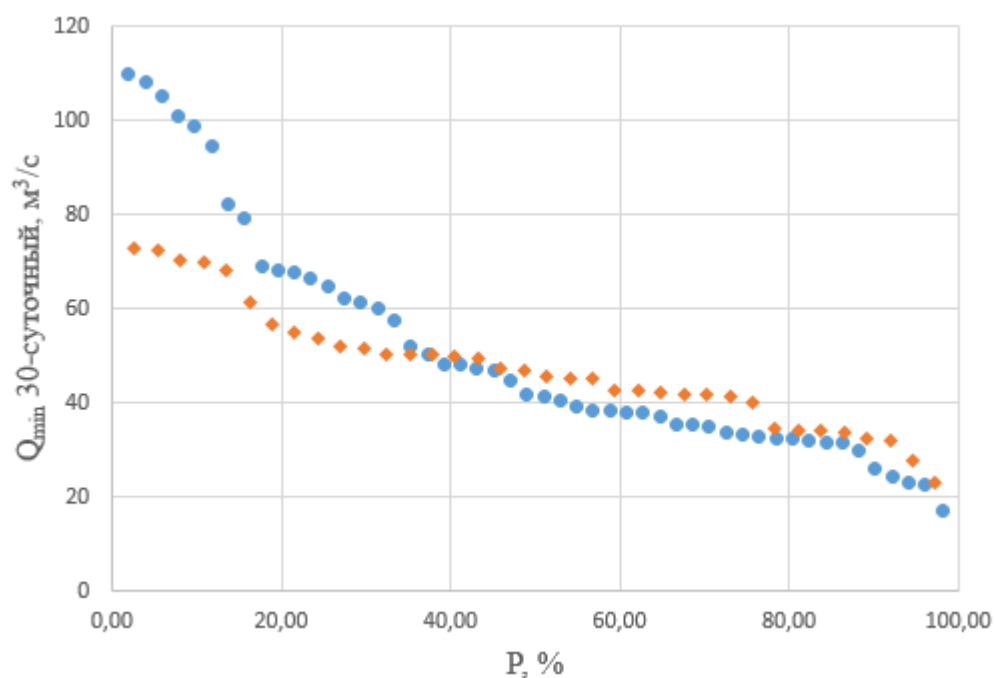


Рисунок Н4 – График совмещенных эмпирических кривых обеспеченности минимальных 30-суточных расходов р. Кия – г. Мариинск

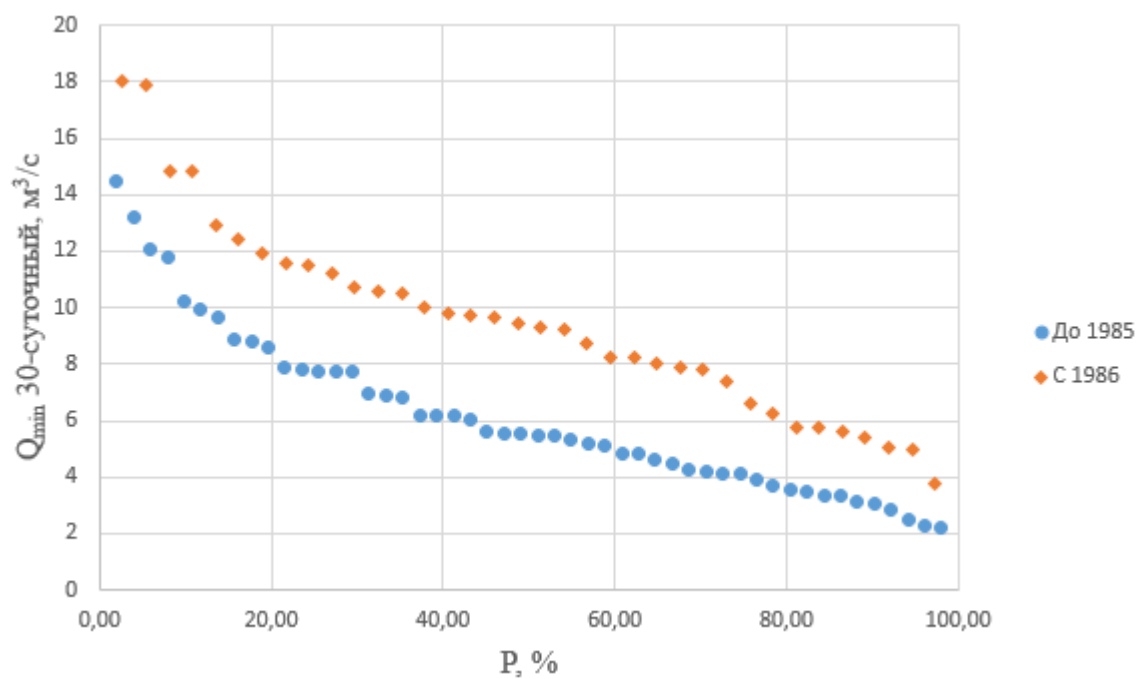


Рисунок Н5 – График совмещенных эмпирических кривых обеспеченности минимальных 30-суточных расходов р. Яя – п.г.т. Яя

Приложение П - Совмещенные графики эмпирических кривых обеспеченности
и сглаживающих кривых

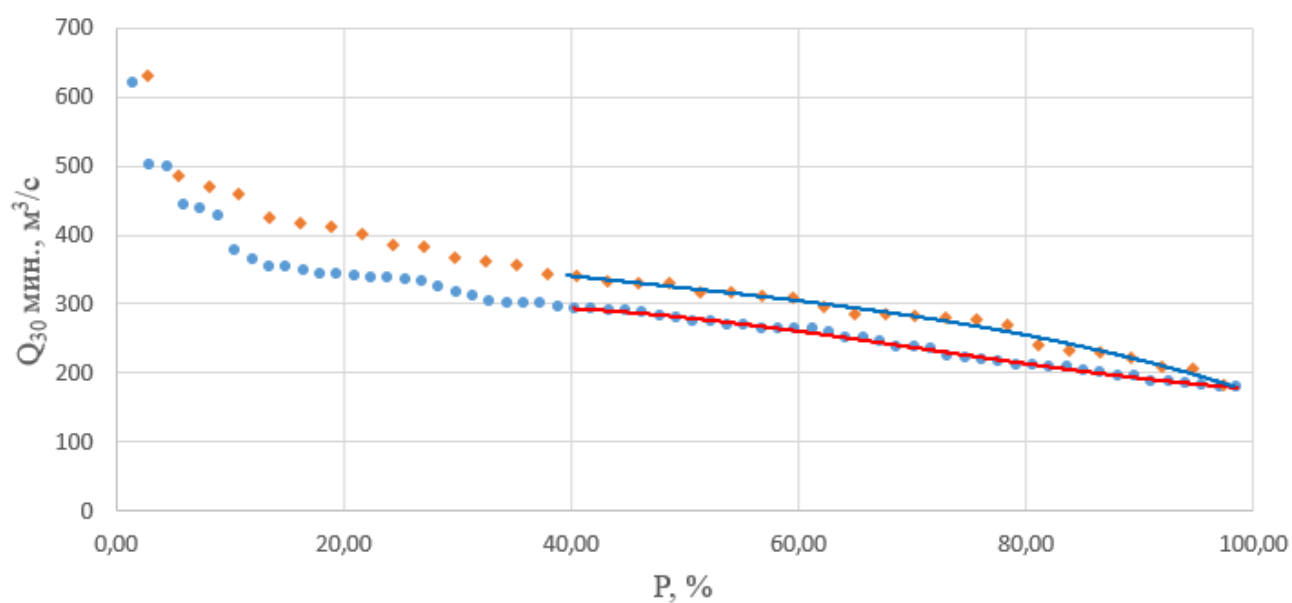


Рисунок П1 – Совмещенный график эмпирических кривых обеспеченности и
сглаживающих кривых, р. Томь – г. Томск

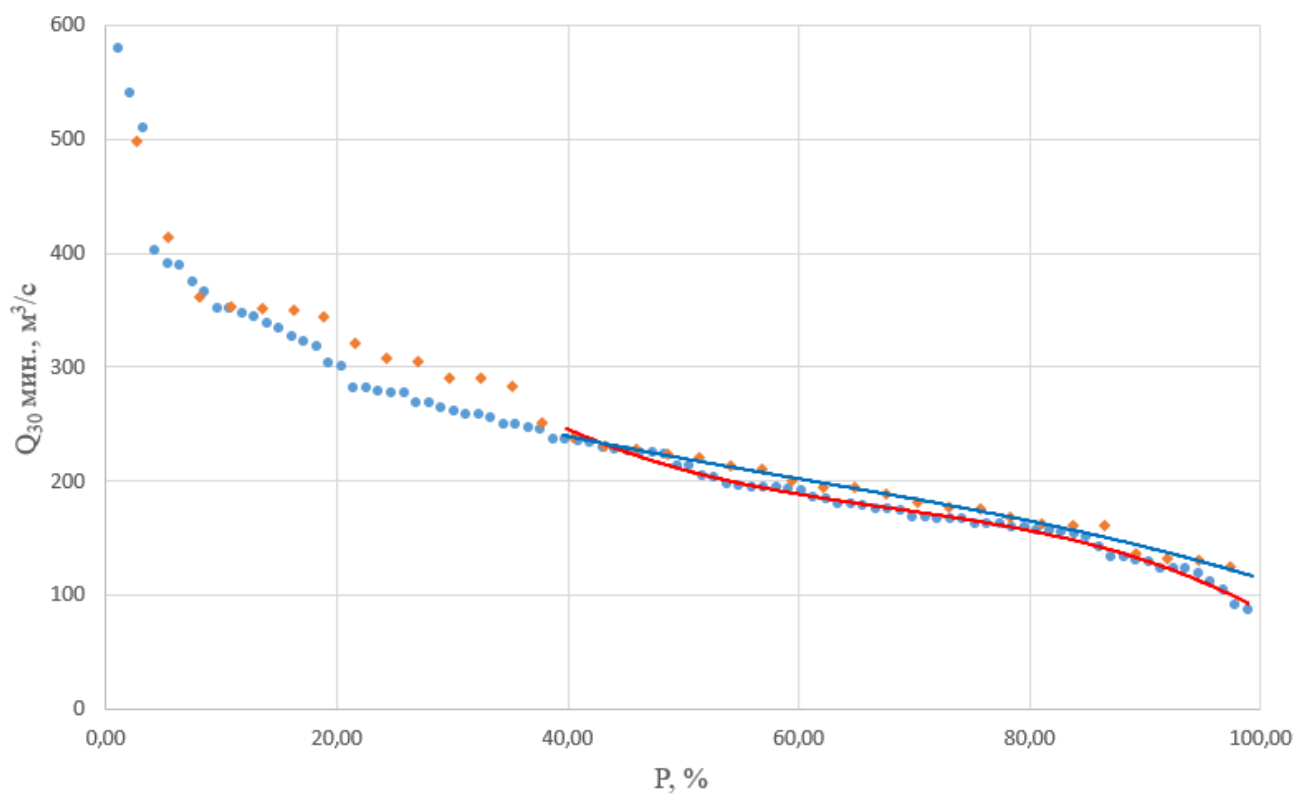


Рисунок П2 – Совмещенный график эмпирических кривых обеспеченности и
сглаживающих кривых, р. Томь – г. Новокузнецк

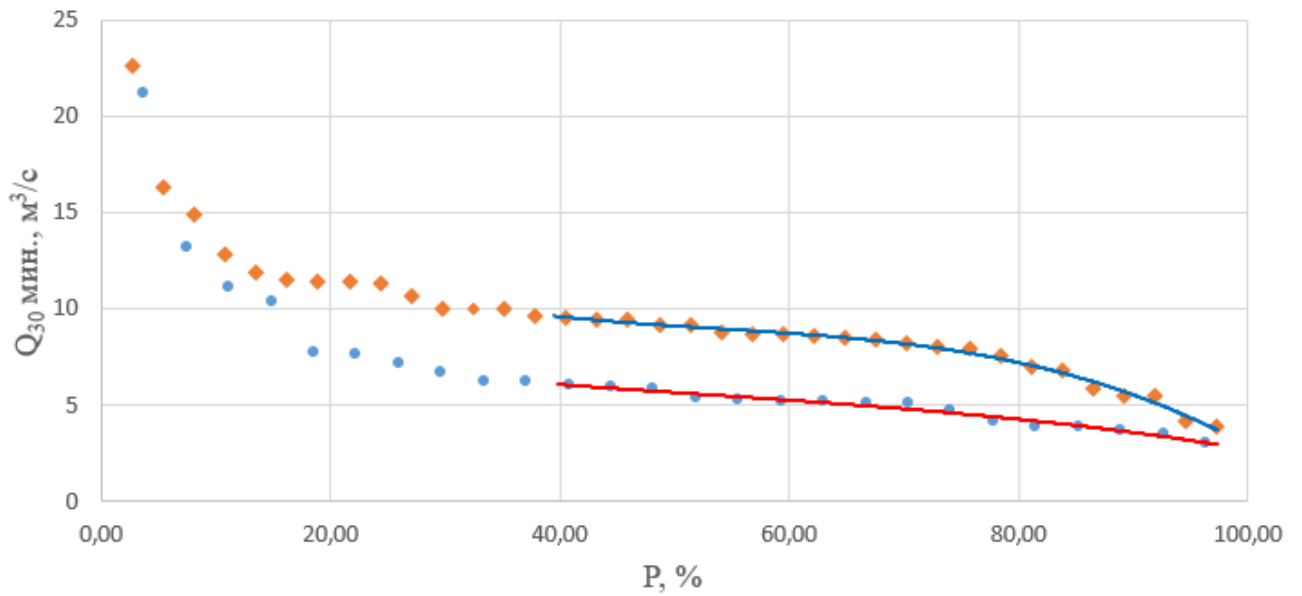


Рисунок ПЗ – Совмещенный график эмпирических кривых обеспеченности и сглаживающих кривых, р. Иня – п.г.т. Промышленная

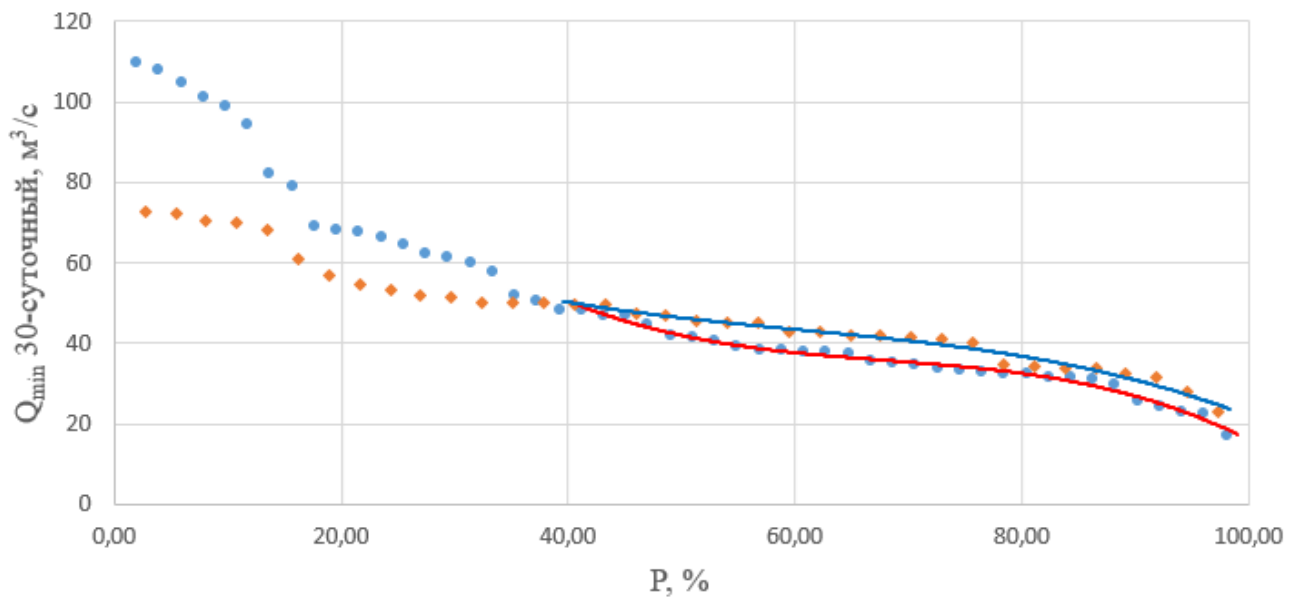


Рисунок П4 – Совмещенный график эмпирических кривых обеспеченности и сглаживающих кривых, р. Кия – г. Мариинск

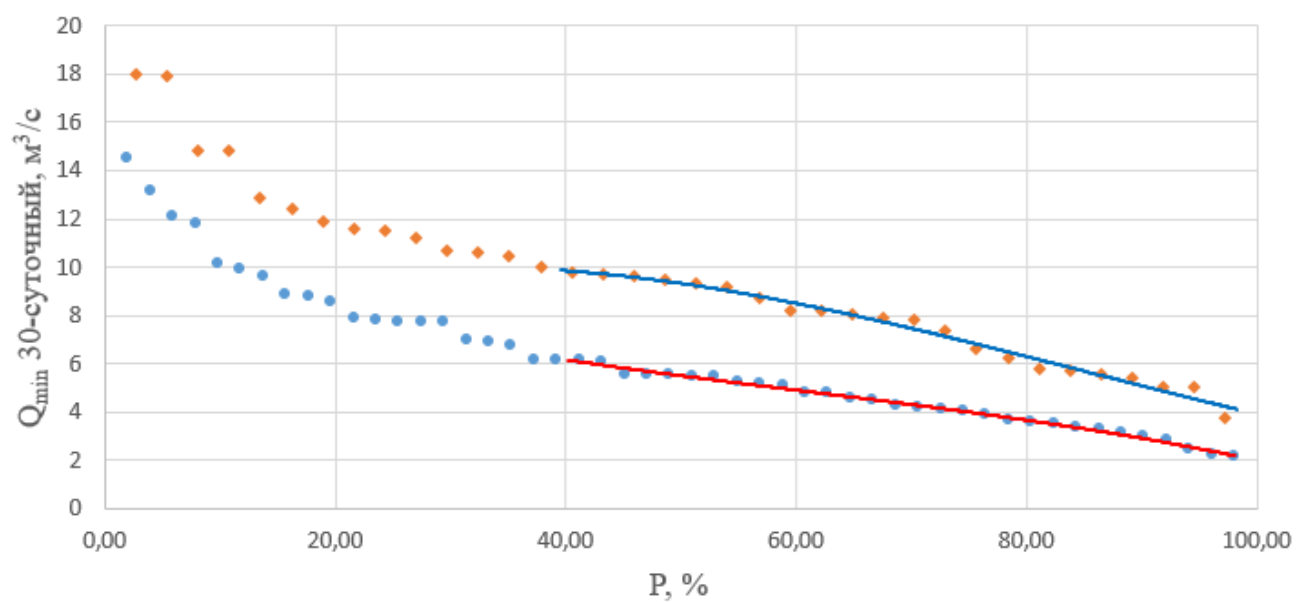


Рисунок П5 – Совмещенный график эмпирических кривых обеспеченности и сглаживающих кривых, р. Яя – п.г.т. Яя