МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра водно-технических изысканий

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(бакалаврская работа)

На тему **Анализ многолетней динамики стока реки Туры в условиях изменяющегося климата и антропогенной нагрузки**

Исполнитель **Фокина Александра Ивановна**
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель **Старший преподаватель, к.г.н.**
(ученая степень, ученое звание)

Головань Екатерина Владимировна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

к.г.н., доцент
(ученая степень, ученое звание)

Исаев Дмитрий Игоревич
(фамилия, имя, отчество)

«01» июня 2026 г.

Санкт–Петербург
2026

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ 3

Глава 1 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ РАЙОНА 4

1.1 Основные сведения о реке Тура 4

1.2 Климатическая характеристика района 4

1.3 Факторы подстилающей поверхности 6

1.3.1 Рельеф 6

1.3.2 Горные породы и почвы 7

1.3.3 Гидрографическая сеть 7

1.3.4 Растительный покров 8

1.4 Влияние водохранилищ и ГЭС 8

1.5 Влияние городской застройки в г. Тюмень 10

Глава 2 ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ РАЙОНА 13

2.1 Водный режим реки Тура 13

2.2 Исходные данные 14

2.3 Описание гидрологических постов 15

2.4 Приведение коротких гидрологических рядов наблюдений к многолетнему периоду 16

2.4.1 Восстановление рядов среднегодовых расходов воды 19

2.4.2 Восстановление рядов максимальных расходов весеннего половодья 21

Глава 3 ПРОВЕРКА ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ РЯДОВ НА ОДНОРОДНОСТЬ И СТАЦИОНАРНОСТЬ 24

3.1 Описание методик 24

3.1.1 Проверка рядов на однородность с использованием двухвыборочного критерия Стьюдента 24

3.1.2 Проверка рядов на однородность с использованием двухвыборочного критерия Фишера 24

3.1.3 Проверка рядов на значимость линейного тренда 25

3.2 Проверка рядов среднегодовой температуры воздуха и температуры воздуха за теплый и холодный периоды 25
3.3 Проверка рядов годовых сумм осадков и сумм осадков за теплый и холодный периоды на однородность и стационарность 31
3.4 Проверка рядов среднегодовых уровней воды 35
3.5 Проверка рядов максимальных уровней весеннего половодья 37
3.6 Проверка рядов минимальных летне-осенних уровней воды 38
3.7 Проверка рядов минимальных зимних уровней воды 40
3.8 Проверка рядов среднегодовых расходов воды 42
3.9 Проверка рядов максимальных расходов весеннего половодья 45
3.10 Проверка рядов минимальных летне-осенних расходов воды 46
3.11 Проверка рядов минимальных зимних расходов воды 46
3.12 Оценка статистических характеристик и их погрешностей 51
Глава 4 РАСЧЕТ УРОВНЕЙ И РАСХОДОВ ЗАДАННОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ 53
4.1 Расчет минимальных уровней воды заданной обеспеченности 53
4.2 Расчет минимальных суточных расходов воды заданной обеспеченности 53
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 55
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 56

ВВЕДЕНИЕ

Работа посвящена изучению динамики стока реки Тура в условиях изменяющегося климата и антропогенного воздействия.

Актуальность работы заключается в том, что в последние годы наблюдаются заметные изменения уровня воды во время меженного периода, что приводит к ухудшению качества воды, а также приостановке судоходства.

Цель работы: проанализировать особенности изменения динамики стока реки Туры

Задачи:

- Дать краткую характеристику природных условий района исследования
- Изучить информацию о антропогенном влиянии на динамику стока
- Выполнить проверку гидрометеорологических рядов на однородность и стационарность
- Произвести расчет минимальных уровней и расходов заданной обеспеченности

Выпускная квалификационная работа состоит из 4 глав, введения и заключения. Работа включает в себя 39 рисунков и 28 таблиц. Общий объем работы 77 страниц.

В первой главе описана физико-географическая характеристика района и антропогенное влияние на динамику стока реки Туры.

Во второй главе рассмотрен водный режим реки Туры, собраны исходные данные, а также описана методика приведения коротких гидрологических рядов к многолетнему периоду.

В третьей главе описаны методики и проведена проверка рядов на однородность и стационарность.

В четвертой главе проводится расчет минимальных уровней и расходов заданной обеспеченности.

В заключении подведены итоги проделанного анализа.

Глава 1 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ РАЙОНА

1.1 Основные сведения о реке Тура

Река Тура – второй по площади и самый длинный приток бассейна реки Тобол (рисунок 1.1). Тура берет исток в 4 км юго-западнее железнодорожной станции Хребет-Уральский, образуется из нескольких мелких ручьев. Протекает по Тюменской и Свердловской областям. Длина – 1030 км, площадь водосборного бассейна – 80400 км^2. Площадь бассейна реки до замыкающего створа г. Туринск – 29000 км^2, до г. Тюмень – 58500 км^2.



Рисунок 1.1 – Бассейн реки Туры

1.2 Климатическая характеристика района

Положение рассматриваемой территории в центре материка определяет резко континентальный климат, выражающийся большими колебаниями температур воздуха. Зимой бассейн р. Тура находится под влиянием сибирского антициклона, который обуславливается устойчивую морозную погоду. Летом территория находится, в основном, в области низкого давления. Нередко происходит вторжение воздушных масс с Баренцева и Карского морей.

Средняя годовая температура воздуха составляет от – 2 до 1,5 ºС. Самый холодный месяц – январь, средняя температура января составляет -17 ºС. Абсолютные минимумы температуры воздуха приходятся на декабрь — февраль -48, -51 ºС.

Переход средней суточной температуры через – 5 ºС весной обычно происходит в течение третьей декады марта, переход через 0 ºС в середине апреля, переход через 5 ºС примерно после первой декады мая.

Самый теплый месяц – июль. Средняя температура равна 16–17 ºС. Устойчивый переход через 5 ºС происходит осенью в конце сентября переход через 0 ºС во второй половине октября, а переход через -5 ºС обычно совпадает с образованием устойчивого снежного покрова.

Зима длится около 5 месяцев. Оттепели зимой – явление редкое и весьма кратковременное. Температура воздуха выше 0 ºС удерживается, как правило, только в дневное время в течение нескольких часов и не обеспечивает условий для снеготаяния.

Годовые суммы осадков в бассейне реки Туры 450–580 мм. В течение года осадки выпадают неравномерно. Большая часть (60–70 % годовой суммы) выпадает в теплый период года. Летние осадки превышают зимние в 2,3–3,2 раза.

Минимум осадков за год наблюдается в феврале, наибольшее количество – в июле. Средние многолетние суточные максимумы изменяются от 25 до 35 мм.

Первое появление снежного покрова отмечается к концу октября. Первый снег обычно стаивает. Устойчивый снежный покров образуется в конце октября – начале ноября. Интенсивное нарастание происходит в начале зимы. Средняя высота снежного покрова изменяется от 70 до 40 мм, на открытых участках высота значительно меньше, чем в лесу или защищенных от ветра мест.

Максимальные снегозапасы наблюдаются обычно перед таянием снега весной. Запасы воды в снеге убывают с севера на юг в бассейне р. Туры от 130 до 75 мм.

Снеготаяние наблюдается при установлении положительных температур. Обычно в третьей декаде марта. Снег стаивает весьма неравномерно, особенно в степных и горных районах.

1.3 Факторы подстилающей поверхности

1.3.1 Рельеф

Бассейн реки Туры простирается в длину на 505 км и в ширину до 285 км. Отличается ассиметричным строением, правобережная часть в три раза превышает левую. По характеру рельефа бассейн представляет всхолмлённую равнину с отметками преимущественно 60–160 м.

Река Тура от верховья до г. Верхотурья имеет горный характер. Долина на этом участке узкая, с крутыми каменистыми склонами. Русло реки имеет много порогов и перекатов. Глубина реки небольшая, около 0,7 м, скорость течения достигает 2–2,5 м/с. Ниже г. Верхотурья долина расширяется, река течет более спокойно, скорость не превышает 1,5 м/с, значение глубин достигает 2 м. От г. Туринск до устья река имеет равнинный характер, малые уклоны, большую извилистость и множество протоков и стариц, глубины около 3,5 м.

Долинный комплекс реки Туры состоит из четырех террас:

1. III надпойменная терраса. Цокольная поверхность с абсолютными отметками 75–85 м. Средняя часть террасы возвышается над урезом воды на 30 м. Основной особенностью является наличие грядовых форм рельефа.

2. II надпойменная терраса. Занимает незначительную площадь, Высота над урезом воды 15–17 м. Также характерно развитие грядовых форм и заболоченных понижений. В целом терраса аккумулятивная, переходящая в аккумулятивно-цокольную

3. I надпойменная терраса. По генезису является аккумулятивной с площадкой в пределах высот 59–60 м. Терраса отделена от поймы резким уступом высотой около трех метров. Ширина площадки изменяется от нескольких метров до 3 км.

4. Пойменная терраса. Для долины правобережья р. Туры характерна овражная сеть, эрозионный врез сейчас прекратился, так как большинство оврагов углубились до уровня грунтовых вод и превратились в балки с ручьями

Ширина русла колеблется в пределах от 125 до 190 м, скорость течения в межень составляет 0,2 м/сек. Большое количество стариц указывает на позднюю стадию развития речной сети с типичными для равнинных водотоков уклонами.

1.3.2 Горные породы и почвы

В верхней части водосбора преобладают эффузивные и интрузивные породы, в средней – осадочные песчано-глинистые грунты, в нижней преимущественно осадочные супесчаные. Почвы преимущественно подзолистые, местами болотные. К югу от верховьев р. Туры преобладают дерново-подзолистые, местами торфяно-болотные.

Пойма реки сложена аллювиальными и озерно-аллювиальными глинами мощностью 5–15 м. В самой пойме также широко распространены современные техногенные отложения, представленные насыпными, намывными и другими грунтами мощностью 0,5–4 м. Пойма реки делит город на две части – северо-восточная и юго-западная. Северо-восточная часть представляет собой равнинную поверхность, сложенную из останков II, III, IV надпойменных террас и сильно заболоченных участков. Юго-западная часть сформирована из озерно-аллювиальных отложений III и IV надпойменных террас.

1.3.3 Гидрографическая сеть

Река Тура образуется от слияния нескольких ключей на восточном склоне Среднего Урала, впадает в Тобол слева, на 260-м км от устья.

Гидрографическая сеть представлена большим количеством водотоков, водоемов и болот. Из почти 4000 водотоков 90 % имеют длину менее 10 км. Количество озер на водосборе р. Туры составляет 1485, с общей площадью – 557 км^2. Самые крупные озера в Тюменской области – озера Андреевское, Большое Тарманское. Озерность бассейна составляет 0,7%, залесенность – 51 %, заболоченность составляет 25–50 %, а также возрастает с запада на восток.

Озера и болота оказывают непосредственное влияние на формирование водного режима. Пики половодья сглаживаются, однако увеличивается продолжительность половодья.

В окрестностях города Тюмени долина р. Туры имеет форму трапеции, ассиметричная. Правый склон высокий до 20–40 м, левый невысокий, очень пологий. Склоны сложены суглинками, прорезаны балками и речными долинами.

1.3.4 Растительный покров

По характеру растительности водосбор относится к зоне сосново-мелколиственных лесов. Лесные массивы разобщены травяными, реже сфагновыми болотами, а также открытыми луговыми участками.

К югу от верховьев р. Туры, помимо боров с густым травяным покровом, получили большое распространение березовые леса. Между увалами расположены массивы болот.

По направлению к югу леса разрежаются, начинается лесостепь с разнообразными растительными группировками. На приречных песках и выводах гранитов встречаются массивы сосновых боров. Основные площади зоны лиственных лесов и лесостепи распаханы.

1.4 Влияние водохранилищ и ГЭС

На реке Тура построено три водохранилища, которые расположены в городах Верхняя Тура. Нижняя Тура и Верхотурье, а также Верхотурская ГЭС.

Верхне-Туринское и Нижне-Туринское водохранилища были созданы в XVIII веке, а Верхотурское водохранилище в 1949 году для работы Верхотурской ГЭС (рисунок 1.2). Общая площадь водохранилищ составляет около 23 км^2.

Строительство Верхотурской ГЭС началось в 1943 году, с целью обеспечения электроэнергией золотодобывающих предприятий. Строительство предполагалось в два этапа: первая очередь с отметкой уровня водохранилища 112 м запущена в эксплуатацию в 1949 году, а вторая очередь для поднятия уровня до 117 м так и не была построена. В 1958 году система была подключена к единой энергосистеме Урала.

Мощность ГЭС – 7 МВт, среднегодовая выработка – 32 млн кВт*ч. В здании установлено три гидроагрегата общей мощностью 7 МВт:

- два гидроагрегата привезены из Германии после войны, турбины мощностью по 2,25 МВт работаю на расчетном напоре 14 м, пропуская до 21 м^3/с воды
- один гидроагрегат произведен на Урале с мощностью 2,5 МВт, турбина имеет расход до 14 м^3/с и работает в диапазоне напоров 12–20 м. Этот агрегат включают только в паводок, так как он неэкономичен при падении уровня воды.



Рисунок 1.2 - Верхотурская ГЭС

Водохранилища замедляют водообмен в гидрографической сети речных бассейнов. Строительство водохранилищ ведет к уменьшению стока воды, ввиду дополнительных потерь на испарение. Также сокращается среднемноголетний сток рек, так как помимо потерь на испарение, на наполнение водохранилища происходит водозабор объема речных вод.

Однако гидролог, доцент кафедры УрФУ Дмитрий Клименко считает, что влияния водохранилищ и Верхотурской ГЭС на обмеление Туры быть не может. По причине того, что водохранилища находятся на истоках Туры, а основной сток реки формируется в среднем течении. Среднее течение Туры – малонаселенная территория, без крупных предприятий, которые бы потребляли воду.

1.5 Влияние городской застройки в г. Тюмень

Активная застройка города началась после войны. Началась застройка нескольких районов города. В начале 1950-х годов началось строительство ТЭЦ и комбината железобетонных изделий. В 1956 году началось строительство мост через реку, впоследствии началась застройка нового района.

В 1960-е годы на юге выросла промышленная зона, в конце 1970-х гг. построен аэропорт Рощино и скоростная дорога к нему.

За 60 лет плотной застройки площадь г. Тюмень увеличилась в 17 раз до 240 км^2. Это свидетельствует о значительных расширениях, застройке города, а также присоединения близлежащих территорий в состав города.

В 2005 году началась застройка непосредственно набережной г. Тюмень (рисунок 1.3), которая продолжается до сих пор. Благоустройство и укрепление берегов привело к ухудшению инфильтрации воды.

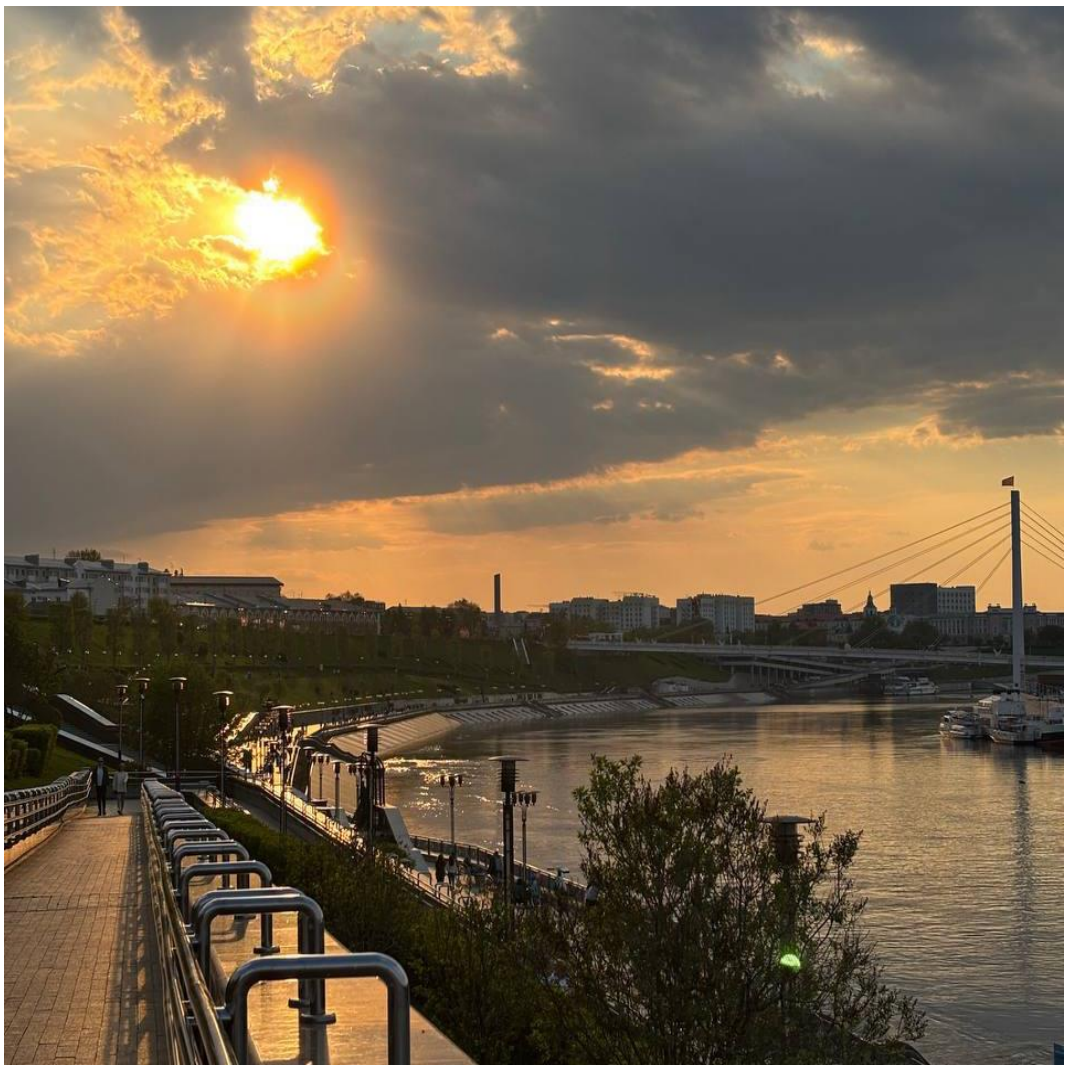


Рисунок 1.3 – Набережная реки Тура г. Тюмень май 2026 г.

Застройка города и увеличение населения ведет к возрастанию потребления воды на бытовые и промышленные нужды. Также на обмеление реки повлияли уничтожения лесных массивов, осушение болот и малых водоемов, в купе с неблагоприятными условиями уровень воды в меженный период достигает критических отметок (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – Обмеление реки Тура октябрь 2022 г.

В данный момент центральное водоснабжение осуществляется за счет использования поверхностных и подземных вод, однако в будущем планируется переход только на подземные воды. Основную роль водоснабжения города играет Метелевский водозабор, по данным «Росводоканал» за период с 2014 по 2019 годы забор воды из р. Тура уменьшился на 20 %.

Глава 2 ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗУЧЕННОСТЬ РАЙОНА

2.1 Водный режим реки Тура

Река относится к типу рек с выраженным весенним половодьем, летне-осенними дождевыми паводками и длительной устойчивой зимней меженью. Питание реки преимущественно снеговое, доля талых вод в суммарном стоке достигает 70 %.

Весеннее половодье обычно начинается в десятых числах апреля. Амплитуда колебаний сроков начала весеннего подъема по годам сравнительно невелика – в среднем около месяца. Продолжительность половодья составляет в среднем 90–110 суток, происходит резкий подъем уровней и затяжной спад.

Летне-осенняя межень характеризуется устойчивым состоянием уровня воды и слабым изменением водности. Дождевые паводки являются обычным явлением и характеризуются высокими подъемами уровня воды. В среднем межень длится с июля по октябрь, количество дождевых паводок за этот период достигает 1–3.

Зимняя межень отличается устойчивостью, большой продолжительностью и низким стоком. Период зимней межени достигает в среднем 140–160 дней. С начала ледообразования водность быстро снижается, минимум наступает преимущественно в феврале. В отдельные годы вскрытие реки сопровождается заторами льда.

На рисунке 2.1 представлен гидрограф реки Тура гидропост г. Тюмень за маловодный год (2023 год).

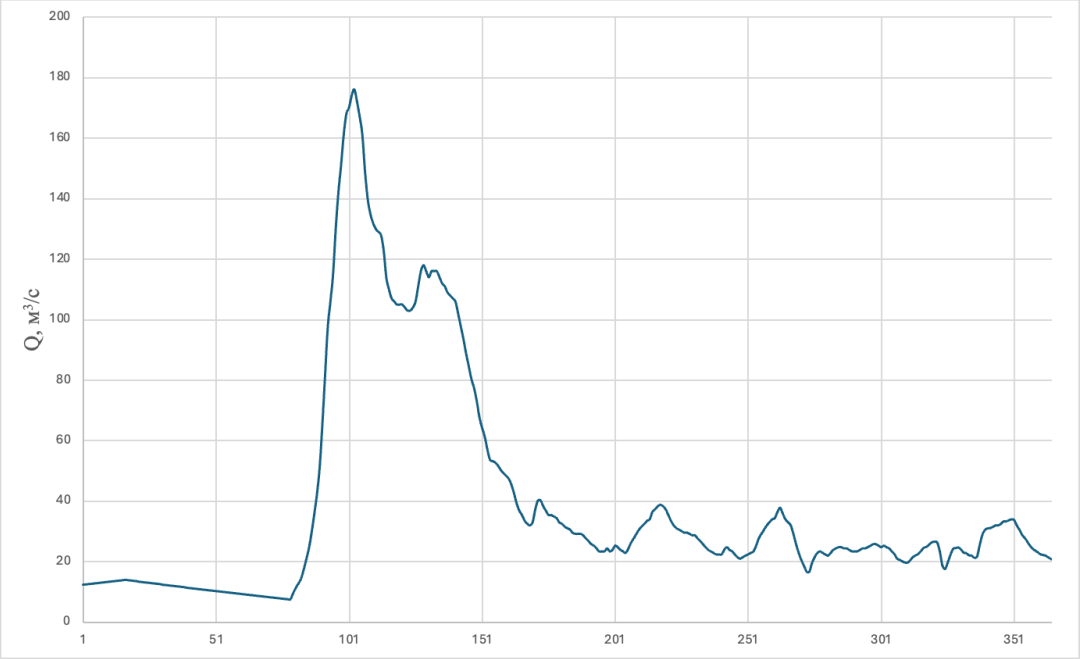


Рисунок 2.1 – Гидрограф за маловодный (2023) год р. Тура – г. Тюмень

2.2 Исходные данные

Для анализа динамики стока были использованы данные по двум гидрологическим постам, расположенным в бассейне реки Туры. Сведения о постах представлены в таблицах 2.1–2.2, схема расположения постов – на рисунке 2.2.

Таблица 2.1 – Список гидрологических постов

Код поста	Река – пост	Расстояние от устья, км	F, км^2	Период действия
12239	р. Тура – г. Туринск	442	29000	Действ.
12244	р. Тура – г. Тюмень	184	58500	Действ.

Таблица 2.2 – Основные гидрографические характеристики реки в створе постов

Код поста	Река – пост	F, км^2	I, ‰	$f_{оз}$, %	$f_{л}$, %	$f_{б}$, %
12239	р. Тура – г. Туринск	29000	-	0	57	27
12244	р. Тура – г. Тюмень	58500	-	1	57	24

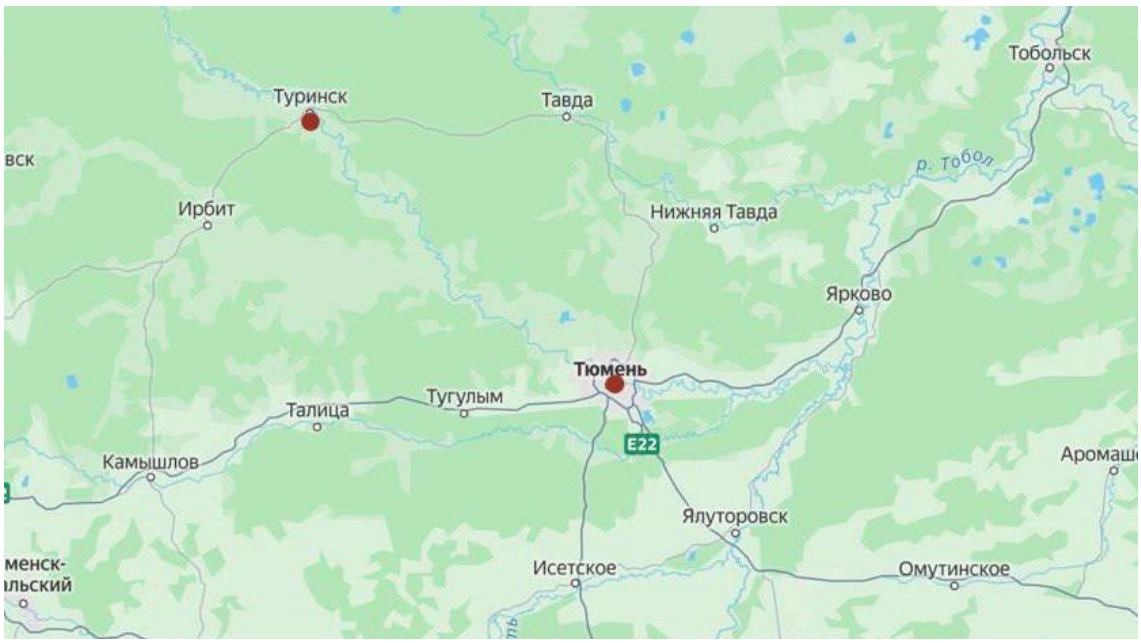


Рисунок 2.2 – Схема расположение гидрологических постов

Для оценки климатических изменений были использованы данные наблюдений за температурой воздуха (Приложение А) и осадками (Приложение Б) по метеостанции г. Тюмень. Расположение поста представлено на рисунке 2.3.

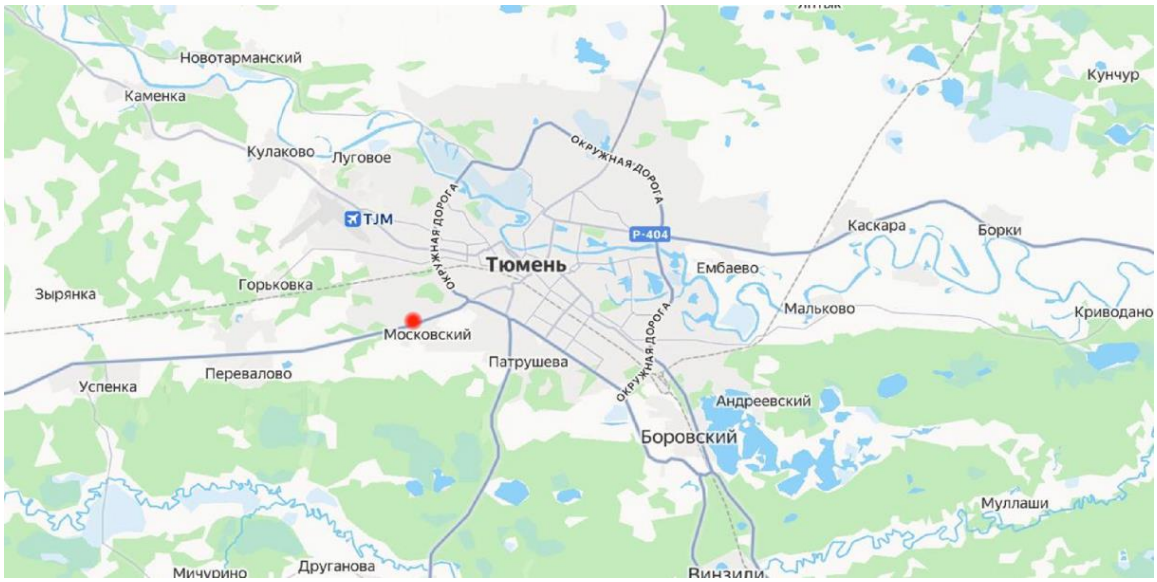


Рисунок 2.3 – Схема расположения м/с Тюмень

2.3 Описание гидрологических постов

р. Тура – г. Туринск

Станция расположена у города ниже паромной переправы, в 2,5 км выше железнодорожного моста.

На участке станции левый берег пойменный, затопляемый на ширину до 3 км при уровне воды 460–500 см.

Водомерный пост находится на правом берегу, между ул. Косогорная и Освобожденная; он оборудован сваями и чугунным репером № 1/27 (1896 г.) с отметкой 50,000 м усл.

Отметка нуля графика 36,73 м усл.

Гидроствор совмещен со створом водпоста.

р. Тура – г. Тюмень

Станция расположена у судоремонтных мастерских, в 2 км ниже устья р. Тюменка.

Правый берег высокий, крутой, размываемый; левый берег пойменный, затопляемый при уровне воды 600–700 см; ложе реки слабо деформирующееся. На пойме имеется протока, пропускающая до 30% общего расхода воды, которая действует при высоких уровнях, когда вода переливается через дамбу, расположенную выше г. Тюмень.

Основной водомерный пост находится на левом берегу и оборудован сваями и 2 чугунными реперами: № 1 (1896 г.) с отметкой 55.087 м абс., № 2 (1933 г.) основной, с отметкой 54,287 м абс. В системе изысканий Кама-иртышского водного пути. Абсолютные отметки получены по увязке с маркой № 1084, имеющей отметку 56,751 м абс.

Отметка нуля графика 47,05 м абс.

Гидроствор расположен в 220 м выше основного водпоста, а в 460 м выше гидроствора установлен верхний уклонный

2.4 Приведение коротких гидрологических рядов наблюдений к многолетнему периоду

Для дальнейших расчетов необходимо иметь полные ряды наблюдений. Восстановление рядов производится, чтобы привести данные наблюдений к многолетнему периоду при недостаточности данных гидрометрических наблюдений.

В данном случае восстанавливаются ряды гидрометрических наблюдений при наличии короткого ряда наблюдений продолжительность 6 и более лет.

Ряд считается коротким, если погрешность среднего значения и коэффициента вариации превышает 10% для среднегодовых и минимальных значений расхода, 20% - для максимальных.

В таком случае для расчета применяется метод гидрологической аналогии.

При выборе рек-аналогов необходимо учитывать следующие условия:

- географическую близость расположения водосборов
- сходство климатических условий
- однотипность почв и гидрогеологический условий
- сходство гидрографических характеристик
- средние высоты водосборов не должны отличаться; площадь реки-аналога не должна отличаться более чем в 10 раз
- отсутствие факторов, существенно искажающих естественный речной сток (регулирование стока, сбросы воды, изъятие стока на орошение и др.)

Для проверки синхронности колебаний расходов на расчетной реке и реке – аналоге строятся совмещенные хронологические графики.

Далее строится график связи расходов расчетной реки и реки-аналога за совместный период наблюдений.

Затем производятся вычисления значений параметров уравнения линейной регрессии (таблица 2.3). Уравнение является надежным, если выполняются условия:

$$n \geq 6\text{-}10; \quad R \geq 0{,}7; \quad \frac{R}{\sigma_R} > 2; \quad \frac{a}{\sigma_a} > 2. \qquad (2.1)$$

Таблица 2.3 – Формулы для расчета параметров уравнения линейной регрессии

Параметр	Формула
Коэффициент корреляции, R	$R = \frac{\sum[(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{(n-1)\sigma_x\sigma_y}$
Погрешность коэффициента корреляции, σ_R	$\sigma_R = \frac{1-R^2}{\sqrt{n-1}}$
Коэффициент регрессии, a	$a = R\frac{\sigma_y}{\sigma_x}$
Погрешность коэффициента регрессии, σ_a	$\sigma_a = \frac{\sigma_y}{\sigma_x}\sqrt{\frac{1-R^2}{n-2}}$
Свободный член, b	$b = \bar{y} - a\bar{x}$
Уравнение регрессии	y = ax+b

Восстановление ряда производится с помощью уравнения линейной регрессии с использованием данных реки-аналога по формуле:

$$\tilde{Q}_i = aQ_{i,a} + b. \quad (2.2)$$

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

$$Q_i = \frac{\tilde{Q}_i - \bar{Q}_n}{R} + \bar{Q}_n\ , \quad (2.3)$$

Q_i – расчетные значения расходов воды восстановленной части ряда;

$\tilde{Q}_i$- значения расходов, полученные по уравнению регрессии;

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

С использование данной методики были восстановлены ряды среднегодовых, максимальных и минимальных расходов воды.

2.4.1 Восстановление рядов среднегодовых расходов воды

Оба гидрологических поста выступали в роли аналога друг для друга. Было восстановлено два ряда расходов воды. Параметры уравнений линейной регрессии представлены в таблице 2.4. Графики связи и хронологические графики восстановленных рядов приведены на рисунках 2.4–2.5. И рисунках 2.6–2.7 соответственно.

Таблица 2.4.- Параметры уравнения линейной регрессии среднегодовых расходов воды

Расчетная река	Река-аналог	Совместный период набл.	*R*	Параметры уравнения регрессии	
				a	*b*
р. Тура – г. Тюмень	р. Тура – г. Туринск	1964–2023	0,93	1,6753	0,2838
р. Тура – г. Туринск	р. Тура – г. Тюмень	1958–2023	0,93	0,5182	17,789

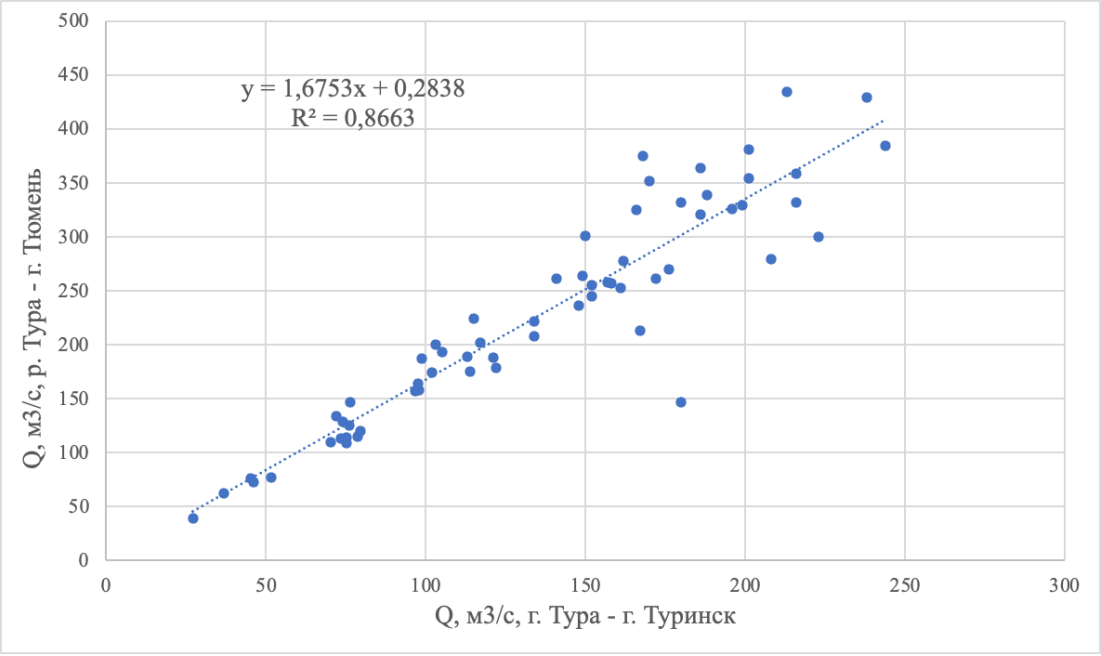


Рисунок 2.4. – График связи среднегодовых расходов воды р. Тура – г. Тюмень - р. Тура – г. Туринск

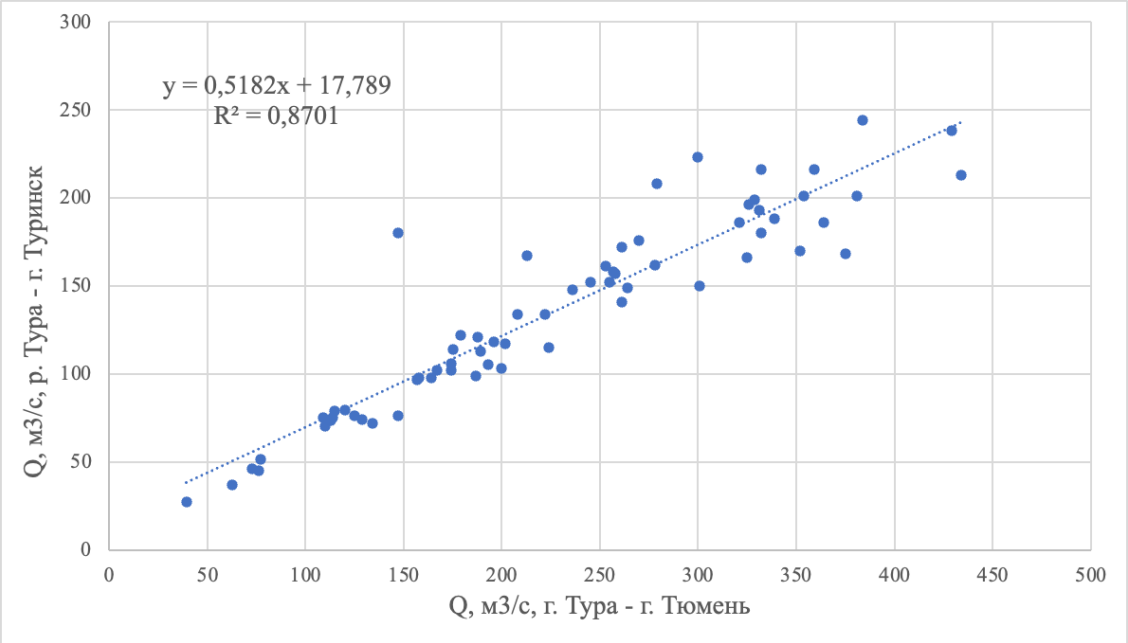


Рисунок 2.5. – График связи среднегодовых расходов воды р. Тура – г. Туринск - р. Тура – г. Тюмень

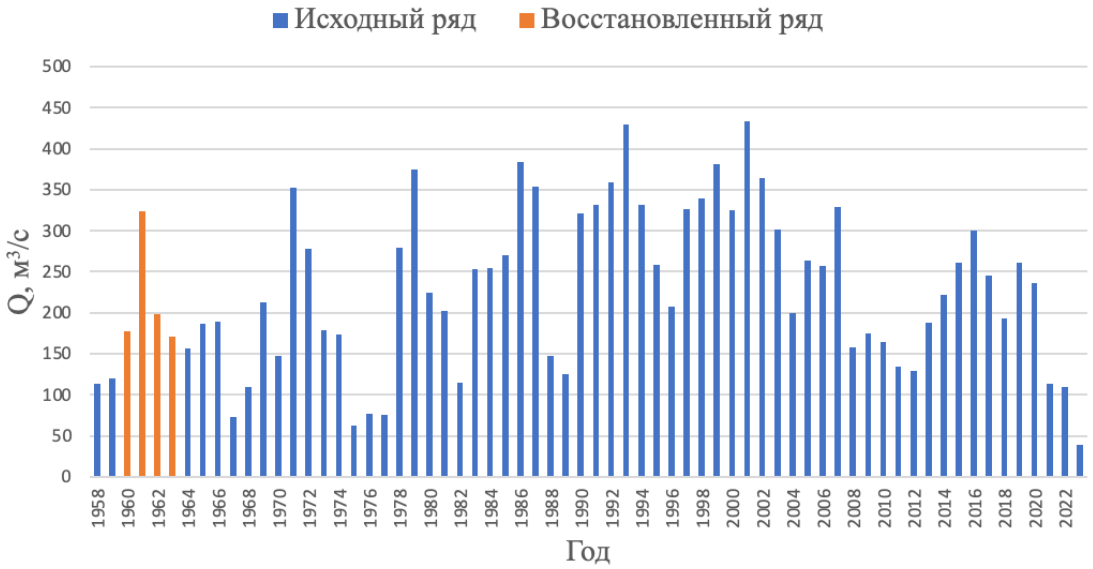


Рисунок 2.6. – Хронологический график среднегодовых расходов воды р. Тура – г. Тюмень



Рисунок 2.7. – Хронологический график среднегодовых расходов воды р. Тура – г. Туринск

2.4.2 Восстановление рядов максимальных расходов весеннего половодья

Оба гидрологических поста выступали в роли аналога друг для друга. Было восстановлено два ряда расходов воды. Параметры уравнений линейной регрессии представлены в таблице 2.5. Графики связи и хронологические графики восстановленных рядов приведены на рисунках 2.8–2.9. И рисунках 2.10–2.11. соответственно.

Таблица 2.5.- Параметры уравнения линейной регрессии среднегодовых расходов воды

Расчетная река	Река-аналог	Совместный период набл.	*R*	Параметры уравнения регрессии	
				a	*b*
р. Тура – г. Тюмень	р. Тура – г. Туринск	1964–2023	0,86	1,029	282,7
р. Тура – г. Туринск	р. Тура – г. Тюмень	1958–2023	0,86	0,721	10,31

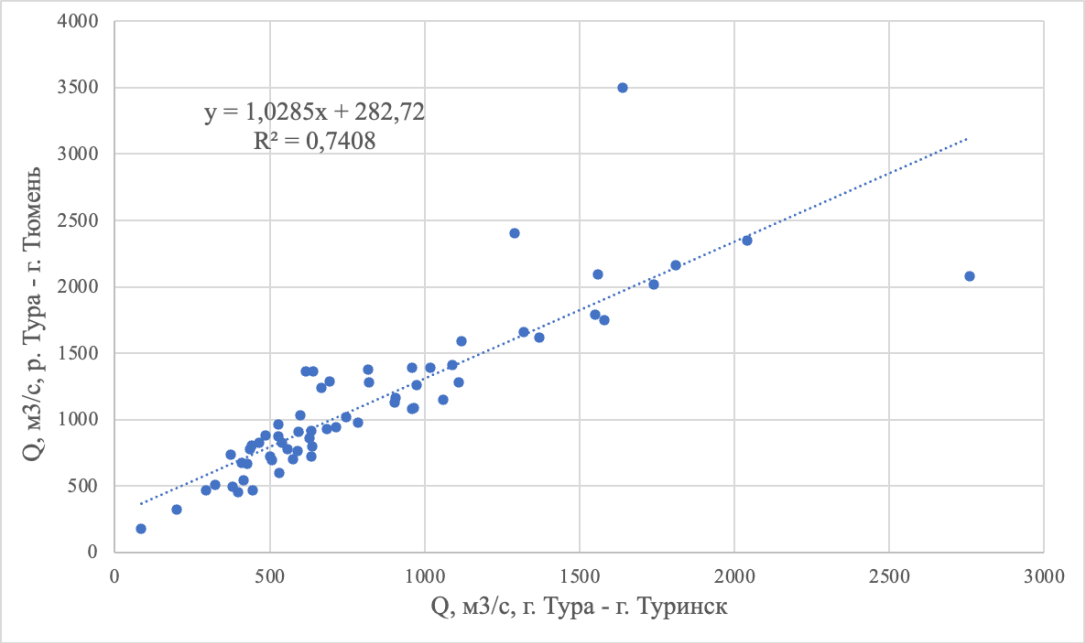


Рисунок 2.8 – График связи максимальных расходов весеннего половодья р. Тура – г. Тюмень - р. Тура – г. Туринск

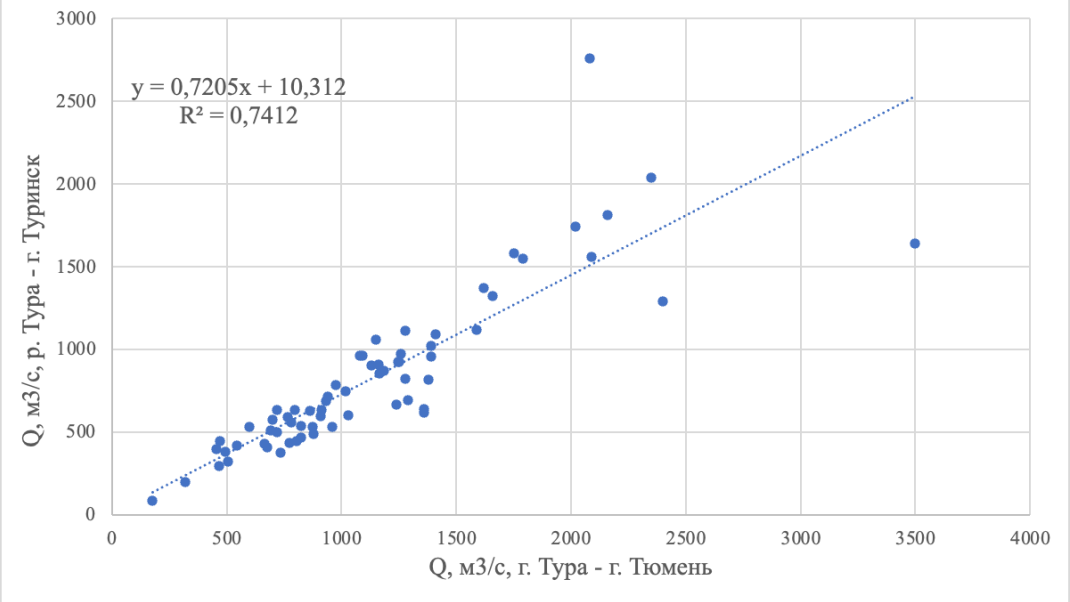


Рисунок 2.9 – График связи максимальных расходов весеннего половодья р. Тура – г. Туринск - р. Тура – г. Тюмень

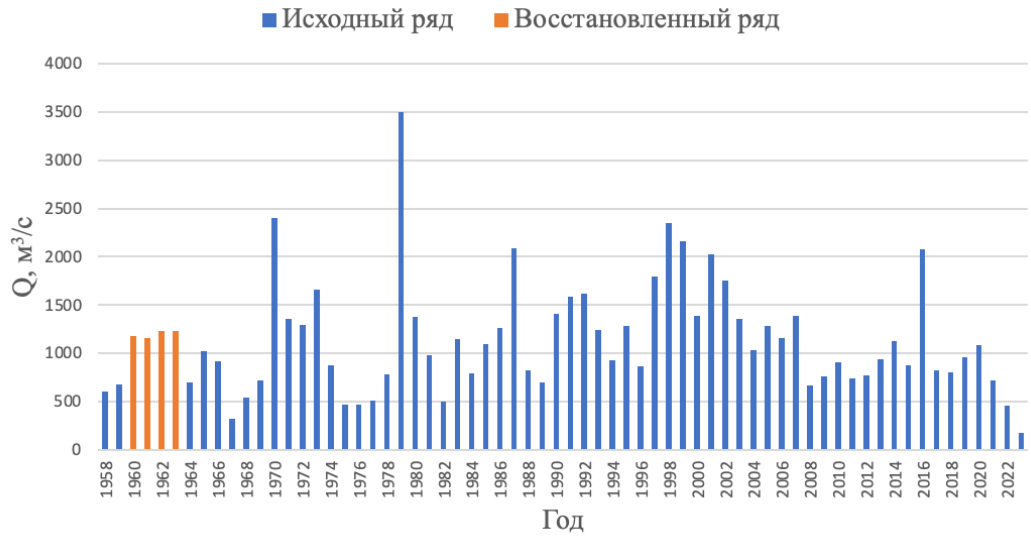


Рисунок 2.10 – Хронологический график максимальных расходов весеннего половодья р. Тура – г. Тюмень

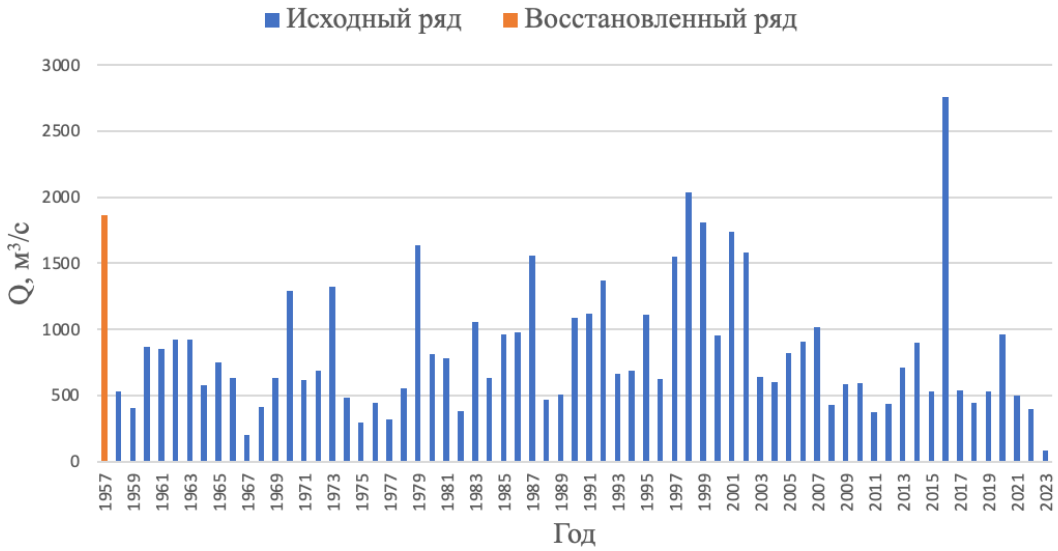


Рисунок 2.11 – Хронологический график максимальных расходов весеннего половодья р. Тура – г. Туринск

Глава 3 ПРОВЕРКА ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ РЯДОВ НА ОДНОРОДНОСТЬ И СТАЦИОНАРНОСТЬ

3.1 Описание методик

3.1.1 Проверка рядов на однородность с использованием двухвыборочного критерия Стьюдента

Критерий Стьюдента используется для проверки значимости различия средних значений двух частей ряда.

Эмпирическое значение статистики Стьюдента рассчитывалось по формуле:

$$t^* = \frac{x_1 - x_2}{S}\sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}}, \quad (3.1)$$

где x_1, x_2 – средние значения по двум частям ряда; n_1, n_2 – длина первой и второй частей ряда; S – несмещенная оценка среднеквадратического отклонения (x_1-x_2), определяемая по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)\,\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}, \quad (3.2)$$

где σ_1, σ_2 – среднеквадратические отклонения по двум частям ряда.

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

$$|t^*| < t_{2\alpha}\,, \quad (3.3)$$

где $t_{2\alpha}$ – критическое значение статистики Стьюдента при уровне значимости $2\alpha = 5\%$ (с учетом автокорреляции).

3.1.2 Проверка рядов на однородность с использованием двухвыборочного критерия Фишера

Критерий Фишера позволяет оценить однородность ряда по дисперсии. Критерий рассчитывался по формуле:

$$F^* = \frac{D_1^*}{D_2^*}, \quad (3.4)$$

где D^*_1 и D^*_2 – дисперсии по двум частям ряда, при условии, что первой дисперсией выступает та, которая больше.

Гипотеза об однородности рядов не опровергалась при выполнении условия:

$$F^* < F_{2\alpha}\,, \tag{3.5}$$

где $F_{2\alpha}$ – критическое значение статистики Фишера при уровне значимости 2α = 5% (с учетом автокорреляции).

3.1.3 Проверка рядов на значимость линейного тренда

Для оценки линейных трендов использовался критерий значимости выборочного коэффициента корреляции (R) для зависимости $Q = at + b$. Тренд считался значимым если выполнялось условие:

$$\frac{|\mathrm{R}|}{\sigma_{\mathrm{R}}} < t_{2\alpha}, \tag{3.6}$$

где σ_R – стандартная ошибка коэффициента корреляции определяется по формуле:

$$\sigma_{\mathrm{R}} = \sqrt{\frac{1-R^2}{n-2}}, \tag{3.7}$$

где R – коэффициент корреляции; $t_{2\alpha}$ - ордината стандартного распределения Стьюдента при уровне значимости 2α и числе степеней свободы (n – 2).

Также для каждого ряда построены нормированные суммарные кривые. Для рядов со значимым трендом простроены разностно-интегральные кривые (Приложение В).

3.2 Проверка рядов среднегодовой температуры воздуха и температуры воздуха за теплый и холодный периоды

Проверка рядов среднегодовой температуры воздуха и температуры воздуха за теплый и холодный периоды на однородность и стационарность проводилась на основе методики, описанной ранее. Результаты проверки представлены в таблицах 3.1–3.2.

Таблица 3.1 – Результаты проверки рядов среднегодовой температуры воздуха и температуры воздуха за теплый и холодный периоды на однородность при уровне значимости 2α = 5%

№	Метеостанция	n	$\lvert t^* \rvert$	$t_{2\alpha}$	F^*	$F_{2\alpha}$	Опровержение гипотезы об однородности	
							Стьюдент	Фишер
1	Тюмень –темп. среднегодовая	73	6,64	1,99	1,35	1,75	+	-
2	Тюмень –темп. теплый период	73	5,25	1,99	1,52	1,95	+	-
3	Тюмень –темп. холодный период	73	4,65	1,99	1,23	1,95	+	-

Таблица 3.2 – Оценка значимости линейных трендов в рядах среднегодовой температуры воздуха и температуры воздуха за теплый и холодный периоды при уровне значимости 2α = 5%

№	Метеостанция	R	$\boldsymbol{\sigma}_R$	$\frac{\lvert R \rvert}{\sigma_R}$	$t_{2\alpha}$	Тренд	
						Значимость	Интенсивность, t^o за 10 лет
1	Тюмень –темп. среднегодовая	0,63	0,07	8,81	1,99	+	+0,35
2	Тюмень –темп. теплый период	0,43	0,10	4,38	1,99	+	+0,25
3	Тюмень –темп. холодный период	0,52	0,09	6,05	1,99	+	+0,49

Анализируя таблицу 3.1, можно сделать вывод о том, что гипотеза об однородности рядов по критерию Стьюдента опровергается для всех рядов температур.

Выявлен значимый тренд на повышение, также для все рядов температур. Ряд температур за холодный период имеет самую большую интенсивность тренд - +0,49 ºС за 10 лет.

В ряде среднегодовых температур воздуха точка перелома приходится на 1987 год (рисунок 3.1), ряд разделился на два периода (рисунок 3.2).

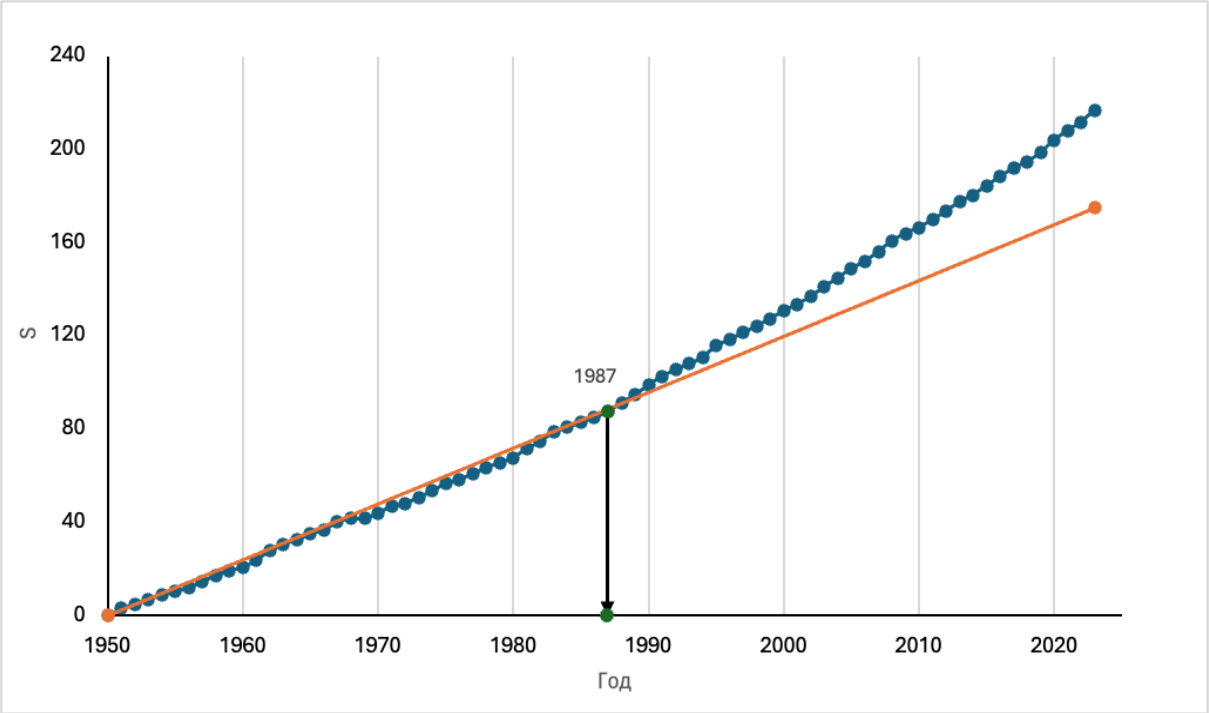


Рисунок 3.1 – Нормированная суммарная кривая среднегодовых температур воздуха на м/с Тюмень

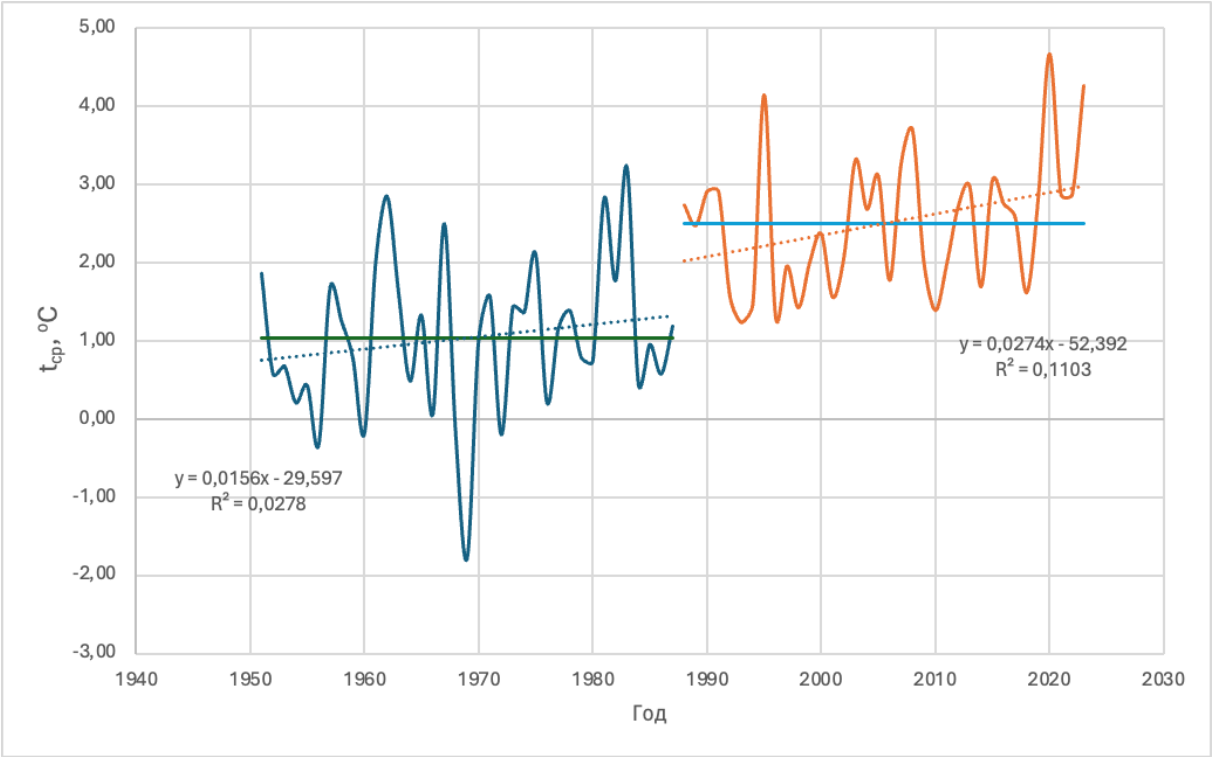


Рисунок 3.2 – Хронологический график среднегодовых температур воздуха по м/с Тюмень

Второй период с 1988 по 2023 годы имеет значимый тренд на повышение с интенсивностью +0,27 ºС за 10 лет, среднегодовое значение температуры за последние 10 лет достигает значение 2,92 ºС. Среднее значение температуры воздуха за второй период выше на 1,46 ºС, по сравнению с первым.

Ряд средних температур воздуха за теплый период имеет точку перелома в 1987 году (рисунок 3.3), ряд поделился на два периода (рисунок 3.4).

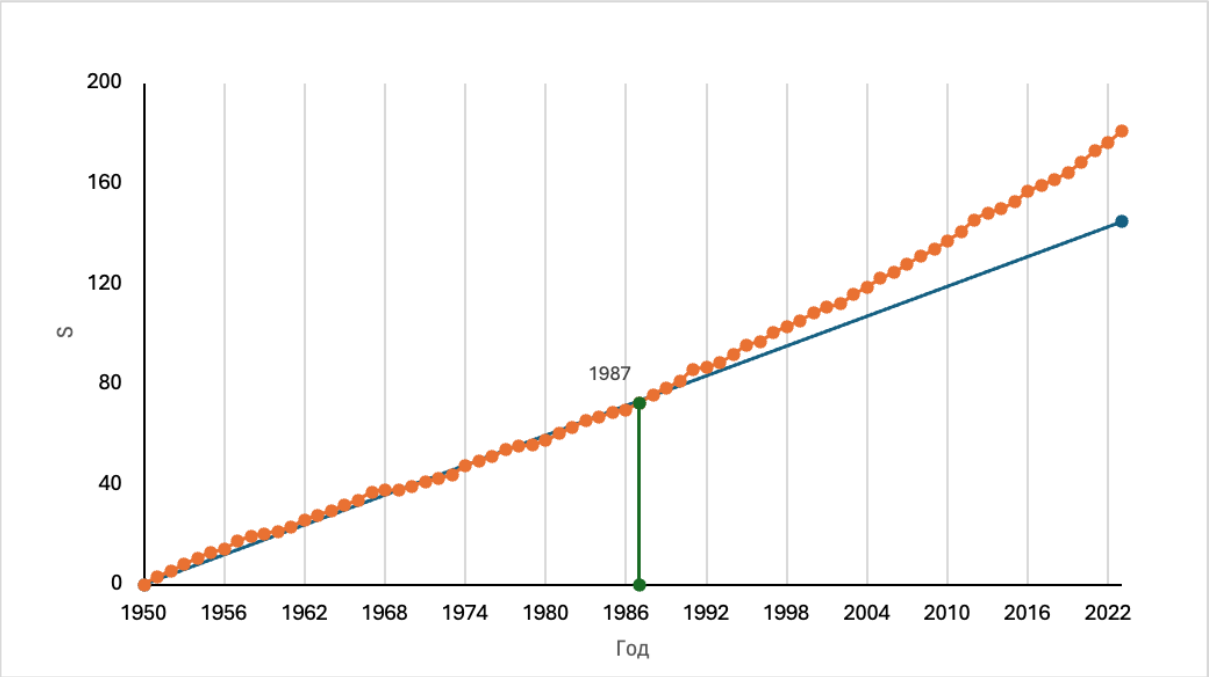


Рисунок 3.3 - Нормированная суммарная кривая средних температур воздуха за теплый период на м/с Тюмень

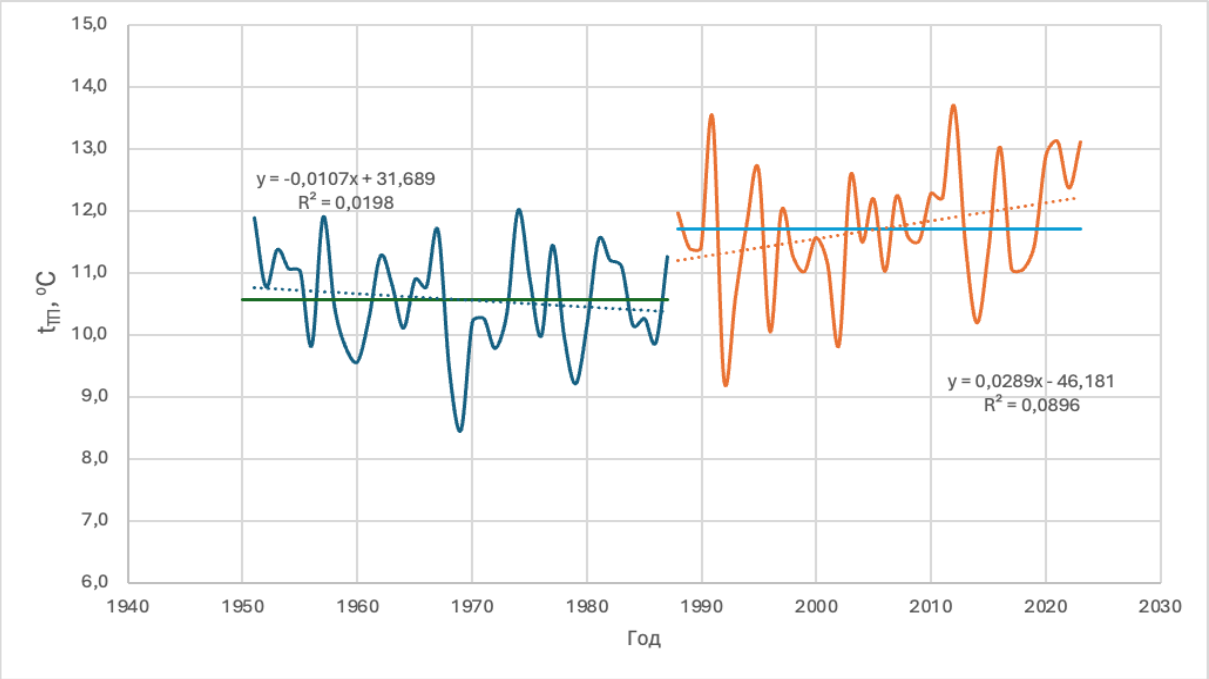


Рисунок 3.4 – Хронологический график средних температур воздуха за теплый период по м/с Тюмень

Второй период с 1988 по 2023 годы имеет значимый тренд на повышение с интенсивностью +0,29 ºС за 10 лет. Среднее значение температуры воздуха за второй период выше на 1,1 ºС, по сравнению с первым.

Ряд средних температур за холодный период также имеет точку перелома в 1987 году (рисунок 3.5). Ряд поделился на два периода (рисунок 3.6).

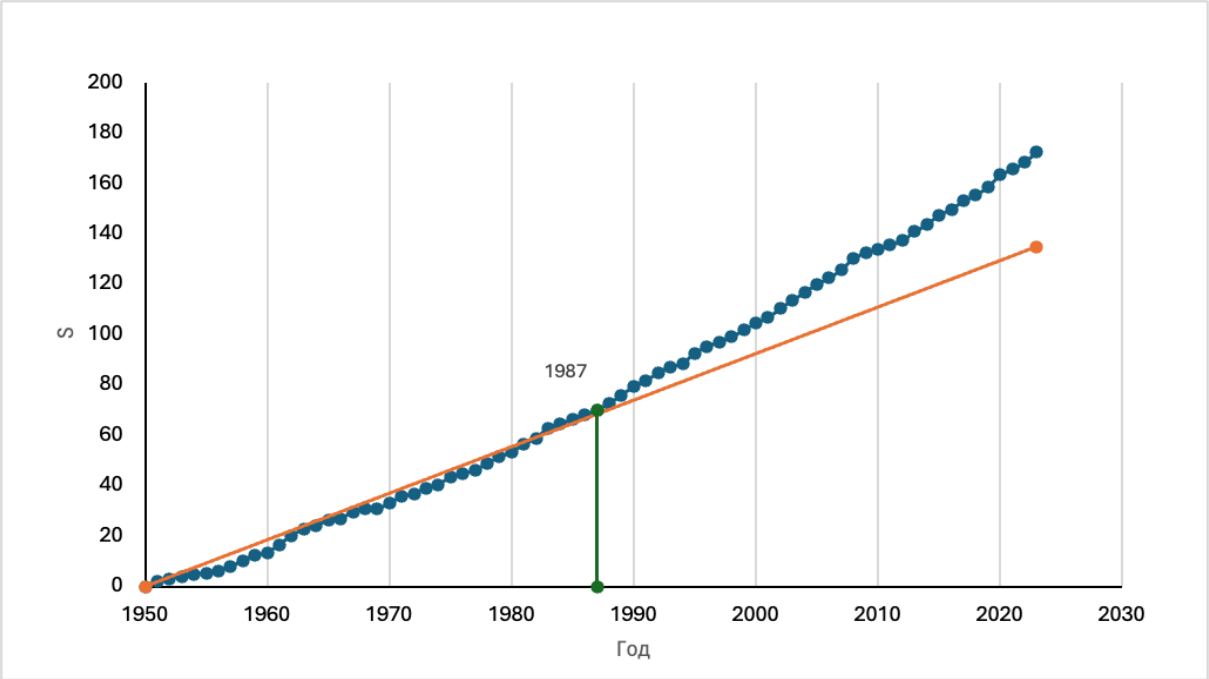


Рисунок 3.5 - Нормированная суммарная кривая средних температур воздуха за холодный период на м/с Тюмень

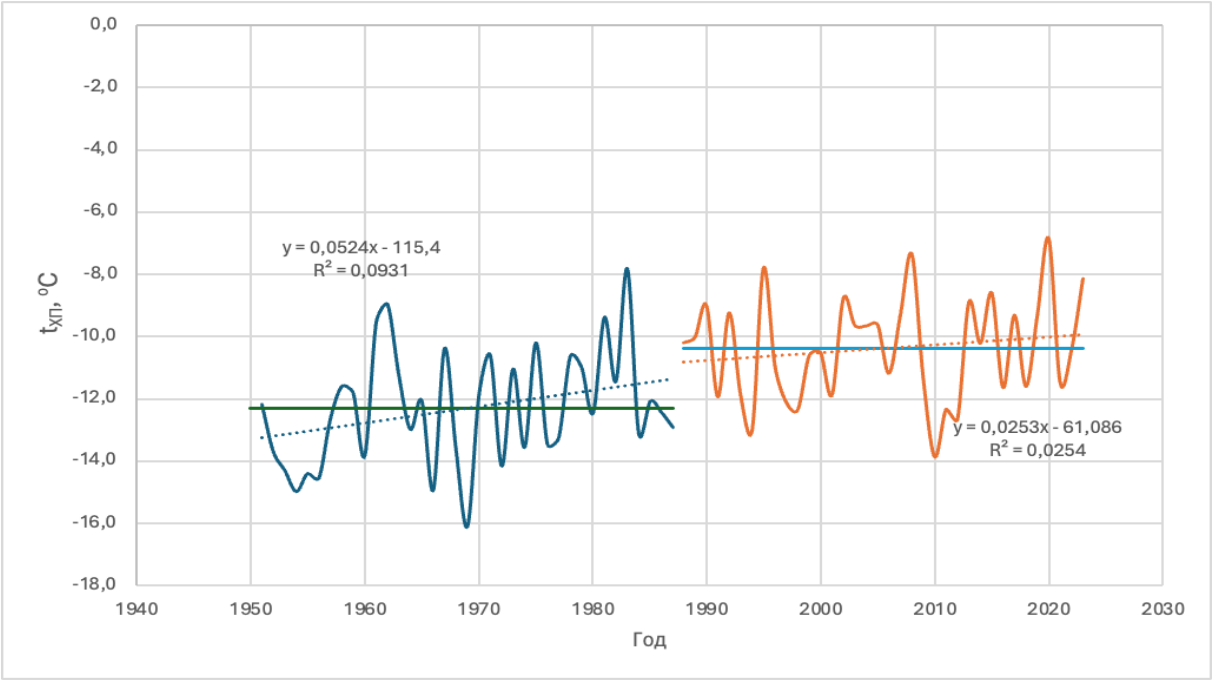


Рисунок 3.6 – Хронологический график средних температур воздуха за холодный период по м/с Тюмень

Первый период с 1951 по 1987 годы имеет значимый тренд на повышение с интенсивностью +0,52 ºС за 10 лет. Среднее значение температуры воздуха за второй период увеличилось на 1,9 ºС по сравнению с первым.

3.3 Проверка рядов годовых сумм осадков и сумм осадков за теплый и холодный периоды на однородность и стационарность

Проверка рядов годовых сумм осадков и сумм осадков за теплый и холодный периоды на однородность и стационарность проводилась на основе методики, описанной ранее. Результаты проверки представлены в таблицах 3.3–3.4.

Таблица 3.3 – Результаты проверки рядов годовых сумм осадков и сумм осадков за теплый и холодный периоды на однородность при уровне значимости 2α = 5%

№	Метеостанция	n	$\lvert t^* \rvert$	$t_{2\alpha}$	F^*	$F_{2\alpha}$	Опровержение гипотезы об однородности	
							Стьюдент	Фишер
1	Тюмень – годовые суммы осадков	64	1,62	2,00	1,76	1,82	-	-
2	Тюмень – суммы осадков за теплый период	64	1,72	2,00	1,52	1,83	-	-
3	Тюмень - суммы осадков за холодный период	64	0,58	2,00	1,38	1,83	-	-

Таблица 3.4 – Оценка значимости линейных трендов в рядах годовых сумм осадков и сумм осадков за теплый и холодный периоды при уровне значимости 2α = 5%

№	Метеостанция	R	σ_R	$\frac{\lvert R\rvert}{\sigma_R}$	$t_{2\alpha}$	Тренд	
						Значимость	Интенсивность, мм за 10 лет
1	Тюмень – годовые суммы осадков	0,24	0,12	2,04	2,00	+	+10,3
2	Тюмень – суммы осадков за теплый период	0,26	0,12	2,21	2,00	+	+9,62
3	Тюмень - суммы осадков за холодный период	0,11	0,13	0,88	2,00	-	-

Анализируя таблицу 3.3, можно сделать вывод о том, что гипотеза об однородности рядов по критерию Стьюдента и критерию Фишера не опровергается для всех рядов сумм осадков.

Выявлены значимые тренды на повышение в рядах годовых сумм и сумм осадков за теплый период.

Ряд годовых сумм осадков имеет точку перелома в 1989 году (рисунок 3.7), ряд поделился на два периода (рисунок 3.8).

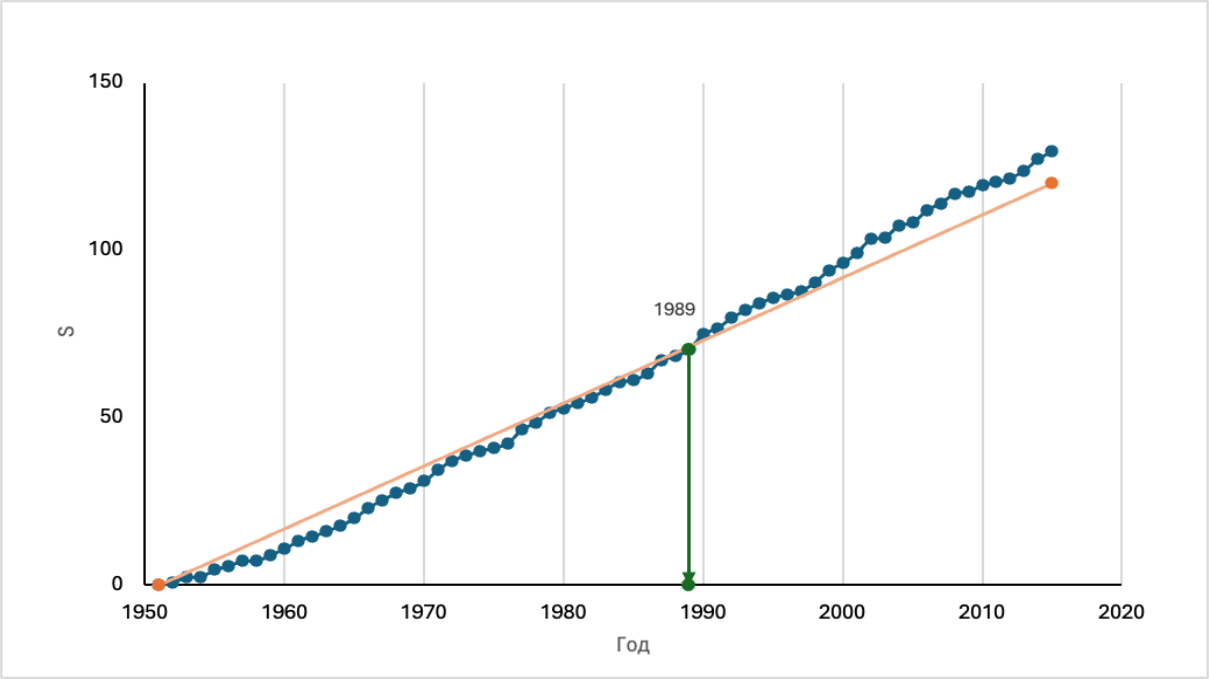


Рисунок 3.7 - Нормированная суммарная кривая годовых сумм осадков на м/с Тюмень

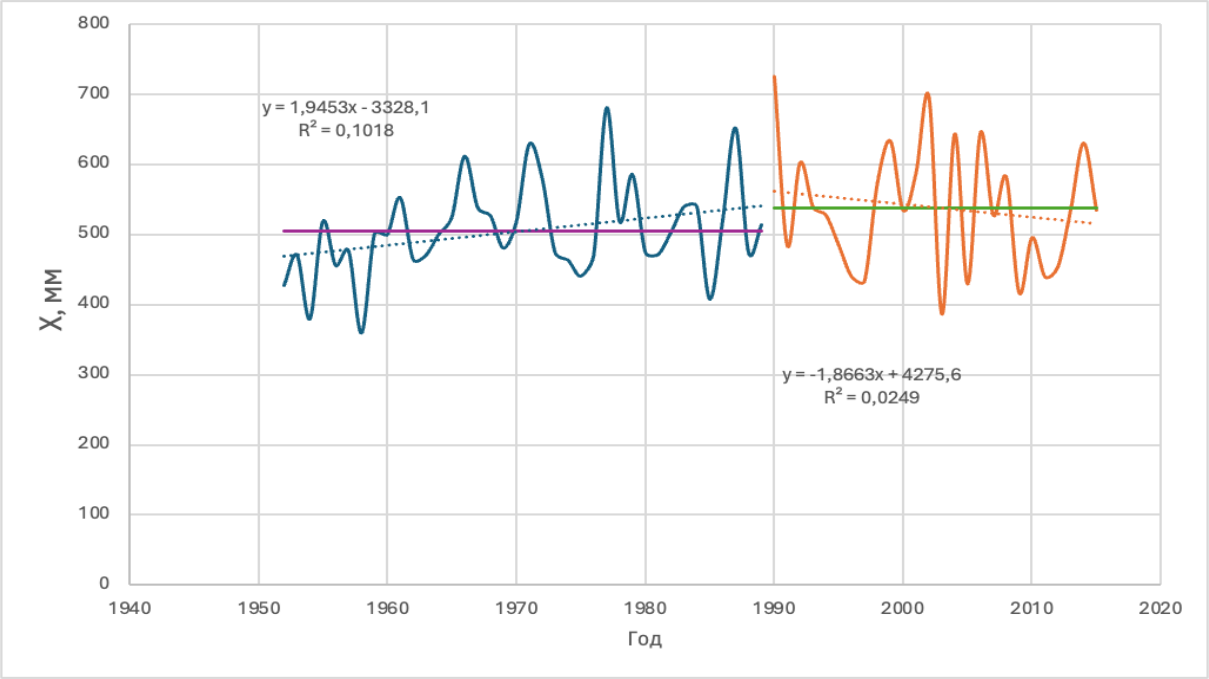


Рисунок 3.8 – Хронологический график годовых сумм осадков по м/с Тюмень

Первый период с 1952 по 1989 годы имеет положительный тренд на повышение с интенсивностью 19,4 мм за 10 лет. За второй период тренд не значим.

Ряд сумм осадков за теплый период также имеет положительный тренд на повышение с интенсивностью + 9,6 мм за 10 лет. Точка перелома приходится на 1989 год (рисунок 3.9), после этого ряд делится на два периода (рисунок 3.10)

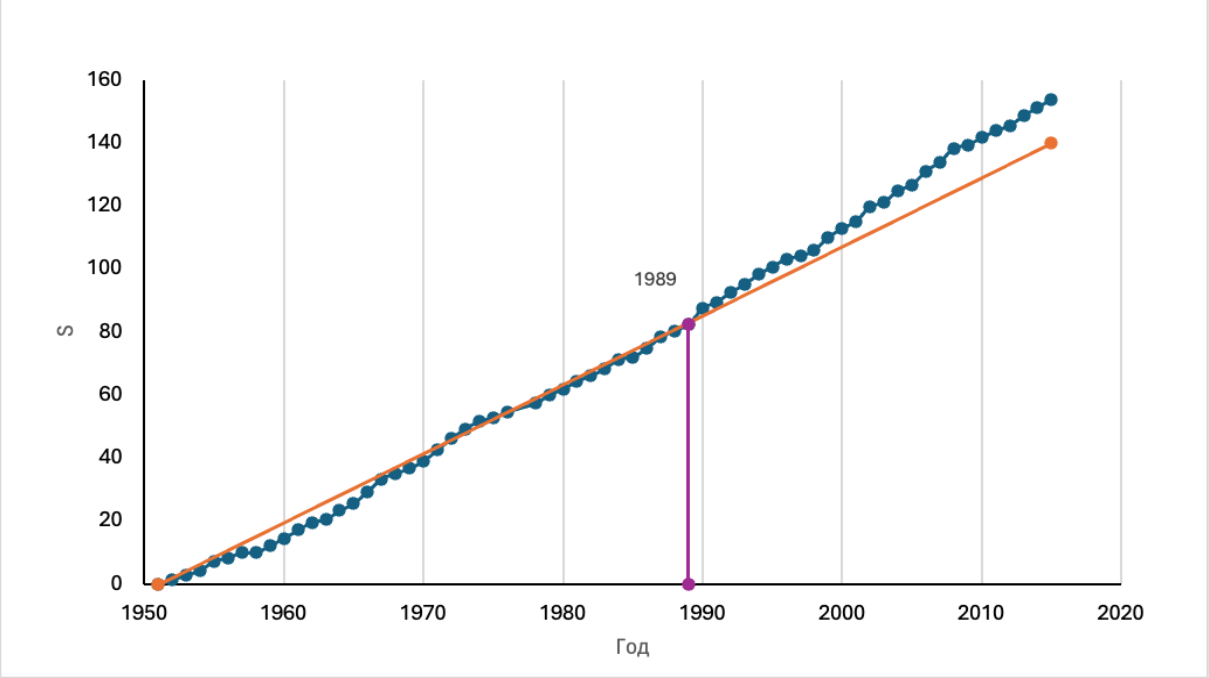


Рисунок 3.9 - Нормированная суммарная кривая сумм осадков за теплый период на м/с Тюмень

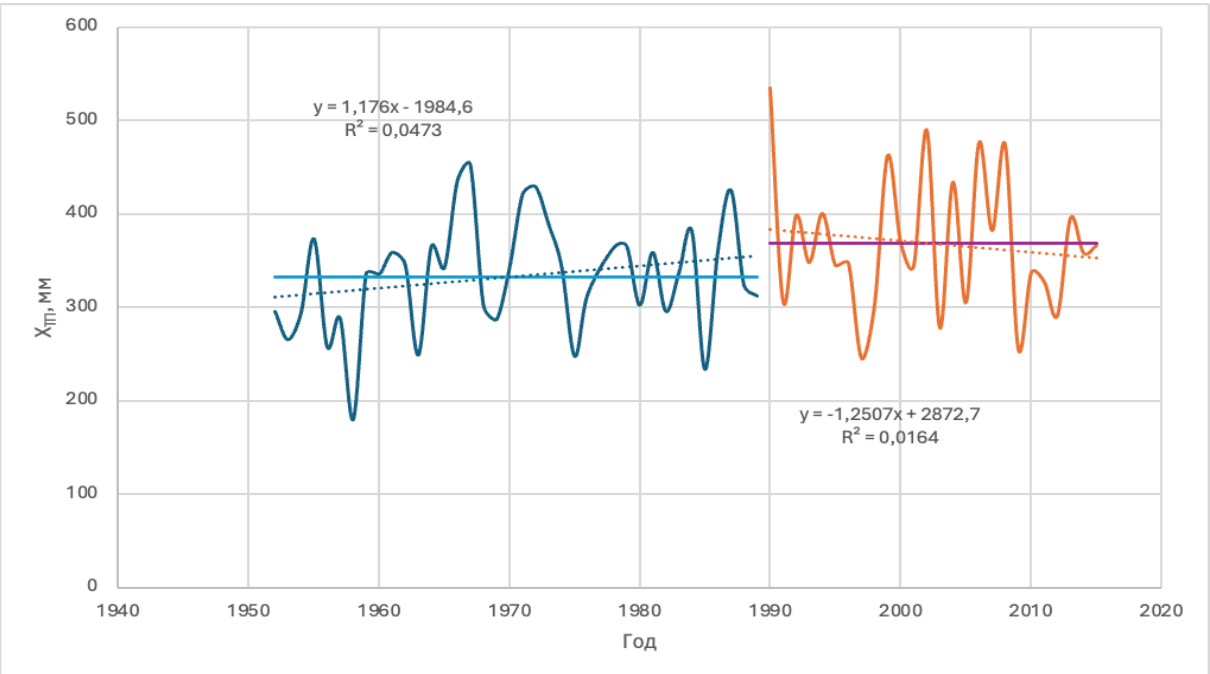


Рисунок 3.10 – Хронологический график сумм осадков за теплый период по м/с Тюмень

Оба периода стационарны, среднее значение сумм осадков во втором периоде на 30 мм больше, чем в первом.

3.4 Проверка рядов среднегодовых уровней воды

Проверка рядов среднегодовых уровней воды на однородность и стационарность проводилась на основе методики, описанной ранее. Результаты проверки представлены в таблицах 3.5–3.6.

Таблица 3.5 – Результаты проверки рядов среднегодовых уровней воды на однородность при уровне значимости 2α = 5%

№	Река - Пост	n	$\lvert t^* \rvert$	$t_{2\alpha}$	F^*	$F_{2\alpha}$	Опровержение гипотезы об однородности	
							Стьюдент	Фишер
1	р. Тура – г. Туринск	88	3,84	1,99	1,18	1,66	+	-
2	р. Тура – г. Тюмень	88	1,57	1,99	1,20	1,66	-	-

Таблица 3.6 – Оценка значимости линейных трендов в рядах среднегодовых уровней воды при уровне значимости 2α = 5%

№	Река - Пост	R	$\boldsymbol{\sigma}_R$	$\frac{\lvert R \rvert}{\sigma_R}$	$t_{2\boldsymbol{\alpha}}$	Тренд	
						Значимость	Интенсивность, см за 10 лет
1	р. Тура – г. Туринск	0,29	0,10	2,99	1,99	+	+8,35
2	р. Тура – г. Тюмень	0,01	0,11	0,09	1,99	-	-

По результатам проверки на однородность выявлено, что ряд среднегодовых уровней воды на р. Тура – г. Туринск неоднороден по критерию Стьюдента.

Выявлен значимый тренд на повышение в ряду среднегодовых уровней для поста р. Тура – г. Туринск. Рост среднегодовых уровней обусловлен увеличением годовых сумм осадков. Точка перелома на суммарной кривой

приходится на 1985 год (рисунок 3.11), ряд делится на два периода (рисунок 3.12).

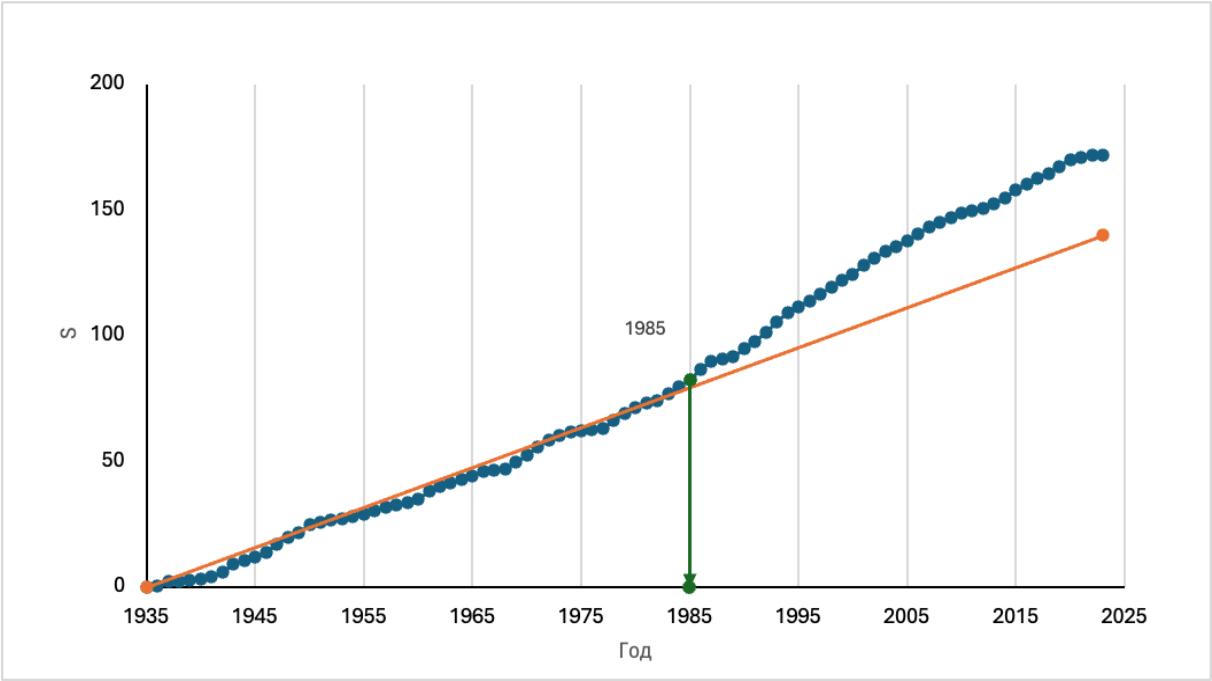


Рисунок 3.11 - Нормированная суммарная кривая среднегодовых уровней воды р. Тура – г. Туринск

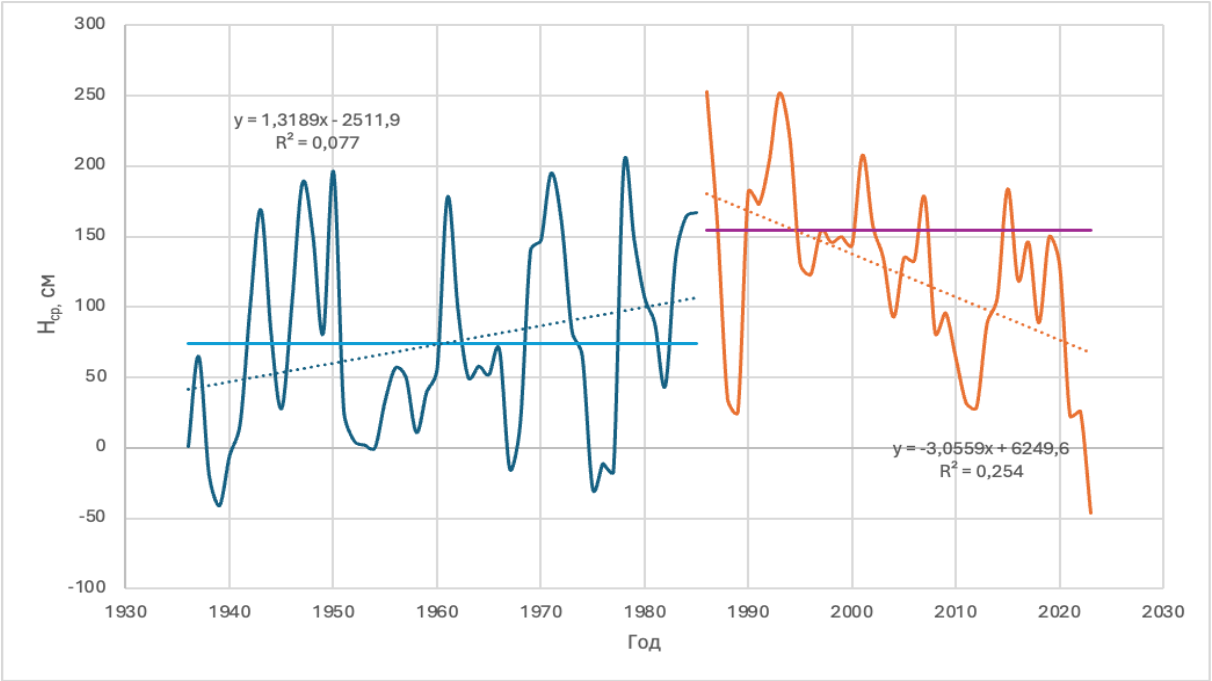


Рисунок 3.12 – Хронологический график среднегодовых уровней воды р. Тура – г. Туринск

Оба периода имеют значимый тренд, в первом периоде тренд на повышение с интенсивностью +13,2 см за 10 лет, а второй период, наоборот, имеет тренд на понижение с интенсивностью -30,6 см за 10 лет. Среднее значение уровней во втором периоде в два раза больше, чем в первом, и достигает 154 см.

3.5 Проверка рядов максимальных уровней весеннего половодья

Проверка рядов максимальных уровней весеннего половодья на однородность и стационарность проводилась на основе методики, описанной ранее. Результаты проверки представлены в таблицах 3.7–3.8.

Таблица 3.7 – Результаты проверки рядов среднегодовых уровней воды на однородность при уровне значимости 2α = 5%

№	Река - Пост	n	$\lvert t^* \rvert$	$t_{2\alpha}$	F^*	$F_{2\alpha}$	Опровержение гипотезы об однородности	
							Стьюдент	Фишер
1	р. Тура – г. Туринск	88	2,51	1,99	1,04	1,66	+	-
2	р. Тура – г. Тюмень	88	1,79	1,99	1,03	1,66	-	-

Таблица 3.8 – Оценка значимости линейных трендов в рядах среднегодовых уровней воды при уровне значимости 2α = 5%

№	Река - Пост	R	$\boldsymbol{\sigma}_R$	$\frac{\lvert R \rvert}{\sigma_R}$	$t_{2\boldsymbol{\alpha}}$	Тренд	
						Значимость	Интенсивность, см за 10 лет
1	р. Тура – г. Туринск	0,14	0,11	1,29	1,99	-	-
2	р. Тура – г. Тюмень	0,06	0,11	0,56	1,99	-	-

По результатам из таблицы 3.7 видно, что гипотеза об однородности Стьюдента опровергается в ряду максимальных расходов весеннего половодья р. Тура – г. Туринск. Оба ряда не имеют значимых трендов.

3.6 Проверка рядов минимальных летне-осенних уровней воды

Проверка рядов минимальных летне-осенних уровней воды на однородность и стационарность проводилась на основе методики, описанной ранее. Результаты проверки представлены в таблицах 3.9–3.10.

Таблица 3.9 – Результаты проверки рядов минимальных летне-осенних уровней воды на однородность при уровне значимости 2α = 5%

№	Река - Пост	n	$\lvert t^* \rvert$	$t_{2\alpha}$	F^*	$F_{2\alpha}$	Опровержение гипотезы об однородности	
							Стьюдент	Фишер
1	р. Тура – г. Туринск	88	2,66	1,99	1,12	1,83	+	-
2	р. Тура – г. Тюмень	88	1,04	1,99	1,49	1,83	-	-

Таблица 3.10 – Оценка значимости линейных трендов в рядах минимальных летне-осенних уровней воды при уровне значимости 2α = 5%

№	Река - Пост	R	$\boldsymbol{\sigma}_R$	$\frlvert R \rvert}{\sigma_R}$	$t_{2\boldsymbol{\alpha}}$	Тренд	
						Значимость	Интенсивность, см за 10 лет
1	р. Тура – г. Туринск	0,24	0,10	2,35	1,99	+	+ 4,88
2	р. Тура – г. Тюмень	0,03	0,11	0,28	1,99	-	-

По результатам из таблицы 3.9 видно, что гипотеза об однородности Стьюдента опровергается в ряду минимальных летне-осенних уровней воды р. Тура – г. Туринск.

Выявлен значимый тренд на повышение в ряду минимальных летне-осенних уровней воды р. Тура – г. Туринск с интенсивностью +4,88 см за 10 лет и точкой перелома в 1982 году (рисунок 3.13). Ряд делится на два квазистационарных периода (рисунок 3.14).

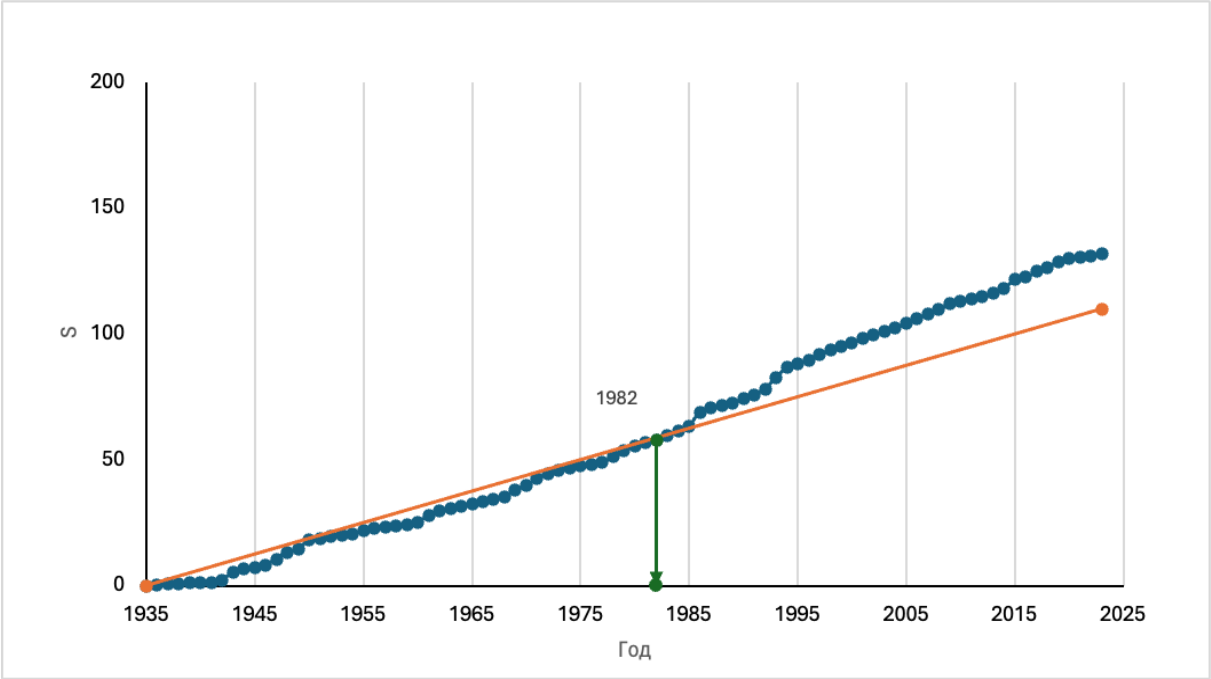


Рисунок 3.13 - Нормированная суммарная кривая минимальных летне-осенних уровней воды р. Тура – г. Туринск

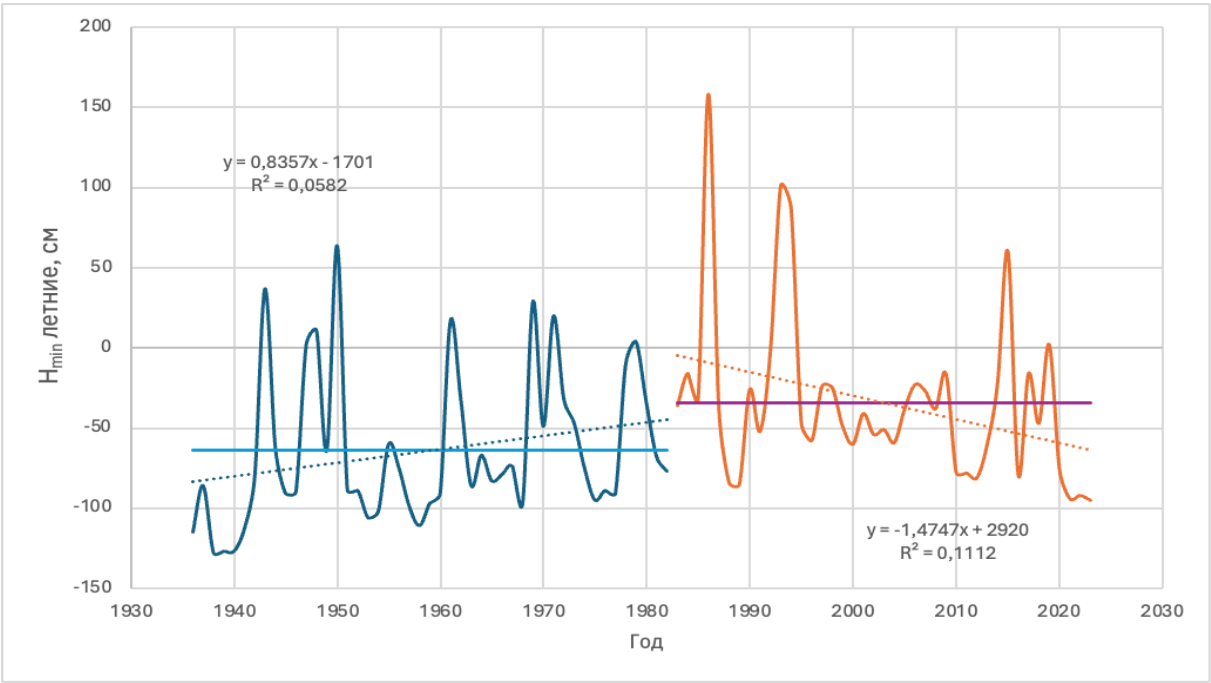


Рисунок 3.14 – Хронологический график кривая минимальных летне-осенних уровней воды р. Тура – г. Туринск

Оба периода имеют значимый тренд. Первый период 1936–1982 имеет тренд на повышение с интенсивностью +8,36 см за 10 лет, а второй период 1983–2026 тренд на понижение с интенсивностью -14,7 см за 10 лет.

Минимальные летне-осенние уровни воды во втором периоде увеличились в два раза, по сравнению с первым периодом.

3.7 Проверка рядов минимальных зимних уровней воды

Проверка рядов минимальных зимних уровней воды на однородность и стационарность проводилась на основе методики, описанной ранее. Результаты проверки представлены в таблицах 3.11–3.12.

Таблица 3.11 – Результаты проверки рядов минимальных зимних уровней воды на однородность при уровне значимости 2α = 5%

№	Река - Пост	n	$\lvert t^* \rvert$	$t_{2\alpha}$	F^*	$F_{2\alpha}$	Опровержение гипотезы об однородности	
							Стьюдент	Фишер
1	р. Тура – г. Туринск	88	6,77	1,99	1,12	1,83	+	-
2	р. Тура – г. Тюмень	88	0,34	1,99	1,11	1,66	-	-

Таблица 3.12 – Оценка значимости линейных трендов в рядах минимальных зимних уровней воды при уровне значимости 2α = 5%

№	Река - Пост	R	$\boldsymbol{\sigma}_R$	$\frac{\lvert R \rvert}{\sigma_R}$	$t_{2\boldsymbol{\alpha}}$	Тренд	
						Значимость	Интенсивность, см за 10 лет
1	р. Тура – г. Туринск	0,57	0,07	7,72	1,99	+	+ 8,54
2	р. Тура – г. Тюмень	0,15	0,11	1,41	1,99	-	-

По результатам проверки на однородность выявлено, что ряд минимальных зимних уровней воды р. Тура – г. Туринск неоднороден по критерию Стьюдента.

Тренд имеет значимость на повышение у ряда минимальных зимних уровней воды р. Тура – г. Туринск и имеет точку перелома в 1978 году (рисунок 3.15), ряд делится на два периода (рисунок 3.16). Рост минимальных

зимних уровней обусловлен увеличением температуры в зимний период, что способствует увеличению числа оттепелей в зимний период, что ведет к увеличению стока.

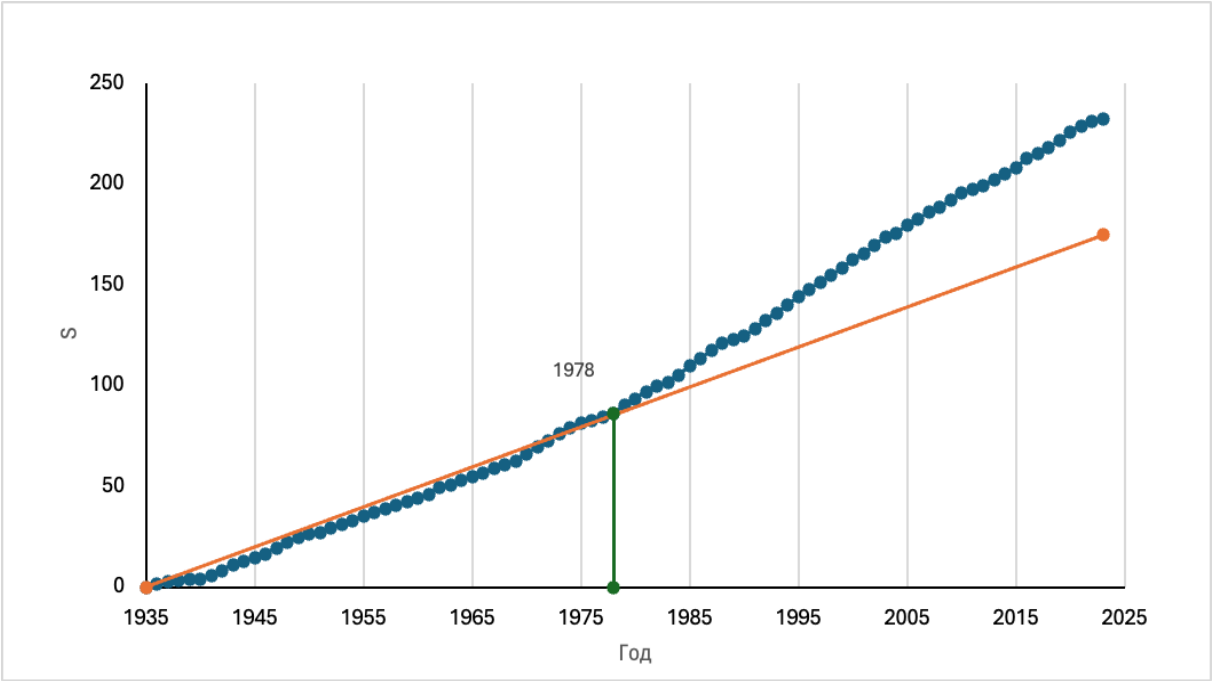


Рисунок 3.15 - Нормированная суммарная кривая минимальных зимних уровней воды р. Тура – г. Туринск

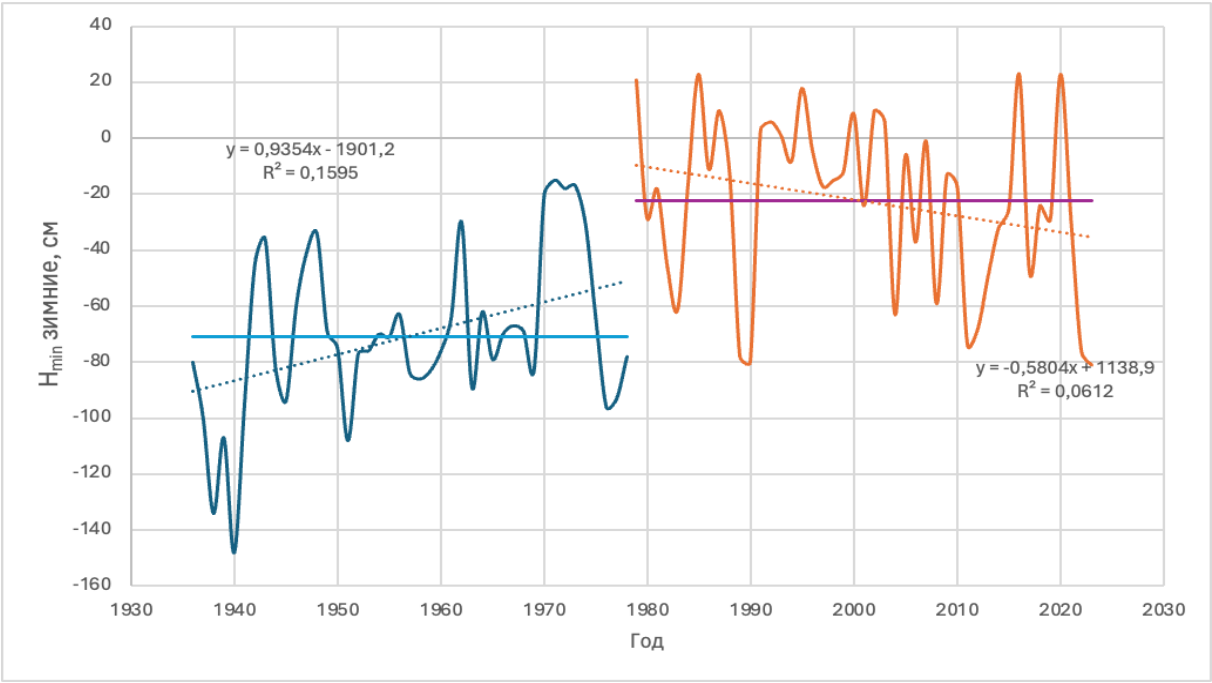


Рисунок 3.16 – Хронологический график кривая минимальных зимних уровней воды р. Тура – г. Туринск

Оба ряда имеют значимый тренд. Первый период имеет тренд на повышение с интенсивностью +9,35 см за 10 лет, второй период имеет тренд на понижение с интенсивностью - 5,8 см за 10 лет. С первого до второго периода значение минимальных зимних уровней увеличилось в три раза.

3.8 Проверка рядов среднегодовых расходов воды

Проверка рядов среднегодовых расходов воды на однородность и стационарность проводилась на основе методики, описанной ранее. Результаты проверки представлены в таблицах 3.13–3.14.

Таблица 3.13 – Результаты проверки рядов среднегодовых расходов воды на однородность при уровне значимости 2α = 5%

№	Река - Пост	n	$\lvert t^* \rvert$	$t_{2\alpha}$	F^*	$F_{2\alpha}$	Опровержение гипотезы об однородности	
							Стьюдент	Фишер
1	р. Тура – г. Туринск	88	3,23	1,99	1,16	1,83	+	-
2	р. Тура – г. Тюмень	88	3,41	1,99	1,18	1,83	+	-

Таблица 3.14 – Оценка значимости линейных трендов в рядах среднегодовых расходов воды при уровне значимости 2α = 5%

№	Река - Пост	R	$\boldsymbol{\sigma}_R$	$\frac{\lvert R \rvert}{\sigma_R}$	$t_{2\boldsymbol{\alpha}}$	Тренд	
						Значимость	Интенсивность, $м^3/с$ за 10 лет
1	р. Тура – г. Туринск	0,23	0,10	2,23	1,99	+	+ 4,78
2	р. Тура – г. Тюмень	0,23	0,10	2,22	1,99	+	+ 8,49

Оба поста неоднородны по критерию Стьюдента и имеют значимые тренды на повышение. Ряд среднегодовых расходов воды р. Тура – г. Туринск имеет интенсивность тренда +4,78 $м^3/с$ за 10 лет, а пост р. Тура – г. Тюмень - +8,49 $м^3/с$ за 10 лет.

Точка перелома в ряду р. Тура – г. Туринск приходится на 1984 год (рисунок 3.17). Ряд делится на два периода (рисунок 3.18).

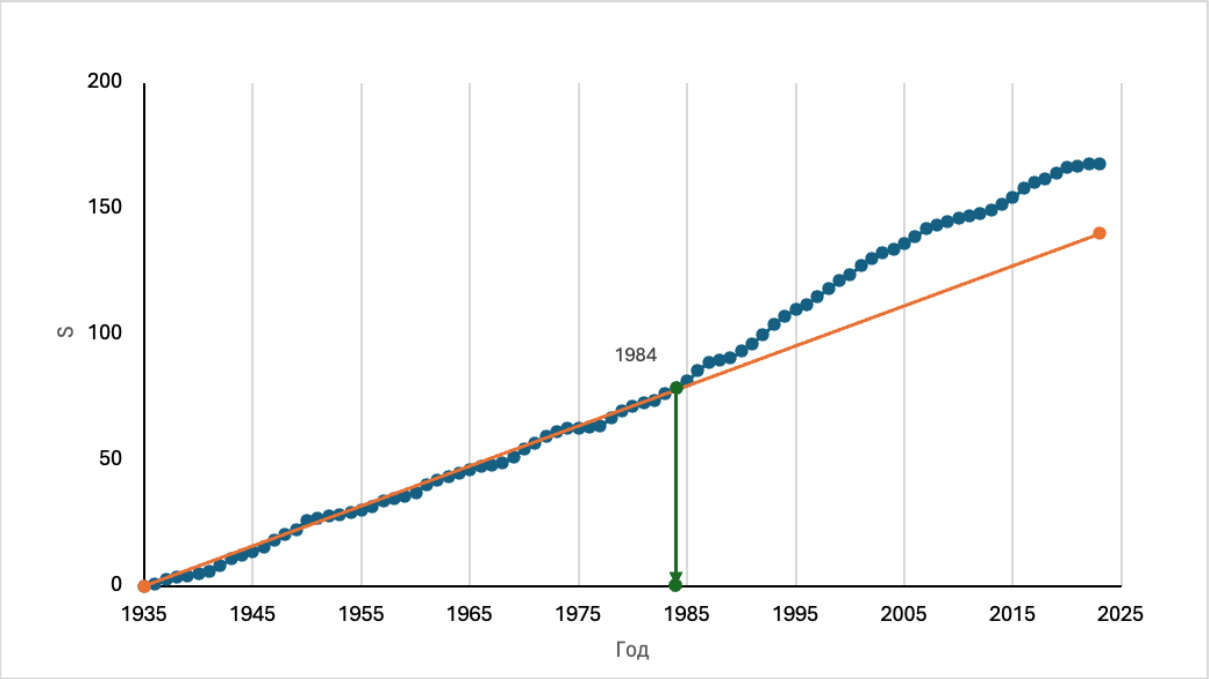


Рисунок 3.17 - Нормированная суммарная кривая среднегодовых расходов воды р. Тура – г. Туринск

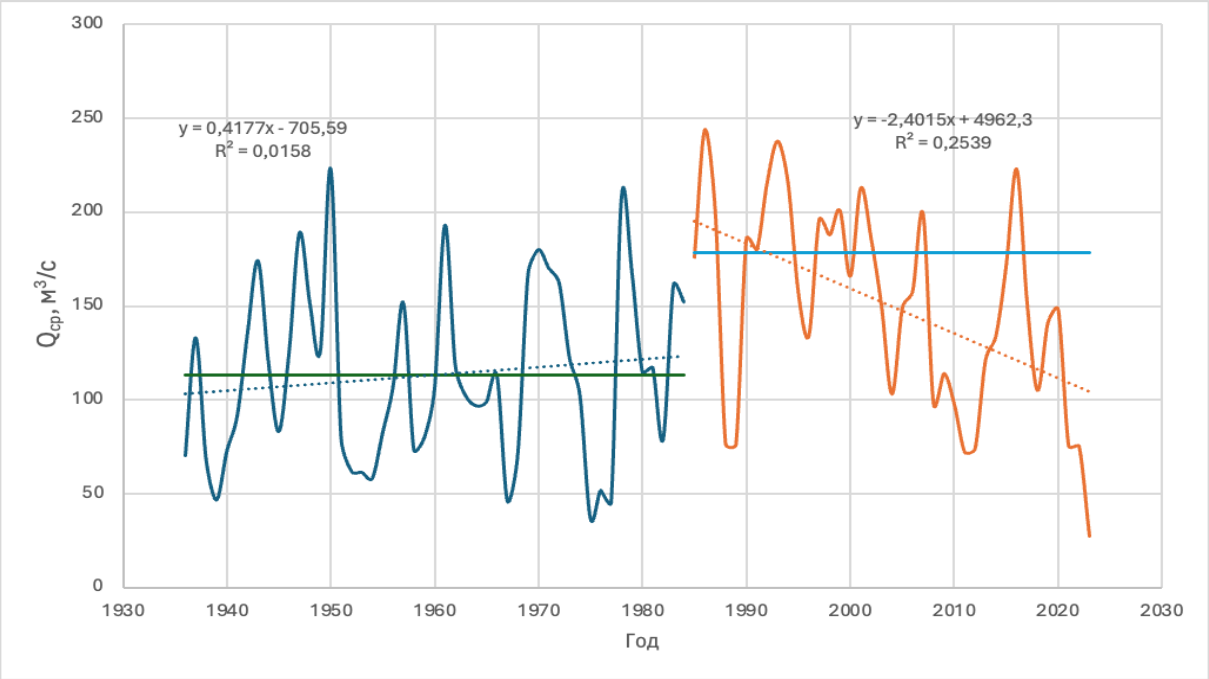


Рисунок 3.18 – Хронологический график среднегодовых расходов воды р. Тура – г. Туринск

Второй период 1985–2023 годы имеет значимый тренд на понижение с интенсивностью -24,0 м^3/с за 10 лет. Среднегодовые расходы во втором периоде увеличились на 57 % по сравнению с первым.

Точка перелома в ряду р. Тура – г. Тюмень приходится на 1982 год (рисунок 3.19). Ряд делится на два периода (рисунок 3.20).

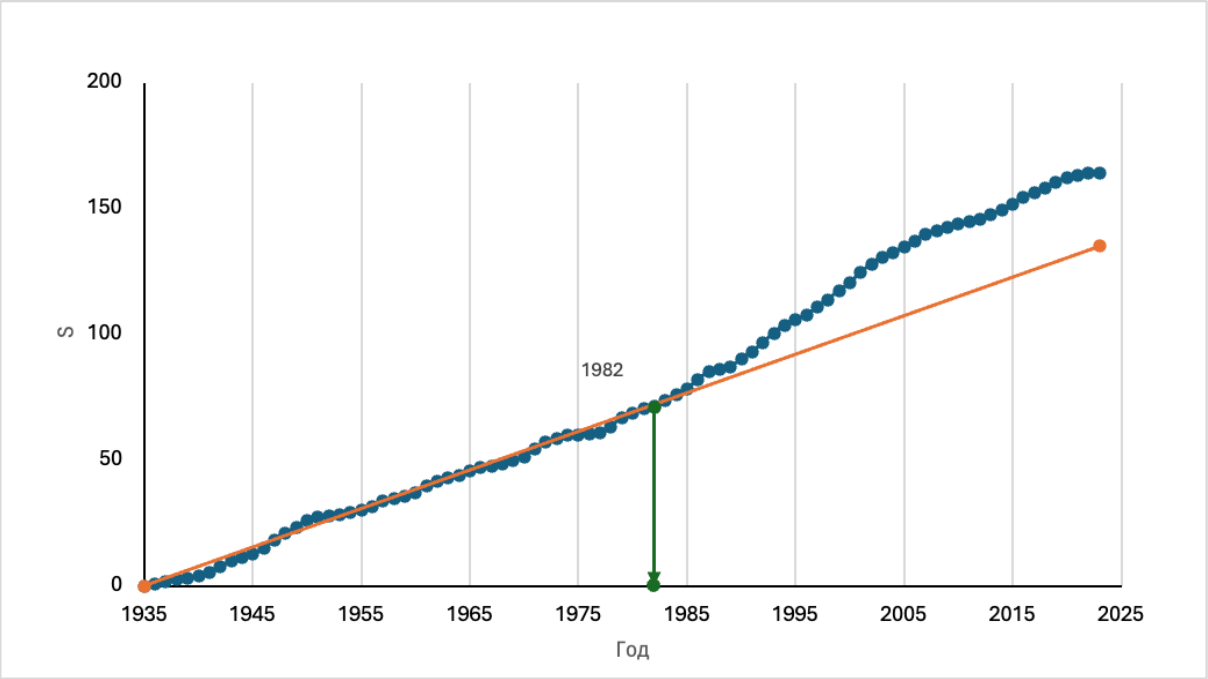


Рисунок 3.19 - Нормированная суммарная кривая среднегодовых расходов воды р. Тура – г. Тюмень

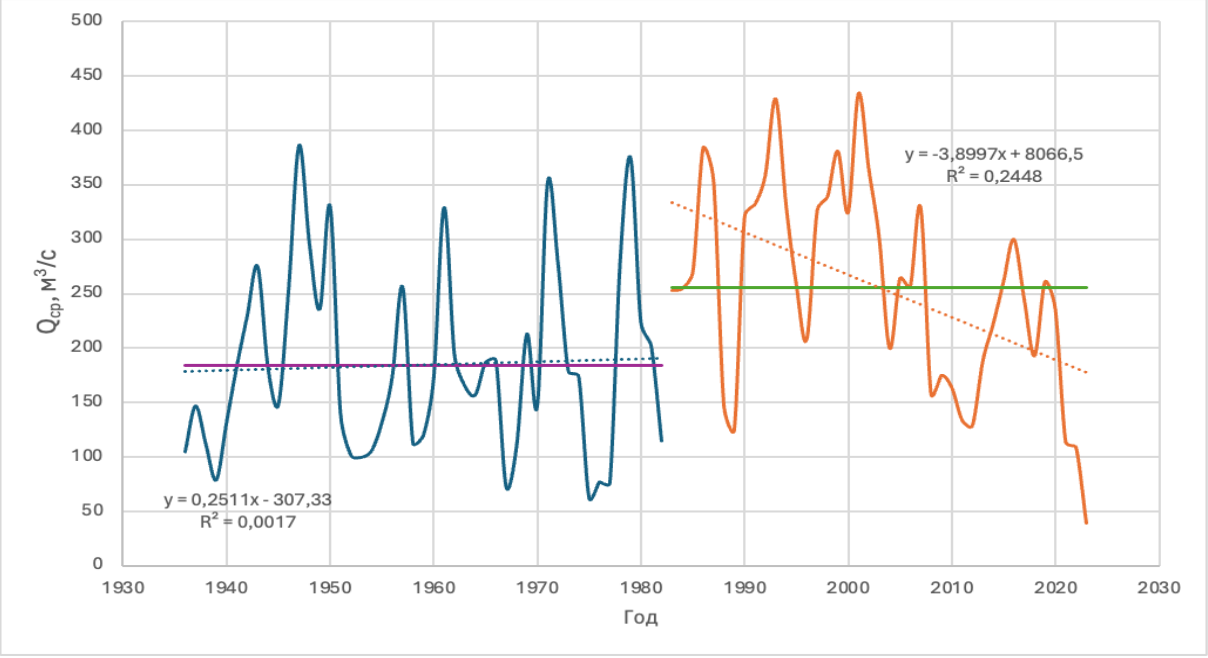


Рисунок 3.20 – Хронологический график среднегодовых расходов воды р. Тура – г. Тюмень

Второй период 1983–2023 годы имеет значимый тренд на понижение с интенсивностью -38,9 м^3/с за 10 лет. Среднегодовые расходы во втором периоде увеличились на 38 % по сравнению с первым.

3.9 Проверка рядов максимальных расходов весеннего половодья

Проверка рядов максимальных расходов весеннего половодья на однородность и стационарность проводилась на основе методики, описанной ранее. Результаты проверки представлены в таблицах 3.15–3.16.

Таблица 3.15 – Результаты проверки рядов максимальных расходов весеннего половодья на однородность при уровне значимости 2α = 5%

№	Река - Пост	n	$\lvert t^* \rvert$	$t_{2\alpha}$	F^*	$F_{2\alpha}$	Опровержение гипотезы об однородности	
							Стьюдент	Фишер
1	р. Тура – г. Туринск	88	2,01	1,99	2,12	1,83	+	+
2	р. Тура – г. Тюмень	88	1,13	1,99	1,52	1,83	-	-

Таблица 3.16 – Оценка значимости линейных трендов в рядах максимальных расходов весеннего половодья при уровне значимости 2α = 5%

№	Река - Пост	R	$\boldsymbol{\sigma}_R$	$\frac{\lvert R \rvert}{\sigma_R}$	$t_{2\boldsymbol{\alpha}}$	Тренд	
						Значимость	Интенсивность, м^3/с за 10 лет
1	р. Тура – г. Туринск	0,16	0,11	1,48	1,99	-	-
2	р. Тура – г. Тюмень	0,10	0,11	0,89	1,99	-	-

Проанализировав полученные результаты проверки, можно сделать вывод об опровержении гипотез Стьюдента и Фишера для ряда максимальных расходов весеннего половодья для поста р. Тура – г. Туринск. Оба ряда не имеют значимый тренд.

3.10 Проверка рядов минимальных летне-осенних расходов воды

Проверка рядов минимальных летне-осенних расходов воды на однородность и стационарность проводилась на основе методики, описанной ранее. Результаты проверки представлены в таблицах 3.17–3.18.

Таблица 3.17 – Результаты проверки рядов минимальных летне-осенних расходов воды на однородность при уровне значимости 2α = 5%

№	Река - Пост	n	$\lvert t^* \rvert$	$t_{2\alpha}$	F^*	$F_{2\alpha}$	Опровержение гипотезы об однородности	
							Стьюдент	Фишер
1	р. Тура – г. Туринск	88	2,19	1,99	1,73	1,83	+	-
2	р. Тура – г. Тюмень	88	1,66	1,99	2,00	1,66	-	-

Таблица 3.18 – Оценка значимости линейных трендов в рядах минимальных летне-осенних расходов воды при уровне значимости 2α = 5%

№	Река - Пост	R	$\boldsymbol{\sigma}_R$	$\frlac{\lvert R \rvert}{\sigma_R}$	$t_{2\boldsymbol{\alpha}}$	Тренд	
						Значимость	Интенсивность, $м^3/с$ за 10 лет
1	р. Тура – г. Туринск	0,18	0,10	1,73	1,99	-	-
2	р. Тура – г. Тюмень	0,20	0,10	1,90	1,99	-	-

Ряд минимальных летне-осенних расходов воды р. Тура – г. Туринск неоднороден по Стьюденту. Ряды не имеют значимых трендов.

3.11 Проверка рядов минимальных зимних расходов воды

Проверка рядов минимальных зимних расходов воды на однородность и стационарность проводилась на основе методики, описанной ранее. Результаты проверки представлены в таблицах 3.19–3.20.

Таблица 3.19 – Результаты проверки рядов минимальных зимних расходов воды на однородность при уровне значимости 2α = 5%

№	Река - Пост	n	$\lvert t^* \rvert$	$t_{2\alpha}$	F^*	$F_{2\alpha}$	Опровержение гипотезы об однородности	
							Стьюдент	Фишер
1	р. Тура – г. Туринск	88	8,83	1,99	1,47	1,83	+	-
2	р. Тура – г. Тюмень	88	2,84	1,99	1,90	1,83	+	+

Таблица 3.20 – Оценка значимости линейных трендов в рядах минимальных зимних расходов воды при уровне значимости 2α = 5%

№	Река - Пост	R	$\boldsymbol{\sigma}_R$	$\frac{\lvert R \rvert}{\sigma_R}$	$t_{2\alpha}$	Тренд	
						Значимость	Интенсивность, $м^3/с$ за 10 лет
1	р. Тура – г. Туринск	0,60	0,07	8,63	1,99	+	+1,96
2	р. Тура – г. Тюмень	0,23	0,10	2,28	1,99	+	+1,04

Гипотеза об однородности Стьюдента опровергается для обоих рядов минимальных зимних расходов воды, а по критерию Фишера опровергается только ряд р. Тура – г. Тюмень.

В ряду р. Тура – г. Туринск точка перелома приходится на 1978 год (рисунок 3.21), ряд делится на два периода (рисунок 3.22).

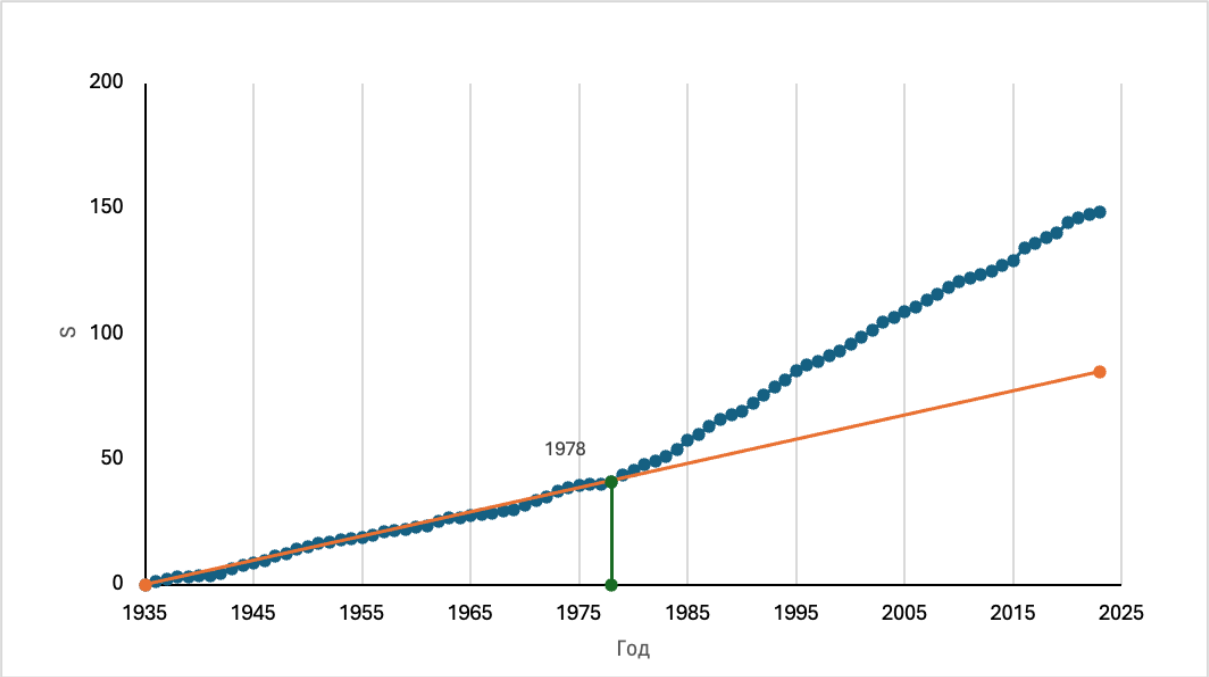


Рисунок 3.21 - Нормированная суммарная кривая минимальных зимних расходов воды р. Тура – г. Туринск

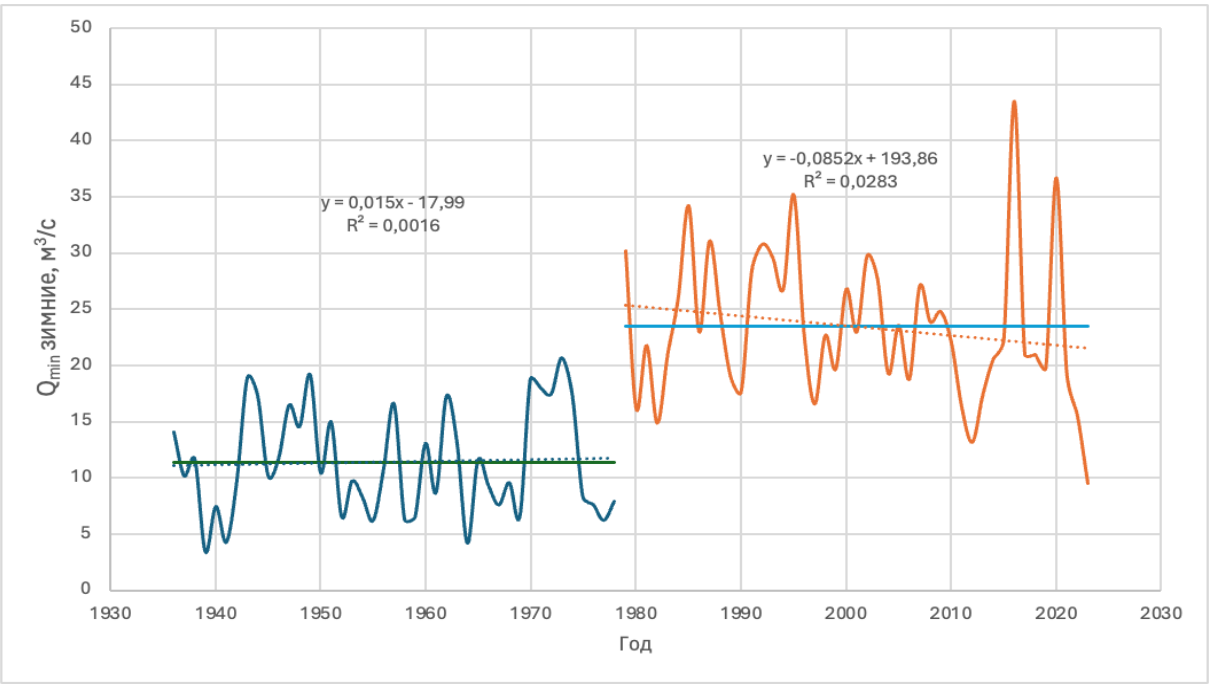


Рисунок 3.22 – Хронологический график минимальных зимних расходов воды р. Тура – г. Туринск

Оба периода стационарны и не имеют значимости тренда. Среднее значение расхода во втором периоде в два раза больше, чем в первом.

Точка перелома на суммарной кривой минимальных зимних расходов воды р. Тура – г. Тюмень приходится на 1983 год (рисунок 3.23), ряд поделился на два периода (рисунок 3.24).

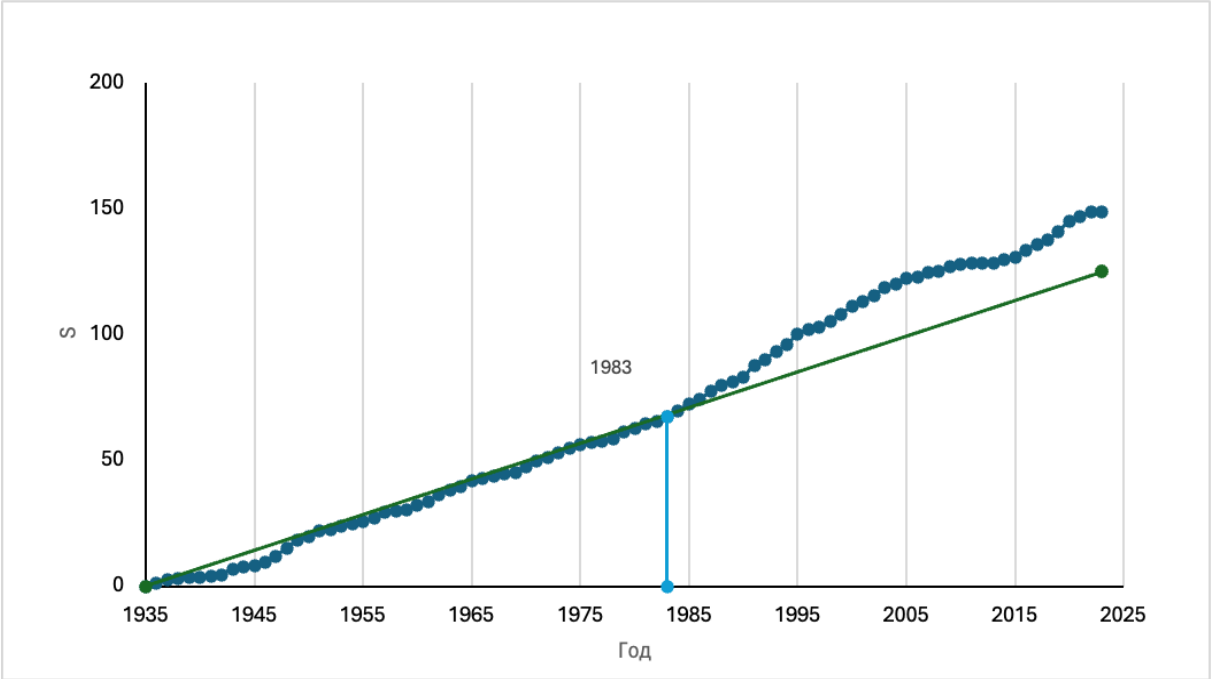


Рисунок 3.23 - Нормированная суммарная кривая минимальных зимних расходов воды р. Тура – г. Тюмень

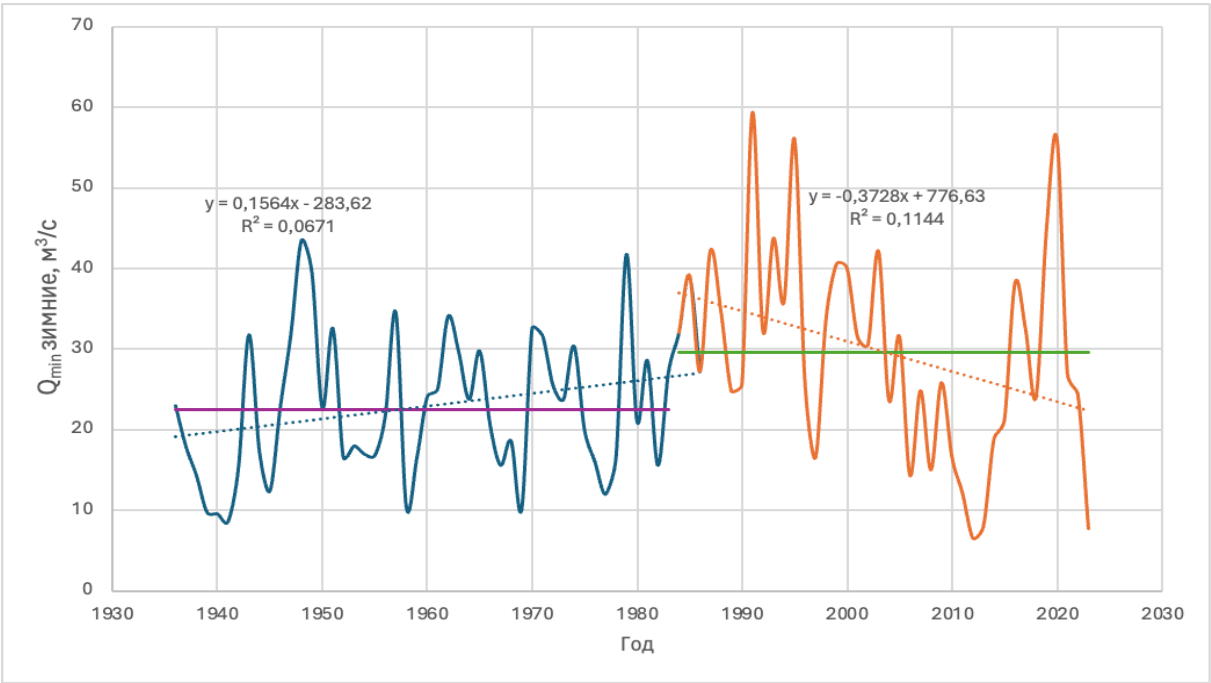


Рисунок 3.24 – Хронологический график минимальных зимних расходов воды р. Тура – г. Тюмень

Оба ряда имеют значимые тренды, интенсивность тренда на повышение в первом периоде составляет +1,56 $м^3/с$ за 10 лет, а во втором тренд на понижение с интенсивностью -3,73 $м^3/с$ за 10 лет. Среднее значение расхода во втором периоде увеличилось на 7 $м^3/с$, по сравнению с первым.

В таблице 3.21 приведены обобщенные результаты проверки рядов на однородность и стационарность. Опровержение гипотезы показано символом «+».

Таблица 3.21 – Обобщенные результаты проверки на однородность и стационарность

Река -Пост	Вид стока	Проверка однородности		Проверка стационарности
		Стьюдент	Фишер	
р. Тура – г. Туринск	$H_{ср}$	+	-	+
	H_{max}	+	-	-
	$H_{min,лет}$	+	-	+
	$H_{min,зим}$	+	-	+
	$Q_{ср}$	+	-	+
	Q_{max}	+	+	-
	$Q_{min,лет}$	+	-	-
	$Q_{min,зим}$	+	-	+
р. Тура – г. Тюмень	$H_{ср}$	-	-	-
	H_{max}	-	-	-
	$H_{min,лет}$	-	-	-
	$H_{min,зим}$	-	-	-
	$Q_{ср}$	+	-	+
	Q_{max}	-	-	-
	$Q_{min,лет}$	+	+	-
	$Q_{min,зим}$	+	+	+

3.12 Оценка статистических характеристик и их погрешностей

Для однородных и стационарных рядов рассчитывались статистические характеристики. Расчет проводился методом моментов, а для минимальных летних и зимних уровней р. Тура – г. Тюмень методом наибольшего правдоподобия (МНП) (Таблица 3.22).

Средние квадратические погрешности средних значений определялись по формуле:

$$\sigma_{\bar{i}} = \frac{\sigma_i}{\sqrt{n}}, \quad (3.8)$$

Средние квадратические ошибки коэффициента вариации рассчитывались по формуле:

$$\sigma_{Cv} = \frac{C_v}{n+4C_v^2}\sqrt{\frac{n\left(1+C_v^2\right)}{2}}, \quad (3.9)$$

В рядах со значением C_V>0,6 значения погрешностей корректировались с учетом новых значений коэффициента вариации.

Таблица 3.22– Относительные ошибки среднего и коэффициента вариации

Река-пост/Вид стока-характеристика	Среднегодовые уровни				Максимальные уровни				Минимальные летне-осенние уровни				Минимальные зимние уровни			
	$H_{ср}$, *см*	C_v	$\sigma_{Hср}$ *%*	σ_{Cv} *%*	$H_{ср}$, *см*	C_v	$\sigma_{Hср}$ *%*	σ_{Cv} *%*	$H_{ср}$, *см*	C_v	$\sigma_{Hср}$ *%*	σ_{Cv} *%*	$H_{ср}$, *см*	C_v	$\sigma_{Hср}$ *%*	σ_{Cv} *%*
р. Тура – г. Туринск	96	0,76			612	0,29			-50	0,67			-46	0,38		
р. Тура – г. Тюмень	173	0,47	5,00	8,24	650	0,22	2,30	7,70	26,9	2,47	26,4	15,7	12	3,26	34,7	17,3
МНП										0,61	6,50	8,68		0,51	5,44	8,36
Река-пост/Вид стока-характеристика	Среднегодовые расходы				Максимальные расходы				Минимальные суточные летне-осенние расходы				Минимальные суточные зимние расходы			
	$Q_{ср}$, $м^3/с$	C_v	$\sigma_{Qср}$ *%*	σ_{Cv} *%*	$Q_{ср}$, $м^3/с$	C_v	$\sigma_{Qср}$ *%*	σ_{Cv} *%*	$Q_{ср}$, $м^3/с$	C_v	$\sigma_{Qср}$ *%*	σ_{Cv} *%*	$Q_{ср}$, $м^3/с$	C_v	$\sigma_{Qср}$ *%*	σ_{Cv} *%*
р. Тура – г. Туринск	129	0,41			797	0,57			36,2	0,7			17,6	0,48		
р. Тура – г. Тюмень	218	0,44			1099	0,50	5,33	8,33	68,6	0,63	6,77	8,77	25,7	0,44	4,71	8,17
МНП										0,64	6,82	8,79				

Глава 4 РАСЧЕТ УРОВНЕЙ И РАСХОДОВ ЗАДАННОЙ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ

Для рядов минимальных уровней и расходов воды были рассчитаны значения различных обеспеченностей, а также построены эмпирические и аналитические кривые. Построение выполнялось с помощью программы HydroStatCalc. Для неоднородных рядов строилась составная кривая обеспеченности.

В связи с тем, что кривая обеспеченности минимальных зимних уровней в программе HydroStatCalc строилась некорректно, было принято решение построить ее вручную. Эмпирическая кривая была построена в программе StokStat, в качестве аналитической кривой использовалась кривая Пирсона III типа (таблица 3.23)

4.1 Расчет минимальных уровней воды заданной обеспеченности

Ряды минимальных летне-осенних и зимних уровней воды на посту р. Тура – г. Туринск неоднородны. Построение выполнялось по нормированным значениям уровней, так как среднее значение ряда получилось отрицательным. Строилась составная кривая обеспеченности (Приложение Г, рисунок Г.1–Г.2). В последние пару лет повторяемость минимальных уровней составляет 80 лет.

Ряды минимальных летне-осенних и зимних уровней воды на посту р. Тура – г. Тюмень однородны (Приложение Г, рисунок Г.3–Г.4). Значения уровней за 2022 и 2023 годы являются минимальными за весь ряд наблюдений, повторяемость раз в 100 лет.

4.2 Расчет минимальных суточных расходов воды заданной обеспеченности

Все ряды минимальных летне-осенних и зимних расходов воды р. Тура – г. Туринск и р. Тура – г. Тюмень неоднородны (Приложение Г, рисунок Г.5–Г.8).

В ряду минимальных суточных летне-осенних расходов р. Тура – г. Туринск повторяемость, в последние три года наблюдений, составляет раз в

75 лет. А в ряду минимальных зимних расходах выраженная повторяемость не наблюдается.

В ряду минимальных летне-осенних расходах р. Тура – г. Тюмень последние три годы наблюдений имеют редкую повторяемость раз в 95 лет. В ряду минимальных зимних расходах последний год имеет редкую повторяемость.

Таблица 3.23 – Расчетные значение ряда минимальных зимних уровней воды р. Тура – г. Тюмень заданной обеспеченности

P, %	t_p	k_p	H_p
0,01	3,72	13,11	156
0,1	3,09	11,06	132
1	2,33	8,59	102
5	1,64	6,34	76
10	1,28	5,17	62
20	0,84	3,74	44
30	0,52	2,69	32
50	0,00	1,00	12
70	-0,52	-0,69	-8
80	-0,84	-1,74	-21
90	-1,28	-3,17	-38
95	-1,64	-4,34	-52
99	-2,33	-6,59	-78
99,9	-3,09	-9,06	-108

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В районе исследования ряды минимальных летне-осенних и зимних уровней на посту р. Тура – г. Туринск неоднородны и нестационарны. Ряды минимальных суточных летне-осенних и зимних расходов неоднородны, ряд зимних расходов нестационарен.

Ряд минимальных летних уровней р. Тура – г. Тюмень однороден и не имеет значимых трендов, значения, измеренные в последние несколько лет имеют редкую повторяемость. Ряды минимальных суточных летне-осенних и зимних расходов неоднородны, ряд зимних расходов имеет значимый тренд.

Измеренные значения минимальных уровней и расходов р. Тура – г. Тюмень редкой повторяемости, в последние годы зафиксированы исторические минимумы уровней.

Были построены эмпирические и аналитические кривые обеспеченностей для рядов минимальных уровней и расходов на обоих постах.

Антропогенное воздействие имеет меньшее влияние на динамику стока, чем климатические изменения в районе исследования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Специализированные массивы для климатических исследований. – [Электронный ресурс] Режим доступа: http://aisori-m.meteo.ru/waisori/index0.xhtml. (дата обращения 15.10.2025 г.)
2. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – 444 с
3. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Т. 11. Средний Урал и Приуралье / под ред. канд. геогр. наук Н. М. Алюшинской — Л.: Гидрометеоиздат, 1973. – 844 с.
4. Гидрологический ежегодник. Т. 6. Бассейн Карского моря (западная часть) выпуск 0–9 / под ред. Г. А. Храповицкого – Л.: Гидрометеоиздат, 1936–2007 гг.
5. Изучение долинного комплекса реки Туры – Методика изучения речных долин [Электронный ресурс] Режим доступа: https://studfile.net/preview/9560878/page:8/ (дата обращения 01.04.2026 г.)
6. Магистерская диссертация «Проблемы устойчивого водопользования реки Тура в черте города Тюмени» - Федорова С. А. – г. Тюмень, 2016 год
7. Выпускная квалификационная работа «Анализ водного режима реки Тура в условиях техногенной застройки города Тюмени» - Бердышева М. С. – г. Тюмень, 2023 г.
8. Обмеление Туры: почему высыхают берега и как спасти тюменскую реку https://fedpress.ru/article/3277277 [Электронный ресурс] Режим доступа: (дата обращения 24.04.2026 г.)
9. Реку Тура в Тюмени могут почистить, но для этого нужны большие деньги [Электронный ресурс] Режим доступа: https://72.ru/text/gorod/2025/02/20/75130793/ (дата обращения 24.04.2026 г.)

10. Тюменским властям с третьей попытки одобрили расчистку Туры [Электронный ресурс] Режим доступа: https://t.rbc.ru/tyumen/10/10/2025/68e88e729a79473faff22167 (дата обращения 26.04.2026 г.)
11. «Эта вода опасна даже для овощей»: как судоходство сказывается на обмелевшей Туре [Электронный ресурс] Режим доступа: https://clck.su/VjrrG (дата обращения 26.04.2026 г.)

Приложение А – Средняя месячная температура воздуха по м/с Тюмень

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1951	-16,5	-22,3	-4,4	9,2	9,6	16	19,8	16,4	11,6	0,7	-9,1	-8,6
1952	-14	-15,4	-10,6	-1,3	12,2	16,8	20	15,7	12,3	-0,2	-15,1	-13,4
1953	-15,3	-17,8	-8	6,5	11,6	14	19,2	18,1	10,3	0	-17,9	-12,5
1954	-20,2	-23,7	-8,6	2,7	9,3	16	19,3	13,9	11,8	4,5	-7,1	-15,3
1955	-12	-17,7	-10,7	2,6	13,8	17,5	16,8	14	8,2	4,3	-7,5	-24,1
1956	-20,9	-21,1	-10	1	11,4	16,3	16,8	15	5,8	2,5	-8,5	-12,2
1957	-18,6	-13,4	-13,3	0,2	14,4	18,2	18,2	16,5	14,6	1,3	-8,7	-9,2
1958	-14,5	-10,7	-11,8	2,1	9,2	18	17,6	18	5,5	2,7	-5	-16
1959	-13,4	-15,6	-6,8	0,5	12,8	15,6	17,8	13,7	9,2	-1,1	-7,6	-15,7
1960	-18,6	-12,8	-14,3	4,3	7	17,1	15,5	13,4	10,2	-0,5	-10,7	-12,8
1961	-14	-12,1	-3,7	2,6	11,5	15,9	18,6	15,2	8,8	-0,6	-8	-10
1962	-12,2	-8,8	-5	4,8	14,9	14,7	20,4	13,8	9,4	1	-5,8	-13
1963	-17,1	-10,6	-11,6	2,4	10,4	17,1	19,2	14,5	9,3	2,8	-4,2	-12,8
1964	-17,3	-19,2	-11,6	-0,8	11,6	15,7	19	15,2	9,7	0,4	-6,5	-10,3
1965	-16,2	-15,4	-5	1,7	13,3	17,3	19,5	13,4	10	1,1	-12,2	-11,5
1966	-18,3	-19,4	-7,6	3,9	10,5	14	20,6	15,9	11,4	-0,8	-5,6	-23,8
1967	-17,3	-16,8	-5,2	8,4	10,9	14,6	19,4	15,8	7,7	5,1	-2,3	-10,3
1968	-17,2	-12	-4,6	1	11,8	13,6	17,4	15,2	6,8	0,2	-12	-22,4
1969	-27,8	-21,2	-11,4	2,2	5,2	13,1	19	13,3	8,9	-2,5	-3,9	-16,2
1970	-18,3	-12,2	-4,5	2,4	9,5	14,2	17,1	14,2	12,5	1,6	-9,1	-15,4
1971	-11,6	-20	-9,8	1,7	8,6	15,7	18,9	13,3	12,2	1,5	-1,3	-10,3
1972	-27,3	-14,4	-10,7	4,2	9,4	14,5	16,2	15,4	6,1	2,7	-6,3	-12,1
1973	-22,9	-13,4	-5,2	5,6	11,8	17,4	15,1	15,4	6,3	0,8	-4,8	-8,9
1974	-21,8	-18,2	-4,4	5,3	11,8	15,7	20,7	14,6	11,9	4,2	-10,6	-12,8
1975	-13	-14,1	-2,8	7,2	9,6	16,1	18,4	14,3	11,5	-0,7	-7,7	-13,4
1976	-13,3	-19,6	-8,7	5,5	10,9	17,8	16,2	16,8	8,8	-6,1	-10	-15,7
1977	-21,4	-19	-4,6	7,5	13,8	18,2	19,1	13,8	9,3	-1,5	-5,2	-16
1978	-11,9	-14	-3,1	2,7	10	16	16,9	12,5	9,9	1,9	-5,4	-18,8
1979	-19,6	-14	-4,9	-2	11,4	11,1	18,8	14,7	10,7	-0,2	-5,7	-10,8
1980	-19,4	-17	-8,7	1,6	13,2	14,8	16,7	12,7	9,7	2,5	-7,3	-9,9
1981	-12,9	-10,6	-7,5	1,6	8,3	18,4	18,5	19,7	9,8	4,5	-5,8	-10,1
1982	-17,5	-15,9	-10,8	6,5	11,7	16,6	17,9	15,5	10,6	-0,3	-4,3	-8,7
1983	-10,3	-9,4	-5,7	6,2	6,6	17,6	20,2	15,1	8	4,1	-6	-7,7
1984	-12,8	-14,2	-3,6	-0,2	11	16,4	18,9	15,5	8,2	1,3	-15,1	-19,9
1985	-14,2	-18,3	-5,3	3,6	8	16,4	16,6	16,3	10,6	0,4	-9,7	-12,9
1986	-15,5	-16,3	-5,1	7,3	7,2	14,8	16,2	13,8	8,2	1,7	-5,5	-19,8
1987	-18,9	-10,8	-8,6	0,6	13,9	18,4	19,6	16	9	1,4	-13,1	-13,2
1988	-14,8	-13,8	-4	4,9	9,6	17,9	21,2	17,2	10,1	2,9	-6,9	-11,5
1989	-18,2	-12,8	-2,1	-0,3	11,8	20,2	22,3	14,4	9,1	2,3	-5	-12
1990	-15,7	-10,2	-2,5	5,4	9,8	18,4	19,7	16,2	9,2	1,2	-5,4	-11,2
1991	-13,6	-14	-10,1	8,4	15,2	21	18,4	13,8	11,6	6,2	-5	-17
1992	-12,7	-10,7	-5,7	0,4	10,3	12,9	17,3	13,6	8,6	1,9	-6	-11,1
1993	-10,4	-14,4	-7,5	2	9,8	18,5	19,2	16,3	6,8	1,7	-14,8	-12,4
1994	-13,4	-20,9	-7,5	4,2	11,6	18,6	16,4	15,6	10,1	6,2	-7,6	-15,7
1995	-12,8	-5,8	-1,8	9,7	12,3	15,7	19,7	16,7	10,9	3,7	-4,6	-14
1996	-16,5	-14,9	-7,4	-0,2	11	19,3	19,2	12,6	7,1	1,4	-4,1	-11,8
1997	-19,9	-11,3	-2,2	7,1	12,4	16,3	15,5	14,4	11,8	6,6	-9,1	-18,1
1998	-15,1	-16,3	-5,4	-2	11,7	18,2	22,4	17,9	7,5	3,2	-15,8	-9,2
1999	-14,8	-9	-11,4	2,9	10,2	14,2	19,7	15	8,7	6,5	-10,1	-7,8
2000	-15,1	-10,1	-2,9	7	9,6	18,9	19,6	15,3	8,9	1,7	-9,8	-14,7

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2001	-16,5	-18	-4,4	5,2	14	14,6	17	16	10,6	0,7	-5,6	-14,9
2002	-11,1	-6,2	-2,2	1,3	9,9	14,4	17,6	13	10,7	2	-4,9	-19,5
2003	-12,4	-15,5	-5,4	3,9	13,9	16,3	18,1	20,6	11,1	4,1	-8,5	-6,4
2004	-12,4	-10,7	-5,8	-0,9	15,8	17,8	20,9	15,1	9,8	2	-2,8	-16,6
2005	-13,7	-16,2	-5,5	5	13,5	17,3	18,6	15,9	10,6	4,5	-1,8	-10,9
2006	-24,7	-13	-3,1	1,8	11,8	19,2	16,4	14,4	11,3	2,3	-7,8	-7,3
2007	-7,6	-16,8	-3,7	6,7	10,9	14,9	20,6	17,4	10,5	4,7	-6,4	-12
2008	-16,4	-10	-2,5	3,8	11,4	16,5	20,9	15,8	7,1	5,6	0,6	-8,5
2009	-15,1	-14,8	-2,9	2,7	11,5	17	17,4	16,2	11,8	4,1	-5,7	-18,2
2010	-23,7	-19	-6,4	6,4	13	17,1	18,3	17,8	10	3,4	-4,1	-16,1
2011	-17,3	-16,5	-6,8	6	11,8	17,4	18,1	14,9	12,4	4,9	-9	-12,1
2012	-16,5	-15,7	-6	7,9	13	20,1	21,3	17,6	10,8	5,2	-5,2	-19,9
2013	-17,1	-9,5	-9,1	4,7	9,8	17,3	19,2	17,1	10,2	1,9	0,7	-9,5
2014	-15,6	-16,6	-1,4	2,5	12,9	16,6	14,6	18,1	8,3	-1,6	-7,2	-10,3
2015	-14,3	-8,2	-3,8	5,7	13,4	20	16,4	13,1	10,5	0,5	-8,3	-8,4
2016	-18,2	-6,3	-4,1	8,5	12,2	17,2	19,8	21,2	11,7	0,6	-12	-17,6
2017	-16,3	-13,6	-2,5	5,7	10,3	16,9	17,7	17	8,7	1,2	-3,6	-10,6
2018	-16,8	-12,8	-8,1	2,4	8,2	15	20,6	15,5	11,5	4,2	-6,2	-14,1
2019	-13,6	-14,3	-1,9	3,2	12,9	15,1	19,7	15,6	8,9	4,8	-7,8	-9
2020	-9,8	-5,9	0,6	6,8	14,9	14,6	21,5	18,3	10,2	4	-6,1	-13,1
2021	-19,1	-17,3	-6,3	6,5	17,6	18	18,6	19,5	8,3	3,4	-5,1	-9,6
2022	-12,9	-8,6	-7,7	5,7	12,1	15,8	19,7	18,1	10,3	4,9	-9,1	-13,8
2023	-12,1	-10,7	-0,9	4,9	14,9	16,5	22	16,7	12,4	4,4	-2,7	-14,3

Приложение Б – Месячные суммы осадков по м/с Тюмень

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1952	16,1	0,1	22,1	35,6	34	31,5	136,5	21,7	33,7	37,3	32,7	25,9
1953	35,5	29	28,5	1,7	41,7	44,8	40,2	19,4	55,8	80,9	65,9	26,2
1954	15,7	4,5	16,8	15,5	40,6	66,8	73,2	29,4	47,3	17,6	29,6	21,6
1955	17,9	27,8	9,3	4,2	21,3	81,5	108,5	122,9	28,4	16,6	51,2	28,1
1956	21,5	16,1	23,5	57,4	14,6	20,9	92,2	40,5	48,7	33,7	43	42,7
1957	24,2	6,4	53,3	25,3	10,8	26,5	36,5	135,9	17,5	73,4	27,2	38,7
1958	16,3	19,7	11,9	1,3	55,6	26,9	23,5	19,3	47,4	54,5	41,7	41,1
1959	18,6	20,2	14,8	35,3	28	114,8	81,2	39,3	40,5	63,1	9,1	34,6
1960	15,1	15,8	11,8	17,5	141,9	63,4	45,4	39,3	27,6	49,3	23	48,8
1961	51	8,1	11,8	52,4	44,7	92,4	61,1	71,6	40,4	30,2	63,3	24,9
1962	15,3	4,5	19,6	27,2	58,3	57,7	77,5	89,2	37	35,9	14,2	27,5
1963	46	10,6	33,6	3,7	34,6	29,6	78,1	32,9	34,2	41,2	56,2	69,4
1964	23,1	3,8	10,2	28,8	34,4	36,7	88,4	79,1	76,4	28,3	60,5	30
1965	19,9	50,3	15,6	35,7	28,7	40,4	99,2	66,3	39,6	34	70,9	23,7
1966	25,4	47,5	12,9	44,2	47,4	151,5	84,3	59,8	19,6	81,2	30	6,7
1967	15,4	8,4	15,7	3,8	53,2	47,6	140	162,4	42,4	27,4	1	20,2
1968	56,4	25,3	22,7	56,1	33,1	75,5	89,9	21,4	36,4	24	48,3	36,8
1969	7,7	27,2	21,5	16,2	53,8	56,8	50,2	51,1	10,4	98,3	69,1	17,6
1970	46,5	25	18,4	50,2	47	51,9	36,1	110,8	14,8	26,4	67,3	22,7
1971	33,6	30,3	54,5	20,6	50,8	78,6	110,6	85	18,6	55,8	25,1	64,2
1972	33,5	13,3	22,9	29,7	11,7	95,1	203,4	35,7	50,4	19,3	41,3	24,1
1973	14,3	21,1	20,8	3,9	9,7	61,1	113,9	39	107,2	25,5	29,4	27,9
1974	13,9	28	42	39,3	39,7	158,9	15,4	46,2	12,9	20,5	44	1,9
1975	36,2	38,5	18,5	38,5	39,1	15,1	57	40,5	28,5	39	27,4	61,7
1976	48,6	18,9	4,6	8,4	32,2	34,4	165,4	27,2	36,6	50,5	31,7	11,1
1978	27,4	25,4	10,4	20,6	32,4	60,9	128,9	81,7	28	34,5	37,1	31,1
1979	25,2	59,8	15,4	17,2	37,8	89,2	74,2	76,2	62,6	61,3	17,4	48,3
1980	24,9	10,8	23,5	52,9	36,1	57,3	82,8	54,6	33,3	22,4	46,4	28,5
1981	8,8	11,1	34	30,7	88,3	34,1	144,1	9,3	70,5		23,4	16,7
1982	43	22,9	14,9	20,5	20,8	63,1	87,2	37,8	35,1	103,2	22,3	31,7
1983	34,6	27,2	30,4	26	38,2	103,9	37,4	65,3	62,1	19,7	42,6	51,5
1984	21,7	4,8	4,8	20,3	29,3	92,5	99	42,1	86,6	79,8	39,7	18,8
1985	23,9	16,3	5	37,4	54,6	22,4	65,5	26,2	20,1	36,9	36,5	61,8
1986	27,9	29,3	13,7	10,4	76,7	50,5	59,6	46,3	103,6	50,3	28,4	23,5
1987	111,3	21,2		63,2	55,3	12,1	88,3	49,8	181	10,4	30,1	28,4
1988	20,3	2,4	5,4	43,4	30,7	24,6	137	21,7	66,8	11,1	78,3	31,9
1989	28,1	27	9,7	41,5	70,8	41,7	14,6	79,8	44,5	86,6	27,4	41
1990	36,6	25	36,5	36,8	68,2	58,2	88	111	116,1	75,5	52,9	21,2
1991	34,9	7,8	41,5	2,2	17,9	56,9		120	94,1	12,9	49,6	46,7
1992	49	24,7	8	67,3	42,8	52	147,6	90,1	11	44,6	43,6	21,9
1993	28,8	14,1	15,4	28,5	52,8	41,9	104	85,9	53,9	53,1	26,8	35,2
1994	18,9	23,4	18,3	7,5	24,6	53,5	164	72,6	53,9	20,9	36,1	34,2
1995	9,4	21,7	17,6	10,2	28,1	89,8	64,4	66,1	44,8	33	30,2	70,1

Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1996	15,1	18,5	2,2	28,3	67,7	30,3	134,3	61,9	40,2	21,3	3,3	16,4
1997	45,4	14,5	18,7	23,6	35	14,9	39,1	60,5	25,7	41,4	62,5	52,8
1998	15,9	42,6	9,3	67	19,9	77,8	59,2	43,7	34,1	78	66,8	59,9
1999	52,1	23,3	21,7	19,7	62,1	59,1	161,2	55,6	69,8	43,9	31,7	33,3
2000	41,8	13,4	29,5	12,9	92	19,1	47,8	98	88,4	23,8	27,2	40,9
2001	57,9	31,7	51,8	5,3	46	91,2	66,5	43,2	54	85,4	40,1	16,2
2002	42	37,5	37,4	7,8	100,5	118,4	97,2	78,1	40,6	50,8	54	31,4
2003	26,9	14	10,6	8,2	36,5	73,1	86,4	41,9	14,6	32,8	17,4	25
2004	9	12	27,4	63,9	16	39,7	162,8	62,2	57,1	96,1	51,7	45,6
2005	17,4	8,7	67,5	11	33,9	72,5	60,3	58,8	63,8	10,3	8,3	17
2006	28	23,8	29,9	30,4	39,1	126,3	138,6	60,4	31,9	51,3	55,2	31,2
2007	38,1	27	14,1	28,4	112,9	58,3	88	53,4	17,3	9,9	55,3	24,8
2008	8,5	31,7	40,2	9,1	42	46,3	98,5	108,9	93,6	31,3	55,1	17,2
2009	29,1	21,3	16,6	31,2	36,4	19,5	69,9	64,3	27	18,7	38	44,6
2010	24,4	10,3	26,2	10,9	45,3	74,1	55,2	47	65,3	3,8	86,8	46,7
2011	5,3	20,4	40,5	26,2	17,2	127,5	66,2	28,3	34,6	30	36,1	7,3
2012	3,8	3,2	42	85,6	16,5	41,8	18,3	31,8	63,3	45	77,6	24,8
2013	28,7	19,3	33,2	40,2	68,6	36,4	130,6	39,2	37,2	29,8	42,2	30,2
2014	26	27,5	59	67,9	67,2	29,9	125,8	41,3	24	107,2	24,3	31,1
2015	33	10,5	21,4	21,4	52,5	88,3	83,8	68,7	20	51,5	27,6	56,2

Приложение В - Разностно-интегральные кривые

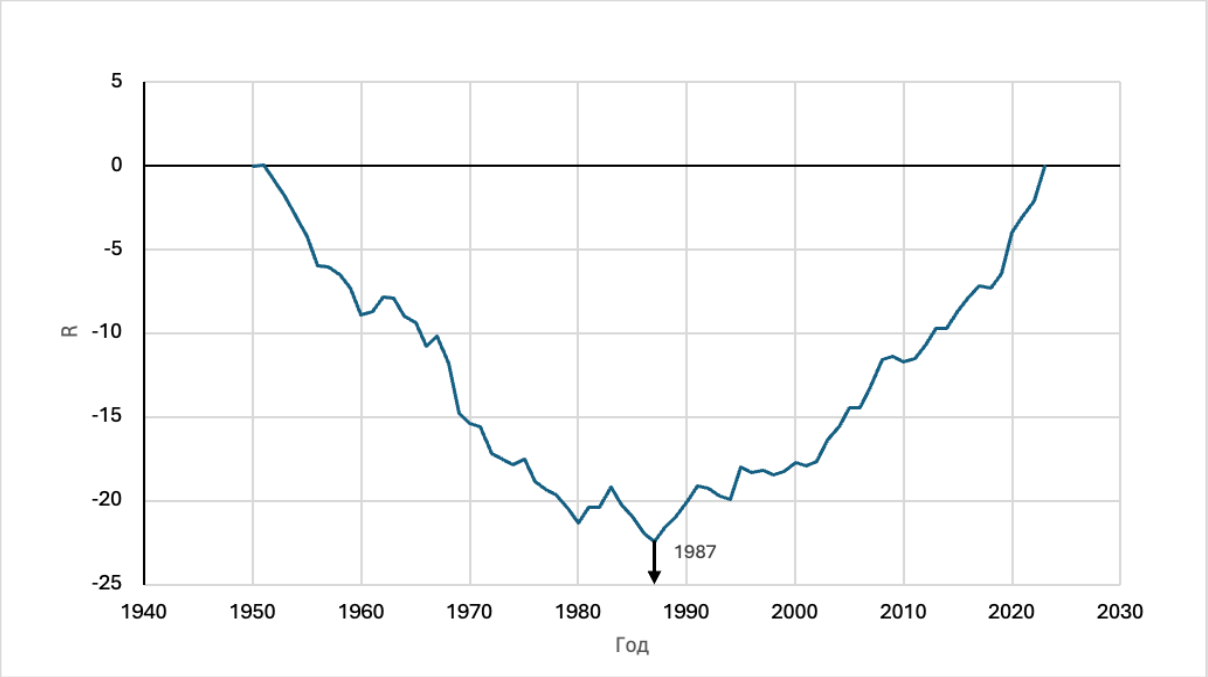


Рисунок В. 1 – Разностно-интегральная кривая среднегодовой температуры воздуха м/с Тюмень

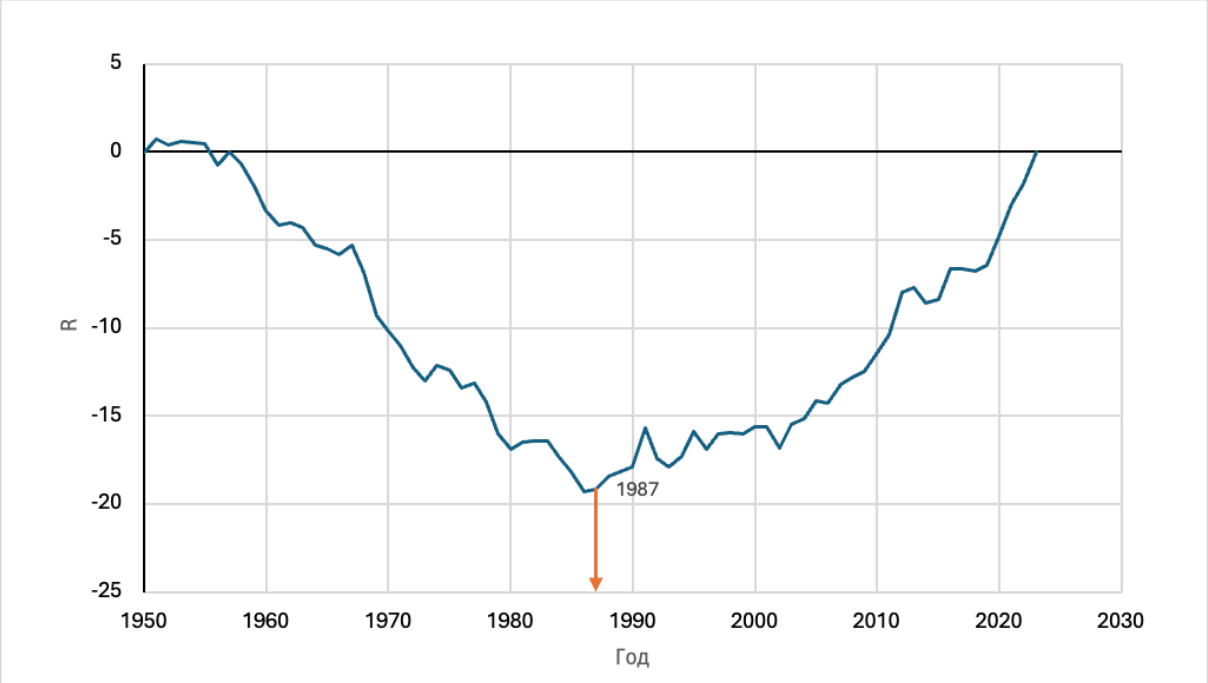


Рисунок В.2 – Разностно-интегральная кривая средних температур воздуха за теплый период м/с Тюмень

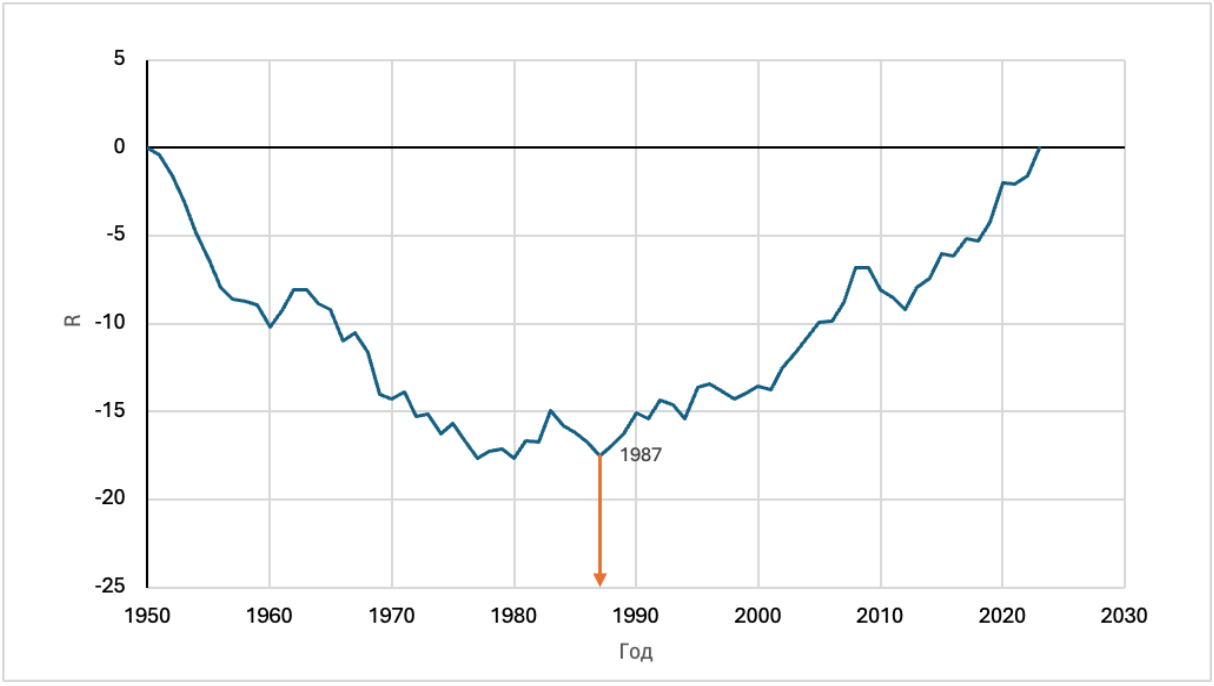


Рисунок В.3 – Разностно-интегральная кривая средних температур за холодный период м/с Тюмень

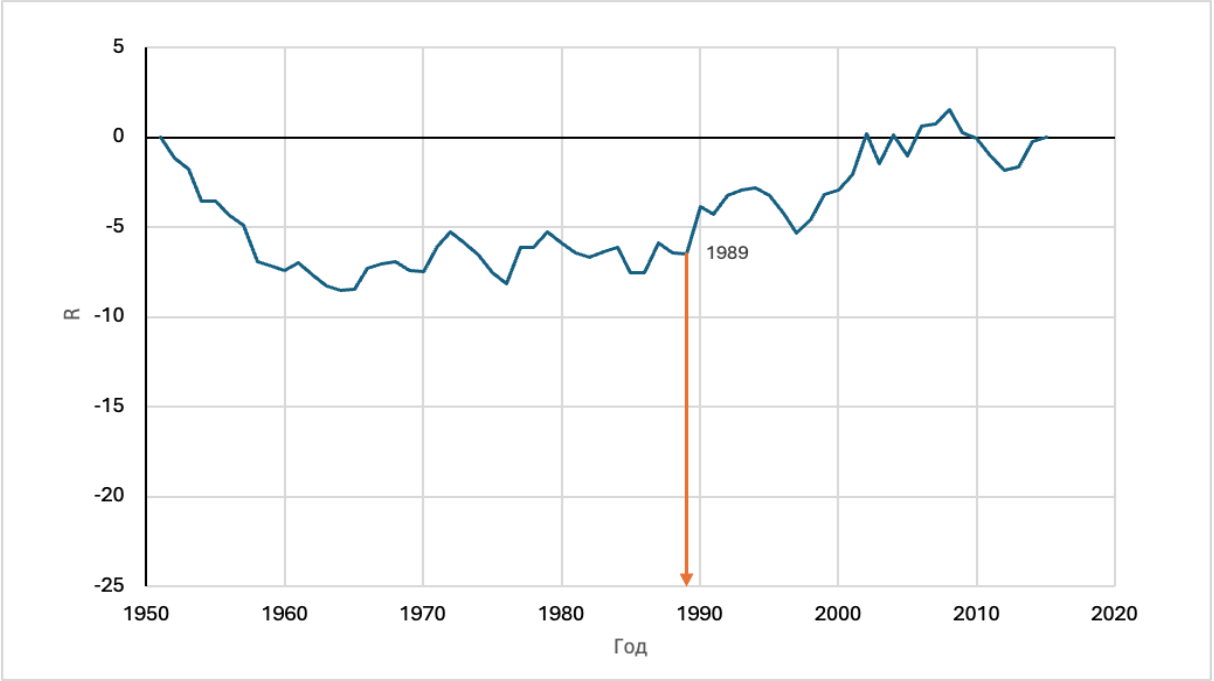


Рисунок В.4 – Разностно-интегральная кривая годовых сумм осадков м/с Тюмень

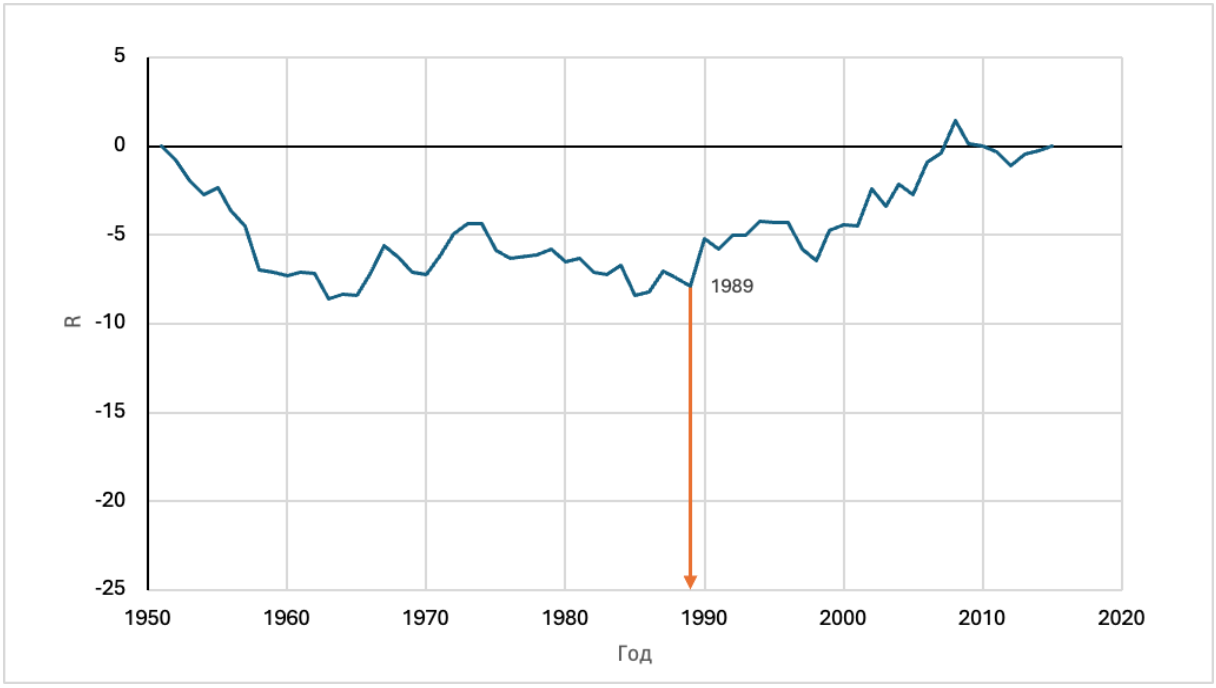


Рисунок В.5 – Разностно-интегральная кривая сумм осадков за теплый период м/с Тюмень

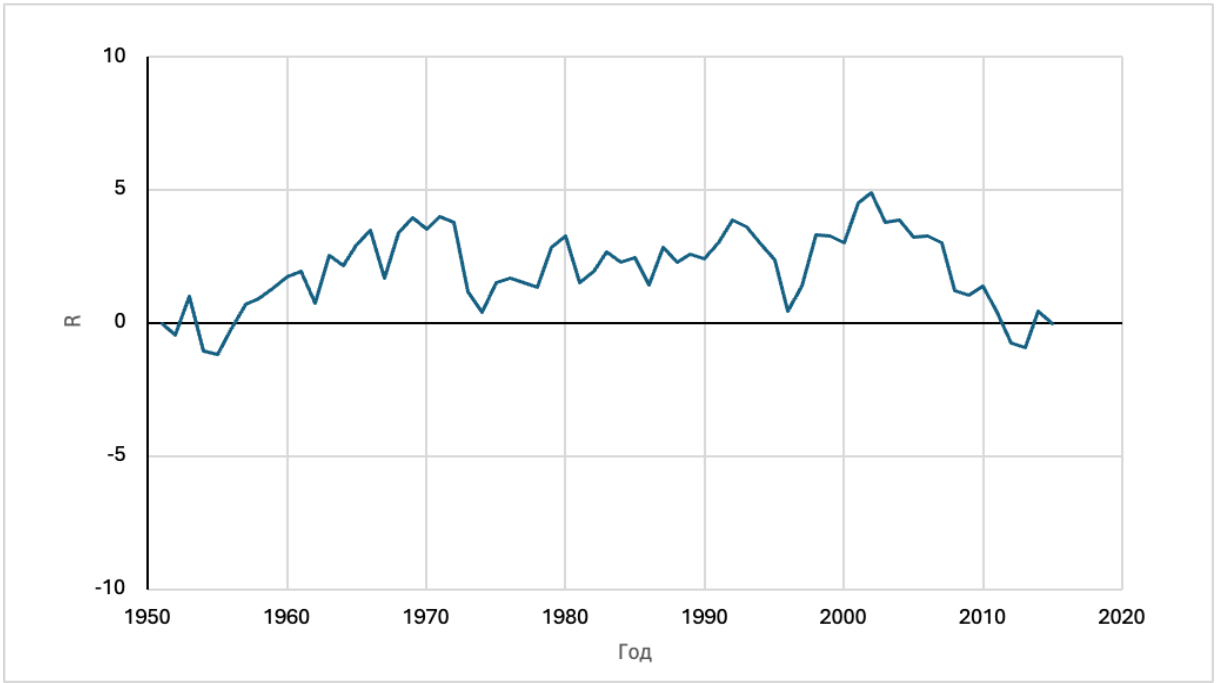


Рисунок В.6 – Разностно-интегральная кривая сумм осадков за холодный период м/с Тюмень

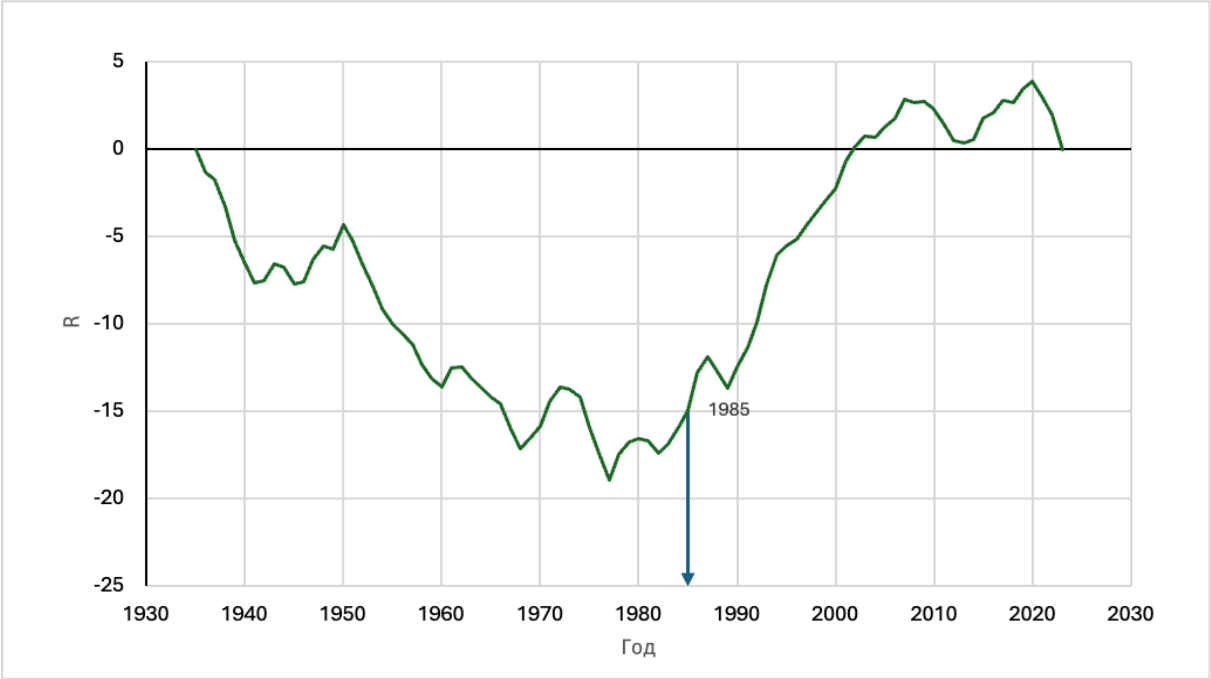


Рисунок В.7 – Разностно-интегральная кривая среднегодовых уровней воды р. Тура – г. Туринск

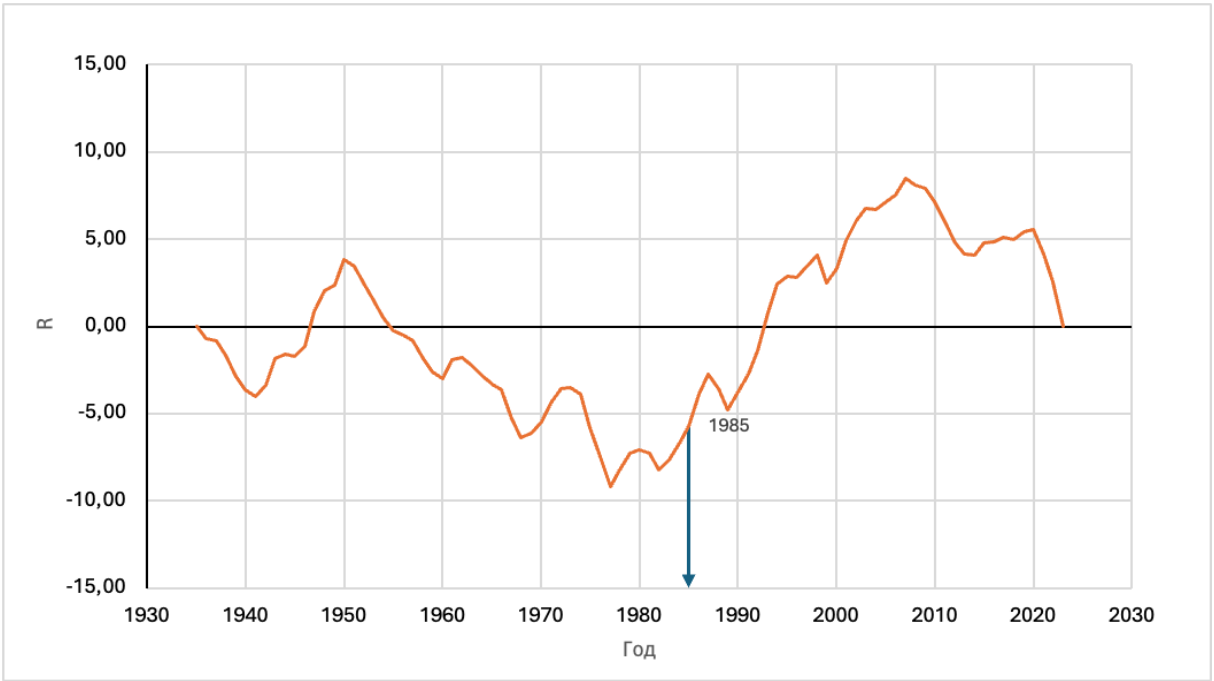


Рисунок В.8 – Разностно-интегральная кривая среднегодовых уровней воды р. Тура – г. Тюмень

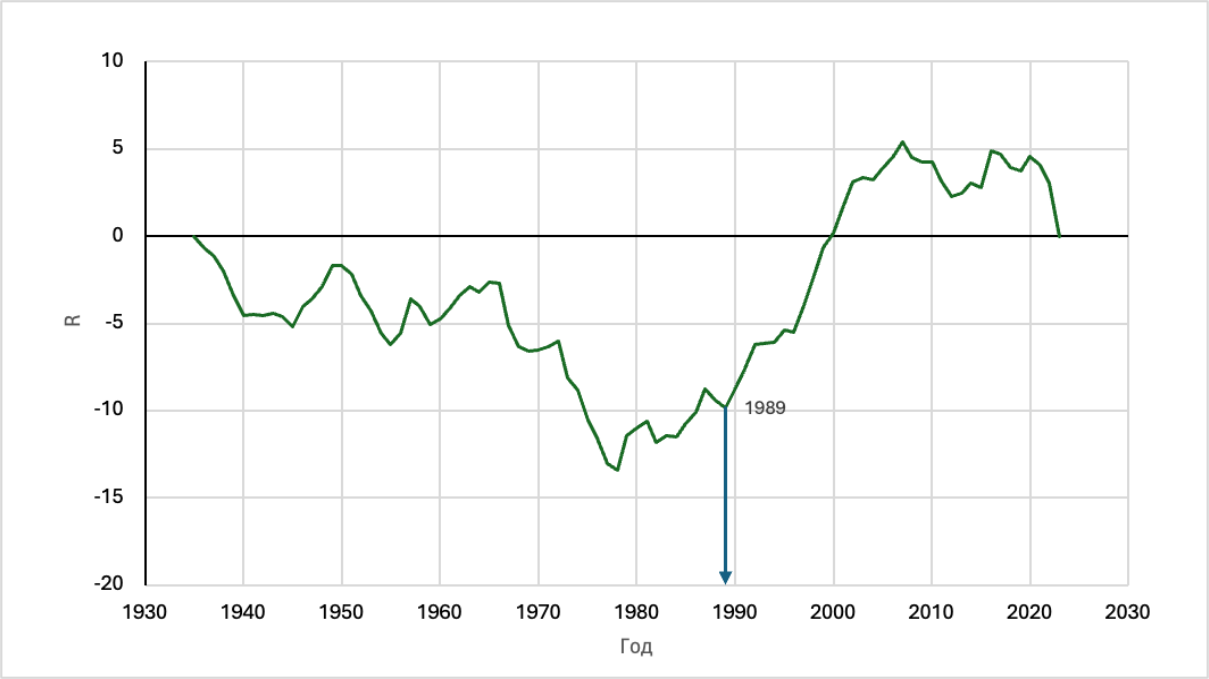


Рисунок В.9 – Разностно-интегральная кривая максимальных уровней воды весеннего половодья р. Тура – г. Туринск

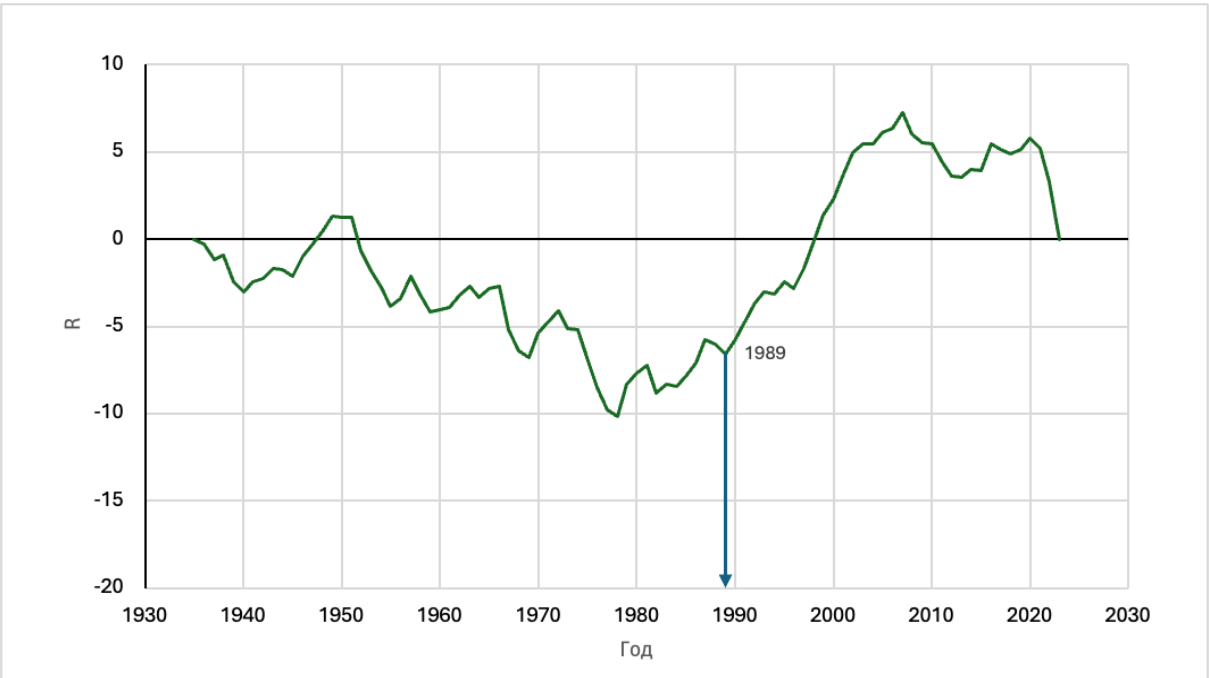


Рисунок В.10 – Разностно-интегральная кривая максимальных уровней воды весеннего половодья р. Тура – г. Тюмень

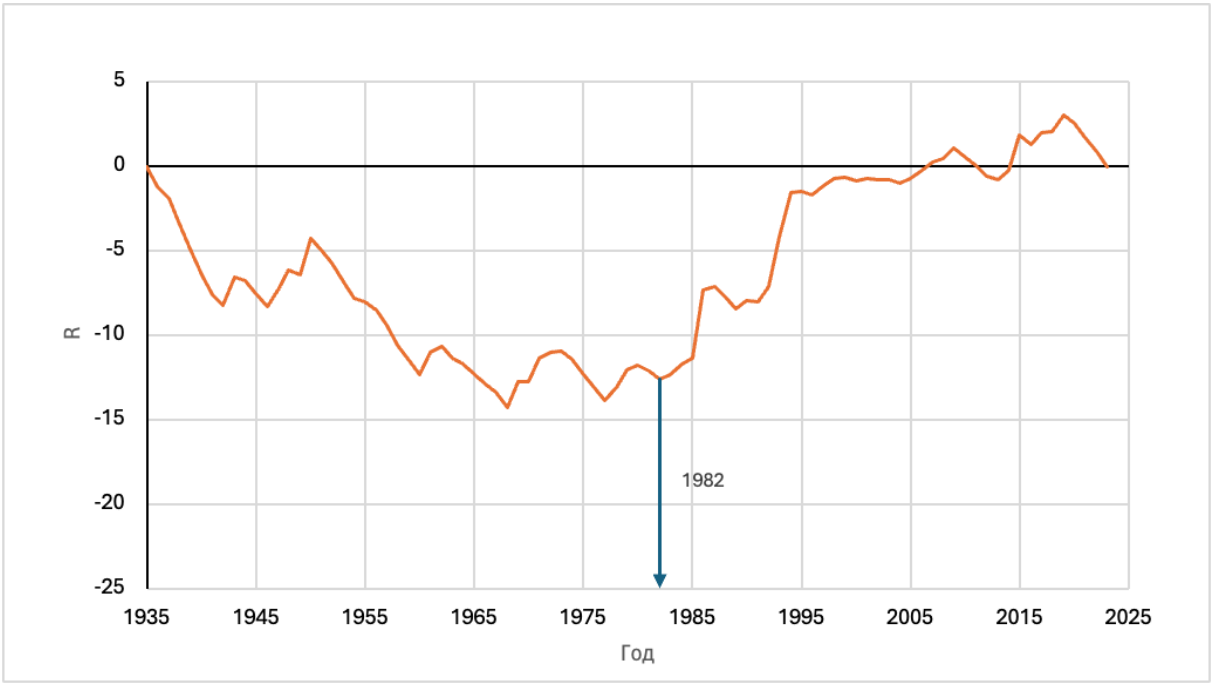


Рисунок В.11 – Разностно-интегральная кривая минимальных летних уровней воды р. Тура – г. Туринск

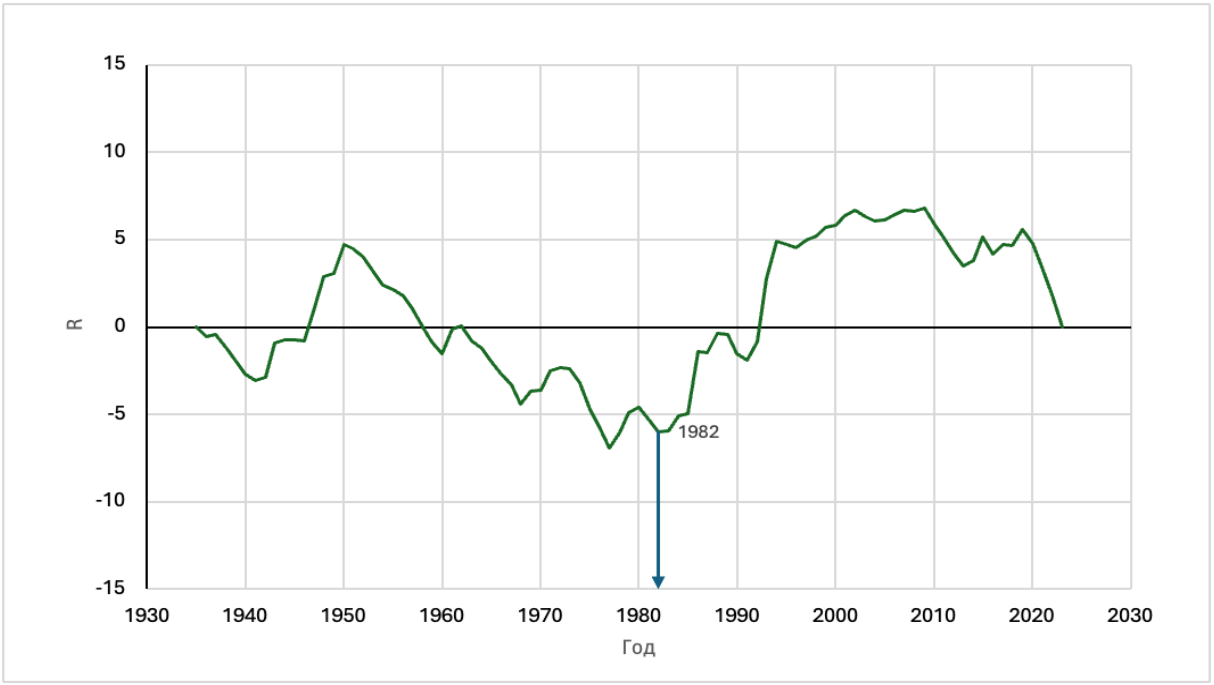


Рисунок В.12 – Разностно-интегральная кривая минимальных летних уровней воды р. Тура – г. Тюмень

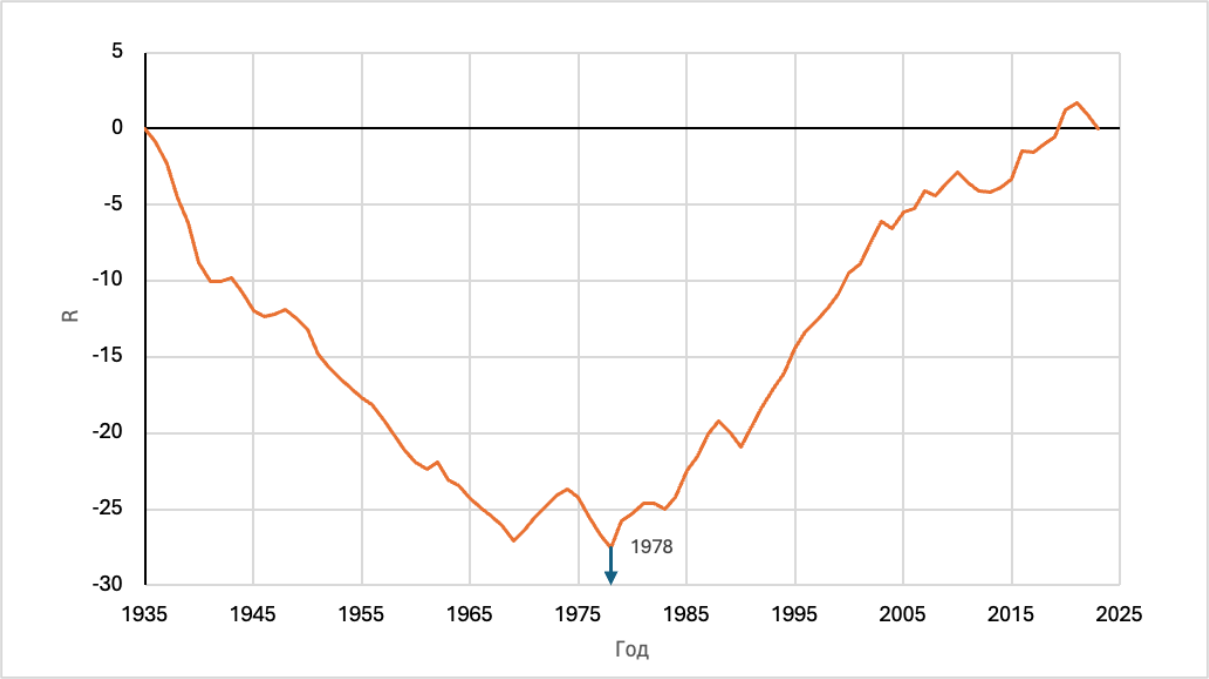


Рисунок В.13 – Разностно-интегральная кривая минимальных зимних уровней воды р. Тура – г. Туринск

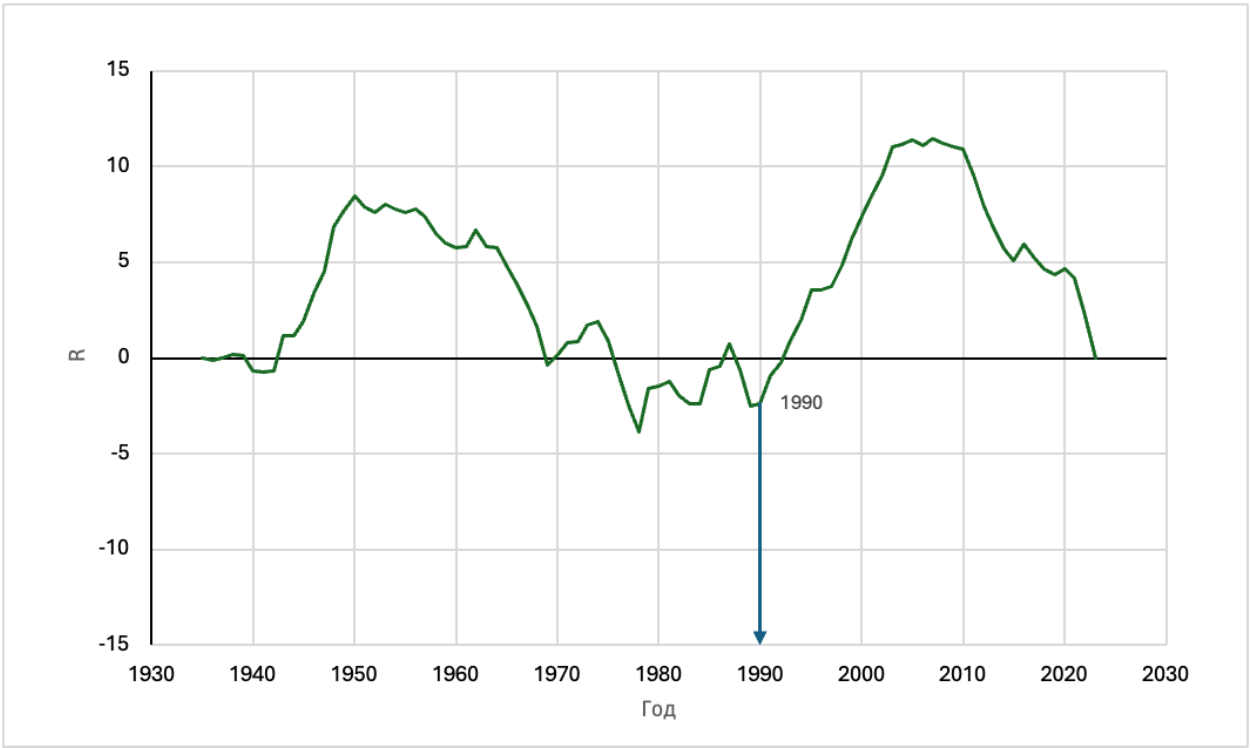


Рисунок В.14 – Разностно-интегральная кривая минимальных зимних уровней воды р. Тура – г. Тюмень

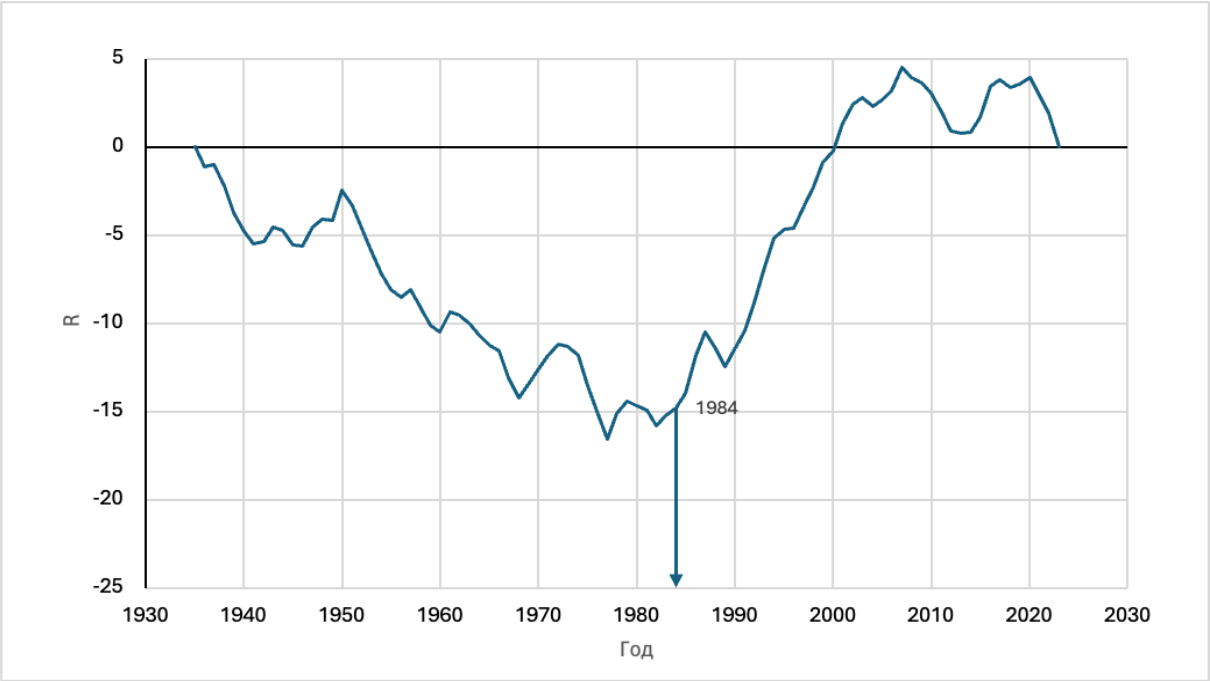


Рисунок В.15 – Разностно-интегральная кривая среднегодовых расходов воды р. Тура – г. Туринск

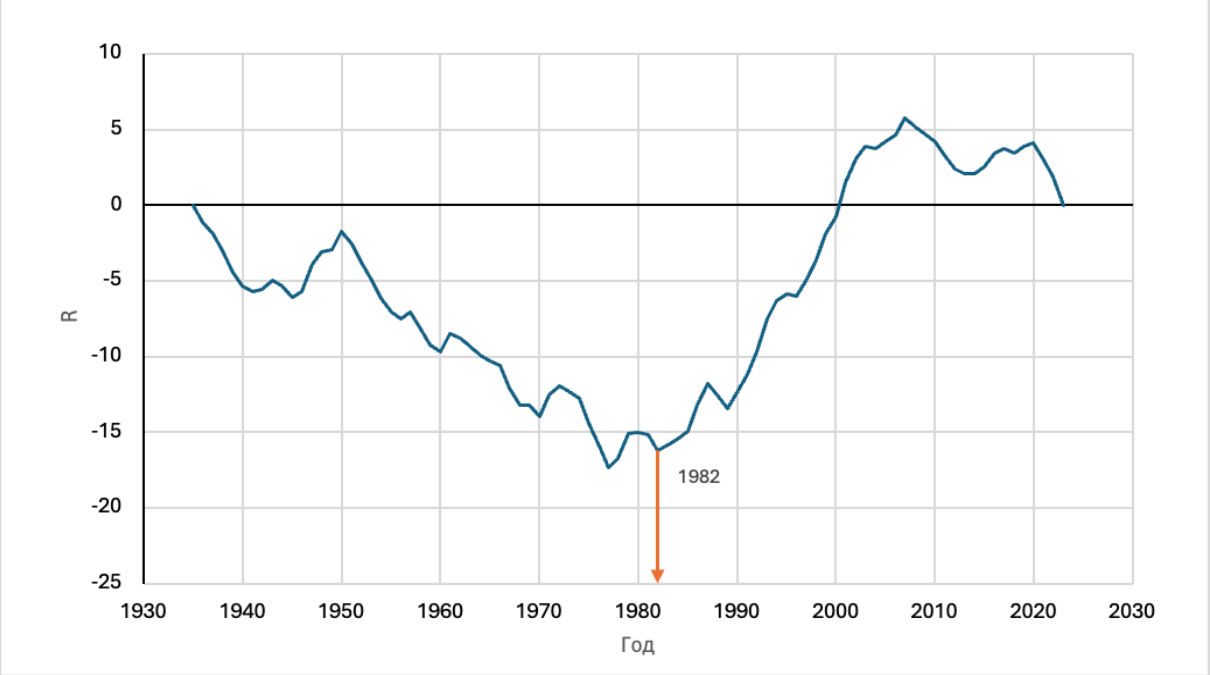


Рисунок В.16 – Разностно-интегральная кривая среднегодовых расходов воды р. Тура – г. Тюмень

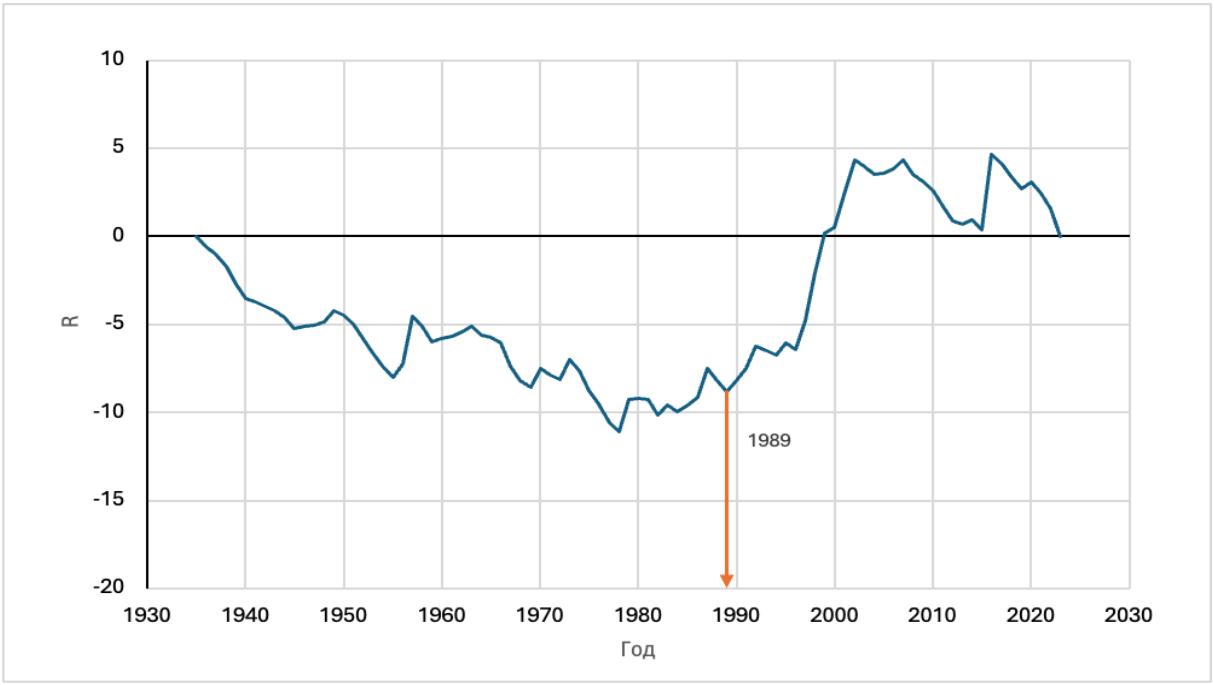


Рисунок В.17 – Разностно-интегральная кривая максимальных расходов воды весеннего половодья р. Тура – г. Туринск

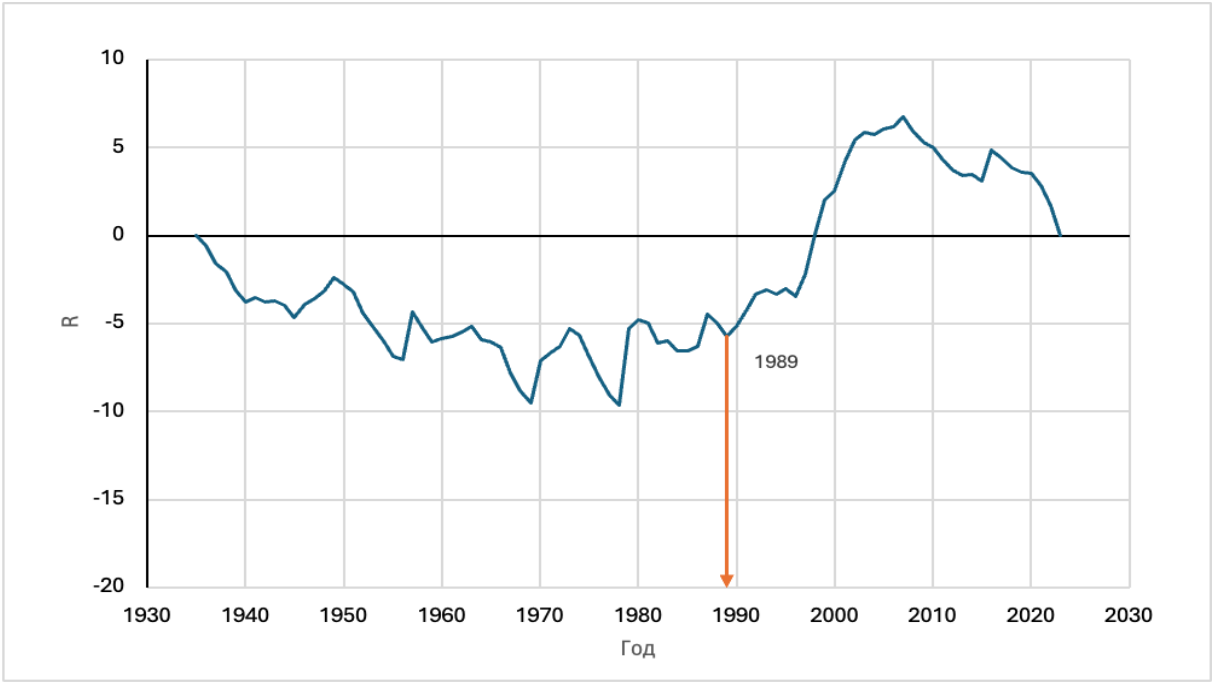


Рисунок В.18 – Разностно-интегральная кривая максимальных расходов воды весеннего половодья р. Тура – г. Тюмень

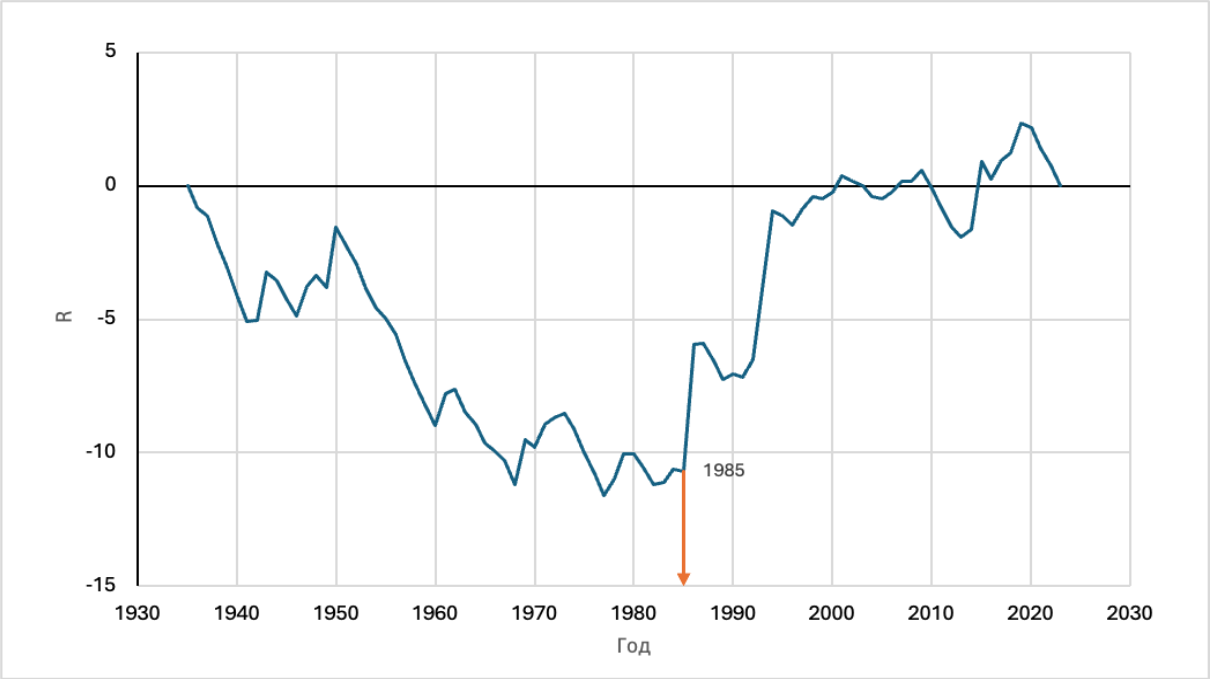


Рисунок В.19– Разностно-интегральная кривая минимальных летних расходов воды р. Тура – г. Туринск

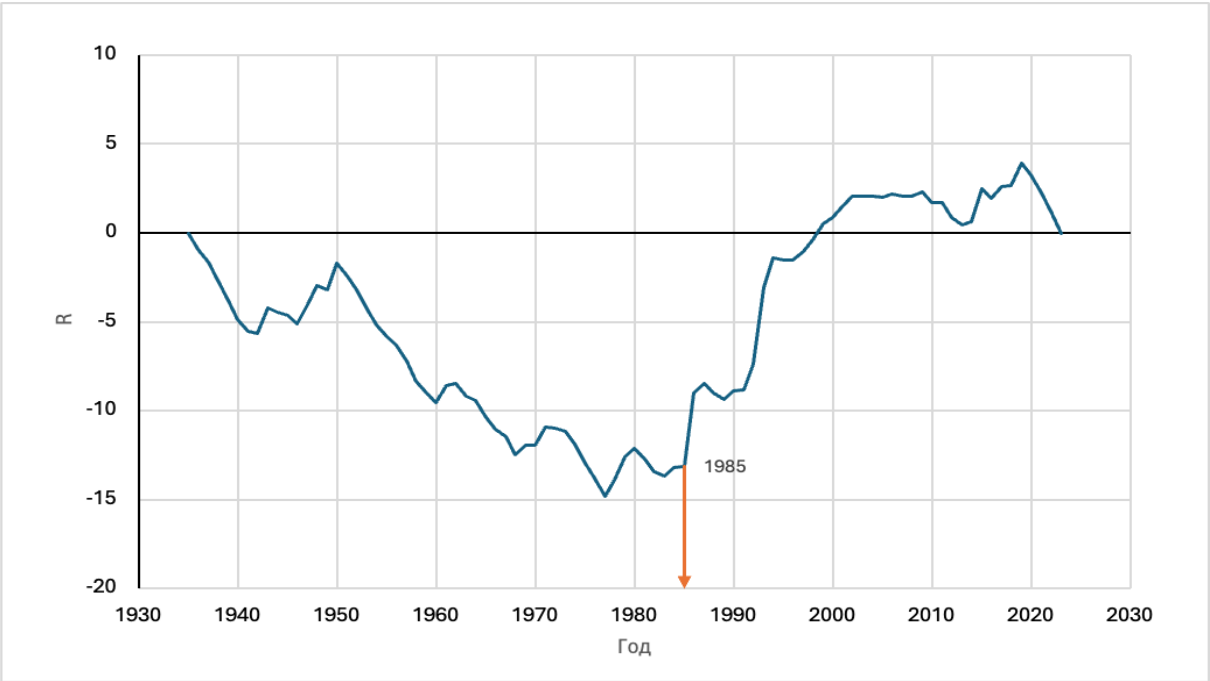


Рисунок В.20 – Разностно-интегральная кривая минимальных летних расходов воды р. Тура – г. Тюмень

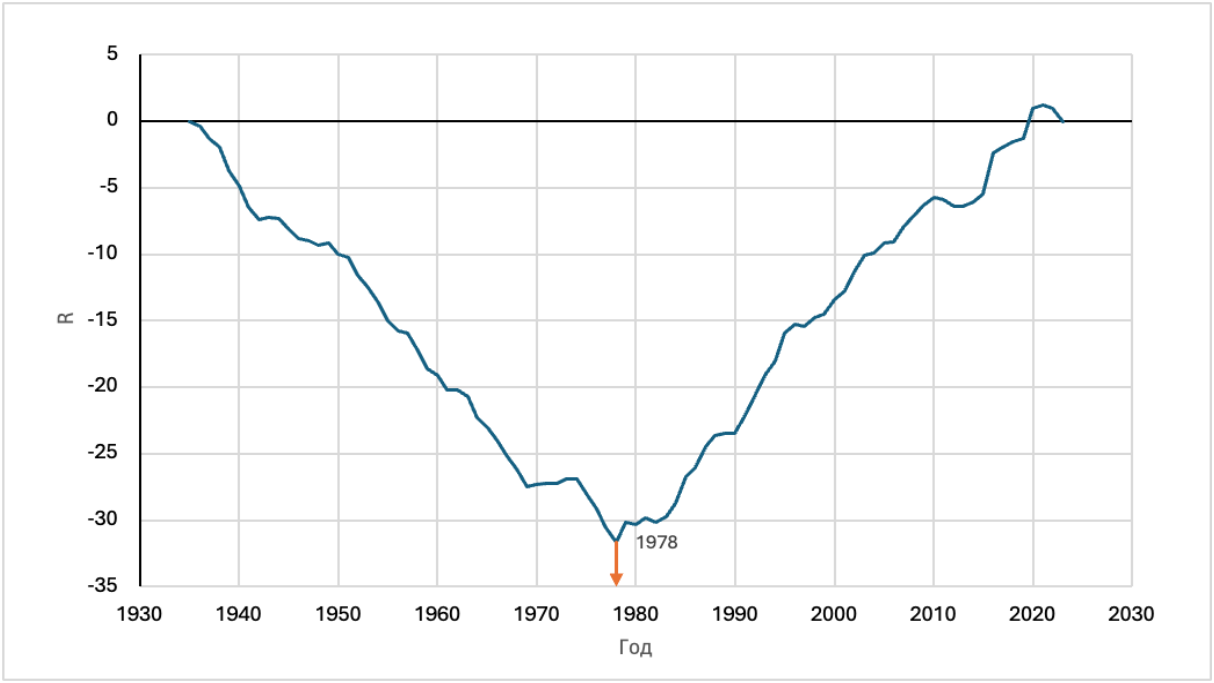


Рисунок В.21 – Разностно-интегральная кривая минимальных зимних расходов воды р. Тура – г. Туринск

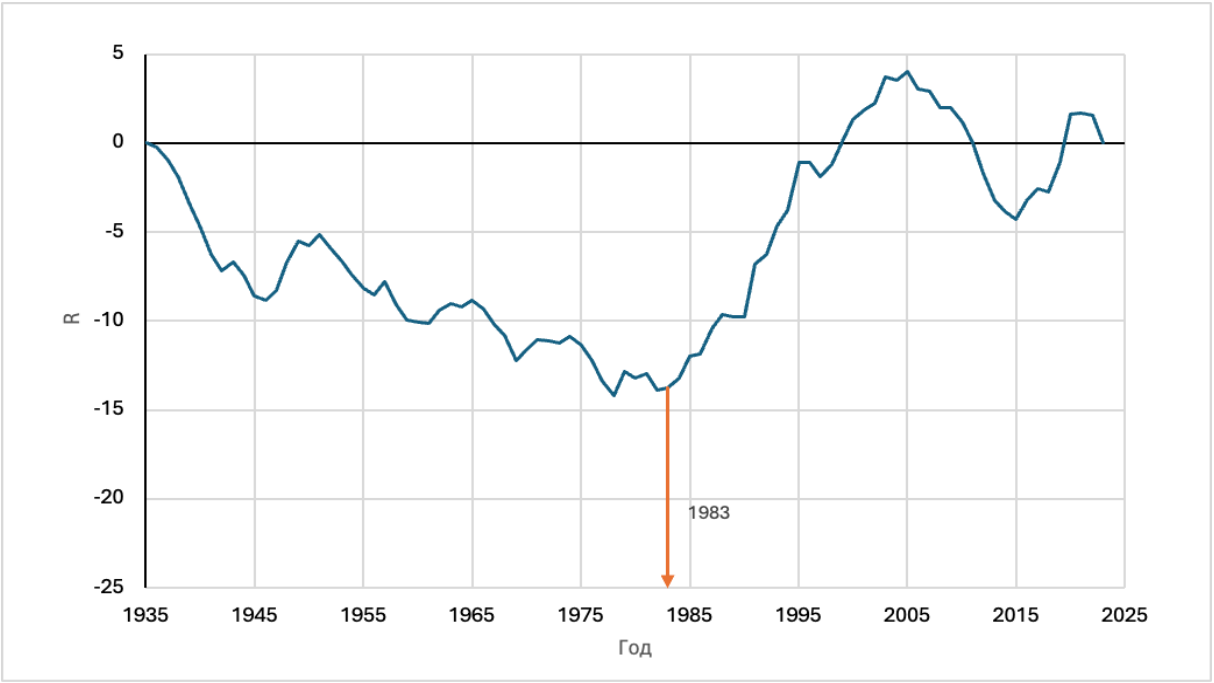


Рисунок В.22 – Разностно-интегральная кривая минимальных зимних расходов воды р. Тура – г. Тюмень

Приложение Г – Кривые обеспеченностей

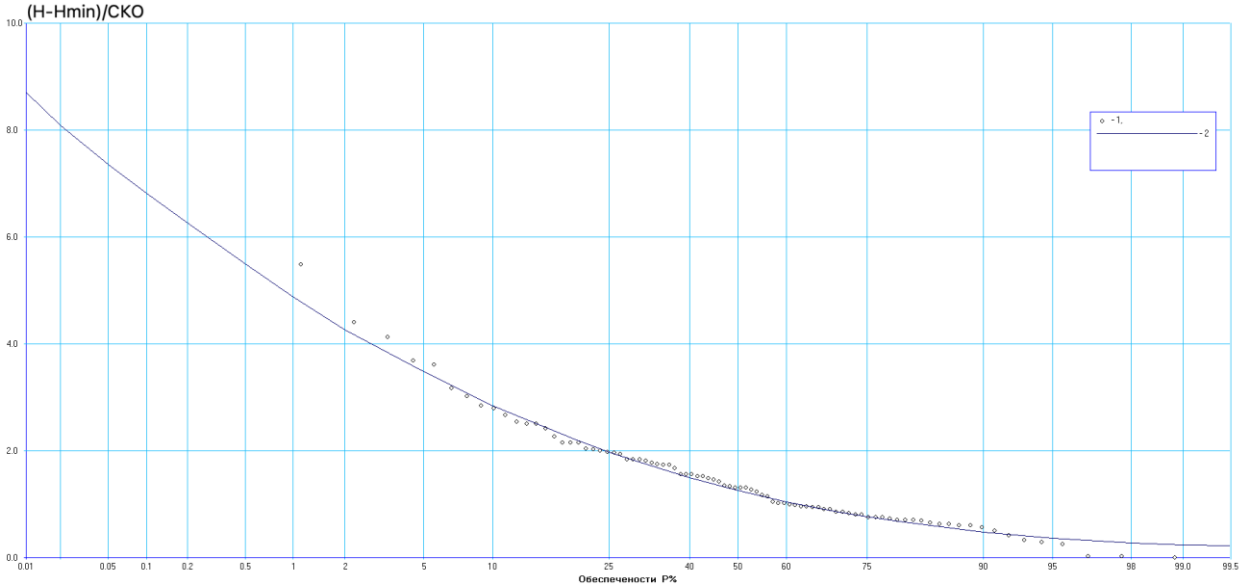


Рисунок Г.1 – Эмпирическая и аналитическая кривая обеспеченностей минимальных летне-осенних уровней воды р. Тура – г. Туринск

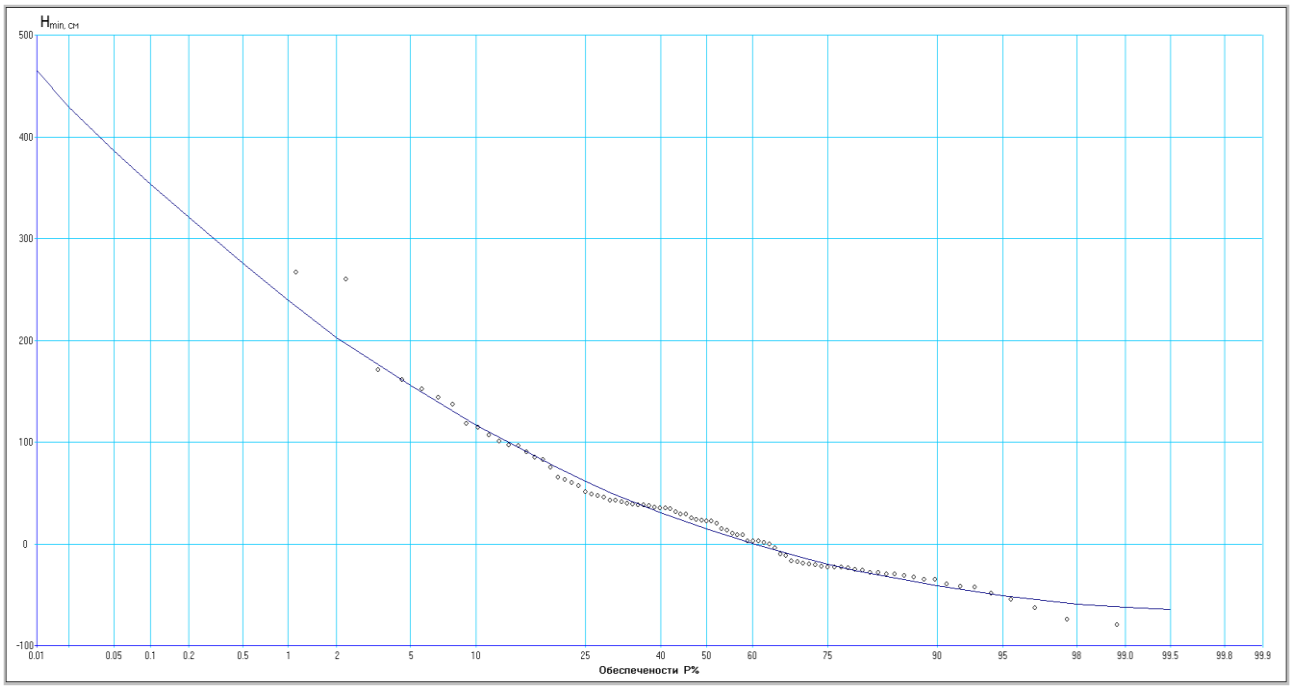


Рисунок Г.2 – Эмпирическая и аналитическая кривая обеспеченностей минимальных летне-осенних уровней воды р. Тура – г. Тюмень

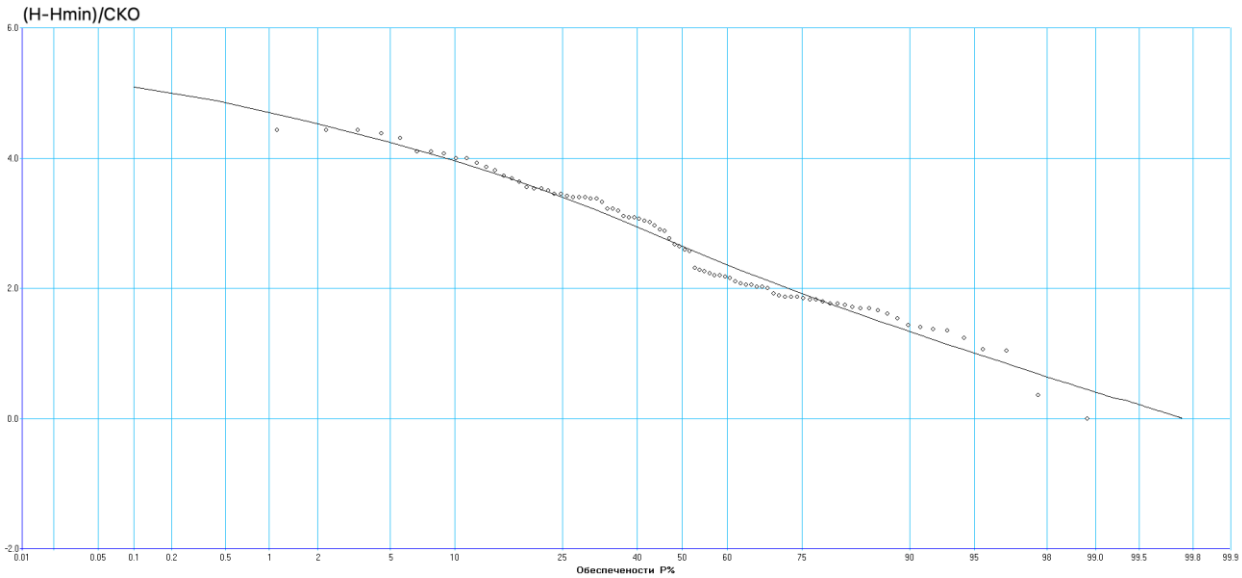


Рисунок Г.3 – Эмпирическая и аналитическая кривая обеспеченностей минимальных зимних уровней воды р. Тура – г. Туринск

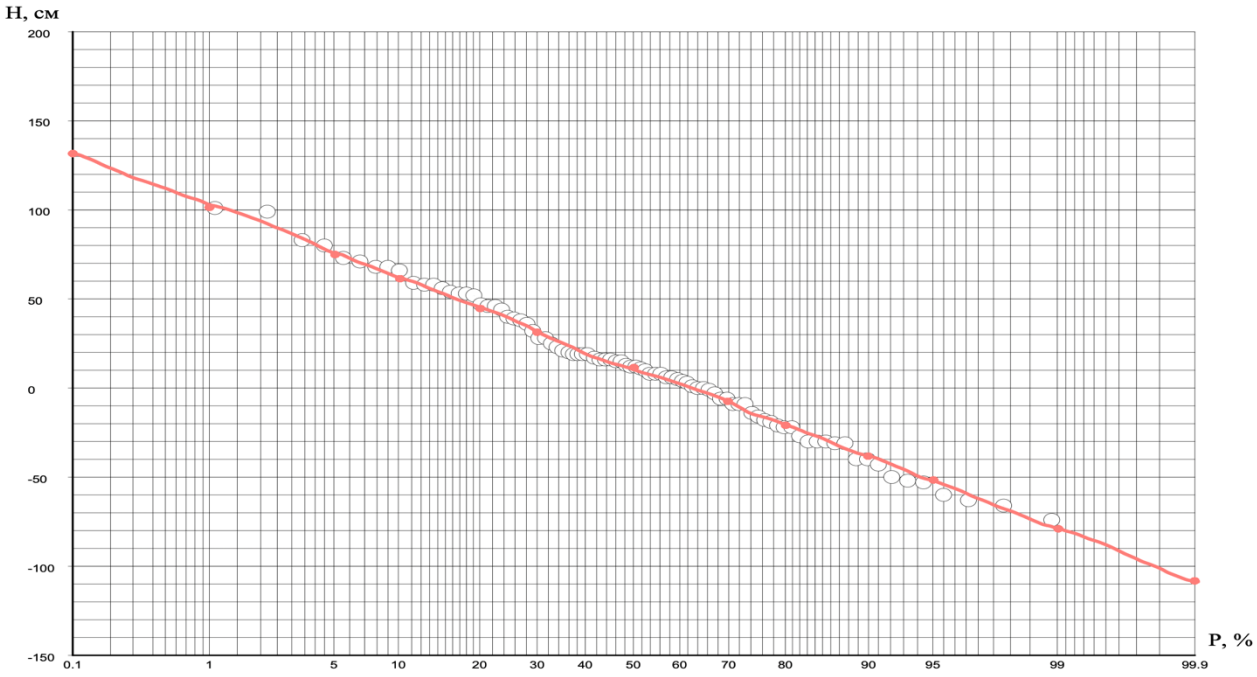


Рисунок Г.4 – Эмпирическая и аналитическая кривая обеспеченностей минимальных зимних уровней воды р. Тура – г. Тюмень

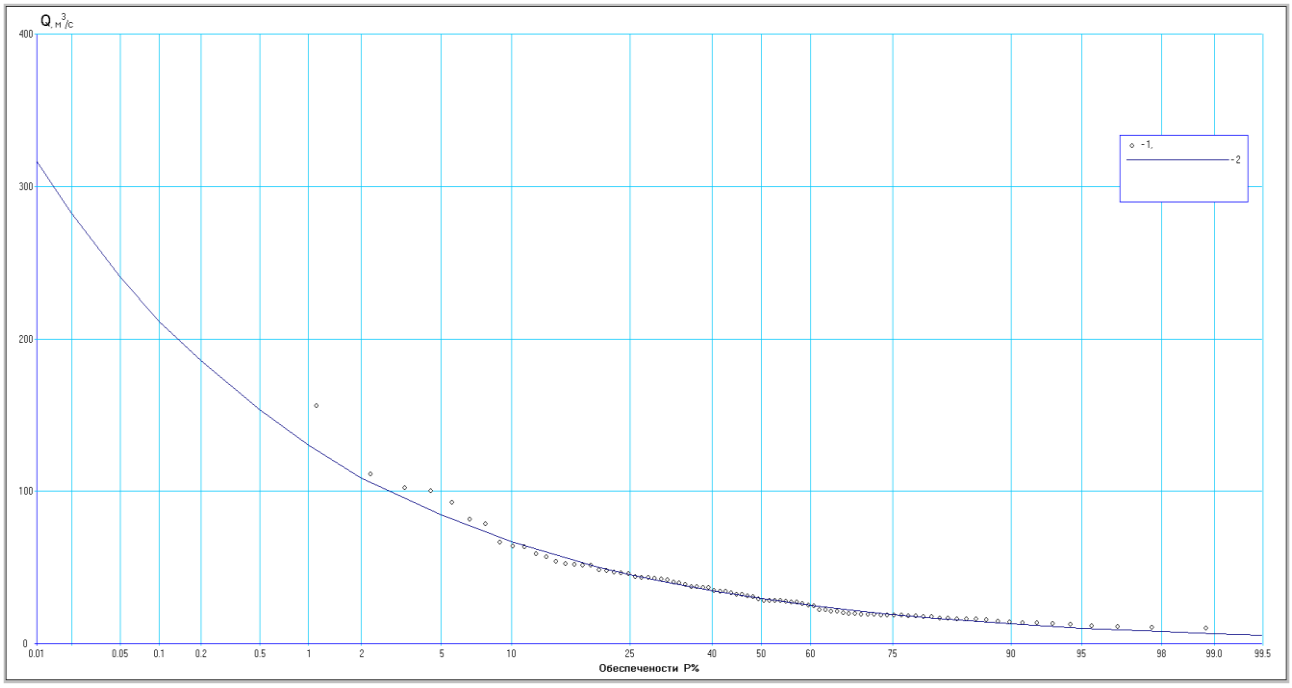


Рисунок Г.5 – Эмпирическая и аналитическая кривая обеспеченностей минимальных суточных летне-осенних расходов воды р. Тура – г. Туринск

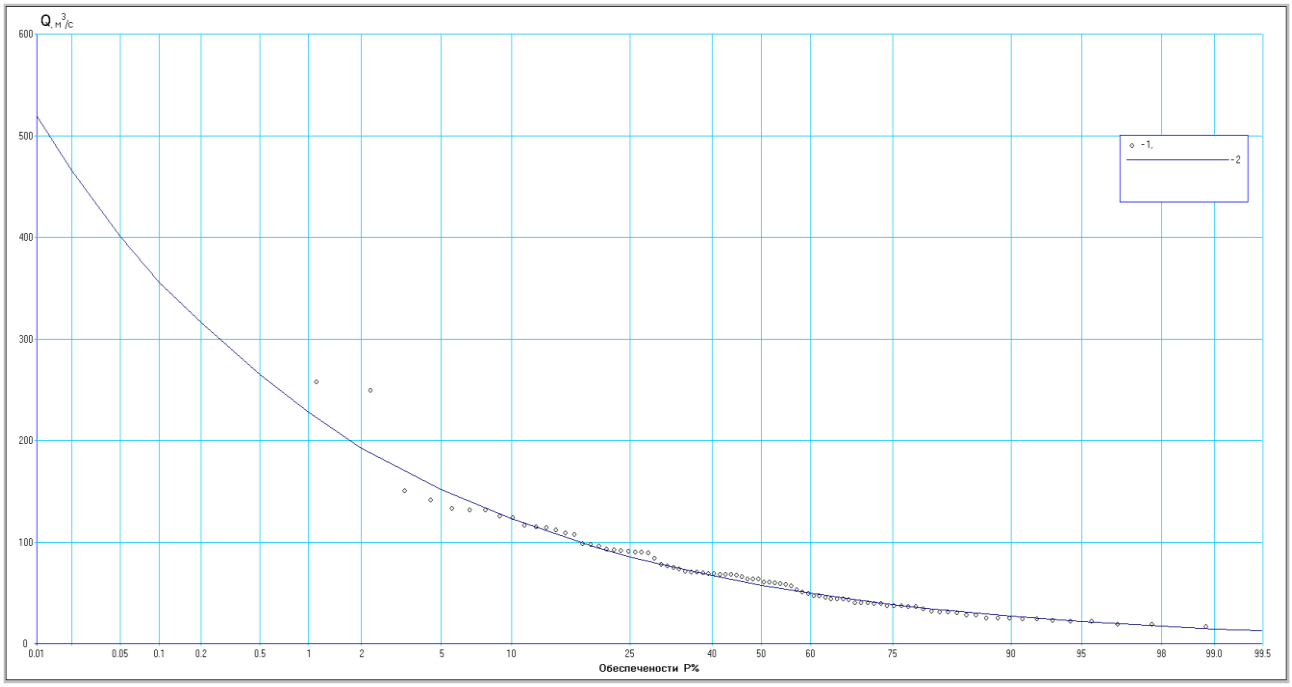


Рисунок Г.6 – Эмпирическая и аналитическая кривая обеспеченностей минимальных суточных летне-осенних расходов воды р. Тура – г. Тюмень

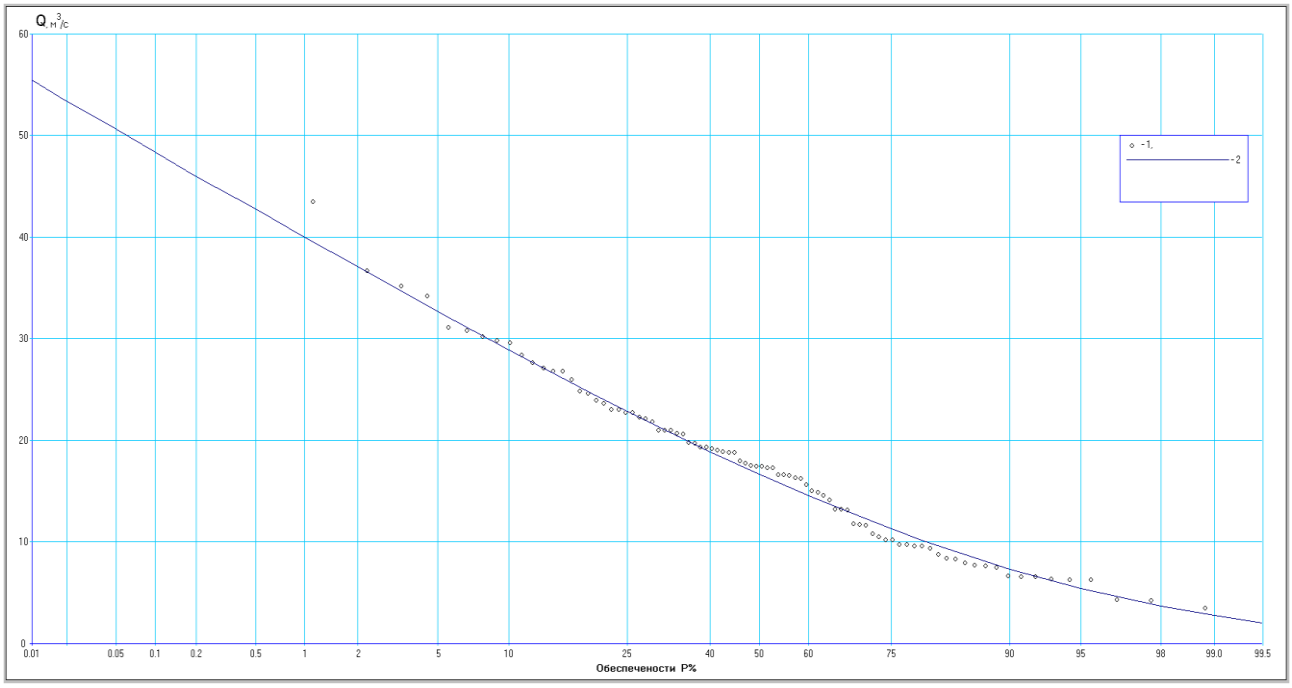


Рисунок Г.7 – Эмпирическая и аналитическая кривая обеспеченностей минимальных суточных зимних расходов воды р. Тура – г. Туринск

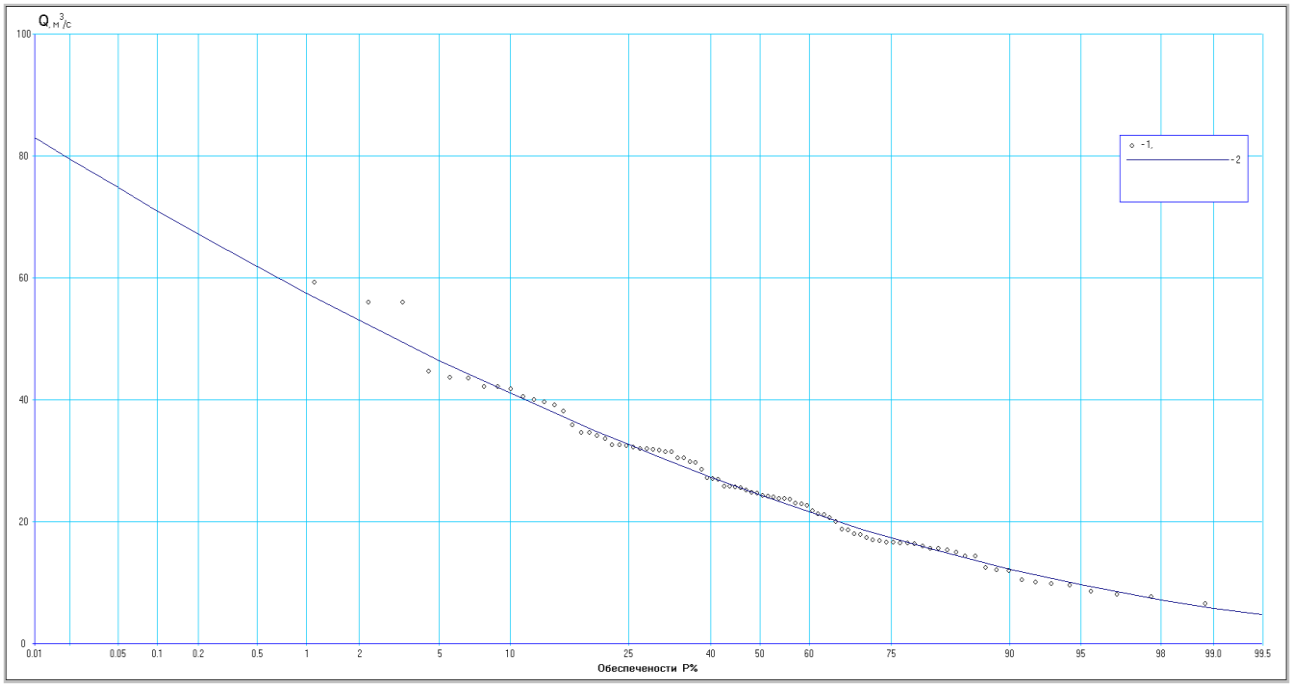


Рисунок Г.8 – Эмпирическая и аналитическая кривая обеспеченностей минимальных суточных зимних расходов воды р. Тура – г. Тюмень