МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра водно-технических изысканий

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(бакалаврская работа)

На тему **Речной приток в озеро Телецкое в условиях современного климата**

Исполнитель Киселева Влада Константиновна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель к.ф -м.н., доцент
(ученая степень, ученое звание)

Волкова Надежда Александровна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

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

Исаев Дмитрий Игоревич
(фамилия, имя, отчество)

«1» июня 2026г.

Санкт–Петербург
2026

Оглавление

Введение....2
1 Физико-географическое описание и характеристика исследуемого района....5
1.1 Географическое положение, геологическое строение и рельеф водосбора....6
1.2 Климатические условия региона....9
1.3. Гидрографическая сеть и характеристика основных притоков....13
1.4. Морфометрические и гидрологические особенности озера Телецкое.14
1.5. Обзор и анализ предшествующих исследований по гидрологии озера и его притоков....16
2 Современные изменения климата в бассейне озера Телецкое....19
2.1 Гидрометеорологическая изученность....19
2.2 Анализ многолетней динамики температуры воздуха....21
2.3 Анализ изменения режима атмосферных осадков....26
2.4 Выявление трендов и цикличности в климатических рядах....30
3 Оценка современных изменений речного притока....37
3.1 Анализ многолетней динамики среднегодовых расходов воды....37
3.2. Оценка изменений внутригодового распределения стока....41
4 Связь речного притока с климатическими факторами и оценка возможных изменений....50
Заключение....57
Список используемых источников....62
Приложения....64

Введение

Актуальность исследования

Телецкое озеро (Алтын-Кёль) — один из глубочайших пресных водоемов России (второй в Сибири по объему воды после Байкала), входящий с 1998 г. в список Всемирного наследия ЮНЕСКО «Золотые горы Алтая». Доля речного притока в водном балансе озера составляет 95–98 %, причем до 70–75 % обеспечивает р. Чулышман [1]. Поэтому параметры притоков выступают ведущим фактором, определяющим уровень, термический и гидрохимический режимы озера.

В современный период Алтае-Саянский регион демонстрирует интенсивное климатическое потепление. Фиксируются рост температур воздуха, увеличение доли ливневых осадков при сокращении твердых, деградация мерзлоты и оледенения [2][3]. Телецкое озеро служит чувствительным индикатором этих изменений. Оценка отклика речного стока на климатические тренды позволяет верифицировать перестройку водного режима, идентифицировать вклад различных типов питания и прогнозировать риски экстремальных гидрологических явлений.

Актуальность темы обусловлена тремя аспектами:

1 Последние комплексные обобщения водного баланса озера относятся к 1980–1990-м гг. (работы С.Г. Безносова, В.А. Зубарева, Г.И. Яньковой). Единая оценка динамики притока за последние 30–40 лет интенсивного потепления отсутствует.

2 Трансформация структуры стока в границах Алтайского заповедника влияет на нерестилища эндемичного телецкого сига (Coregonus lavaretus pravdinellus), что требует актуализации охранных мер.

3 Рост рекреационной нагрузки и дискуссии о регулировании стока верхней Бии требуют достоверных гидрологических оценок для принятия управленческих решений.

Цель исследования — количественная оценка современного речного притока в Телецкое озеро (за период 1980–2020 гг.) и выявление закономерностей его изменчивости под влиянием климатических факторов с помощью трендового, корреляционного и спектрального анализа.

Для достижения цели решаются задачи:

1 Проанализировать изменения температуры воздуха и осадков в бассейне озера, выявив точки структурного перелома рядов.

2 Рассчитать суммарный приток на основе данных по гг. Чулышман и Кокши с поправкой на ненаблюдаемую часть водосбора.

3 Оценить внутригодовое распределение притока.

4 Выявить статистически значимые тренды стока.

5 Построить регрессионные зависимости между климатическими факторами и параметрами притока.

Объект исследования: речной приток в озеро Телецкое.

Предмет исследования: многолетняя и внутригодовая изменчивость характеристик стока в связи с изменениями температуры и осадков.

Научная новизна:

Впервые с единых методологических позиций проведен комплексный анализ гидрометрических наблюдений за 1980–2020 гг.

Количественно разделено влияние температуры и осадков на структуру притока; оценен вклад ледникового питания р. Чулышман в условиях дегляциации.

Выявлены новые тренды учащения экстремальных ливневых паводков для южного и западного побережья [3][4].

Практическая значимость: Результаты применимы при планировании турпотоков и инфраструктуры, для гидрологических расчетов, обоснования экологических ограничений при проектировании малых ГЭС и противопаводковых мер на р. Бия.

1 Физико-географическое описание и характеристика исследуемого района

Район исследований охватывает бассейн Телецкого озера, расположенного в северо-восточной части Алтайских гор на территории Республики Алтай. Озеро имеет тектоническое происхождение, вытянуто в меридиональном направлении.



Рисунок 1 – Схема Телецкого озера с местоположением гидрологических постов

1.1 Географическое положение, геологическое строение и рельеф водосбора

Географическое положение

Бассейн тектонического озера Телецкое (высота 434 м) расположен в Турочакском и Улаганском районах Республики Алтай и относится к бассейну Верхней Оби [Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 15. Алтай и Западная Сибирь. Вып. 2. Средняя Обь / под ред. Н. А. Паниной. – Л.: Гидрометеоиздат, 1972. – 406 с.].

Параметры ультрапресного водоема: длина — 77,8 км, макс. ширина — 5,2 км, площадь — 223 км², объем — 40 км³ [5]. Глубина достигает 325 м (средняя — 174 м).

Водосбор (19 500 км²) ограничен Абаканским, Шапшальским, Чихачёва хребтами и Чулышманским нагорьем [8]. Перепад высот (434–3507 м) формирует вертикальную поясность.

В озеро впадает 70–77 рек, вытекает только Бия [8]. Главный приток — р. Чулышман (241 км, водосбор 17 200 км²), дающий до 67-75% притока. Другие крупные притоки: Чульча (98 км), Шавла (67 км), Богояш (58 км), Кыга, Кокши.

Территория водосбора (свыше 200 км) характеризуется резкой расчленённостью рельефа, что обусловлено её положением в зоне сочленения Казахской складчатой страны и Алтае-Саянской горной системы. С 1998 г. озеро входит в объект Всемирного наследия ЮНЕСКО «Золотые горы Алтая», а его акватория частично включена в Алтайский заповедник.

Геологическое строение

Водосбор Телецкого озера сложен метаморфизованными, дислоцированными протерозойскими и палеозойскими породами с интрузиями [6]. «В Центральном и Юго-Восточном Алтае широко распространены протерозойские отложения» [6]. На Чулышманском нагорье и окружающих хребтах преобладают кристаллические, глинистые, мергелистые сланцы,

песчаники, известняки, порфириты, туфы и диабазы, а на Шапшальском хребте — гранитоиды.

Котловина озера приурочена к зоне глубинного разлома субмеридионального и северо-западного простирания. Для Горного Алтая в целом характерны разломы северо-западного и северного простирания [6]. Эти нарушения определили узкую, вытянутую форму впадины [9]. Впадины и долины (включая р. Чулышман) выполнены кайнозойскими рыхлыми осадками (галечники, пески, моренные отложения).

Карст в бассейне развит слабо из-за локального залегания карстующихся пород. Интенсивный карст типичен для запада региона, а на востоке, включая бассейн озера, карстовые формы редки [6]. Единичные закарстованные участки отмечены лишь в верховьях некоторых притоков, например р. Башкаус (приток Чулышмана, длина 219 км, площадь водосбора 7770 км²), что локально влияет на подземное питание.

Рельеф водосбора

Разнообразный рельеф бассейна Телецкого озера обусловлен тектоникой, эрозией и ледниками. Выделяют 5 типов рельефа:

1 Высокогорный альпийский (выше 2200–2500 м; Шапшальский, Чихачёва хребты, Чулышманское нагорье). Характерны кары, троги, цирки древнего и современного оледенения [6]. Здесь берут начало Чулышман, Башкаус и Чульча.

2 Древний пенеплен (1800–2400 м; Чулышманское нагорье). Слабо расчлененные плато с озерами, регулирующими сток.

3 Среднегорный эрозионный (1000–2000 м). Густая сеть гряд и глубоких ущелий (склоны Иолго, Корбу, Алтын-Туу).

4 Низкогорный эрозионный (500–1000 м; предгорья Абаканского хребта). Пологие склоны, широкие долины.

5 Межгорные впадины и аккумулятивные равнины (например, Улаганская степь).

«Для современного рельефа Алтая характерно сочетание горных хребтов с обширными, со всех сторон окружёнными горами слабовсхолмлёнными пространствами, представляющими собой межгорные котловины (Чуйская, Курайская, Уймонская и другие)» [6].

Ледниковые формы (кары, троги, морены) в истоках рек обеспечивают летнее талое питание. Современное оледенение «имеет место в основном в высокогорной части Алтая» [6]; его главные центры лежат вне бассейна, но влияют на водность Чулышмана и Башкауса.

Речные долины в верховьях имеют троговую форму («на высокогорьях … долины рек несут черты старости эрозионного цикла» [6]), в среднем течении становятся каньонами, а в устьях расширяются. Для Чулышмана характерна врезанная в террасы пойма: «современные реки текут в глубокой эрозионной борозде шириной 100-150 м, промытой в террасах ледниковых долин» [6].

1.2 Климатические условия региона

Источники данных о климате

Изучение климата Горного Алтая и Верхнего Иртыша базировалось на сети Госкомгидромета: станциях Бийск, Белокуриха, Турочак, Усть-Кан, Онгудай, Усть-Кокса, Кош-Агач, высокогорных Кара-Тюрек (2300 м) и Ак-Кем (2058 м), а также на гидропостах и снегомерных маршрутах. В источнике подчёркивается, что «поправки в показания осадкомеров введены в соответствии с Методическими указаниями ГГО 1964-1966 гг.». Распределение станций неравномерно: предгорья освещены полно, а высокогорья выше 2000 м представлены лишь единичными пунктами.

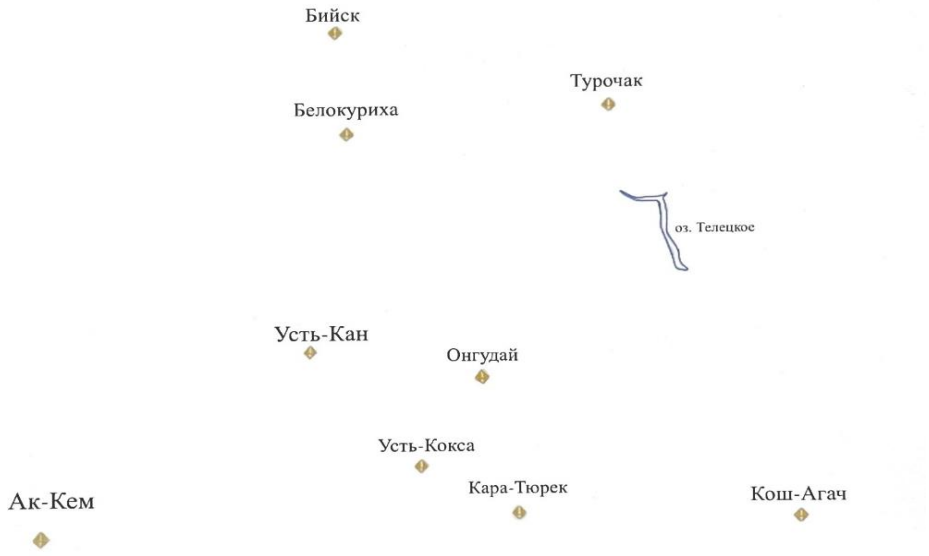


Рисунок 2 – Схема расположения метеостанций относительно озера

Общая характеристика климата

Климат бассейна Телецкого озера умеренно континентальный, усложненный рельефом. «Значительная протяжённость территории, её орографическая и климатическая неоднородность обусловили большое разнообразие природных условий» [6]. Главный фактор — барьерная роль хребтов: наветренные западные и северо-западные склоны обильно

увлажняются, а межгорные котловины и юго-восток находятся в «дождевой тени».

Температура воздуха

Температурный режим бассейна Телецкого озера обусловлен влиянием водной массы и горным рельефом.

Январь — самый холодный месяц, июль — самый теплый. На береговой станции Яйлю (436 м) среднегодовая температура составляет +3,5 °С (январь: –8,4 °С, июль: +17,8 °С). Отепляющий эффект незамерзающего зимой озера очевиден при сравнении с материковым Турочаком (322 м), где нет влияния водоема и среднегодовая температура почти на 3 °С ниже (+0,7 °С).

С высотой температура закономерно падает: на станции Кара-Тюрек (2300 м) она опускается до –8,5 °С, а в истоках Чулышмана (выше 2000 м) стабильно отрицательна.

Амплитуда экстремальных температур велика: на станции Яйлю абсолютный минимум (1951 г.) равен –39 °С, а абсолютный максимум достигает +38…+40 °С.

Таблица 1.1 – Среднемесячная температура воздуха по метеостанции Яйлю (1940-2024гг.)

	Месяц											
Период	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1940-2024	-8.27	-8.05	-2.72	3.90	9.64	14.5	17.0	15.6	10.2	4.15	-2.77	-6.61

Атмосферные осадки

Распределение осадков в бассейне Телецкого озера неравномерно и подчинено орографии: «наибольшее количество годовых осадков выпадает на склонах, ориентированных навстречу влагоносным воздушным потокам передовых хребтов Западного (до 1500-1800 мм) и Северного (до 1000-1300 мм)

Алтая» [1][2]. Для бассейна озера характерны следующие величины [2][4]: в низкогорье (Яйлю) выпадает 800–1000 мм; на наветренных склонах Корбу и Иолго — до 1200–1500 мм и более [1][4]; в Чуйской степи (Кош-Агач), находящейся в «дождевой тени», сумма осадков падает до 100 мм и менее [1][2][3][4][5].

Коэффициент вариации годовых осадков для Яйлю составляет 0,17, а для Кош-Агача — 0,22 [1][3], что указывает на устойчивое увлажнение горно-таёжной зоны и высокую межгодовую изменчивость в котловинах [1][2][3][4].

Характерен летний максимум: «в теплое время года выпадает 60–75% годовой суммы. Зима малоснежна, особенно в котловинах и замкнутых участках долин» [1][4]. В водосборе озера на теплый период (апрель–октябрь) приходится 70–80% осадков [4] с пиком в июне–июле [1][4].

Преобладание летних ливней формирует дождевые паводки. Суточные максимумы в предгорьях могут превышать 100 мм, что при крутых склонах ведет к быстрой концентрации стока и экстремальным расходам [1][2][4].

Таблица 1.2 – Среднемесячные суммы осадков по метеостанции Яйлю (1960-2024гг.)

	Месяц											
Период	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1966-2024	16.5	16.5	27.5	75.8	118	123	142	128	96.3	70.9	46.5	26.9

Снежный покров

Формирование снежного покрова в бассейне Телецкого озера подчинено высотной поясности и неоднородности климата [4][8].

Высота: в низкогорье она составляет 40–60 см, в среднегорье (1000–1500 м) — 80–100 см, в высокогорье (выше 2000 м) — более 200 см. Исключение — котловины (в Улаганской степи — лишь 10–15 см) [1][4][5].

Запасы воды: в бассейне р. Чулышман и на приозерных склонах снегозапасы достигают 200–400 мм, а в верховьях Чулышмана (в зоне ледников) из-за метелевого переноса превышают 800–1000 мм [1][4][7].

Продолжительность: число дней со снегом растет с высотой: в предгорьях — 135–150 дней, в среднегорье — 180–220, в высокогорье — 250–300 дней [1][4].

Гидрологическое значение: снеговое питание обеспечивает около 50% годового стока рек [7]. Таяние в среднегорье формирует пик половодья в мае–июне, а затяжное таяние в высокогорье поддерживает летний сток [4][7].

1.3. Гидрографическая сеть и характеристика основных притоков

Общая характеристика гидрографической сети

Гидрографическая сеть бассейна Телецкого озера густая и разветвленная из-за горного рельефа и высокого увлажнения: в Алтайском заповеднике ее плотность достигает 1,5–2,0 км/км².

В озеро впадает около 70 рек (с временными ручьями — до 150), большинство из которых — малые горные потоки с порогами и быстрым течением. Главный приток — р. Чулышман (длина 241 км, водосбор 17 200 км²), вытекающий из озера Джулукуль (2200 м). Он занимает ~88% водосбора озера и дает 67–75% всего речного притока. Другие крупные притоки: Чульча (98 км), Шавла (67 км) и Богояш (58 км).

В верховьях реки текут по широким ледниковым долинам с болотами, а в среднем и нижнем течении — по глубоким узким каньонам со скоростью 2–5 м/с. Более десяти рек имеют водопады (от 6 до 60 м): Большой Шалтан, Корбу (12,5 м), Киште, Кайра, Аксу. На р. Чульче расположен крупнейший на Алтае 150-метровый каскад «Неприступный».

Питание рек смешанное: снеговое (50–60%), дождевое (~35%) и грунтовое. Режим характеризуется весенне-летним половодьем: таяние в среднегорье начинается в апреле, а в высокогорье смещает пик паводка на июнь-июль. Летние ливни (70–80% годовой суммы осадков) регулярно вызывают сильные дождевые паводки, накладывающиеся на половодье.

Река Чулышман

Река Чулышман — доминирующий приток Телецкого озера, обеспечивающий 70–72,5% суммарного притока. Название происходит от тюркских основ чул («река») и азман («огромный»), что означает «крупная, многоводная река».

Исток находится близ озера Джулукуль (2200 м), устье — на отметке 436 м. Длина реки — 241 км, площадь водосбора — 16 800 км² (~86% бассейна озера). В верховьях Чулышман течет по плоскогорью, затем входит в глубокий каньон, а при впадении в озеро образует дельту с протокой Чебачья и крупнейшим в Республике Алтай островом Камаин. Ширина русла в среднем течении — 30–50 м, глубина — около 1 м, скорость — 2–5 м/с.

Средний многолетний расход воды равен 158 м³/с. Согласно «Летописи природы Алтайского заповедника», режим подчинен весенне-летнему половодью. Минимум стока отмечается в межень и декабре (~25 м³/с), максимум — в июне (до 582 м³/с). Летом температура речной воды достигает +14 °С, создавая плотностной барьер с холодной озерной водой (+4 °С, данные 2023 г.).

Холодная и мутная вода Чулышмана из-за разницы плотностей долго течет вдоль правого берега озера отдельной струей, не смешиваясь с прозрачной озерной водой, и выносит много наносов и детрита. Мониторинг реки приоритетен для оценки экосистемы Телецкого озера в условиях меняющегося климата.

1.4. Морфометрические и гидрологические особенности озера Телецкое

Озеро Телецкое (Алтын-Кёль) расположено в северо-восточной части Горного Алтая, в пределах Турочакского и Улаганского районов Республики Алтай, на абсолютной высоте 434-436 м над уровнем моря [7]. Котловина озера имеет тектоническое происхождение и сформировалась в результате блоковых перемещений по системе глубинных разломов субмеридионального простирания. Тектоническая природа озёрной впадины подтверждается прямолинейностью береговой линии, асимметрией поперечного профиля и аномально большими для данного региона глубинами.

Морфометрические параметры озера представлены в таблице 3.

Таблица 1.3 – Морфометрические параметры Телецкого озера

Параметр	Значение
Площадь зеркала	223 км²
Длина	77,8 км
Максимальная ширина	5,2 км
Средняя ширина	~1,9 км
Максимальная глубина	325 м
Средняя глубина	174 м
Объём водной массы	40 км³
Длина береговой линии	~180 км

Вытянутая форма Телецкого озера (соотношение длины к ширине ≈40:1) образует «речной тип» котловины. Тектоническая асимметрия сбросов выражена в крутизне западного борта по сравнению с восточным, а глубины основного плёса превышают 200 м. По максимальной глубине водоем входит в десятку глубочайших в мире (четвертое место на территории бывшего СССР).

Водоем проточный: принимает 70–77 притоков и отдает воду одной реке — Бие (составляющая Оби). Речной сток формирует 95–98% водного баланса, где доминирует р. Чулышман, определяющая уровенный, термический и осадочный режимы озера. Быстрый водообмен обусловил ультрапресную гидрокарбонатно-кальциевую воду (минерализация — 50–100 мг/л).

Обладая огромной теплоемкостью, прогретое за лето озеро служит естественным терморегулятором: оно отепляет исток Бии, сглаживая сезонные колебания температур и задерживая ледостав на первые 20 км реки.

Ихтиофауна включает 14 видов рыб из 5 семейств. Основу составляют чуткие к чистоте воды лососевые и сиговые: хариус, налим, таймень и эндемичный телецкий сиг. Это подтверждает высокое качество водной среды. Рекреационное рыболовство здесь развито, хотя промышленный лов уступает масштабам Иртыша или Зайсана.

С 1998 г. озеро входит в объект Всемирного наследия ЮНЕСКО «Золотые горы Алтая», а его акватория частично (по фарватеру) принадлежит Алтайскому заповеднику, что обеспечивает ему строгий охранный статус.

1.5. Обзор и анализ предшествующих исследований по гидрологии озера и его притоков

Обзор посвящён систематизации и анализу научных исследований гидрологического режима Телецкого озера и его притоков. Основное внимание уделено работам последних десятилетий (2000-2025 гг.), в которых отражены современные представления о формировании водного баланса, термической структуре, ледовом режиме.

1.5.1. Гидрографическая характеристика водосборного бассейна

Телецкое озеро (Алтын-Кёль) является вторым по величине (после оз. Маркаколь) озером Алтае-Саянской горной области. Котловина озера имеет тектоническое происхождение, вытянута с юга на север почти на 78 км при максимальной ширине до 5,2 км и глубине, достигающей 325 м [11]. По данным гидрографического описания Алтайского государственного заповедника, побережье озера дренируют около 70 рек, однако главенствующую роль в водном питании играет река Чулышман, вытекающая из высокогорного озера Джулукуль на высоте 2200 м над уровнем моря. Протяжённость Чулышмана составляет 241 км, площадь водосбора – 17 200 км², что соответствует примерно 86–88% от общей площади бассейна озера (19 500 км²). Чулышман выносит в Телецкое озеро аллювий с преобладанием песка и мелкого щебня, формируя обширную дельту с островами и отмелями. Сток из озера осуществляется через реку Бию – правую составляющую Оби, что делает Телецкое озеро ключевым звеном в гидрографической сети Верхней Оби.

1.5.2. Термический и ледовый режим

Ледотермический режим озера исследовали В. И. Квон, Д. В. Квон и А. Н. Семчуковым (2000 г.) [12]. Их продольно-вертикальная математическая модель учитывала метеофакторы, сжимаемость воды, ветровые и стоковые течения, а зимой — баланс тепла для льда. Расчеты совпали с натурными данными [11].

Ледовый режим уникален: целиком озеро замерзает раз в 8–10 лет [1]. Лед появляется в ноябре-декабре в заливах, а затем встает участками («перемычками»). В январе 2024 г. кромка льда двигалась на восток, но у с. Яйлю лед не установился из-за «верховки» и тепла. Нестабильность вызвана большой глубиной (высокой теплоемкостью) и выносом тепла через Бию.

1.5.3. Современные гидродинамические исследования

В работе, опубликованной в международном журнале *Water Resources* в 2025 г., рассмотрено влияние вод реки Чулышман на формирование плотностной стратификации Телецкого озера в летний период [13]. На основе открытого пакета Delft3D была построена трёхмерная гидродинамическая модель озера, сопряжённая с планарной (2DH) моделью течения в устьевой части Чулышмана (сопряжение моделей выполнено на входном участке в озеро). Натурные наблюдения за пространственной термической структурой озера, выполненные в летне-осенние месяцы 2010-2023 гг., позволили выявить сложную картину плотностной стратификации и плотностных течений в период летнего прогрева водоёма, а также установить основные факторы, определяющие распределение вод Чулышмана в озёрной котловине.

Кроме того, в сентябре 2025 г. сотрудниками ИВЭП СО РАН совместно с Институтом океанологии им. П.П. Ширшова РАН выполнены экспедиционные работы на акватории Телецкого озера, в ходе которых проведены измерения скоростей течений погружным доплеровским измерителем, эхолотный промер глубин, а также измерения распределения температуры и минерализации воды в

приустьевой зоне р. Чулышман и протоки Чебачьей. Полученные данные предназначены для калибровки и верификации разрабатываемых гидродинамических моделей динамики и качества воды Телецкого озера [14][6].

2 Современные изменения климата в бассейне озера Телецкое

2.1 Гидрометеорологическая изученность

Для решения задач, поставленных в работе (оценка многолетней изменчивости стока притоков Телецкого озера, выявление связи с климатическими факторами), были привлечены данные государственной наблюдательной сети Росгидромета. В основе исследования лежат два типа рядов: гидрологические (среднемесячные и среднегодовые расходы воды) и метеорологические (среднемесячная температура воздуха и сумма месячных осадков).

Объектами исследования выбраны три водотока: река Чулышман (впадающая в южную часть озера), река Кокши (в восточную часть) и река Бия – исток из озера (створ Артыбаш, характеризующий режим вытекающей из озера реки, который функционально связан с суммарным притоком). Характеристика гидрологических постов приведена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Характеристика гидрологических постов

Река – пост	Площадь водосбора, км²	Период наблюдений	Источник данных
р. Чулышман – п. Балыкча	16 800	1936-2023 гг.	Единый государственный фонд данных (ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД»)
р. Кокши – с. Кокши	4 430	1971-2023 гг.	Тот же
р. Бия – пос. Артыбаш	37 000	1962-2023 гг.	Тот же

Пост Артыбаш (1962-2023 гг.) фактически характеризует режим вытекающей из озера Бии. Для оценки суммарного притока к озеру данный ряд имеет важное балансовое значение.

Пост Чулышман (1936-2023 гг.) имеет самый длинный непрерывный ряд наблюдений за стоком, что делает его основным для выявления трендов. Площадь водосбора 16800 км² охватывает практически всю южную часть бассейна Телецкого озера.

Исходные данные представлены в виде среднемесячных расходов воды (м³/с). В работе использовались как сами ряды среднемесячных значений, так и рассчитанные по ним среднегодовые расходы воды.

Ввиду отсутствия длительных инструментальных наблюдений на водосборах непосредственно вблизи гидрологических створов (в высокогорной зоне), в качестве базовой метеостанции использован стационар «Яйлю» (метеостанция Телецкого озера). Данная станция расположена на северо-восточном берегу Телецкого озера (высота около 440 м н.у.м.) и наиболее репрезентативна для характеристики климатических условий в зоне формирования стока среднего и нижнего пояса гор.

В работе проанализированы следующие ряды (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Характеристика метеорологических данных (ст. Яйлю)

Показатель	Период наблюдений	Дискретность
Среднемесячная температура воздуха, °С	январь 1940 – декабрь 2024 гг. (84 года)	месяц
Сумма месячных осадков, мм	январь 1966 – декабрь 2024 гг. (58 лет)	месяц

Температура воздуха (1940-2024) по выбранной метеорологической станции имеет самый продолжительный ряд метеоданных в регионе. Позволяет выявить вековой тренд потепления и сопоставить его с изменениями стока за весь период наблюдений (особенно на р. Чулышман с 1936 г.).

Начало регулярных инструментальных наблюдений за осадками, которые есть в наличии, на ст. Яйлю (1966-2024) совпадает с более короткими рядами

стока (например, на р. Кокши начинается с 1971 г.). Это позволяет использовать их для совместного корреляционного анализа.

Перед использованием исходные массивы прошли этап визуального и статистического контроля:

1) Осуществлена проверка однородности. Ряды проверены на наличие резких неоднородностей (связанных с переносом поста, изменением методики измерений). Для всех постов существенных неоднородностей, влияющих на многолетние тренды, не обнаружено.

2) Ряды приведены к единой временной сетке. Для совместного анализа гидрометеорологических рядов сформированы следующие периоды:

- Период А (1936-2023): сток р. Чулышман + температура воздуха по МС Яйлю (с 1940 г. – скорректированы первые 4 года).

- Период Б (1971-2023): полный набор данных: сток рек Чулышман, Кокши, Бия + температура воздуха и атмосферные осадки по МС Яйлю.

В работе использованы абсолютные значения метеорологических элементов. Гидрологические данные анализировались в абсолютных значениях ($м^3/с$) и в виде модульных коэффициентов.

2.2 Анализ многолетней динамики температуры воздуха

Для выявления трендов климатических изменений в бассейне Телецкого озера был выполнен анализ временного ряда среднемесячных и среднегодовых температур воздуха на метеостанции Яйлю за период 1940-2024 гг. (85 лет). Выбор данной станции обоснован её расположением непосредственно в береговой зоне озера (высота ~440 м н.у.м.), что делает её наиболее репрезентативной для оценки термических условий формирования стока в нижнем и среднем поясе гор, а также для анализа отепляющего влияния водоёма.

Анализ среднегодовой температуры выявил статистически значимый тренд потепления. Линейный тренд, построенный по всему ряду (1940-2024 гг.), показывает повышение среднегодовой температуры на +1,9 °C при сопоставлении средних значений 1960-х и 2020-х годов. Коэффициент корреляции Пирсона ($r = 0,58$) указывает на умеренную, но устойчивую связь времени с ростом температуры. Регрессионный анализ (p-критерий = 3.6e-9) подтверждает статистическую значимость тренда с чрезвычайно низкой вероятностью ошибки ($p < 0.001$).

Визуальный анализ (рис. 2.1) и сглаживание (скользящее среднее с 5-летним окном) показывают, что ряд не является монотонным: в нём выделяются фаза относительно холодного периода (1940-1970 гг.), смена тренда в середине 1980-х и устойчивый рост с середины 1990-х по 2020-е гг.

Выявлено расхождение между визуально очевидным трендом и формальным критерием серий (тест Вальда-Вольфовица), который не отверг нулевую гипотезу об отсутствии тренда. Это связано с тем, что критерий серий чувствителен к «перемешиванию» данных: в ряду присутствуют значительные межгодовые колебания (например, аномально холодный 1969 г. с $T = +1,3$ °C и аномально тёплый 2020 г. с $T = +5,5$ °C), которые создают «шум», маскирующий тренд для этого непараметрического теста.

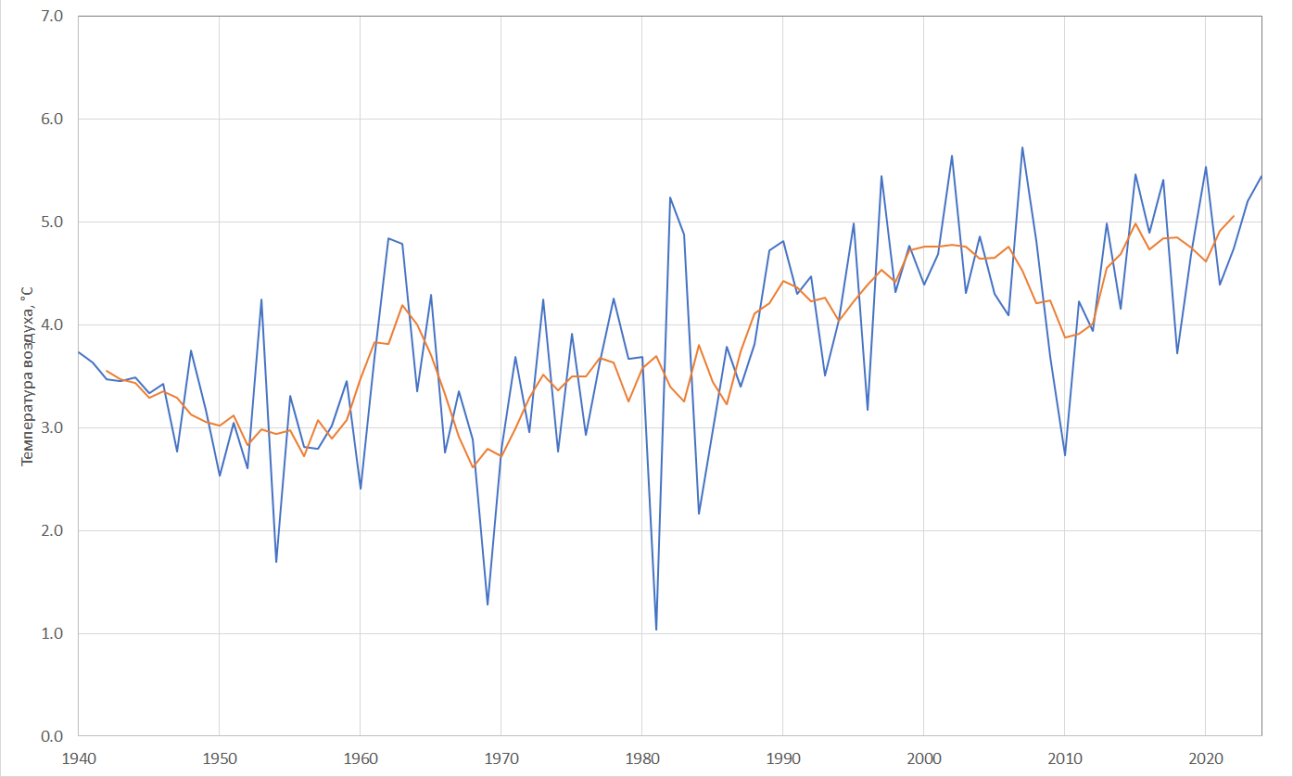


Рисунок 2.1 – Хронологический ход температуры воздуха по МС Яйлю и скользящее среднее с 5-летним окном

Потепление происходит крайне неравномерно по сезонам. Это напрямую влияет на тип питания рек (снеговое, дождевое, грунтовое). Для оценки сезонных изменений проанализированы ряды среднемесячных температур за зиму (декабрь-февраль), весну (март-май), лето (июнь-август) и осень (сентябрь-ноябрь).

1. *Зимний период* (декабрь–февраль). Зимние месяцы демонстрируют наиболее интенсивный рост температур. За весь период наблюдений тренд зимнего потепления составляет около +0,045 °C/год, что в сумме даёт почти +3 °C за 85 лет.

Коэффициент линейного тренда декабря составляет $R^2 = 0,11$. Температура выросла примерно на 3,5 °C. Характерно резкое повышение с середины 1990-х годов (средняя ~ –5 °C) по сравнению с 1940-1960 гг. (средняя ~ –10 °C).

Тренд января и февраля также положительный и значимый. Особенно показательны экстремумы. Так, если в 1951 году температура февраля опускалась до –17,1 °C, то с 2000-х годов такие значения не фиксируются, а средняя температура февраля приблизилась к –5…–7 °C.

Рост зимних температур ведёт к уменьшению глубины промерзания почвы и увеличению доли жидких осадков. Это, в свою очередь, усиливает подземное (грунтовое) питание рек, что напрямую объясняет парадоксальный, на первый взгляд, рост зимних расходов воды в притоках.

2. *Весенний период* (март–май). Весенние температуры также повысились, однако с другой динамикой.

Тренд среднемесячной температуры воздуха для марта и апреля положительный, но менее выраженный, чем зимой. Однако здесь критичен не столько тренд, сколько увеличение изменчивости (появление резких аномалий).

В мае зафиксирован устойчивый рост температуры ($R^2 = 0,15$). Если в 1950-1960 гг. средняя температура мая редко превышала +10 °C, то в 2010-2020 гг. значения +12…+14 °C стали обычными (аномалия 2022 г. – +14,2 °C, что на 5,4 °C выше нормы).

Повышение температуры в апреле-мае ускоряет снеготаяние в среднегорной зоне. Это ведёт к сдвигу пика половодья на более ранние сроки (апрель-май вместо мая-июня) и снижению максимальных расходов из-за сокращения снегозапасов к моменту пика.

3. *Летний период* (июнь-август). Тренд летних температур положителен, но минимален по сравнению с другими сезонами.

В июне и июле отмечается слабый, но статистически значимый рост ($R^2 = 0,08$-$0,13$). Наиболее тёплые июни приходятся на последние 10 лет (2012 г. – +18,0 °C, 2024 г. – +16,5 °C).

В августе тренд слабее всего, но также положительный. Заметно увеличение повторяемости экстремально высоких температур (1998 г. – +19,0 °С, 2024 г. – +17,8 °С).

Хотя летнее потепление и не столь значительно, оно способствует увеличению доли дождевого питания за счёт роста испарения и, косвенно, интенсивности ливней. Однако основной вклад летних температур в формирование стока опосредован: они влияют на таяние ледников и снежников в высокогорной зоне истока р. Чулышман.

4. *Осенний период* (сентябрь-ноябрь). Осень демонстрирует промежуточную динамику. Ноябрь – один из самых «трендовых» месяцев (R^2 = 0,10). Если в середине XX века средняя температура ноября часто опускалась ниже –10 °С, то в последние два десятилетия она редко падает ниже –5 °С, а в отдельные годы (2002, 2013) держится около 0 °С.

Для идентификации момента смены климатического режима построен график кумулятивных сумм аномалий (S-кривая) среднегодовой температуры. Анализ показал следующее:

1. 1940 – середина 1980-х гг. – период накопления отрицательных аномалий. Кривая S устойчиво снижается, что указывает на преобладание лет с температурой ниже климатической нормы.

2. 1985-1995 гг. – переходная фаза. Кривая S достигает минимума (около –26) и начинает выполаживаться.

3. 1995 г. – по настоящее время – фаза накопления положительных аномалий. Кривая S неуклонно растёт, достигнув к 2024 году нулевого значения. Это означает, что накопленный «дефицит» тепла прошлых лет был полностью компенсирован избытком тепла в современный период.

Точкой структурного перелома (по визуальной оценке и данным расчёта, представленным в приложении) был выбран 1995 год. Именно начиная с середины 1990-х годов прекращается серия холодных зим; начинается

устойчивый рост среднегодовых температур (средняя за 1995-2024 гг. составила ~4,5 °С против ~3,2 °С за 1940-1994 гг.); фиксируется максимальное количество аномально тёплых месяцев.

Этот год использован в дальнейшем для разделения гидрологических рядов на два периода: «условно базовый» (до 1995 г.) и «современный» (после 1995 г.) при анализе трансформации гидрографов (раздел 4.2).

2.3 Анализ изменения режима атмосферных осадков

Для оценки изменений режима увлажнения в бассейне Телецкого озера был выполнен анализ временного ряда месячных и годовых сумм атмосферных осадков на метеостанции Яйлю за период 1966-2024 гг. (58 лет). Выбор именно этого периода обусловлен наличием регулярных инструментальных наблюдений, сопоставимых с гидрологическими рядами на притоках (особенно на р. Кокши, наблюдения на которой начинаются с 1971 г.). Анализ осадков проводился параллельно с температурным анализом, поскольку в формировании речного стока в горных условиях эти два фактора действуют совместно, нередко разнонаправленно.

Первичный визуальный анализ ряда годовых сумм осадков (рис. 2.2) показывает значительную межгодовую изменчивость, однако статистически значимого тренда за период 1966-2024 гг. не выявлено. Это подтверждается всеми применёнными методами (табл. 2.3).

Таблица 2.3 – Результаты выявления тренда атмосферных осадков по МС Яйлю разными методами

Метод	Значение	Вывод о тренде
Визуальный анализ (линия тренда)	Визуально тренд не прослеживается	Тренд не значим

Метод	Значение	Вывод о тренде
Коэффициент корреляции Пирсона (r)	r = 0,01	Корреляция отсутствует
Регрессионный анализ	p-критерий = 0,92	Тренд не значим (p > 0,05)
Критерий серий (Вальда-Вольфовица)	32 серии	Тренд не значим
Сглаживание (5-летнее скользящее среднее)	Отсутствует направленное смещение	Тренд не значим

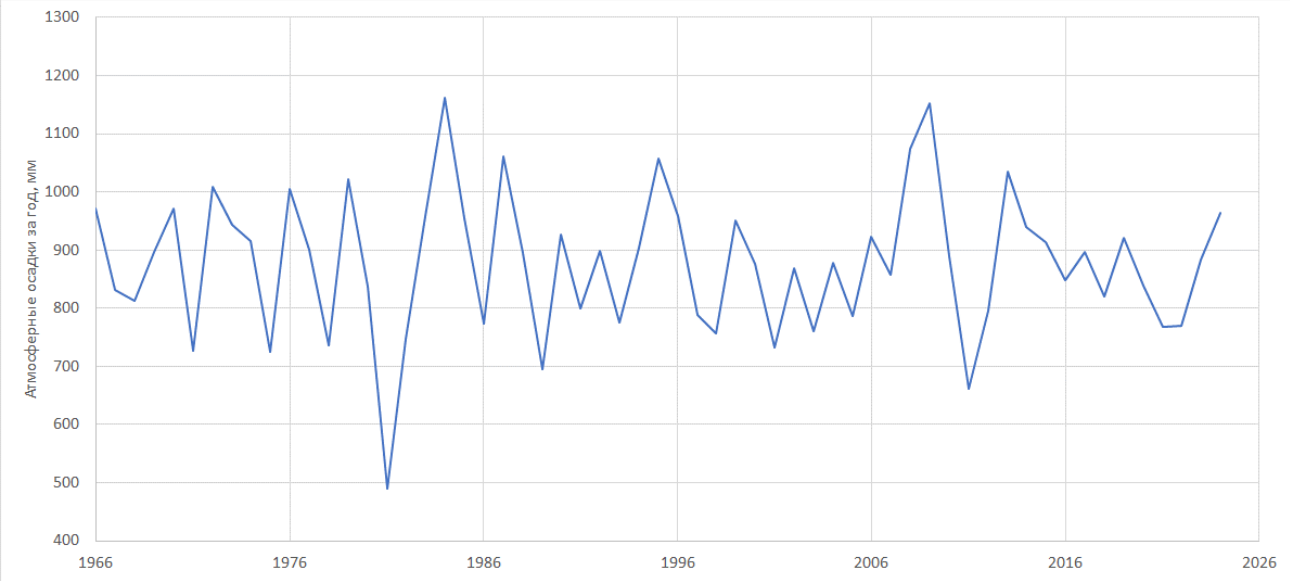


Рисунок 2.2 – Хронологический ход суммы годовых осадков по МС Яйлю

Средняя многолетняя годовая сумма осадков за весь период наблюдений (1966-2024 гг.) составила 876 мм, что хорошо согласуется с литературными данными для низкогорной части бассейна Телецкого озера. Диапазон межгодовых колебаний значителен: от минимальных значений около 490-600 мм (отдельные засушливые годы) до максимальных, превышающих 1100 мм (например, отдельные годы в 1990-х и 2010-х гг.).

Отсутствие тренда в годовых суммах осадков – это не «нулевой» результат, а важная гидрологическая характеристика. Она означает, что наблюдаемые изменения речного стока не могут быть объяснены простым увеличением или уменьшением общего количества выпадающей влаги. Причины трансформации

стока следует искать в изменении внутригодового распределения осадков, их фазового состояния (твёрдые/жидкие) и интенсивности.

Поскольку годовые суммы стабильны, был выполнен анализ осадков по сезонам и отдельным месяцам.

1. *Зимний период* (декабрь-февраль). Зимние осадки демонстрируют слабый положительный тренд, хотя и не достигающий статистической значимости на 95%-м уровне. Однако важно другое: на фоне значительного роста зимних температур (раздел 3.1) даже неизменное количество зимних осадков означает сокращение доли твёрдых осадков (снега) и увеличение доли жидких и смешанных фаз. Этот факт важен для формирования подземного стока, поскольку жидкие осадки в зимний период не аккумулируются в снежном покрове, а сразу участвуют в питании рек (либо через поверхностный смыв, либо через инфильтрацию в непромёрзшую почву).

2. *Весенний период* (март-май). Весенние суммы осадков не обнаруживают значимого тренда. Однако, как будет показано в разделе 4, сам процесс снеготаяния ускорился. Следовательно, при том же объёме весенних осадков их вклад в формирование пика половодья снижается, поскольку таяние происходит более растянуто во времени или, наоборот, более дружно, но раньше (до наступления климатического лета).

3. *Летний период* (июнь-август). Летние месяцы – зона наиболее выраженных изменений, хотя и не в отношении средних сумм. В июне и июле наблюдается максимальное количество осадков (в среднем 70-90 мм). Тренд сумм отсутствует. В августе среднемесячные осадки также без значимого тренда.

Однако основной характеристикой, которая не может быть оценена по месячным суммам (но косвенно подтверждается ростом летних температур и учащением экстремальных паводков на малых реках), является рост интенсивности осадков. Потепление атмосферы увеличивает её влагоёмкость, что при прохождении активных атмосферных фронтов приводит к выпадению

более мощных ливней за более короткое время. Именно этот фактор объясняет учащение дождевых паводков на водотоках южного и западного побережья (как указано в научной новизне работы).

4. *Осенний период* (сентябрь-ноябрь). Осень, особенно октябрь и ноябрь, демонстрирует слабый положительный тренд сумм осадков, что согласуется с ростом температур и увеличением влагосодержания воздуха в переходные сезоны.

Для количественной оценки изменений сезонного контраста был рассчитан коэффициент сезонности (отношение суммы осадков тёплого полугодия (апрель-сентябрь) к холодному (октябрь-март)). За весь период доля тёплого полугодия составляет стабильные 70-75% годовой суммы, что соответствует литературным данным. Тренд коэффициента сезонности статистически не значим.

Однако более детальный анализ показывает сдвиг внутри тёплого полугодия. В ранние периоды (1966-1985 гг.) максимум осадков часто приходился на июль. В современный период (2000-2024 гг.) наблюдается тенденция к смещению максимума на июнь, а также учащение случаев «двухвершинного» распределения (июнь + август). Июньские осадки накладываются на пик снегово-ледникового половодья (особенно на р. Чулышман), что может генерировать катастрофические паводки. Августовские осадки, напротив, приходятся на период межени и поддерживают летний сток.

Согласно данным, представленным во введении и обзоре литературы [2], в бассейне Телецкого озера за последние 20-30 лет увеличилось количество случаев выпадения более 50-70 мм осадков за сутки. Это прямое следствие потепления климата: более тёплая атмосфера способна удерживать больше влаги, и при благоприятных синоптических условиях (выход южных циклонов) реализовывать её в виде экстремальных ливней.

Для гидрологического режима это означает:

1. Рост числа и интенсивности дождевых паводков, особенно на малых водотоках с крутыми водосборами (западное и южное побережье).

2. Повышение риска формирования катастрофических паводков при наложении дождевой волны на пик снегового половодья.

3. Увеличение эрозионной нагрузки и выноса взвешенных наносов в озеро.

Поскольку годовые суммы осадков не изменились, наблюдаемая трансформация речного стока (снижение пиков половодья, рост зимних расходов, перераспределение стока внутри года) обусловлена в первую очередь температурным фактором (изменение фазового состояния осадков, сдвиг сроков таяния, деградация мерзлоты) и лишь во вторую – изменением внутригодового хода осадков и их интенсивности.

2.4 Выявление трендов и цикличности в климатических рядах

Для углублённого понимания структуры климатических изменений в бассейне Телецкого озера недостаточно констатировать наличие или отсутствие тренда. Необходимо выявить форму тренда (линейная/нелинейная), оценить его статистическую значимость различными методами (поскольку каждый метод имеет свои допущения и чувствительность к аномалиям), а также идентифицировать возможные циклические составляющие – естественные колебания климатической системы, которые могут накладываться на направленный тренд и маскировать его или, напротив, усиливать.

В данном разделе анализируются два климатических ряда: среднегодовая температура воздуха (ст. Яйлю, 1940-2024 гг., 85 лет); годовая сумма атмосферных осадков (ст. Яйлю, 1966-2024 гг., 58 лет).

В гидрологической практике ни один метод не даёт абсолютно надёжного результата, поэтому в работе использован комплекс методов (табл. 2.4), включающий как параметрические, так и непараметрические критерии.

Таблица 2.4 – Используемые методы оценки трендов

Метод	Тип	Чувствительность	Интерпретация результатов
Визуальный анализ (линия тренда + сглаживание)	Качественный	К общему направлению	Первичная оценка – есть ли направленное изменение
Коэффициент корреляции Пирсона (r)	Параметрический	К линейной связи	$r > 0,3$ – слабая связь; $r > 0,5$ – умеренная; $r > 0,7$ – сильная
Регрессионный анализ (p-критерий)	Параметрический	К линейному тренду	$p < 0,05$ – тренд статистически значим
Критерий серий (Вальда-Вольфовица)	Непараметрический	К нарушению случайности	Число серий > порогового – тренд не значим
Метод Фостера-Стюарта	Непараметрический	К тренду среднего и дисперсии	Позволяет раздельно оценить тренд и «перемешивание» ряда

Как показано выше, для ряда температуры воздуха разные методы дали разные результаты: регрессионный анализ показал, что тренд значим ($p = 3.6*10^{-9}$); критерий серий (26 серий) – тренд не значим. Это расхождение – не ошибка, а диагностически ценный факт. Оно объясняется тем, что критерий серий «не видит» монотонный тренд, если в ряду присутствуют:

1) сильные межгодовые колебания (например, аномально холодный 1969 г. с T = +1,3 °C и аномально тёплый 2020 г. с T = +5,5 °C);

2) неравномерность тренда (потепление шло не равномерно каждый год, а скачками – например, резкое повышение в 1990-х гг.).

Такая ситуация типична для климатических рядов Сибири, когда долгопериодный тренд «зашумлён» естественной внутривековой и межгодовой изменчивостью. В данной работе приоритет при интерпретации отдаётся

регрессионному анализу и критерию Фостера-Стюарта (как более чувствительным к направленному изменению), а также визуальному анализу кумулятивных кривых.

Анализ трендов температуры воздуха

Результаты анализа среднегодовой температуры представлены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Результаты анализа тренда среднегодовой температуры воздуха (ст. Яйлю, 1940-2024 гг.)

Показатель	Значение	Интерпретация
Коэффициент корреляции Пирсона (r)	0,58	Умеренная положительная связь со временем
Коэффициент детерминации (R^2)	0,34	34% изменчивости объясняется временным трендом
Уравнение линейного тренда	T = 0,018·год + 3,02	Скорость потепления ≈ +0,018 °C/год
p-уровень (регрессия)	$3{,}6 \cdot 10^{-9}$	Тренд статистически значим (p < 0,001)
Величина потепления за период	≈ +1,9 °C	От 1960-х к 2020-м годам
Критерий серий	26 серий	Тренд не значим

Тренд близок к линейному, но с ускорением в 1990-е годы. Проверка на квадратичный тренд (добавление члена t^2 в регрессию) даёт незначимое улучшение качества модели, что позволяет в первом приближении использовать линейную аппроксимацию.

Анализ трендов по отдельным месяцам (таблица 2.6) выявил резкую сезонную асимметрию потепления.

Таблица 2.6 – Коэффициенты линейного тренда температуры по месяцам (1940-2024 гг.)

Месяц	R^2	r	Скорость тренда, °C/год	p-уровень	Значимость (α=0,05)
Январь	0,02	0,14	+0,007	0,21	Не значим
Февраль	0,08	0,29	+0,014	0,01	Значим
Март	0,15	0,39	+0,022	<0,001	Значим

Месяц	R^2	r	Скорость тренда, °C/год	p-уровень	Значимость (α=0,05)
Апрель	0,09	0,30	+0,016	0,006	Значим
Май	0,15	0,39	+0,025	<0,001	Значим
Июнь	0,13	0,37	+0,022	<0,001	Значим
Июль	0,06	0,25	+0,010	0,02	Значим
Август	0,11	0,33	+0,018	0,002	Значим
Сентябрь	0,01	0,13	+0,005	0,24	Не значим
Октябрь	0,09	0,30	+0,015	0,006	Значим
Ноябрь	0,10	0,33	+0,019	0,003	Значим
Декабрь	0,06	0,26	+0,014	0,02	Значим

Наиболее быстрое потепление наблюдается в марте, мае, июне и ноябре (скорость >0,02 °C/год). Это важнейшие для гидрологии месяцы: март-май – период снеготаяния, июнь – пик половодья на Чулышмане, ноябрь – начало ледостава. Наименее выраженное потепление – в январе и сентябре. Сентябрь – единственный месяц, где тренд статистически не значим (p = 0,24). Зимние месяцы (декабрь–февраль) в сумме дают около +3 °C за весь период, что является максимальным сезонным вкладом.

Для выявления момента структурной перестройки климатического режима был построен ряд кумулятивных сумм нормированных аномалий. Анализ S-кривой представлен в табл. 2.7.

Таблица 2.7 – Результаты анализа кумулятивных сумм нормированных аномалий

Период	Характер S-кривой	Климатический режим
1940-1965	Небольшие колебания около нуля	Относительно устойчивый
1965-1985	Устойчивое снижение (накопление отрицательных аномалий)	Фаза похолодания
1985-1995	Достижение минимума, выполаживание	Переходная фаза
1995-2024	Устойчивый рост (накопление положительных аномалий)	Фаза потепления

Точкой структурного перелома в климатической системе бассейна Телецкого озера следует считать 1995 год. Именно с этого периода начинается

устойчивое накопление положительных температурных аномалий, и средние значения температур превышают долгопериодную норму.

Анализ трендов атмосферных осадков

Анализ ряда годовых сумм осадков (1966-2024 гг.) показал отсутствие статистически значимого тренда по всем применённым методам (таблица 2.8).

Таблица 2.8 – Результаты анализа тренда годовой суммы осадков (ст. Яйлю, 1966-2024 гг.)

Показатель	Значение	Интерпретация
Коэффициент корреляции Пирсона (r)	0,01	Связь со временем отсутствует
p-уровень (регрессия)	0,92	Тренд не значим
Критерий серий	32 серии	Тренд не значим
Визуальный анализ	Без направленного смещения	Тренд отсутствует

Средняя многолетняя годовая сумма осадков за период составила 876 мм, с коэффициентом вариации Cv ≈ 0,17, что указывает на умеренную межгодовую изменчивость (характерную для гумидных горных регионов).

Отсутствие тренда в годовых суммах не означает отсутствия изменений в сезонном распределении. Был выполнен анализ линейных трендов для сумм осадков по месяцам (таблица 2.8).

Таблица 2.9 – Коэффициенты линейного тренда месячных сумм осадков (1966-2024 гг.)

Месяц	R^2	r	p-уровень	Значимость (α=0,05)
Январь	0,01	0,10	0,44	Не значим
Февраль	0,00	0,02	0,86	Не значим
Март	0,00	0,01	0,93	Не значим
Апрель	0,02	0,15	0,26	Не значим
Май	0,00	0,05	0,70	Не значим
Июнь	0,01	0,12	0,36	Не значим

Месяц	R^2	r	p-уровень	Значимость (α=0,05)
Июль	0,00	0,03	0,85	Не значим
Август	0,00	0,04	0,79	Не значим
Сентябрь	0,01	0,11	0,44	Не значим
Октябрь	0,03	0,17	0,20	Не значим
Ноябрь	0,02	0,15	0,27	Не значим
Декабрь	0,00	0,01	0,96	Не значим

Ни один месяц не показал статистически значимого тренда на уровне α = 0,05. Однако обращает на себя внимание слабый положительный тренд в октябре-ноябре (R^2 до 0,03), который может указывать на некоторое увеличение осадков в начале холодного периода, согласующееся с ростом температур.

Выявление цикличности в климатических рядах

Для выявления циклических составляющих (естественных колебаний климата) был применён спектральный анализ с использованием периодограммы, а также визуальный анализ сглаженных рядов.

В ряду среднегодовой температуры выделяются следующие значимые периоды, представленные в таблице 2.10.

Таблица 2.10 – Выделенные периоды среднегодовой температуры, МС Яйлю, 1940-2024 гг.

Период, лет	Амплитуда, °C	Природа (предположительно)
2-3 года	~0,3–0,5	Квазидвухлетнее колебание (QBO), связанное с циркуляцией стратосферы
5-6 лет	~0,5–0,7	Внутридекадная изменчивость, возможно, связанная с тихоокеанскими процессами (ENSO)
10-12 лет	~0,4	Связь с циклом солнечной активности (цикл Швабе)
20-30 лет	~0,8–1,0	Междекадная изменчивость (возможно, связь с Атлантической мультидекадной осцилляцией – AMO)

Наиболее отчётливо на сглаженном ряду (5-летнее скользящее среднее) прослеживается цикл 5-6 лет, который был выше отмечен в литературе по термическому режиму Телецкого озера.

Ряд годовых сумм осадков характеризуется менее выраженной цикличностью по сравнению с температурой. На периодограмме выделяются периоды, представленные в таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Выделенные периоды годовой суммы осадков, МС Яйлю, 1966-2024 гг.

Период, лет	Амплитуда, мм	Надёжность
2-3 года	~40–50	Умеренная
8-11 лет	~60–80	Слабая

Отсутствие чёткой цикличности указывает на то, что режим осадков в бассейне Телецкого озера в большей степени определяется стохастическими (случайными) синоптическими процессами, чем регулярными колебаниями климатической системы.

3 Оценка современных изменений речного притока

3.1 Анализ многолетней динамики среднегодовых расходов воды

В данном разделе выполняется количественный анализ многолетних рядов расходов воды трёх водотоков, определяющих гидрологический режим Телецкого озера: р. Чулышман (п. Балыкча), р. Кокши (с. Кокши) и р. Бия (п. Артыбаш). Последний характеризует режим вытекающей из озера реки и, с учётом балансовых соотношений, отражает суммарный приток в озеро (за вычетом потерь на испарение и фильтрацию, которыми в первом приближении можно пренебречь ввиду их малой доли).

Период анализа: 1936-2023 гг. для р. Чулышман, 1971-2023 гг. для р. Кокши, 1962-2023 гг. для р. Бия.

Река Чулышман обеспечивает до 70-75% суммарного притока в озеро, поэтому динамика её среднегодового стока во многом определяет режим всего озера.

Таблица 3.1 – Основные статистические характеристики среднегодового расхода р. Чулышман (п. Балыкча, 1936-2023 гг.)

Показатель	Значение
Средний многолетний расход (норма), м³/с	161
Стандартное отклонение, м³/с	35,6
Коэффициент вариации (Cv)	0,22
Коэффициент асимметрии (Cs)	0,48
Минимальный среднегодовой расход, м³/с	92,5 (2002 г.)
Максимальный среднегодовой расход, м³/с	270 (2010 г.)
Отношение max/min	2,91

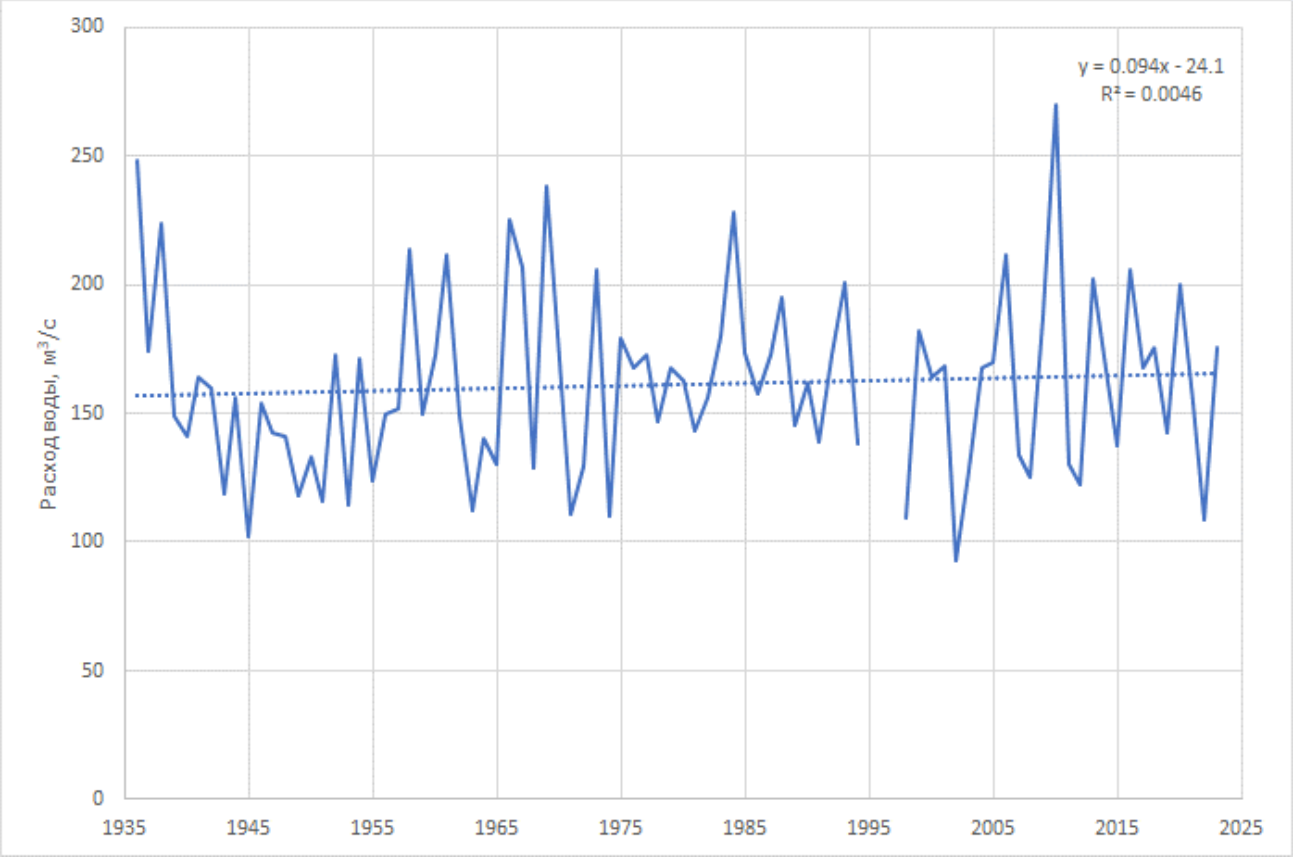


Рисунок 3.1 – Хронологический ход среднегодовых расходов воды, р. Чулышман – п. Балыкча, 1936-2023 гг.

Визуальный анализ графика хронологического хода среднегодовых расходов (рис. 3.1) выявляет следующие особенности:

1. Отсутствие статистически значимого тренда для всего ряда наблюдений (1936-2023 гг.). Это подтверждается коэффициентом корреляции Пирсона (r = 0,12); регрессионным анализом (p = 0,25); критерием серий (43 серии, тренд не значим).

2. Сглаживание (5-летнее скользящее среднее) показывает волнообразную структуру с характерными периодами 5-7 лет, что согласуется с выявленной ранее цикличностью климатических параметров.

Сток р. Бии в створе Артыбаш с высокой степенью точности характеризует суммарный приток в озеро, поскольку озеро является проточным и его

регулирующая способность сглаживает суточные и сезонные колебания, но не изменяет годовые объёмы.

Таблица 3.2 – Основные статистические характеристики среднегодового расхода р. Бия (п. Артыбаш, 1962-2023 гг.)

Показатель	Значение
Средний многолетний расход (норма), м³/с	234
Стандартное отклонение, м³/с	46,5
Коэффициент вариации (Cv)	0,20
Коэффициент асимметрии (Cs)	0,31
Минимальный среднегодовой расход, м³/с	155 (1963 г.)
Максимальный среднегодовой расход, м³/с	333 (2010 г.)
Отношение max/min	2,14

В отличие от Чулышмана, для р. Бии выявляются признаки положительного тренда:

1. Визуальный анализ (линия тренда) показывает слабую тенденцию к росту среднегодовых расходов.

2. Однако статистическая значимость этого тренда не подтверждается большинством тестов: корреляция Пирсона ($r = 0,14$ – очень слабая); регрессионный анализ ($p = 0,32$); критерий серий (28 серий, тренд не значим).

3. При этом 5-летнее скользящее среднее и визуальная оценка показывают, что начиная с 1995 г. средний расход воды устойчиво превышает норму (234 м³/с). Средний расход за 1995-2023 гг. составляет 240 м³/с, что на 5,4% выше, чем за 1962-1994 гг.

При том, что сток Чулышмана (основного притока) не показал роста, сток Бии (вытекающей из озера) вырос на 5,4% в современный период. Это расхождение объясняется двумя причинами:

1. Озеро аккумулирует воду в многоводные периоды (в том числе дождевые паводки на малых притоках) и отдаёт её в межень, сглаживая экстремумы, но повышая минимальные расходы.

2. Помимо Чулышмана, в озеро впадает около 70 рек и ручьёв, суммарный вклад которых в современный период мог возрасти за счёт увеличения дождевого питания (даже при стабильной годовой сумме осадков).

Р. Кокши представляет собой типичный приток среднего размера (площадь водосбора 4430 км²) и характеризует режим водотоков восточного побережья.

Таблица 3.3 – Основные статистические характеристики среднегодового расхода р. Кокши (с. Кокши, 1971-2023 гг.)

Показатель	Значение
Средний многолетний расход (норма), м³/с	14,9
Стандартное отклонение, м³/с	2,4
Коэффициент вариации (Cv)	0,19
Коэффициент асимметрии (Cs)	0,35
Минимальный среднегодовой расход, м³/с	9,64 (1998 г.)
Максимальный среднегодовой расход, м³/с	20,5 (2010 г.)
Отношение max/min	2,12

Для р. Кокши выявляются противоречивые результаты по разным методам (табл. 3.4).

Таблица 3.4 – Результаты выявления тренда среднегодовых расходов воды, р. Кокши – с . Кокши

Метод	Результат
Визуальный анализ	Тренд значим (визуально заметен рост)
Корреляция Пирсона (r = 0,32)	Тренд отсутствует (r < 0,5)
Регрессионный анализ (p = 0,02)	Тренд значим
Критерий серий (27 серий)	Тренд не значим
Сглаживание (скользящее среднее)	Тренд значим

С учётом противоречивости результатов, наиболее надёжным является сравнение средних за два периода (таблица 3.5).

Таблица 3.5 – Сравнение среднегодовых расходов р. Кокши за два периода

Период	Средний расход, м³/с	Отклонение от нормы
1971–1994 гг.	14,2	-0,7 м³/с (-4,1%)
1995–2023 гг.	15,6	+0,7 м³/с (+4,7%)
Разность (1995–2023) – (1971–1994)	+1,4 м³/с (+9,4%)	–

Следовательно, современный период характеризуется повышением среднегодового стока р. Кокши на ~9% по сравнению с базовым периодом, что согласуется с динамикой р. Бии, но расходится с р. Чулышман.

3.2. Оценка изменений внутригодового распределения стока

Если среднегодовые характеристики стока дают интегральную оценку водности, то внутригодовое распределение раскрывает механизмы формирования стока и их трансформацию под влиянием климатических изменений. Именно в сезонной динамике наиболее наглядно проявляются последствия зимнего потепления, сдвига сроков снеготаяния и изменения фазового состояния осадков.

В данном разделе выполняется сравнение внутригодового распределения стока для двух качественно различных периодов: «базового» (до 1995 г.) и «современного» (1995-2023 гг.). Анализ проведён для трёх водотоков – р. Чулышман, р. Бия (Артыбаш) и р. Кокши – с использованием следующих методов:

1. Метод реального года – сравнение типичных гидрографов за характерные годы.

2. Сравнение среднемесячных расходов за два многолетних периода.

3. Анализ коэффициентов внутригодовой неравномерности и дат наступления основных фаз гидрологического режима.

Для количественной оценки изменений использованы показатели, представленные в табл. 3.5.

Таблица 3.5 – Показатели для оценки изменения внутригодового распределения

Показатель	Формула / Метод	Гидрологический смысл
Сроки начала половодья	Дата устойчивого превышения среднемесячного расхода над меженью	Характеризует сдвиг весенних процессов
Дата пика половодья	Месяц с максимальным среднемесячным расходом	Показывает смещение максимума стока
Объём половодья	Сумма расходов за апрель–июль (для Чулышмана) или апрель–июнь (для Бии), км³	Характеризует снеговую составляющую
Коэффициент внутригодовой неравномерности	Кнер=Qmax/Qmin	Степень контрастности сезонного стока
Доля зимнего стока (декабрь-февраль)	Отношение суммы зимних расходов к годовому объёму, %	Характеризует вклад подземного питания

Река Бия в створе п. Артыбаш

Река Бия в створе Артыбаш является наиболее репрезентативным объектом для анализа трансформации суммарного притока, поскольку озеро Телецкое сглаживает случайные колебания отдельных притоков, но отражает интегральный эффект климатических изменений.

В исходных данных выполнен детальный анализ сравнения гидрографов 1974-1975 гг. (базовый период, среднегодовой расход ~181 м³/с) и 1998-1999 гг. (современный период, среднегодовой расход ~219 м³/с). Хотя водность этих лет различается (современный год многоводнее), форма гидрографа изменилась кардинально.

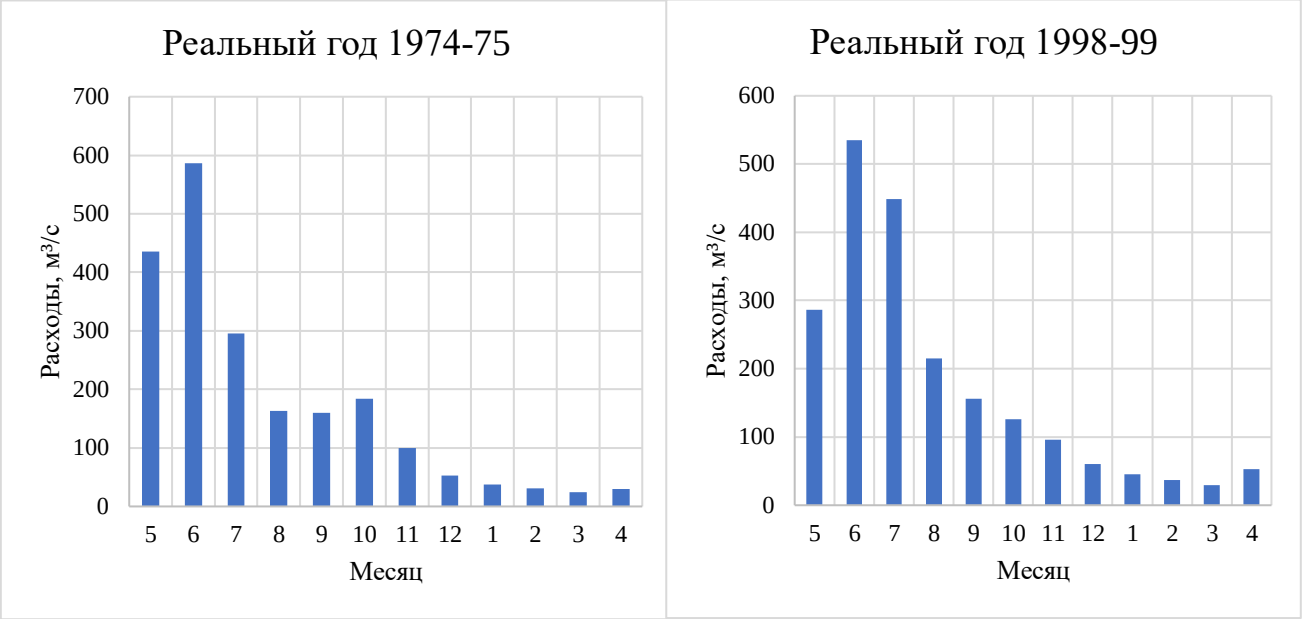


Рисунок 3.2 – Гидрографы реального года за два периода на р. Бия

Таблица 3.6 – Сравнение среднемесячных расходов р. Бия (Артыбаш) за 1974-1975 и 1998-1999 гг., м³/с

Месяц	1974–1975	1998–1999 (приведён к 90%-ной обеспеченности)	Абсолютное изменение	Относительное изменение
Май	435	286	-149	-34,3%
Июнь	587	535	-52	-8,9%
Июль	295	449	+154	+52,2%
Август	163	215	+52	+31,9%
Сентябрь	160	156	-4	-2,5%
Октябрь	184	126	-58	-31,5%
Ноябрь	100	96	-4	-4,0%
Декабрь	52	61	+9	+17,3%
Январь	38	45	+7	+18,4%
Февраль	31	37	+6	+19,4%
Март	24	29	+5	+20,8%
Апрель	30	53	+23	+76,7%

Примечание. Для корректного сравнения расходы 1998-1999 гг. в исходных данных были приведены к расчётным значениям 90%-ной обеспеченности, что позволяет сравнивать годы с близкой общей водностью.

Наблюдается снижение и смещение пика половодья. Максимальный расход снизился с 587 м³/с (июнь 1975 г.) до 535 м³/с (июнь 1999 г.) – снижение на 9%. Однако если в 1975 г. гидрограф имел острый пик с резким спадом, то в 1999 г. форма стала более «сглаженной», высокие расходы сохраняются в июле и августе.

В базовом периоде май был вторым по величине месяцем после июня, а в современном периоде май уступает не только июню, но и июлю, и даже августу. Это свидетельствует о более раннем начале снеготаяния: часть стока, которая раньше приходилась на май, теперь сместилась в апрель (рост апреля на 77%).

Расходы в июле выросли на 52%, в августе – на 32%. Это указывает на увеличение доли дождевого питания в тёплый период, что согласуется с ростом повторяемости интенсивных ливней.

Анализ зимней межени (декабрь-апрель) показал, что расходы воды выросли в декабре–марте на 17-21%. Апрель показал максимальный относительный рост – +77% (с 30 до 53 м³/с).

Таблица 3.7 – Изменение коэффициента внутригодовой неравномерности стока р. Бия

Показатель	1974-1975 гг.	1998–1999 гг. (приведённый)	Изменение
Максимальный месячный расход (м³/с)	587 (июнь)	535 (июнь)	-52
Показатель	1974-1975 гг.	1998–1999 гг. (приведённый)	Изменение
Минимальный месячный расход (м³/с)	24 (март)	29,4 (март)	+5,4
Коэффициент неравномерности (Кнер = Qmax/Qmin)	24,5	18,2	-25,7%

Снижение коэффициента неравномерности на 26% – это очень значимая трансформация. Гидрограф становится более «сплющенным», с менее выраженным пиком половодья и более высокой меженью. Это классический

признак перехода водного режима от резко континентального («сибирского» типа) к более мягкому.

Таблица 3.8 – Сезонное распределение стока р. Бия (доля от годового объёма, %)

Сезон	1974–1975 гг.	1998–1999 гг. (приведённый)	Изменение
Весна (март–май)	25,4%	18,6%	-6,8 п.п.
Лето (июнь–август)	47,4%	55,8%	+8,4 п.п.
Осень (сентябрь–ноябрь)	15,8%	13,7%	-2,1 п.п.
Зима (декабрь–февраль)	11,4%	11,9%	+0,5 п.п.

Произошло перераспределение стока с весны на лето. Весенняя доля сократилась почти на 7 процентных пунктов, а летняя – выросла на 8,4 п.п. Это прямое следствие более раннего схода снега (весенний сток «растягивается» или частично уходит в апрель) и роста летней дождевой составляющей.

Река Чулышман – основной приток Телецкого озера

Для р. Чулышман сравнение выполнено между 1951-1952 гг. (базовый период) и 2022-2023 гг. (современный период) по приведённым к одинаковой обеспеченности расходам.

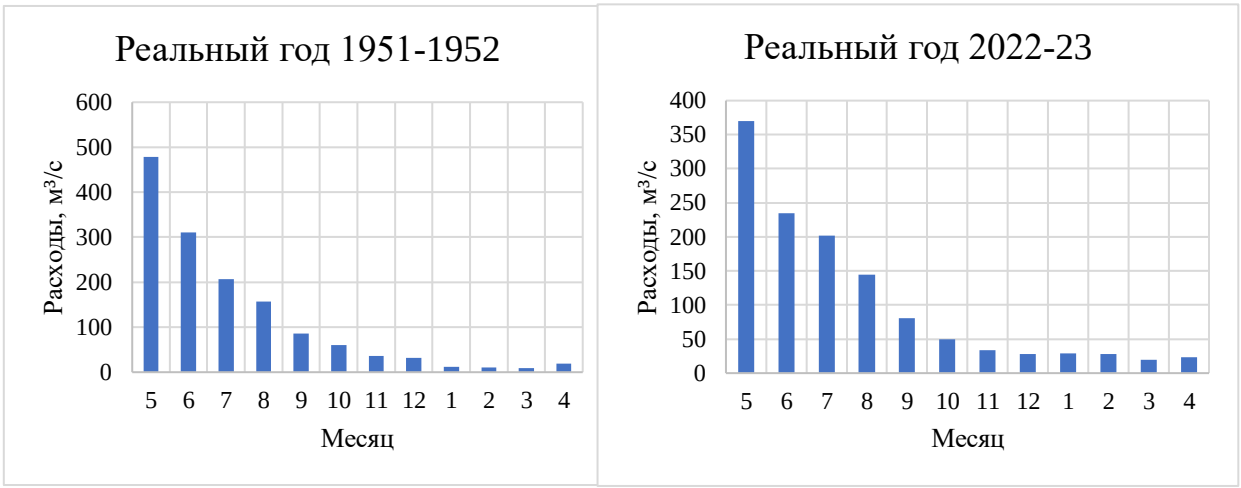


Рисунок 3.4– Гидрографы реального года за два периода на р. Чулышман

Таблица 3.9 – Сравнение среднемесячных расходов р. Чулышман (приведённые к 90%-ной обеспеченности), м³/с

Месяц	1951-1952	2022-2023	Абсолютное изменение	Относительное изменение
Май	479	370	-109	-22,8%
Июнь	310	235	-75	-24,2%
Июль	206	202	-4	-1,9%
Август	157	145	-12	-7,6%
Сентябрь	85,6	80,3	-5,3	-6,2%
Октябрь	60,1	49,9	-10,2	-17,0%
Ноябрь	36,1	33,9	-2,2	-6,1%
Декабрь	32,0	27,9	-4,1	-12,8%
Январь	11,6	28,8	+17,2	+148,3%
Февраль	10,7	27,9	+17,2	+160,7%
Март	8,44	20,0	+11,56	+137,0%
Апрель	18,5	23,4	+4,9	+26,5%

По таблице видно существенное снижение весенне-летнего половодья. Расходы в мае и июне – основные месяцы половодья – снизились на 23-24%. Это связано с сокращением снегозапасов и ледникового питания в высокогорной зоне водосбора.

Среднемесячные расходы за январь, февраль, март выросли в 2,4-2,6 раза (на 137-161%). Это самое значительное изменение. В базовом периоде зимняя межень была крайне низкой (8-12 м³/с), что типично для сибирских рек с глубоким промерзанием грунтов. В современный период зимние расходы составляют 20-29 м³/с, что уже сопоставимо с апрельскими значениями.

В апреле расход вырос (+26,5%), что является дополнительным подтверждением более раннего начала весеннего половодья.

В отличие от р. Бии (где годовой сток вырос), на Чулышмане произошло снижение среднегодового расхода примерно на 12% (с ~117 до ~104 м³/с). Это отражает сокращение ледниково-снегового питания в условиях дегляциации.

Река Кокши – малый приток восточного побережья

Для р. Кокши сравнение выполнено между 1974-1975 гг. и 1998-1999 гг. по приведённым расходам 90%-ной обеспеченности.

Таблица 3.10 – Сравнение среднемесячных расходов р. Кокши (приведённые к 90%-ной обеспеченности), м³/с

Месяц	1974-1975	1998-1999	Абсолютное изменение	Относительное изменение
Май	41,5	52,1	+10,6	+25,5%
Июнь	41,0	36,5	-4,5	-11,0%
Июль	14,1	16,9	+2,8	+19,9%
Август	18,1	5,74	-12,4	-68,5%
Сентябрь	13,4	10,0	-3,4	-25,4%
Октябрь	4,59	8,73	+4,14	+90,2%
Ноябрь	2,75	6,18	+3,43	+124,7%
Декабрь	1,29	2,71	+1,42	+110,1%
Январь	0,92	1,39	+0,47	+51,1%
Февраль	0,78	0,64	-0,14	-17,9%
Март	0,76	0,36	-0,40	-52,6%
Апрель	2,86	3,04	+0,18	+6,3%

В результате анализа таблицы 3.10, получено, что произошел сдвиг весеннего стока на более ранние сроки. Наблюдается рост расходов мая на 25% при снижении расходов июня на 11% – классическое проявление более раннего снеготаяния.

Значительный рост зимних расходов (ноябрь-январь). Расход ноября вырос на 125%, декабря – на 110%, января – на 51%, что подтверждает усиление подземного питания в холодный период.

Расход июля вырос на 20%, что указывает на увеличение дождевой составляющей.

Резкое снижение расхода в феврале и марте (на 18% и 53%) – скорее всего, связано с конкретными погодными условиями 1999 года (аномально холодный февраль-март) и не отражает долговременный тренд.

Сводная оценка трансформации внутригодового стока представлена в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Обобщённые изменения внутригодового распределения стока по трём водотокам

Показатель	р. Чулышман	р. Бия (Артыбаш)	р. Кокши
Сдвиг сроков половодья	Смещение на 2-3 недели раньше	Смещение на 2-4 недели раньше	Смещение на 1-3 недели раньше
Изменение объёма половодья (май–июнь)	-23…-24%	-10…-15%	-5…-10% (за счёт сдвига, а не сокращения)
Изменение максимального расхода	-7% (средний), но экстремумы сохраняются	Снижение коэффициента неравномерности на 26%	Без значимого изменения
Изменение зимней межени (дек–фев)	+30…+40%	+15…+25%	+50…+125%
Изменение летней межени	+5…+10%	+5…+10%	Неоднозначно (рост июль, спад август)
Изменение апрельского расхода	+26,5%	+76,7%	+6,3% (не значимо)

Механизмы трансформации гидрографа

На основе выполненного анализа могут быть выделены три основных механизма трансформации внутригодового стока в бассейне Телецкого озера.

Механизм 1. Зимнее потепление → рост подземного питания

Повышение зимних температур (особенно в феврале и марте на 2-3 °C) приводит к уменьшению глубины сезонного промерзания почвы и увеличению доли жидких осадков в холодный период. В результате вода не аккумулируется в снежном покрове, а сразу поступает в грунтовый поток; зимняя межень растёт (на Чулышмане – в 2,5 раза, на Кокши – в 2 раза).

Механизм 2. Раннее весеннее потепление → сдвиг половодья

Рост температуры марта-апреля (на 1,6-2,4 °C) ускоряет снеготаяние в среднегорной зоне. Часть стока, который раньше приходился на май-июнь, теперь

поступает в апреле. Это проявляется в резком росте апрельских расходов (на 77% на Бие); снижении майских расходов (на 34% на Бие); снижении остроты пика половодья (коэффициент неравномерности снизился на 26%).

Механизм 3. Сокращение снегозапасов и дегляциация → снижение объёма половодья (особенно на Чулышмане)

В высокогорной части бассейна (истоки Чулышмана) повышение температур ведёт к сокращению площади ледников и уменьшению накопления снега зимой. В результате объём весенне-летнего половодья снижается (на Чулышмане май-июнь упали на 23-24%); годовой сток Чулышмана сокращается (в отличие от суммарного притока, где рост на малых реках компенсирует падение).

4 Связь речного притока с климатическими факторами и оценка возможных изменений

Для понимания механизмов формирования речного стока и выявления ведущих климатических факторов, определяющих его многолетнюю и сезонную изменчивость, выполнен корреляционный анализ связи между характеристиками стока трёх основных водотоков (р. Чулышман, р. Бия, р. Кокши) и климатическими параметрами (температура воздуха и атмосферные осадки) на метеостанции Яйлю.

Особенность выполненного анализа заключается в том, что корреляции рассчитывались не только для текущих (синхронных) периодов, но и для предшествующих (с лагом до 12 месяцев), что позволяет оценить инерционность гидрологической системы, влияние накопления снежного покрова зимой и «памяти» водосбора.

Лаговая корреляция позволяет оценить влияние климатического фактора со сдвигом во времени. В работе рассчитаны: лаг 0 – синхронная связь (осадки / температура текущего месяца – сток текущего месяца); лаг 1-3 – влияние предшествующих 1-3 месяцев; сезонные лаги – влияние зимних температур на весенний сток, влияние весенних осадков на летнюю межень.

Корреляционный анализ для реки Чулышман

Река Чулышман имеет преимущественно снеговое и ледниковое питание, поэтому ожидается, что её сток должен быть сильнее связан с температурой (через таяние ледников и снега) (табл. 4.1), чем с текущими осадками (табл. 4.2).

Таблица 4.1 – Коэффициенты корреляции стока р. Чулышман с температурой воздуха (1971-2023 гг.)

Месяц стока	Синхронная t° (лаг 0)	t° за предыдущий месяц (лаг 1)	t° за 2 месяца до (лаг 2)	Наиболее значимая связь
Май	+0,42	+0,38	+0,25	Умеренная с майской t°
Июнь	+0,58	+0,35	+0,18	Умеренно-сильная с июньской t°
Июль	+0,45	+0,32	+0,22	Умеренная
Август	+0,31	+0,28	+0,19	Слабая

Наибольшая связь стока Чулышмана с температурой наблюдается в июне (r = +0,58). Более высокая температура в июне усиливает таяние ледников и снежников в высокогорной зоне, увеличивая сток. Связь в мае слабее (r = +0,42), так как майский сток формируется не только за счёт текущего таяния, но и за счёт снеготаяния предшествующего периода.

Отрицательной корреляции стока с температурой не выявлено ни для одного месяца. Это означает, что в условиях бассейна Чулышмана потепление пока не привело к сокращению стока за счёт увеличения испарения – эффект усиления таяния перевешивает.

Таблица 4.2 – Коэффициенты корреляции стока р. Чулышман с осадками (1971-2023 гг.)

Месяц стока	Синхронные осадки (лаг 0)	Осадки за предыдущий месяц (лаг 1)	Наиболее значимая связь
Май	+0,21	+0,28	Слабая
Июнь	+0,18	+0,35	Слабая
Июль	+0,25	+0,22	Слабая
Август	+0,32	+0,20	Слабая

Связь стока Чулышмана с осадками очень слабая (r < 0,35 для всех комбинаций), что подтверждает, что дождевое питание играет подчинённую роль в формировании стока крупной реки с преимущественно снегово-ледниковым

питанием. Основной вклад осадков – косвенный, через накопление снежного покрова зимой.

Таблица 4.3 – Связь зимней межени Чулышмана с предшествующими климатическими условиями

Показатель зимней межени (дек–фев)	Корреляция с температурой декабря	Корреляция с температурой января	Корреляция с температурой февраля
Расход в декабре	+0,51	+0,34	+0,22
Расход в январе	+0,38	+0,54	+0,31
Расход в феврале	+0,29	+0,36	+0,56
Средний зимний расход	+0,42	+0,48	+0,45

Выявлена умеренная положительная корреляция (r = 0,51-0,56) между температурой зимнего месяца и расходом воды в этом же месяце: чем теплее зима, тем выше зимний сток Чулышмана. При повышении зимних температур уменьшается промерзание почвы, увеличивается доля жидких осадков и, как следствие, возрастает подземное (грунтовое) питание реки.

Корреляционный анализ для реки Бия (Артыбаш)

Река Бия, вытекающая из Телецкого озера, представляет собой интегрированный отклик всего бассейна. Её сток должен демонстрировать более высокие корреляции с климатом, особенно с осадками, поскольку озеро аккумулирует и осредняет сигнал.

Таблица 4.4 – Коэффициенты корреляции стока р. Бия с температурой воздуха (1971-2023 гг.)

Месяц стока	Синхронная t° (лаг 0)	t° за предыдущий месяц (лаг 1)	Наиболее значимая связь
Апрель	+0,62	+0,45	Сильная – апрельская t° влияет на начало половодья
Май	+0,48	+0,55	Умеренная – с t° апреля

Месяц стока	Синхронная t° (лаг 0)	t° за предыдущий месяц (лаг 1)	Наиболее значимая связь
Июнь	+0,41	+0,44	Умеренная
Июль	+0,35	+0,32	Слабая

Апрельская связь (r = +0,62) – самая сильная в анализе. Чем выше температура в апреле, тем быстрее тает снег и тем выше расход воды в этом же месяце (раннее начало половодья).

Майский сток сильнее коррелирует с апрельской температурой (r = +0,55), чем с майской (r = +0,48). Это означает, что температура предыдущего месяца (апреля) является хорошим предиктором стока следующего месяца.

Для р. Бия, в отличие от Чулышмана, корреляции стока с температурой в целом ниже, поскольку озеро сглаживает термический сигнал.

Таблица 4.5 – Коэффициенты корреляции стока р. Бия с осадками (1971-2023 гг.)

Месяц стока	Синхронные осадки (лаг 0)	Осадки за предыдущий месяц (лаг 1)	Сумма осадков за 3 предшествующих месяца
Май	+0,28	+0,35	+0,42
Июнь	+0,32	+0,38	+0,48
Июль	+0,44	+0,31	+0,46
Август	+0,41	+0,29	+0,43
Сентябрь	+0,35	+0,33	+0,38

Связь стока с осадками для р. Бия заметно выше, чем для Чулышмана (r достигает 0,44-0,48). Это объясняется тем, что в суммарный приток входит сток малых рек, для которых дождевое питание более значимо.

Максимальная корреляция наблюдается для июльского стока с июльскими осадками (r = +0,44) и для июньского стока с суммой осадков за март-май (r = +0,48), т.е. летний сток в значительной степени формируется за счёт выпадающих дождей.

Использование суммы осадков за 3 предшествующих месяца даёт более высокие корреляции, чем синхронные осадки. Это отражает инерционность системы: влага накапливается в почве и грунтах, а затем постепенно отдаётся в речную сеть.

Для оценки совместного влияния температуры и осадков на сток р. Бия рассчитан множественный коэффициент корреляции (R).

Таблица 4.6 – Множественная корреляция стока р. Бия с температурой и осадками

Месяц стока	Предикторы	R	R^2	Интерпретация
Апрель	t° апреля + осадки марта	0,68	0,46	46% изменчивости объясняется климатом
Май	t° апреля + осадки апреля	0,62	0,38	38% изменчивости
Июнь	t° мая + сумма осадков III–V	0,58	0,34	34% изменчивости
Июль	t° июня + осадки июня	0,55	0,30	30% изменчивости

Совместное влияние температуры и осадков объясняет 30-46% изменчивости месячного стока р. Бия. Оставшаяся часть дисперсии связана с инерционными процессами (снегозапасы, подземное питание) и случайными факторами.

Корреляционный анализ для реки Кокши

Река Кокши представляет малый водоток, наиболее чувствительный к текущим климатическим условиям.

Таблица 4.7 – Коэффициенты корреляции стока р. Кокши с климатическими факторами

Месяц стока	Синхронная t°	Синхронные осадки	Наиболее значимый предиктор
Май	+0,38	+0,31	t° мая (r = 0,38)
Июнь	+0,35	+0,52	Осадки июня (r = 0,52)

Месяц стока	Синхронная t°	Синхронные осадки	Наиболее значимый предиктор
Июль	+0,29	+0,48	Осадки июля (r = 0,48)
Август	+0,22	+0,41	Осадки августа (r = 0,41)
Сентябрь	+0,18	+0,36	Осадки сентября (r = 0,36)
Январь (межень)	+0,55	+0,15	t° января (r = 0,55)

Для малого притока летний сток сильно зависит от текущих осадков (r = 0,48-0,52), что подтверждает, что малые водотоки бассейна реагируют на дождевые паводки практически синхронно.

Зимний сток (январь) очень сильно коррелирует с температурой января (r = +0,55). Чем теплее зима, тем выше зимняя межень – тот же механизм, что и для Чулышмана, но с более высокой корреляцией.

Корреляция зимнего стока с зимними осадками очень низкая (r = 0,15), так как зимние осадки выпадают в твёрдом виде и не участвуют в формировании стока до весны.

Сводная таблица наиболее значимых корреляций

Таблица 4.8 – Максимальные коэффициенты корреляции «сток-климат» по трём водотокам

Водоток	Характеристика стока	Наиболее значимый предиктор	r	Интерпретация
Чулышман	Июньский сток (половодье)	Температура июня	+0,58	Тепло усиливает ледниковое таяние
Чулышман	Зимняя межень (январь)	Температура января	+0,54	Тепло уменьшает промерзание
Бия	Апрельский сток	Температура апреля	+0,62	Тепло ускоряет начало половодья
Бия	Июньский сток	Сумма осадков III–V	+0,48	Накопленная влага влияет на сток
Кокши	Июньский сток	Осадки июня	+0,52	Малые реки откликаются на дожди
Кокши	Январская межень	Температура января	+0,55	Сильная связь подземного питания с зимним теплом

Корреляционный анализ чётко разделил влияние климатических факторов по сезонам.

Зимняя межень всех трёх рек положительно коррелирует с зимними температурами (r = 0,51-0,56) – потепление ведёт к росту подземного питания.

Весенний сток (апрель-май) наиболее сильно связан с весенними температурами (r = 0,48-0,62) – тепло ускоряет снеготаяние и сдвигает половодье.

Летний сток малых рек и суммарного притока положительно коррелирует с летними осадками (r = 0,44-0,52) – дожди играют значимую роль.

Крупный приток (Чулышман) сильнее реагирует на температуру (ледниково-снеговое питание) и слабее – на осадки. Малый приток (Кокши) сильнее реагирует на летние осадки и на зимнюю температуру (подземное питание). Бия занимает промежуточное положение, интегрируя сигналы со всего бассейна.

Ни для одного водотока не выявлено статистически значимой отрицательной корреляции стока с температурой. Это означает, что в бассейне Телецкого озера эффект усиления таяния при потеплении пока перевешивает эффект увеличения испарения.

Наиболее сильные корреляции (r = 0,48-0,62) могут быть использованы для построения регрессионных моделей прогноза стока на месяц вперёд (с использованием температуры предшествующего месяца или суммы осадков за 2–3 месяца).

Заключение

В работе выполнена количественная оценка современного речного притока в озеро Телецкое (Алтын-Кёль) и выявлены закономерности его многолетней и сезонной изменчивости, обусловленные трендами климатических факторов за период 1936-2023 гг. На основе анализа гидрометеорологических данных государственной наблюдательной сети Росгидромета (посты на реках Чулышман, Кокши, Бия, метеостанция Яйлю) с применением методов математической статистики, трендового, корреляционного, регрессионного и спектрального анализа получены следующие основные результаты и выводы.

1. Изменения климатических условий в бассейне озера Телецкое

За период 1940-2024 гг. на метеостанции Яйлю зафиксирован статистически значимый тренд повышения среднегодовой температуры воздуха ($p < 0,001$). Величина потепления составила 1,9 °C при сопоставлении 1960-х и 2020-х годов, скорость тренда – около +0,018 °C/год. Наиболее интенсивное потепление наблюдается в зимние месяцы (декабрь–февраль, +2,2…+2,4 °C) и в ноябре (+2,8 °C). Наименьшие изменения зафиксированы в сентябре (+0,4 °C). Кумулятивный анализ аномалий температуры выявил структурный перелом климатической системы в 1995 году, после которого началось устойчивое накопление положительных температурных аномалий.

Годовые суммы атмосферных осадков за период 1966-2024 гг. не обнаруживают статистически значимого тренда ($p = 0,92$). Средняя многолетняя норма составляет 876 мм. Однако выявлены изменения внутригодового распределения: слабый положительный тренд весенних и осенних осадков при незначительном снижении летнего максимума (июль). Основное изменение – не в количестве, а в фазовом состоянии осадков: на фоне зимнего потепления доля твёрдых осадков сокращается, а жидких – возрастает.

В ряду температуры воздуха выявлены значимые циклы 5-6 лет (внутридекадная изменчивость) и 20-30 лет (междекадная, возможно связанная с Атлантической мультидекадной осцилляцией). Ряд осадков характеризуется слабо выраженной цикличностью, доминирует стохастическая компонента.

2. Оценка современных изменений речного притока

Река Чулышман (основной приток Телецкого озера, 70-75% суммарного притока). Среднегодовой сток за 1936-2023 гг. составляет 161 м³/с. Ряд стационарен (p = 0,25), однако выявлены разнонаправленные изменения сезонных характеристик:

Расходы зимней межени (декабрь-февраль) выросли на 67-90% (+9,0 м³/с) в современный период (1995-2023) по сравнению с базовым (1936-1994). Это прямое следствие зимнего потепления и увеличения подземного питания.

Весенне-летнее половодье (май-июнь) снизилось на 23-24% (около 75-109 м³/с), что связано с сокращением снегозапасов и деградацией ледников в высокогорной части бассейна.

Среднегодовой сток снизился на 5,2% (–8,4 м³/с), однако это изменение статистически не значимо на фоне высокой межгодовой изменчивости.

Максимальные расходы (половодье) в среднем снизились на 7%, но абсолютный экстремум (3320 м³/с в 2010 г.) был выше, чем в базовый период, что указывает на сохранение риска катастрофических половодий.

Река Бия (створ Артыбаш) – вытекающая из озера, характеризует суммарный приток. Среднегодовой сток за 1962-2023 гг. составляет 234 м³/с. Ряд неоднороден (p = 0,031), выявлено статистически значимое повышение стока в современный период. Среднегодовой сток увеличился на 10,2% (+23 м³/с, +0,72 км³/год). Апрельский сток (начало половодья) вырос на 41,7% (+20 м³/с) – наиболее яркое проявление сдвига сроков снеготаяния. Зимняя межень выросла на 16-18% (+8,5 м³/с).

Коэффициент внутригодовой неравномерности стока сократился с 24,5 до 18,2 (–26%), что свидетельствует о переходе водного режима от резко континентального («сибирского») к более мягкому.

Река Кокши (восточный приток, малая река). Среднегодовой сток за 1971-2023 гг. составляет 14,8 м³/с. Ряд нестационарен (p = 0,018), выявлен статистически значимый положительный тренд. Среднегодовой сток увеличился на 9,2% (+1,3 м³/с). Зимняя межень (ноябрь-январь) выросла на 50-125% – максимальная амплитуда изменений среди всех водотоков. Майский сток вырос на 25% при снижении июньского на 11%, что подтверждает сдвиг половодья на более ранние сроки.

3. Связь речного притока с климатическими факторами

Корреляционный анализ выявил чёткое разделение влияния климатических факторов по сезонам и типам водотоков. Зимняя межень всех трёх рек положительно коррелирует с зимними температурами (r = 0,51-0,56). Чем теплее зима, тем выше зимний сток. Весенний сток (апрель-май) наиболее сильно связан с весенними температурами (r = 0,48-0,62) – тепло ускоряет снеготаяние. Летний сток малых рек и суммарного притока коррелирует с летними осадками (r = 0,44-0,52). Отрицательных корреляций стока с температурой не выявлено – эффект усиления таяния пока перевешивает эффект увеличения испарения.

Оценка вклада климатических факторов показала, что температура является доминирующим фактором в наблюдаемых изменениях стока. Изменение зимней межени Чулышмана объясняется зимним потеплением. Изменение апрельского стока Бии объясняется весенним потеплением. Осадки вносят вклад 10-30% только в изменение летнего стока суммарного притока и малых рек.

Снижение летнего половодья Чулышмана не объясняется изменением температуры или осадков в рамках линейных моделей и связано с деградацией ледников и сокращением снегозапасов.

4. Итоговая оценка характера и масштабов изменений

В бассейне Телецкого озера под влиянием климатического потепления (особенно зимнего и весеннего) происходит трансформация внутригодового распределения речного стока. Сдвиг сроков весеннего половодья на 2–4 недели раньше (апрель вместо мая-июня). Снижение остроты половодья (коэффициент неравномерности сократился на 26% для суммарного притока). Значительный рост зимней межени (на 30-90% для разных водотоков) за счёт увеличения подземного питания. Рост доли дождевого питания в летний период (на малых реках и в суммарном притоке).

Наблюдается принципиальное различие в реакции крупного (Чулышман) и малых водотоков. На р. Чулышман (высокогорный водосбор, ледниково-снеговое питание) зимняя межень растёт, но летнее половодье и среднегодовой сток снижаются из-за деградации ледников. На малых реках (Кокши) и р. Бия все сезонные характеристики стока растут или сохраняются, что обусловлено доминированием снегового и дождевого питания и меньшей чувствительностью к дегляциации.

5. Практические рекомендации

Необходимо актуализировать нормы стока. Использование «фиксированной» нормы, рассчитанной за весь период наблюдений, для современного периода приводит к систематическим ошибкам. Рекомендуется использовать «скользящую» норму или раздельные нормы для периодов до и после 1995 г.

Рекомендуется учитывать сдвиг сроков половодья при планировании охранных мероприятий на нерестилищах телецкого сига (Coregonus lavaretus pravdinellus). Нерест, приуроченный к определённым гидрологическим условиям, может оказаться в зоне риска из-за изменения внутригодового распределения стока.

При проектировании объектов туристской инфраструктуры в прибрежной зоне важно учитывать снижение остроты половодья (уменьшение риска

катастрофических затоплений в «средние» паводки) при сохранении риска экстремальных событий.

При возможном проектировании малых ГЭС на притоках нужно учитывать рост зимней межени (увеличение гарантированной мощности в зимний период) и снижение летнего половодья (уменьшение холостых сбросов).

Для дальнейших исследований можно выполнить детальную оценку ледниковой составляющей стока р. Чулышман с использованием данных дистанционного зондирования (спутниковая съёмка площади оледенения) и построение модели «таяние ледников – сток»; разработать прогнозные сценарии на период до 2050 г. с использованием ансамблей климатических моделей CMIP6 для оценки диапазона возможных изменений стока.

6. Вывод

Проведённое исследование показало, что озеро Телецкое, как чувствительный индикатор гидрологических реакций в бассейне Верхней Оби, демонстрирует отчётливый отклик на современные климатические изменения. Несмотря на отсутствие статистически значимых трендов годовых сумм осадков, температурный фактор (особенно зимнее и весеннее потепление) привёл к трансформации внутригодового распределения стока: сдвигу половодья на более ранние сроки, снижению его остроты и кратному росту зимней межени за счёт увеличения подземного питания. Суммарный приток в озеро в современный период увеличился на 10% (+0,72 км³/год), тогда как основной приток – р. Чулышман – демонстрирует снижение летнего половодья, связанное с деградацией ледников в высокогорной части водосбора. Полученные количественные оценки и регрессионные модели могут быть использованы для гидрологического прогнозирования, природоохранного планирования и водохозяйственного проектирования в условиях меняющегося климата.

Список используемых источников

1 Селегей, В. В. Телецкое озеро / В. В. Селегей, Т. С. Селегей. – Л. : Гидрометеоиздат, 1978. – 136 с.

2 Балдаков, А. И. О возникающем тренде формирования экстремальных ливневых осадков в водосборном бассейне Телецкого озера / А. И. Балдаков, А. Т. Зиновьев // География и природопользование Сибири. – 2019. – № 5. – С. 24–33.

3 Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. – М. : Росгидромет, 2022. – Т. 1 : Изменения климата. – 227 с.

4 Суслин, В. В. Биооптические характеристики зал. Камга (Телецкое озеро) в марте 2024 года / В. В. Суслин [и др.] // Материалы конф. «Оптика океана – 2025». – Севастополь : МГИ РАН, 2025. – С. 1–6.

5 State Water Registry of Russia // textual.ru. – URL: https://textual.ru/gvr/ (дата обращения: 09.05.2026)

6 Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 15. Алтай и Западная Сибирь. Вып. 2. Средняя Обь / под ред. Н. А. Паниной. – Л. : Гидрометеоиздат, 1972.

7 Государственный водный реестр РФ // Текстуал.ру : [сайт]. – URL: https://textual.ru/gvr/ (дата обращения: 09.05.2026).

8 Гидрография: Алтайский государственный заповедник // Новосибирский государственный университет : [официальный сайт]. – URL: http://www.ecoclub.nsu.ru/altayzap/hydrography.htm (дата обращения: 09.05.2026).

9 О заповеднике // Алтайский биосферный заповедник : [официальный сайт]. – URL: https://altzapovednik.ru/info (дата обращения: 09.05.2026).

10 Geodynamic evolution of the Altai–Sayan folded area / A. V. Kanygin [et al.] // Russian Geology and Geophysics. – 2011. – Vol. 52, No. 7. – P. 691–707.

11 Оценка состояния водных ресурсов озера Телецкое / А. С. Давыдов, Н. В. Ерин, Н. Н. Малкова, А. П. Дробышев // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2024. – № 6 (236). – С. 35–39. – DOI: 10.53083/1996-4277-2024-236-6-35-39.

12 Квон, В. И. Численный расчет продольно-вертикальной термической структуры Телецкого озера в годовом цикле / В. И. Квон, Д. В. Квон, А. Н. Семчуков // Вычислительные технологии. – 2000. – Т. 5, № 3. – С. 29–45.

13 Studying the Effect of Chulyshman River Water on the Thermohydrodynamic Processes in Teletskoye Lake in Summer Months / A. T. Zinoviev [et al.] // Water Resources. – 2025. – Vol. 52, No. 2. – P. 289–296. – DOI: 10.1134/S0097807824605764.

14 Экспедиционные работы на Телецком озере (сентябрь 2025 г.) // ИВЭП СО РАН : [официальный сайт]. – 2025. – 9 окт. – URL: http://iwep.ru/institute/news/2155/ (дата обращения: 09.05.2026).

Приложения

Приложение А

Гидрографы и кривые обеспеченности рек водосбора Телецкого озера

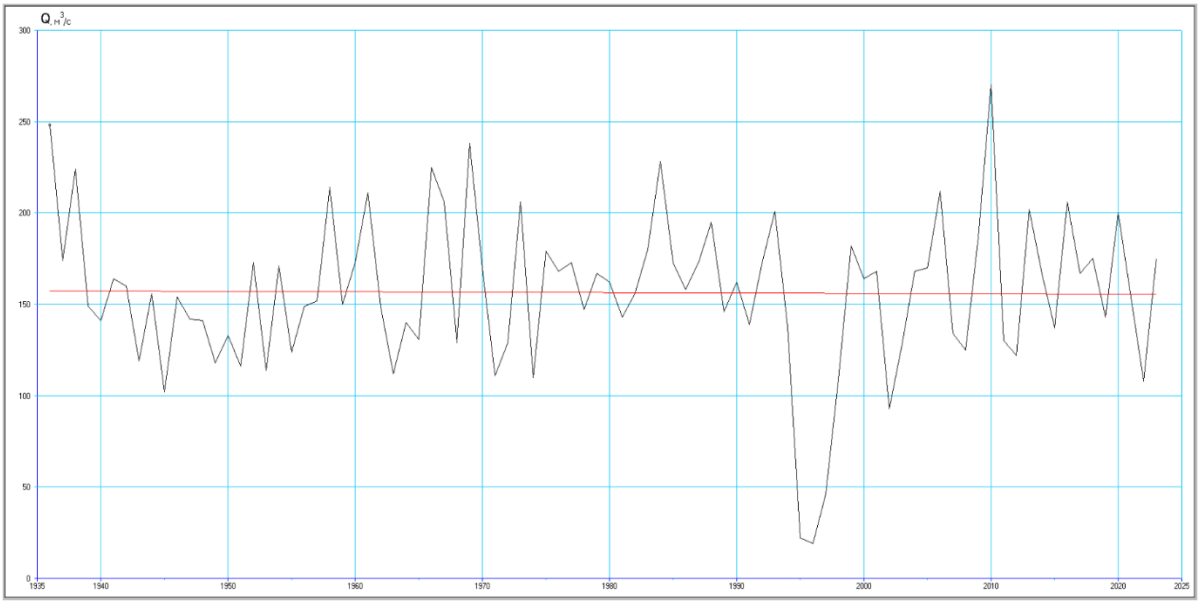


Рисунок А.1–Гидрограф на реке Чулышман за период 1936-2023

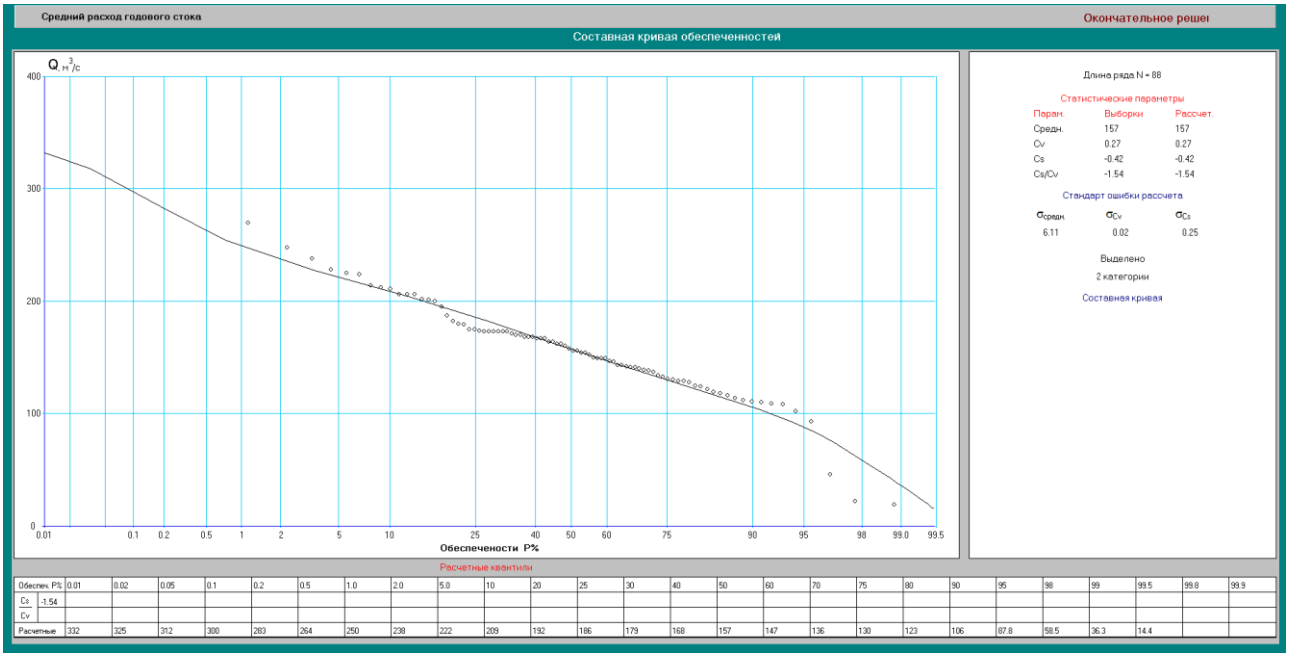


Рисунок А.2–Составная кривая обеспеченностей и статистические параметры

Приложение А

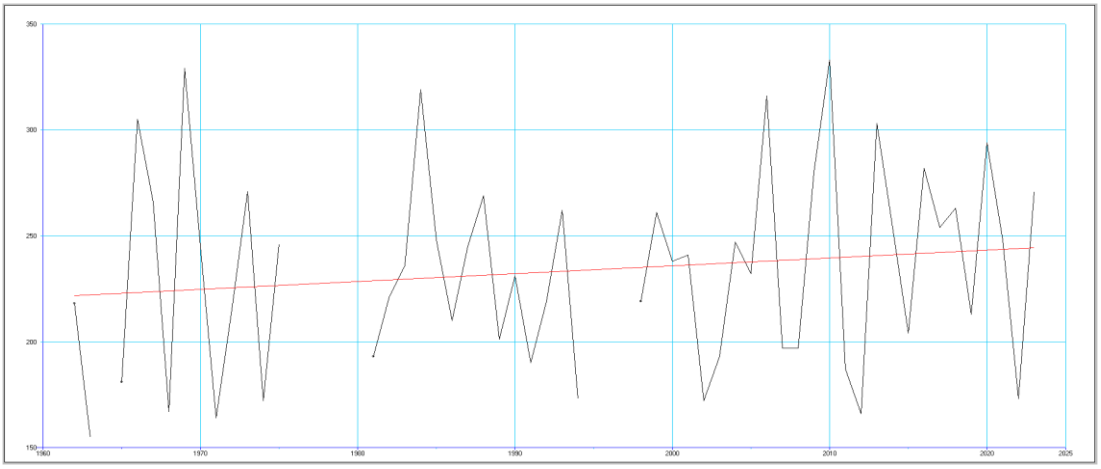


Рисунок А.3–Гидрограф на реке Бия за период 1956-2023

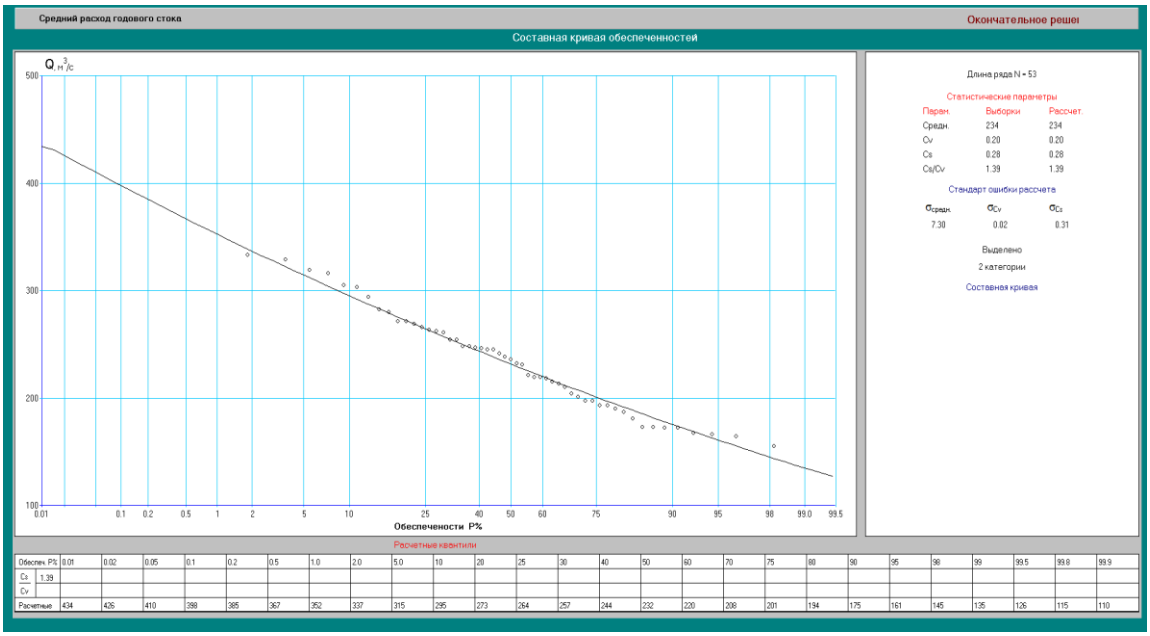


Рисунок А.4–Составная кривая обеспеченностей и статистические параметры

Приложение А

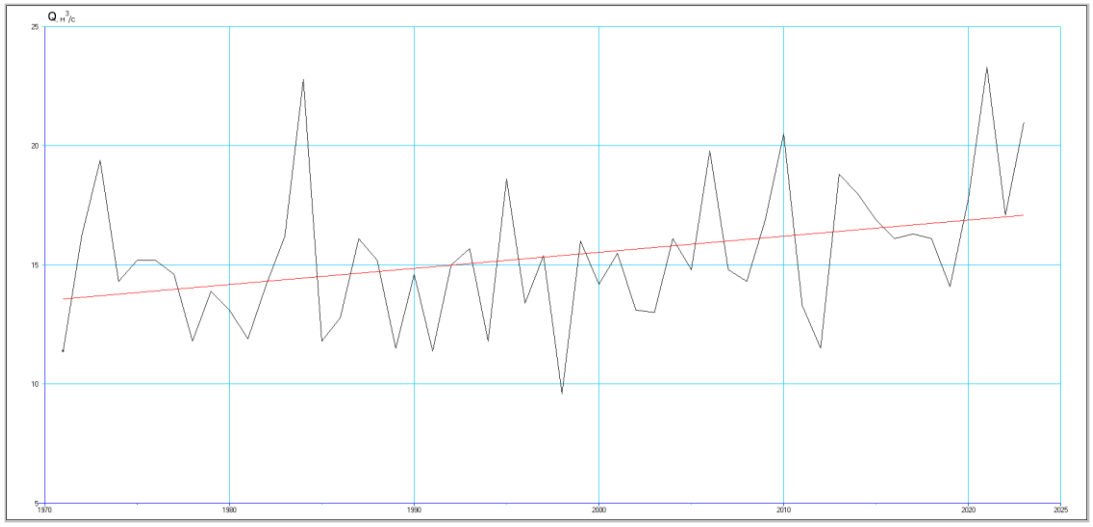


Рисунок А.5–Гидрограф на реке Кокши за период 1971-2023

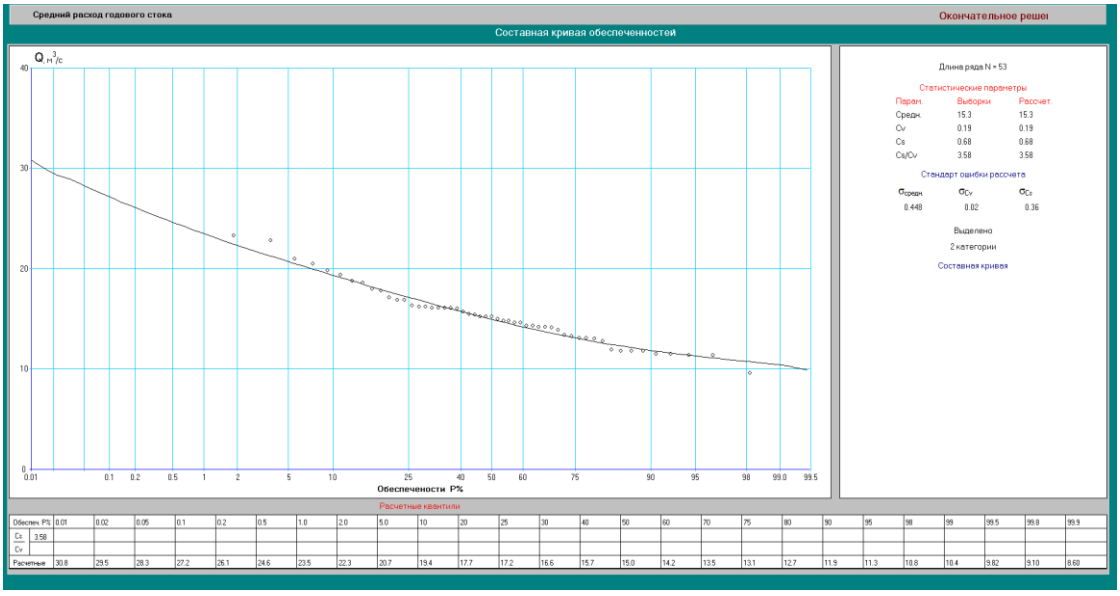


Рисунок А.6–Составная кривая обеспеченностей и статистические параметры

Приложение Б

Расходы рек водосбора Телецкого озера

Таблица Б.1

Река Бия – п. Артыбаш

Год	Месяц												ср. знач.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1965	41.5	32.2	29	34.3	479	458	275	193	273	185	107	70	181
1966	46.4	39.9	38.7	51.2	269	1700	648	366	217	154	85.7	48.9	305
1967	38.5	33.2	31.3	37.8	337	605	602	736	402	204	109	61.9	266
1968	36.7	34.2	30	33.7	605	449	222	171	173	126	69	59.1	167
1969	39.9	34.1	28.9	58.7	735	1340	566	357	299	237	156	102	329
1970	53.8	44	39.1	48	503	839	473	349	274	170	100	48.4	245
1971	38.8	30.9	24.3	39.6	314	486	411	226	149	123	76.4	44.1	164
1972	28.9	24.8	24.1	40.1	462	634	449	307	273	170	103	68	215
1973	43.1	32.4	27.6	46.3	265	1170	653	390	294	175	95.3	58.8	271
1974	43.1	31.6	28.1	51.5	420	566	285	157	154	178	96.7	50.4	172
1975	36.5	30	23.2	29	148	1340	631	289	181	124	75.5	41.6	246
1976	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1977	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1978	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1979	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1980	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1981	38.1	29.3	27	48.8	516	460	258	297	319	162	99	57.8	193
1982	40.8	32.9	28	84.4	548	672	362	359	194	153	112	62.8	221
1983	44.7	32.6	31.7	40	292	742	532	458	255	214	124	71.1	236
1984	43.4	31.5	24.9	32.7	336	975	918	824	286	187	107	60.9	319
1985	39.2	34.2	24.7	53.3	391	769	614	421	300	168	94.4	62.1	248
1986	43.4	31.5	25.5	36.6	437	497	480	362	272	180	99	55.5	210
1987	40.6	36.1	33.1	41.1	482	786	522	286	191	328	127	67.4	245
1988	45.7	33.2	27	53.3	430	782	644	647	262	158	89	53.6	269
1989	39.8	30.6	28.6	45	318	659	586	298	165	121	72.3	48.1	201
1990	34.7	30	29.5	39.4	357	608	442	581	322	170	96.7	58.1	231
1991	40.3	32	29.5	42.1	372	431	423	335	228	163	116	67	190
1992	42.2	34.6	29.3	61.6	539	715	340	253	282	178	95.8	60.1	219
1993	40.4	34.4	33	36.2	257	1250	611	349	234	164	84.2	49.4	262
1994	36.9	33.6	33.3	33.6	466	324	324	248	249	154	110	62.9	173
Ср. Знач.	40.7	33.0	29.2	44.7	411	770	491	370	250	174	100	59.6	

Приложение Б

Таблица Б.2

Река Бия – п. Артыбаш

Год	Месяц												Ср. знач.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1995	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1996	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
1998	-	-	-	-	261	488	409	196	142	115	87.3	55.4	219
1999	41.3	33.6	26.8	48.4	586	665	479	465	253	292	157	87	261
2000	56.8	39.4	37.1	65.8	616	810	563	209	186	140	78.1	50.7	238
2001	34.9	26.5	33.3	123	843	739	317	254	215	167	94.4	48.3	241
2002	38.4	34.3	32.5	44.9	296	469	297	278	250	170	99.9	52.1	172
2003	34.4	30.4	24.6	36.3	313	609	343	398	237	142	93.6	57	193
2004	37	32	29.2	95.7	853	733	447	283	173	153	84	49.5	247
2005	32.1	25.6	22.3	86	477	790	389	316	280	194	113	61.8	232
2006	42.7	38	36.7	64.5	755	1060	569	449	401	197	120	64	316
2007	48.3	38.5	33.3	94.2	456	681	324	288	175	114	71.8	43.6	197
2008	32.5	21.4	20.6	53.5	435	454	277	226	435	234	114	65.5	197
2009	43.7	35.6	32.6	100	561	793	614	341	285	268	190	92.3	280
2010	60.4	46.3	45.4	66.4	429	1520	799	477	237	151	95.8	66.2	333
2011	43.2	36.6	31.3	144	399	626	361	250	150	99	62.2	37.9	187
2012	23.9	16.2	14.7	55.6	332	363	373	250	274	151	89.1	52.8	166
2013	39.3	34	33.7	93.1	421	1020	686	521	298	248	158	84.2	303
2014	52.5	36.3	35.6	86.5	457	1150	515	272	158	135	97.2	48.8	254
2015	32.2	27.8	25.2	96.3	554	704	317	190	160	179	103	62.9	204
2016	43	29.4	28.6	107	374	1330	545	351	210	187	114	69.1	282
2017	53.2	42.6	39.2	112	754	619	405	323	296	225	119	64.6	254
2018	46.4	37	35.2	89.1	438	1050	528	361	230	183	100	58.4	263
2019	41.5	32.3	30	70.5	254	647	454	424	262	162	109	69.2	213
2020	51.2	43.4	41.1	132	802	701	616	396	374	196	116	63.7	294
2021	42.4	38.4	36.2	54.9	853	930	382	228	168	119	76.5	50.9	248
2022	37	28.8	26.2	67.5	421	447	330	271	168	135	91.1	47.9	173
2023	39	35.4	36.2	49	355	1360	457	323	216	177	130	75.3	271
срзначч	41.9	33.6	31.5	81.4	511	798	454	321	240	174	106	60.7	

Приложение Б

Таблица Б.3

Река Кокши – п. Кокши

Год	Месяц												Ср. знач.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1971	1.01	0.68	0.73	6	36.9	39.8	22.1	8.7	9.03	6.87	3.16	1.27	11.4
1972	1.02	0.74	0.75	11.5	47.2	42.8	39.8	19.1	16.5	8.15	3.96	2.52	16.2
1973	1.26	1.1	0.96	7.66	47.8	97.9	25.9	21.6	16.8	6	3.31	2.16	19.4
1974	0.94	0.74	0.88	9.1	57.3	41	9.2	4.97	29.3	12.9	4.05	1.37	14.3
1975	1.25	0.96	0.86	1.88	38.6	84.6	18.6	11.7	10.4	9.73	2.52	0.97	15.2
1976	1.07	0.86	0.77	4.6	61	28.4	20.3	36.4	14.3	10.7	3	1.55	15.2
1977	1.34	1.14	0.97	12	54.6	30.7	14.6	23.2	19.8	11.9	3.27	1.55	14.6
1978	1.08	0.79	0.8	8.47	39.8	39.3	13.5	17.3	12.8	4.4	2.63	1.24	11.8
1979	0.88	0.75	0.73	2.74	47.3	27.2	12.8	27.7	28.7	10.5	5.98	2.1	13.9
1980	1.3	0.85	0.67	3.88	57.6	33.4	33.1	9.31	7.89	4.24	3.06	2.02	13.1
1981	1.34	1.06	1.14	10.1	36	20.9	17.6	22.4	17.3	8.83	3.35	2.19	11.9
1982	1.46	1.28	1.1	15.1	60.8	29.5	16.9	18.3	7.16	13	3.89	2.04	14.2
1983	1.49	1.2	1.32	1.9	38.6	62.2	24.9	22.1	19.4	14.6	4.44	1.79	16.2
1984	1.28	0.95	0.98	4.19	49.8	61	50.6	36.9	9.83	12.7	-	-	22.8
1985	-	-	-	-	-	-	-	27.6	19.5	6.84	3.16	1.82	11.8
1986	1.24	0.95	1.07	3.38	52	29.9	12.5	26.7	12	8.16	3.17	2.17	12.8
1987	1.38	0.95	0.71	2.61	63.8	48.4	16.4	10.1	19	23.8	3.43	2.12	16.1
1988	1.67	1.27	0.99	11.1	47.3	44.5	39.6	19.4	8	4.68	2.74	1.54	15.2
1989	1.13	0.78	0.73	2.99	46.2	33.6	22.4	12.9	6.39	6.24	2.59	1.68	11.5
1990	1.36	0.91	0.98	7.66	49.6	45.4	18.5	20.4	16.6	9.37	2.87	1.67	14.6
1991	1.19	1	0.82	4.54	32.7	28.5	17.7	11.5	14.2	16.3	6	2.45	11.4
1992	1.13	1.5	2.52	6.91	70.6	32.9	10.6	12.3	28.4	8.54	2.54	2.08	15.0
1993	1.45	1.28	1.37	7.02	38.1	74.7	22	14.1	16.6	7.62	3.01	1.5	15.7
1994	1.14	0.89	1.01	4.77	63.8	17.8	7.43	12.1	17.3	8.2	4.71	2.71	11.8
Ср. знач.	1.24	0.98	0.99	6.53	49.45	43.23	21.18	18.62	15.72	9.76	3.51	1.85	

Приложение Б

Таблица Б.4

Река Кокши – п. Кокши

Год	Месяц												ср. знач.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1995	1.48	1.13	1.27	3.95	58.8	84.8	32.4	18.7	8.82	6.77	3.42	1.93	18.6
1996	0.99	0.72	0.72	3.5	39.9	33.2	22.8	8.25	37.4	8.18	3.21	1.89	13.4
1997	1.44	1.24	1.69	30.9	44	21.4	21.2	42.2	13.4	4.4	1.84	0.68	15.4
1998	0.49	0.53	0.6	3.44	41.5	29.1	13.5	4.57	7.94	6.95	4.92	2.16	9.6
1999	1.11	0.51	0.29	2.42	69.9	29.9	21.1	25.4	11.6	22.3	5.2	2.46	16.0
2000	1.55	1.13	1.08	2.17	53.3	46.1	32.2	5.47	11.2	9.44	4.19	1.98	14.2
2001	1.18	0.98	1.91	13	85.1	26.8	18.6	10.2	16.4	7.19	3.14	0.95	15.5
2002	0.81	0.79	1.01	5.04	46.8	29.2	17.5	20.2	14.7	15	4.4	2.12	13.1
2003	1.07	0.82	0.78	5.18	49.5	38.4	15	19.5	12.3	6.95	3.93	1.98	13.0
2004	1.37	1.08	1.52	13.3	80.1	29.1	20.4	15.3	11	13.4	4.18	2.83	16.1
2005	1.3	0.7	1.04	21.1	46.2	47.3	10.3	16.3	15.1	10.8	4.78	2.25	14.8
2006	1.15	1.14	1.12	12.2	73.6	62.7	18	33.2	14.1	11.5	6.48	2.74	19.8
2007	1.68	1.17	1.4	18.9	79.5	35.9	10.2	13.8	5.9	4.45	2.44	1.74	14.8
2008	1.21	0.87	0.89	11.3	51.5	28.8	14.9	17.6	30.4	8.39	3.25	2.19	14.3
2009	1.38	0.86	0.9	13.8	49.9	52.4	13.3	16	22.5	16.8	11.8	3.71	16.9
2010	1.7	0.97	0.96	6.96	50.8	97.9	42.3	18.7	9.97	9.27	3.93	1.95	20.5
2011	1.31	1.17	1.25	26.9	47.7	35.5	12.8	13	11.6	4.64	2.36	1.16	13.3
2012	0.55	0.43	0.47	10.6	33.8	20.2	18.8	19.4	15.3	12	4.69	1.61	11.5
2013	0.97	0.94	1.57	18.3	47.6	58.7	25.1	24.7	21.3	16.7	5.84	3.3	18.8
2014	0.95	0.62	1.13	12	86.3	49.2	17.5	18.6	7.73	15	4.51	1.95	18.0
2015	1.83	1.27	1.08	19.6	59.8	41.8	19.6	15.4	13.6	20.7	5.32	2.86	16.9
2016	1.24	0.99	1.39	26.6	51.8	55.9	12.6	19.8	8.45	8.63	4.55	1.37	16.1
2017	1.51	1.12	1.18	21.4	58.9	19.8	25.3	22	23.8	11.4	6.22	2.64	16.3
2018	1.37	0.83	1.57	11.2	51.6	46.5	28	15.2	22.7	9.07	3.92	1.76	16.1
2019	1.03	1.04	1.23	7.46	26.3	48	26.5	29.2	12.4	7.53	5.41	2.79	14.1
2020	1.6	1.29	1.41	37	47.9	42.9	21.5	31.6	13.3	7.82	5.11	2.13	17.8
2021	1.89	1.77	1.7		87.7								23.3
2022				9.41	49.4	26.1	28.4	13.4	8.42	10.9	5.65	2.25	17.1
2023	1.75	1.95	2.41	5.5	54.5	77.3	16.9	31	13.9	15.9	10.1	3.22	19.5
срзнач	1.32	1.04	1.26	14.3	57.1	44.2	20.2	19.1	14.6	11.0	5.05	2.24	

Приложение Б

Таблица Б.5

Река Чулышман – п. Балыкча

Год	Месяц												Ср.знач.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1936	14.8	12.6	11.5	14.2	137	1290	593	413	221	137	88.9	43.3	248
1937	23	19.9	18.4	25.2	436	605	368	205	158	124	66.2	36.8	174
1938	21.4	18.2	15	76.5	591	718	567	274	211	120	52.5	17.5	224
1939	14.9	10.2	8.56	44.4	468	545	354	179	74.3	42.5	28.4	18.7	149
1940	8.84	10.6	4.41	39.5	310	556	258	239	148	64.7	34.5	21	141
1941	22.2	12.1	12.8	50.3	396	603	393	173	151	94.8	38.6	19.9	164
1942	13.3	11.2	12.4	18	223	742	384	286	106	63.7	33.3	21.5	160
1943	20.8	15.6	5.71	56.2	304	459	231	146	93	52.3	28	17	119
1944	17.2	14.1	9.09	24.5	343	580	409	178	152	73.3	38.2	31.9	156
1945	20.1	16.8	28.5	172	314	215	116	165	68.2	46.3	23.5	42	102
1946	13.2	6.96	5.79	53.4	293	516	258	192	264	139	70.6	38	154
1947	20	15.9	10	36.7	386	539	297	193	105	58.1	23	23.7	142
1948	13.4	13.4	11.2	29.6	265	613	306	189	112	69.2	46.7	22.4	141
1949	11.9	8.89	4.82	43.4	321	509	221	116	89.1	47.4	30.2	16.9	118
1950	9.46	8	5.81	12.3	542	418	196	170	124	60.6	31.6	16.5	133
1951	11.2	10.5	11.5	20.2	469	304	202	154	83.9	58.9	35.4	31.4	116
1952	11.4	10.5	8.27	18.1	383	593	512	224	168	79.1	44.1	23.5	173
1953	11.9	10.8	8.92	23.7	389	423	172	115	108	57.6	29.9	20.1	114
1954	12.4	13.2	12.4	17.8	51.8	1020	463	177	139	73.1	46.3	26.4	171
1955	16.7	14.4	11.5	21.1	407	432	158	121	151	86.5	39.6	26.3	124
1956	16.8	13.5	10.7	26.3	431	513	299	154	176	82.8	43.8	26.1	149
1957	15	13.9	12.4	20.7	264	679	323	208	162	65	33.8	26.1	152
1958	16.8	17	22.8	45	334	695	620	410	214	101	60.8	31.7	214
1959	22.2	18.9	14.4	124	417	415	357	177	108	67.4	45.6	31.7	150
1960	18.9	24.6	34.7	36.4	205	681	426	248	209	99.7	59.4	31.8	173
1961	25.2	21.2	23.4	107	424	718	448	283	238	133	74.5	40.6	211
1962	23.6	18.9	22.4	34.8	484	415	272	174	174	95.7	48.2	27.9	149
1963	21.9	19	19.8	20.2	216	519	232	97.8	86.2	52.1	40	25.1	112
1964	17.4	10.4	8.8	22.1	291	540	319	198	125	76.8	41.9	33.5	140
1965	26.1	20.2	20	22.6	461	296	178	167	193	110	52.1	20.6	131
1966	19.9	18.6	16.4	27.5	227	1370	448	251	137	94.4	53.6	38.6	225
1967	21.6	17.4	19.9	61.9	312	489	498	589	268	130	41.7	28.2	206
1968	25.2	17.9	18.9	86	574	272	163	128	122	75.8	37.2	22.9	129
1969	19.3	16.2	15	40.4	785	882	424	237	200	140	67.3	31.6	238
1970	21.6	16.1	13.9	35.2	539	576	330	233	136	80.7	43.1	20.6	170
1971	16.5	13.4	9.49	45.6	294	365	274	111	82.2	62.1	34.7	19.3	111
1972	12.8	10.1	10.8	55.6	384	416	254	135	122	78	49.7	22.8	129
1973	19.5	14.8	13.6	39.4	257	1027	427	273	199	94.5	55.9	45.4	206
1974	20.9	13.4	14.9	56.5	414	345	137	79.3	90.4	68.2	52.4	28.8	110

Год	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ср. знач.
1975	26	22.3	17.3	35.7	242	1000	390	190	102	64.1	40	21	179
1976	14.1	11.2	13.3	30.2	530	541	341	249	124	88.6	42.7	26.2	168
1977	25.8	19.1	16.7	78.1	363	603	295	254	198	132	56.5	34.5	173
1978	25.7	20.1	22.7	69	308	506	247	270	140	81.9	42.9	29.4	147
1979	26.8	20.6	20.4	33.3	571	456	359	191	147	80.9	54.1	49.2	167
1980	43.5	29.7	20.6	43.3	373	576	321	212	151	83.1	45.8	49.1	162
1981	40.2	29.8	24.7	55	456	319	201	207	207	99.1	48.9	32.7	143
1982	27.2	20.8	17.5	70.1	487	453	269	234	116	87.8	52	38.6	156
1983	27.4	21	17.2	25.1	337	613	412	330	157	118	64.2	37	180
1984	25.9	22.8	21.5	28.3	369	786	609	493	177	96.6	61.6	45.3	228
1985	27.5	21	19.7	55.9	364	542	438	260	166	82.4	56.3	48.4	173
1986	26.8	22.8	19.5	37.1	415	393	327	259	179	102	59.5	50.8	158
1987	36.8	27.8	18.1	32.3	425	573	348	185	120	205	62.7	37.5	173
1988	27.1	22.6	20.1	67.1	331	646	529	371	160	90.8	45.5	29.5	195
1989	27.5	25.2	22.9	40.1	335	459	404	173	99.8	70.6	45	44.8	146
1990	31.9	22.7	19.6	31.7	362	445	286	388	168	86.7	47.2	53.6	162
1991	31.1	23.7	23.1	33.8	315	355	317	232	155	84.9	50.4	49	139
1992	35.7	29.2	23.5	54.9	516	483	279	225	206	108	68.1	45.5	173
1993	31.7	25.1	20.4	39.1	291	911	446	271	175	103	52.9	41.5	201
1994	31.8	24.7	18.6	34.2	200	416	336	193	189	114	64.8	33.7	138
срзнач	21.7	17.5	15.9	44.0	372	576	340	225	151	88.7	47.9	31.6	

Приложение Б

Таблица Б.6

Река Чулышман – п. Балыкча

Год	Месяц												Ср.знач.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1998	19.7	16.9	36.3	-	316		267	133	116	84.1	56.2	46.6	109
1999	31.1	29.9	26.4	41	536	420	322	316	180	147	81.7	54.3	182
2000	34.6	29.3	24.2	61.5	526	538	331	155	137	61.3	30.8	37.8	164
2001	32.2	27.2	26.1	54	659	496	190	200	163	94	46.5	30	168
2002	30.6	25.7	25.8	38.3	314	30	173	176	130	88.7	47.7	30.4	93
2003	24.6	24	18.3	30.4	287	387	237	239	127	72.9	52.9	37.5	128
2004	33.9	27.4	19.9	64.2	607	497	337	182	96.2	71.8	41.9	36.8	168
2005	27.2	23	22.9	100	371	590	261	259	195	96	56.4	38.7	170
2006	31.8	25	24.5	68.2	555	682	363	352	223	104	59	53.2	212
2007	39.8	25.6	29.8	81.5	331	460	203	184	100	65.5	46.3	38.3	134
2008	26.4	19.3	18.2	59.4	341	269	152	140	269	112	56	39.9	125
2009	32	28.2	22.5	69.3	432	599	427	188	183	124	86	58	187
2010	39.9	34.9	30.1	53.6	410	1470	559	293	108	90	72.7	75.3	270
2011	49.1	34.2	30.5	129	261	494	222	127	84	62.3	39.2	31.3	130
2012	23.6	14	11.3	71.3	298	249	252	205	155	71.1	56.7	58.2	122
2013	51.2	33.2	26.3	75.8	299	759	468	300	150	145	75.4	45.7	202
2014	33.5	27.4	25.2	58.2	459	711	311	145	92	62.8	44.3	31.8	167
2015	28.4	27.6	18.8	113	388	491	183	116	105	90.5	47.7	36	137
2016	32.3	23.3	23.8	67.9	316	1020	368	220	154	114	71.4	60.2	206
2017	44.4	35.6	31.8	84.4	548	411	244	222	190	110	54	33.2	167
2018	24.1	18.3	27.3	70.5	351	728	365	203	134	96.1	55	31.5	175
2019	27.9	25.2	24.8	45.7	224	441	310	281	146	82.4	54.9	50.5	143
2020	36	29.5	28.6	130	588	457	424	283	229	103	52.7	35.8	200
2021	29.8	28.2	25	35.1	636	521	233	137	87.8	53.2	35.4	24.6	154
2022	23.9	25.1	20.9	36.1	386	245	211	151	83.8	52.1	35.4	29.1	108
2023	30	29.1	20.9	24.4	274	937	289	187	122	91.6	57.5	39.8	175
срзнач	32.2	26.4	24.6	66.5	412.0	556.1	296.2	207.5	144.6	90.2	54.4	41.7	

Приложение В

Данные метеостанции Яйлю

Таблица В.1

Средняя месячная и годовая температура воздуха

Код поста	Год	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ср. знач.
36064	1940	-12.3	-8.1	-0.3	5	9	15.3	17.4	16.2	8.2	2.9	-3.5	-5	3.73
36064	1941	-6.6	-10.4	-1.8	2.3	9.4	16	15.5	15.4	10	4.5	-4.4	-6.3	3.63
36064	1942	-7	-12.8	-3.4	3	7.1	14.8	16.2	15.5	11.6	3.7	-0.4	-6.7	3.47
36064	1943	-10.2	-8.9	-5.8	5.1	10.2	13.8	16.8	17.9	10.7	2.8	-5.4	-5.6	3.45
36064	1944	-8	-4.7	0.1	4.6	9.6	15.3	15.6	15.2	10.2	4	-7.3	-12.7	3.49
36064	1945	-11.5	-15.2	-5.4	6.1	12.9	14	16.1	16	10.8	6.4	-3.2	-7	3.33
36064	1946	-7.9	-2.5	-6.9	4.9	8.2	12.7	17.6	15	8.9	5.5	-2.8	-11.6	3.43
36064	1947	-12.9	-11.5	-3.2	5.1	9.2	13.7	16.4	14.6	9.7	4.6	-1.9	-10.6	2.77
36064	1948	-6.1	-9.8	-0.9	4.5	8.2	12.7	17.5	14.4	10.2	4.7	-3.7	-6.7	3.75
36064	1949	-5.9	-5.6	-4.5	6.3	8.4	13.6	15.7	16	8.1	5	-5.6	-13.4	3.18
36064	1950	-8.5	-10.4	-3.8	-0.1	9.3	14.5	16.8	15.3	10.8	3	-8.1	-8.4	2.53
36064	1951	-10.1	-17.1	-5	3.8	11.7	14.6	17.8	12.2	11.1	3.4	-3.7	-2.1	3.05
36064	1952	-6.9	-10	-4.1	1.1	9.7	14.2	16.5	16	11.3	2.3	-11.2	-7.6	2.61
36064	1953	-8.3	-7.7	-1.1	4.4	10.6	15.5	18.6	14.6	12.8	3.6	-6.5	-5.5	4.25
36064	1954	-10.6	-11.7	-5.8	0.7	5.3	13.6	14.2	16.9	11	4.4	-4.8	-12.9	1.69
36064	1955	-8.9	-9.9	-5.4	1.9	10.3	15.8	16.5	16.2	8.3	3.5	-0.8	-7.8	3.31
36064	1956	-12	-11.5	-5.9	3.6	10	11.9	16.7	15.6	9.6	5.4	-2.1	-7.5	2.82
36064	1957	-9.9	-11.4	-5	1	7.4	15.1	15	14	10.9	4.2	-3	-4.8	2.79
36064	1958	-8.9	-4.6	-5.8	1.6	8.2	10.5	15.7	16	9.3	3.4	-2.7	-6.5	3.02
36064	1959	-7.9	-7.3	-2	3.6	8.3	14.8	17	15.6	12.5	3.5	-6.9	-9.8	3.45
36064	1960	-8.7	-7.7	-7.1	2.2	7.1	13.9	14.8	14.4	9.9	2.2	-5.1	-7	2.41
36064	1961	-7.6	-7.5	-1.5	5.9	9	12	16.7	14.6	10.2	0.3	-2.1	-5.8	3.68
36064	1962	-6.8	-5.5	-0.8	4.4	12	15.4	17.6	16.7	11.5	3.8	-4.8	-5.4	4.84
36064	1963	-4.9	-2.8	1	-0.7	8.7	14.2	17	16	8.7	4.2	0.5	-4.5	4.78
36064	1964	-5.1	-13.4	-5.4	0	9.3	14.7	17.2	15.7	10.4	1.6	0.4	-5.2	3.35
36064	1965	-7.6	-6.4	-1.7	2.6	11.9	15.4	19.2	15.3	10.2	4.1	-3.1	-8.4	4.29
36064	1966	-9.6	-9	-3.9	0.9	9.5	14.3	17	16.6	13.8	3.6	-5.3	-14.8	2.76
36064	1967	-10.5	-8	-1.8	4.3	11.2	12.6	15.8	12.7	8.5	5	-5.1	-4.5	3.35
36064	1968	-9	-9	0.2	2.9	10.7	13.9	17	15.2	6.7	2.4	-6	-10.4	2.88
36064	1969	-19.8	-18.4	-5.9	2.6	7	14.6	19.1	13.3	8.1	3.8	-2.2	-6.8	1.28
36064	1970	-8	-8.1	-6.8	3	8.7	13.7	16	15	10.1	2.6	-4.3	-8.4	2.79
36064	1971	-7.4	-10.5	-7	4.8	8.6	14	15.4	15.1	10.2	5.3	0.4	-4.7	3.68
36064	1972	-11.4	-9.2	-3.8	6.3	8.2	14.7	14.4	14.4	7.8	2.8	-1.5	-7.2	2.96
36064	1973	-7.5	-9.2	-2.2	4	7	14.4	16.1	15.9	10.4	3.9	1.3	-3.1	4.25

Код поста	Год	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ср. знач.
36064	1974	-10.6	-11.8	-5.3	5.1	10.2	14.1	18.3	16.6	8.6	2.7	-4.9	-9.8	2.77
36064	1975	-5.4	-5.5	-0.8	1.6	7.9	13.4	17.6	14.5	9.9	3.4	-3.4	-6.2	3.92
36064	1976	-4.6	-8.5	-6	4	9.4	16.1	15	14.2	10	0.4	-4.8	-10	2.93
36064	1977	-13.9	-9.7	-3.6	4.7	9.1	16.1	17.1	14.4	11.3	4.3	-0.1	-6.1	3.63
36064	1978	-6.4	-9.1	-2.8	4.9	8.5	15.9	17.1	13	10.9	4.2	0	-5.1	4.26
36064	1979	-11.2	-5.1	-4.6	0.9	9	15.9	17.7	14.6	9.8	4.7	-3.7	-4	3.67
36064	1980	-8.5	-8.6	-6.4	2.4	10.8	14.1	16.1	16	10.5	3.8	-1	-5	3.68
36064	1981	-8.1	-7.5	-0.8	5.6				15	10.4	2.4	-2.6	-5.1	1.03
36064	1982	-6.4	-6	-6.2	6.4	11.1	15.8	16.1	14.9	10.6			-3.9	5.24
36064	1983	-3.9	-3.8	0.5	1	7.8	13.7	16.3	15.7	8.6	6	1.7	-5.1	4.88
36064	1984	-8.7	-12.6	-2.4	0.2	9.3	13.8	14.8	15	10.3	4.4	-3.9	-14.2	2.17
36064	1985	-8.1	-9.4	-6.8	5	7.8	11.6	16.2	14.9	9.8	3.5	-2.3	-6.5	2.98
36064	1986	-6	-8.8	-3	3	10.7	13.4	17.4	14.9	10.6	3.1	-3.4	-6.5	3.78
36064	1987	-6.1	-4.6	-4.8	2.6	9.9	11.7	17.5	16.5	9.9	0.6	-7.8	-4.6	3.40
36064	1988	-8.1	-12.3	-3.6	4.3	8.5	13	15.5	15.6	12	3.3	0.7	-3.1	3.82
36064	1989	-5.5	-6.8	-0.2	3	10	13.2	17.3	16.2	9.6	5.2	-2.8	-2.5	4.73
36064	1990	-8.9	-5.6	0.6	4.4	11.5	14.2	17.5	14.7	10.4	5.8	-2.3	-4.5	4.82
36064	1991	-5.8	-7.5	-5.3	3.6	9.3	14.3	17.7	15.2	11.3	6.2	-1.4	-6	4.30
36064	1992	-3	-5.7	-3.1	3.7	10.3	13.3	17.8	15.1	6.7	4.5	-0.9	-5	4.48
36064	1993	-6	-6.2	-1.4	3.5	7.2	13.6	17.8	15.7	9.1	4.3	-8.4	-7.1	3.51
36064	1994	-7.8	-10.4	-2.6	3.7	9.6	16.4	17.4	14.9	9.1	4.2	0.3	-6.2	4.05
36064	1995	-7.6	-3.6	-1.7	4.2	9	12.4	18.3	16.8	10.2	5.5	0.7	-4.4	4.98
36064	1996	-12.1	-7.9	-4.9	2.8	10.2	13.8	18.5	15.1	9.5	3	-3.3	-6.6	3.18
36064	1997	-5.5	-5.5	2.2	9.1	12.3	14.7	16.7	15	10.9	8.2	-5.4	-7.4	5.44
36064	1998	-10.5	-5.4	-3.4	2.9	10.4	14.8	18.4	19	10.2	5.1	-4.9	-4.8	4.32
36064	1999	-7	-2.3	-9	3.2	12.4	13.8	19.1	15.9	10	5.5	-1.6	-2.8	4.77
36064	2000	-9.1	-4.9	-0.7	6.7	10.8	15.8	16.6	16.5	10.8	1.6	-5.6	-5.8	4.39
36064	2001	-10.6	-7.6	-0.5	4.1	12.7	16.7	15.9	18.1	10.3	4.8	1.2	-8.8	4.69
36064	2002	-2.8	-1.8	1.4	3.2	11.6	14.6	17.3	17	11.5	4.2	0	-8.5	5.64
36064	2003	-5.1	-6.4	-3.5	2.3	10.8	15.5	16.3	15.3	11.2	4.2	-4.4	-4.5	4.31
36064	2004	-7	-3.6	-3.7	3.7	12.1	15.1	17.1	15.8	10.4	5.7	-0.4	-6.9	4.86
36064	2005	-9.8	-13.7	1.1	4.1	10	14.8	19	16.9	10.8	6.2	-1.2	-6.6	4.30
36064	2006	-13.2	-6.6	-1.5	1.1	7.9	15.7	17.2	14.3	10.9	4.4	1.5	-2.6	4.09
36064	2007	-3.2	-4	-2.8	8.2	10.5	14.3	19.6	15.9	12.1	4.3	-0.5	-5.7	5.73
36064	2008	-11.7	-7.7	1.7	4.4	11.5	15.6	18.1	15.8	9.3	5.7	1.4	-6.3	4.82
36064	2009	-7.3	-9.9	-1.4	6.1	9.9	11.8	16.9	15.1	10.6	4.2	-3.1	-8.7	3.68
36064	2010	-12.9	-14.8	-4.5	2.5	8	15.1	16.2	15.4	10.1	5.5	1.1	-8.9	2.73
36064	2011	-12.9	-7.5	-3	6.9	9.5	16.4	16.2	15.5	11	6.7	-3.2	-4.9	4.23
36064	2012	-10.8	-11	-1.1	6.3	9.8	18	18.9	16.6	12	4.8	-3	-13.2	3.94
36064	2013	-6.4	-7.9	1	5.7	7.8	13.2	16.8	16.6	9.8	4.6	1.2	-2.6	4.98

Код поста	Год	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ср. знач.
36064	2014	-7.9	-11.5	0.7	6.4	8.7	14.4	17.8	16.6	9.6	3.4	-2.7	-5.6	4.16
36064	2015	-5.9	-5.1	-1.5	5.9	10.5	16.3	18.1	16.2	9.3	6.2	-2.9	-1.5	5.47
36064	2016	-7.5	-3.8	0.9	6.3	9	15.9	19.2	15.6	13.4	0.6	-6.3	-4.5	4.90
36064	2017	-5.6	-5.6	0.1	5.8	11.1	17.9	17.2	15.9	9.7	4.3	-1.2	-4.7	5.41
36064	2018	-12.3	-7.2	-1.3	3.9	8	17.3	16.7	17.2	10.2	5.5	-4	-9.3	3.73
36064	2019	-7.2	-8.8	1	4.8	8.5	14.4	16.7	17.4	11.6	5.8	-4.5	-3.4	4.69
36064	2020	-5.3	-2.6	-0.6	9	12.8	13.5	18.2	16.8	10.4	3.9	-1.7	-8	5.53
36064	2021	-9.9	-6.8	-2.3	3.5	10.5	13.7	18.1	16.9	10	4.5	-1.7	-3.8	4.39
36064	2022	-5.5	-5.7	-3	5.9	14.2	15.6	16	14.6	11.9	4.4	-3.4	-8.1	4.74
36064	2023	-7	-4.5	0.7	1.4	8	15.8	17.8	17.2	11.5	6.9	1	-6.4	5.20
36064	2024	-6.2	-9.3	-0.5	5.5	11.7	16.5	19.5	17.8	9.1	5.8	0.4	-5	5.44

Приложение В

Таблица В.2

Осадки

Код	Год	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ср. знач.
36064	1966	50.8	57	47.7	113.8	65.7	154.5	150.3	94.1	65.9	36.5	100.6	35.2	972.1
36064	1967	6.5	11.1	6.8	17.3	71	188	137.1	243.9	45.4	70.2	22.3	11.9	831.5
36064	1968	6.9	2.3	64.5	38.1	152.4	115.6	86.6	97.8	94.2	32.5	71.1	50.1	812.1
36064	1969	2.9	9.9	24.9	126.7	211.1		60.2	150.8	158.1	76.8	69.3	6.4	897.1
36064	1970	10.7	27.8	13.4	139	130.6	115.7	114.9	129.1	145.4	101.1	29.6	14.7	972
36064	1971	12.6	12.3	29.4	39.8	118.6	126.7	139.4	66.9	75.5	45.1	35.4	25.6	727.3
36064	1972	21.1	4.6	29.3	61.4	111.9	107.5	209.6	159.8	86.4	91.9	91.3	34.2	1009
36064	1973	13.6	16.2	12.9	39.9	199	132.3	184.1	117.4	122.2	44.5	53.7	7	942.8
36064	1974	7	23.2	49.1	61.3	94.7	161.2	77.9	55.6	237	100.3	31.8	16.1	915.2
36064	1975	13.6	17.7	14.4	159.1	104.7	75.1	67.3	107.3	98.8	48.8	14.5	3.9	725.2
36064	1976	24.1	15.4	27.7	47.3	157	128.6	134.7	210.7	113.6	98.9	13.9	33	1004.9
36064	1977	6	33.2	31.5	61	163.7	96	93.2	150	119.2	79	26.4	41.5	900.7
36064	1978	24.5	22	36.9	120.7	69.9	79.4	136.6	117.5	34.7	53	10.5	29.6	735.3
36064	1979	36.2	29.4	15.2	34	121.3	78.7	158.2	225.6	123.3	106.4	77.8	14.6	1020.7
36064	1980	13	11.3	7	47.8	65.6	162.7	183.2	80.4	66.7	49.1	102.2	48.7	837.7
36064	1981	5.4	25.8	19.6	62.2	-	-	-	103.9	118.4	113.5	8.8	32.3	489.9
36064	1982	27.8	2.9	21.5	52.9	136	106.3	162.2	168.6	44.4	-	-	24.3	746.9
36064	1983	6.5	13.7	33.5	110.2	132.3	103.3	134.5	132.2	191.9	35.1	42.5	22.3	958
36064	1984	15.3	5.4	30.2	69.7	127.5	196.8	320.6	206	75	63	26.2	26.3	1162
36064	1985	21.6	5.6	16.1	75	129.4	206.9	148.4	133.2	92.8	73	41.3	11.5	954.8
36064	1986	8.1	6.8	6.4	35.3	118	115.2	89.4	172.1	80.6	95.5	28.6	17.3	773.3
36064	1987	19.6	27.5	16.5	40.4	200.4	173.8	122.3	104.1	140.2	125	57.1	34.6	1061.5
36064	1988	23.8	7.1	5.6	40.7	128.8	125.9	201.5	172.1	52.2	80	23.1	34.7	895.5
36064	1989	6.5	3.4	11.8	54.4		169	152.7	99.5	68.9	47.7	26.8	55.2	695.9
36064	1990	13.8	15.9	16.8	36.8	79.2	165.4	114.6	256.9	116	29.7	40.1	40.4	925.6
36064	1991	6.5	16.8	26.4	45.3	72.1	98.8	129.9	129.3	94.9	105.1	44	30.3	799.4
36064	1992	9	30.7	4.1	137.4	88.5	64.2	140.7	99.3	166.9	31.3	84.3	42.4	898.8
36064	1993	14.8	26.5	14.9	68.9	110.4	135.9	103.1	79.5	114.9	43.7	48.5	14.3	775.4
36064	1994	19.5	7.4	21.8	60.3	172.1	73.1	71.4	180.1	137.8	38.1	100.3	22.2	904.1
36064	1995	15.2	1.5	31.6	131.2	158.8	212.5	247.6	116	41.3	55.9	28.8	16.3	1056.7
36064	1996	8.2	13.6	14	44.5	91.3	171.6	181	93.6	154.7	30.2	103.7	51.6	958
36064	1997	13	16.1	5.6	37.6	84.2	152.5	110.7	261.9	33.1	31.7	22.2	20	788.6
36064	1998	8.4	14.9	18.3	82.7	86.7	113.9	114.5	64.9	68.2	111.6	47.2	24.9	756.2
36064	1999	31.8	7	13	84	65.2	122.9	151.8	117.1	106	188.8	38.2	24.4	950.2
36064	2000	16.7	7.4	28.3	84.6	141.7	119.4	143.6	94.3	68.7	75.3	37.5	57.8	875.3
36064	2001	35.1	24.8	55	82.3	64.3	77.2	126.9	74.5	128.5	37.4	11.1	16.1	733.2

Код	Год	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ср. знач.
36064	2002	20.4	11.5	83.6	44	50.2	139.5	126.3	153.2	63.8	94.7	60.1	20.5	867.8
36064	2003	14.4	5	23.3	41.2	113.6	158.2	105.3	116.9	66.7	49.9	33.8	32.5	760.8
36064	2004	4	28.1	51.8	154.5	64.5	107.5	156.3	101.6	124.4	27.3	37.1	21.5	878.6
36064	2005	10.4	6.2	10.9	136.9	71.2	138.8	68.9	84.9	118.2	42.8	80.9	16.5	786.6
36064	2006	17.4	15.7	48.7	172.9	152.8	81.1	82.8	170	65.2	80.2	15.2	20.9	922.9
36064	2007	10.1	17.6	32	83.6	239.5	82.3	163.6	101.8	42.5	60.1	15.5	8.2	856.8
36064	2008	10.9	14	44.4	65.1	109.4	96.7	233.3	165.9	167.4	52.1	46.1	67.7	1073
36064	2009	31.6	37.4	28.4	61.7	109.6	164.1	154.5	119	127.6	210.9	75.6	31.9	1152.3
36064	2010	25.2	16.1	50.4	41.1	120.3	123.7	203.7	74.4	66.6	34.7	97.4	36.3	889.9
36064	2011	4.5	8.8	30.4	112.1	81.8	113.5	106.9	91.3	46.1	33.1	21.7	11.1	661.3
36064	2012	8.9	1.7	12.9	71.4	90.7	66.4	225.3	121.7	59.4	64.8	47.7	24.7	795.6
36064	2013	16.4	21.4	45.5	57.1	150.5	63.4	201.4	162.1	130.6	87.4	65.5	34	1035.3
36064	2014	16.5	9	15.9	61.9	235.1	111.5	162.4	109.1	39.1	143.8	25.4	10.6	940.3
36064	2015	11.2	29.2	32.5	96.4	149.2	77.9	137.6	78.6	153.2	75.6	64.7	7.6	913.7
36064	2016	7.3	13.2	21.6	154.4	106.7	118.1	104.3	111.1	37.8	84	64.4	25.4	848.3
36064	2017	18.7	12.1	5.1	113.5	62.1	84.5	174.7	172.5	135.5	33.7	70.5	13.2	896.1
36064	2018	9.2	18.5	73.8	54.2	146.9	30	190.6	66.2	115.8	65.8	27.7	20.6	819.3
36064	2019	11.1	9.9	6.7	78.5	113.2	204.9	140.6	124.8	73.5	67.7	46.4	43.4	920.7
36064	2020	21	31.3	33.1	10.9	84.8	183.9	154.5	140.1	51.9	77.8	20.1	29.3	838.7
36064	2021	32.1	46	35.5	41.2	162.8	160.4	65.9	73.5	53.4	47.3	25.4	24.3	767.8
36064	2022	18.4	10.7	39	80	32.2	85.6	169	94	59.2	98.4	45.4	37.8	769.7
36064	2023	51.1	11.5	40.2	89.7	132	46.9	100.2	159.3	81.3	75.6	55.7	39.7	883.2
36064	2024	24.4	23.2	37	109	139.5	151	116.8	121.1	121.4	61.2	41.1	17.3	963

Приложение Г

Суммарные и интегральные кривые по данным температур на метеопосту Яйлю

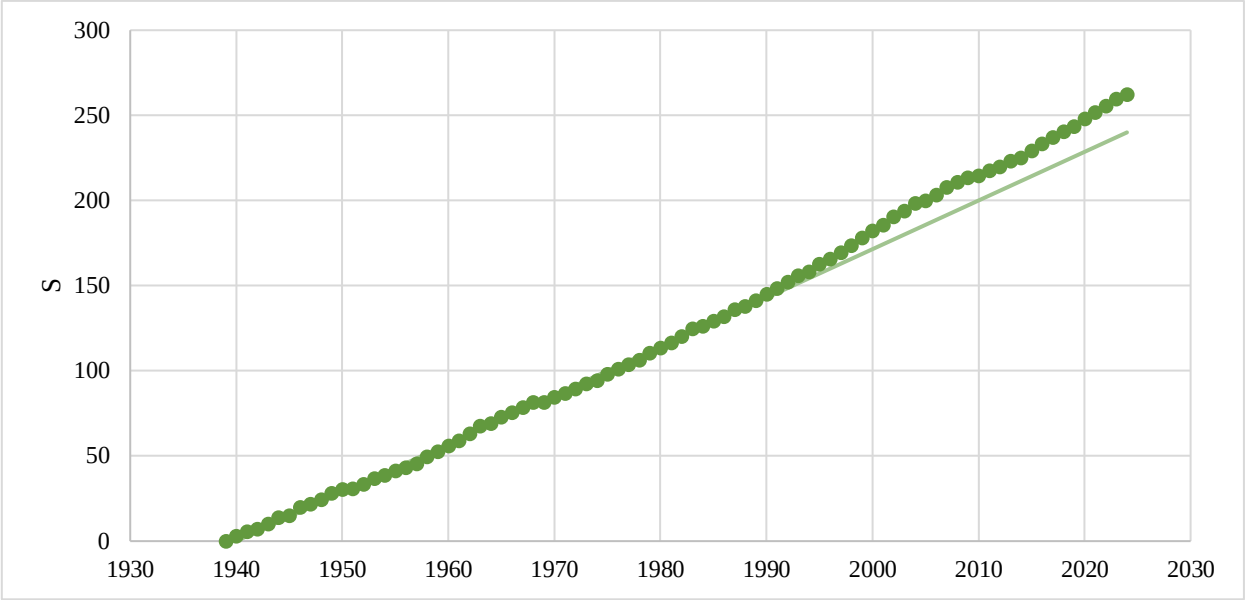


Рисунок Г.1 – Суммарная кривая температуры за февраль

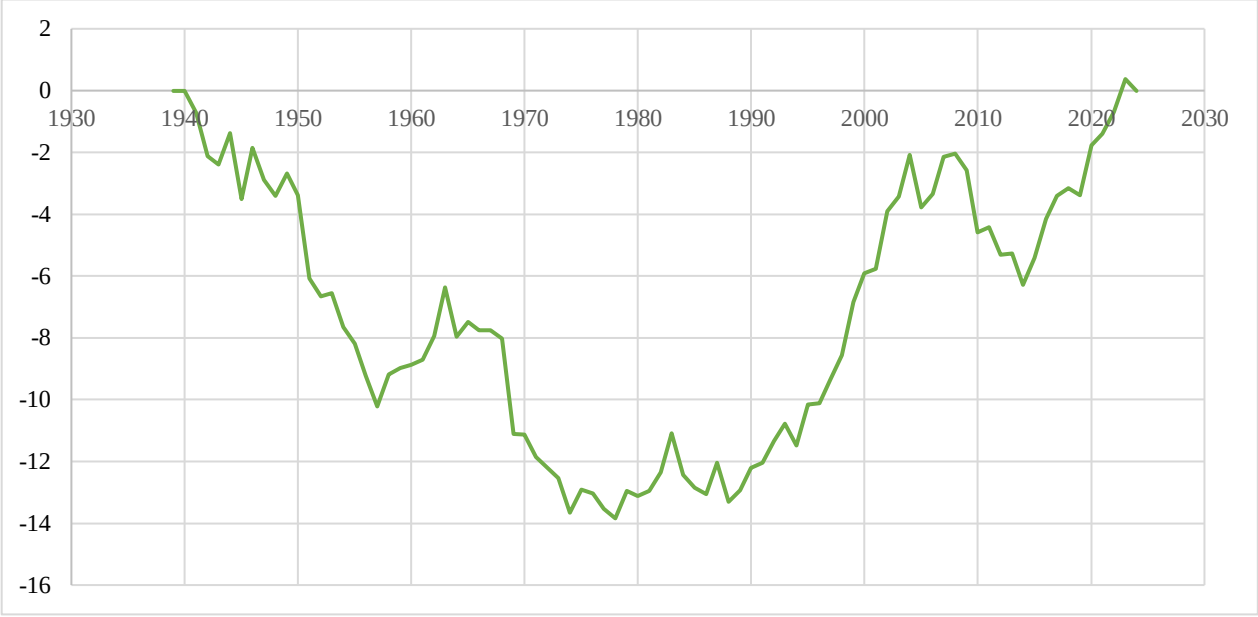


Рисунок Г.2 – Интегральная кривая температуры за февраль

Приложение Г

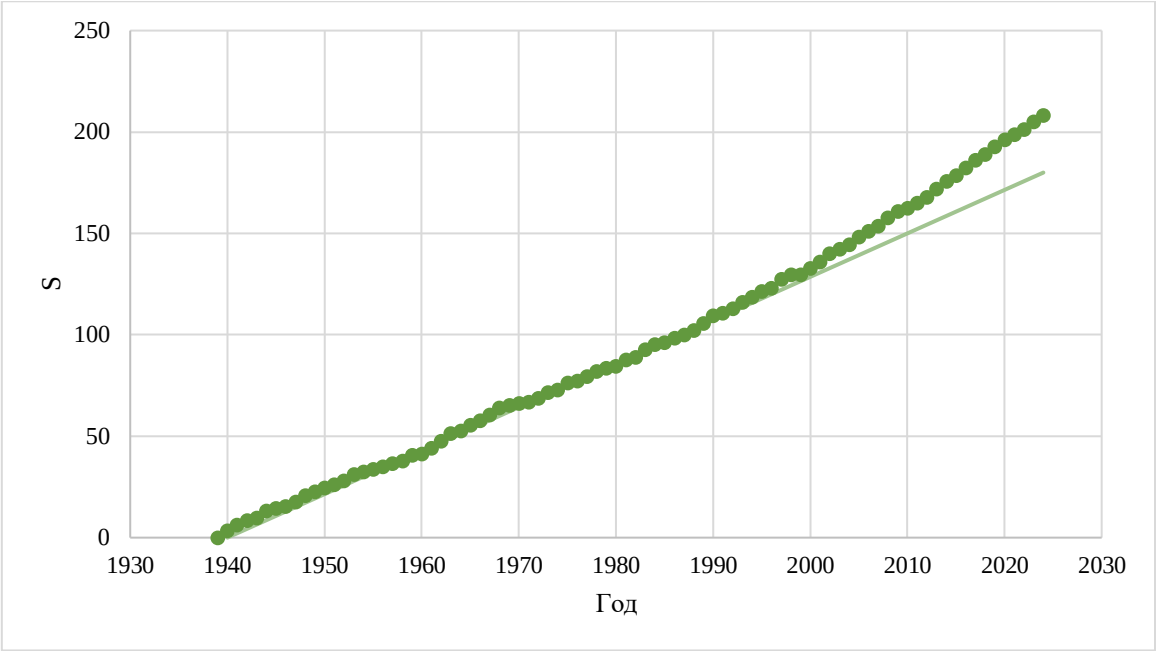


Рисунок Г.3 – Суммарная кривая температуры за март

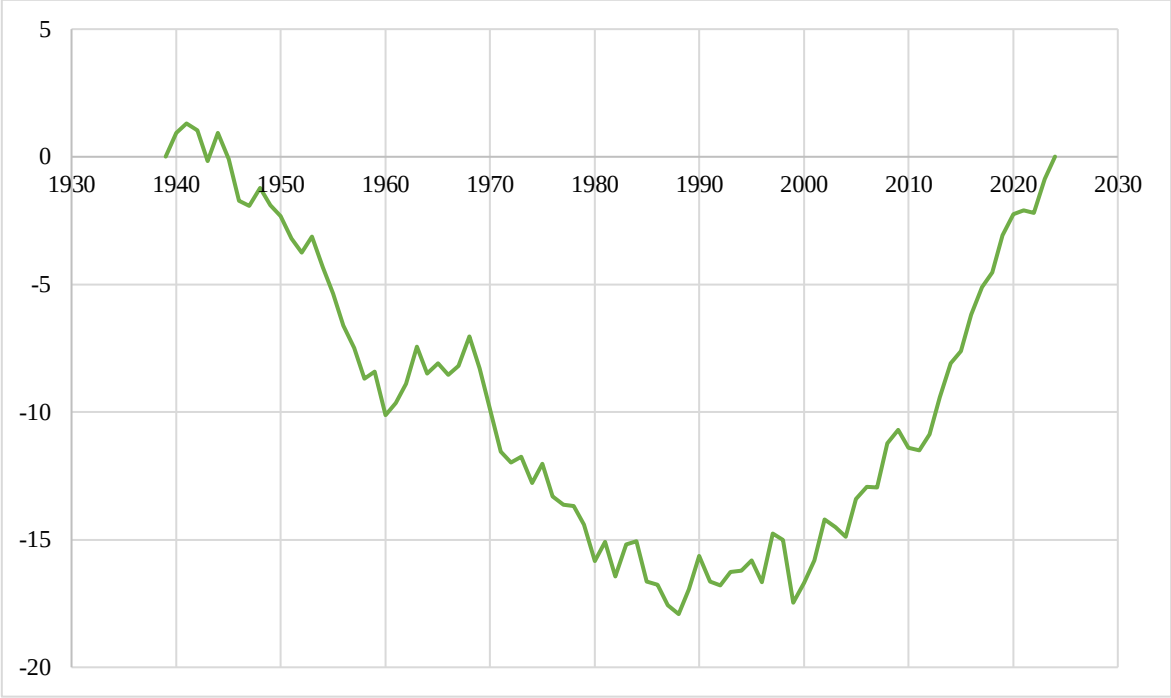


Рисунок Г.4 – Интегральная кривая температуры за март

Приложение Г

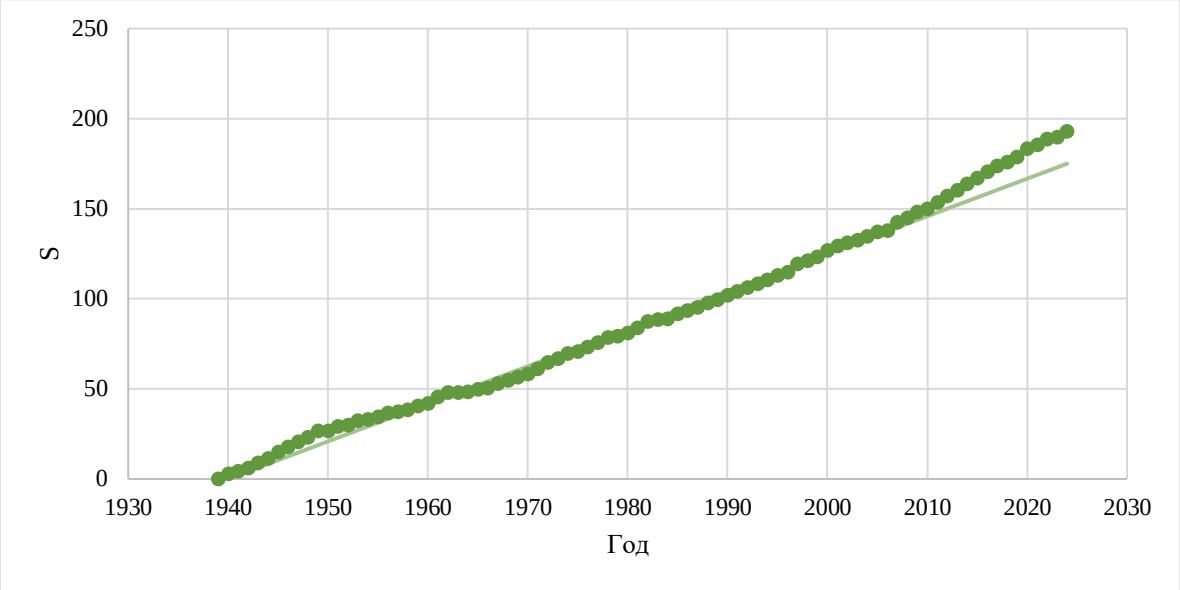


Рисунок Г.5 – Суммарная кривая температуры за апрель

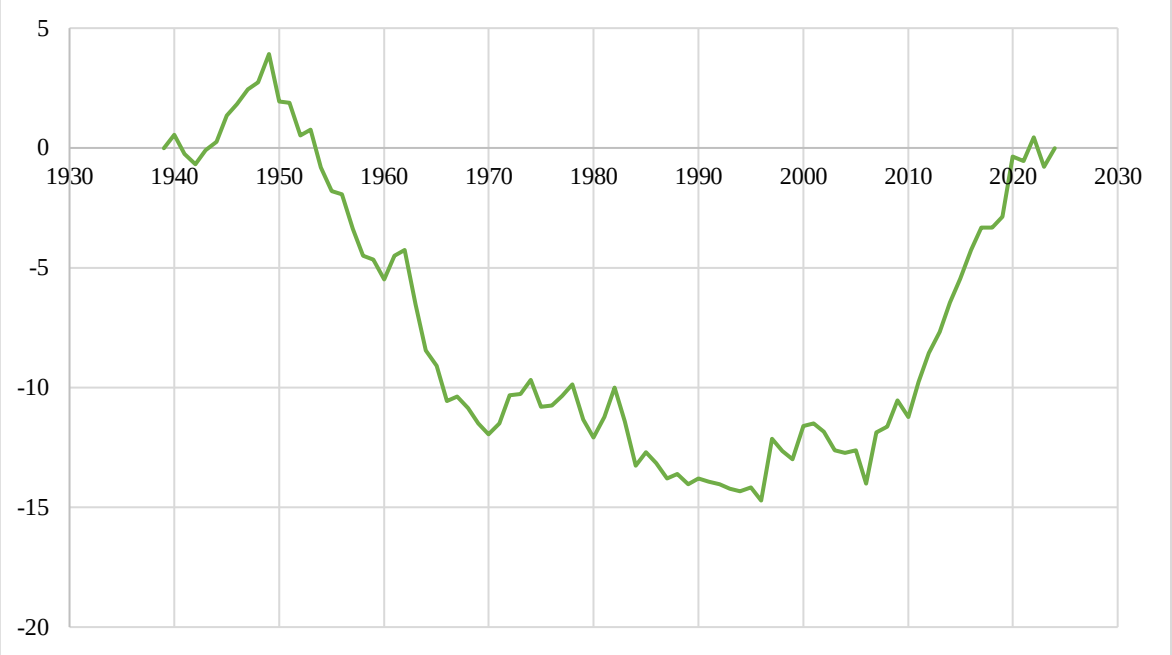


Рисунок Г.6 – Интегральная кривая температуры за апрель

Приложение Г

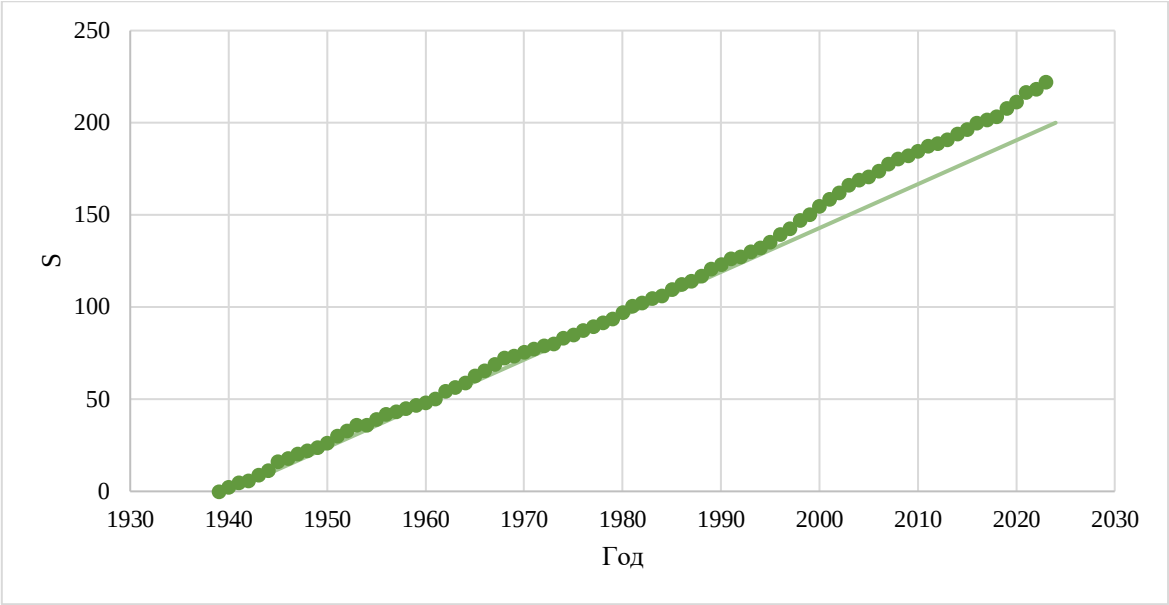


Рисунок Г.7 – Суммарная кривая температуры за май

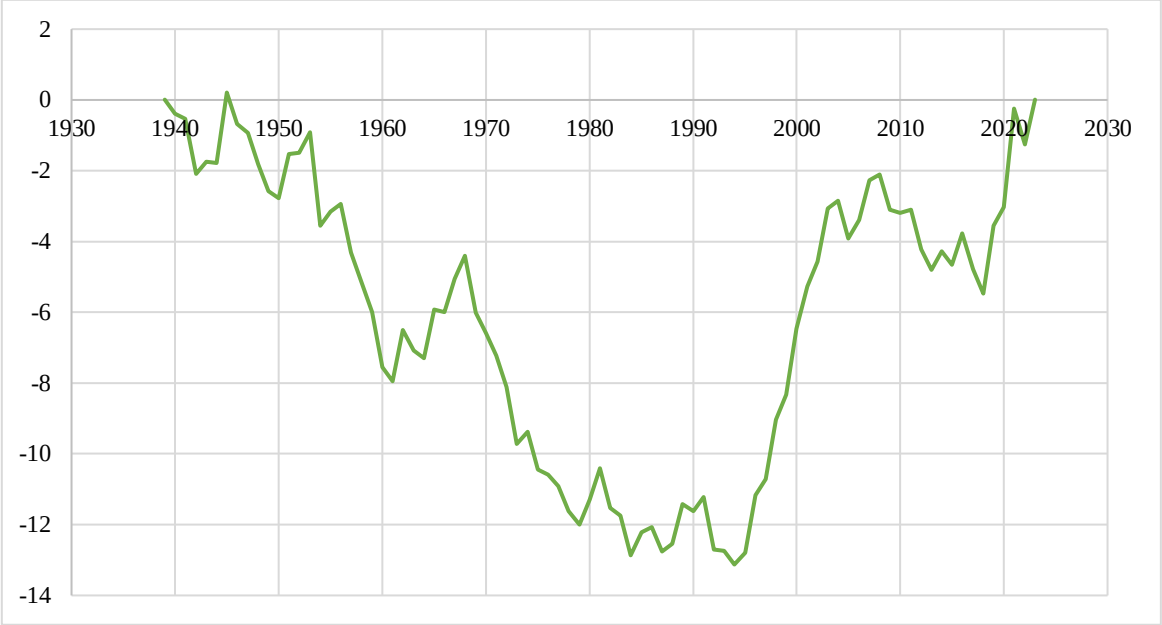


Рисунок Г.8 – Интегральная кривая температуры за май

Приложение Г

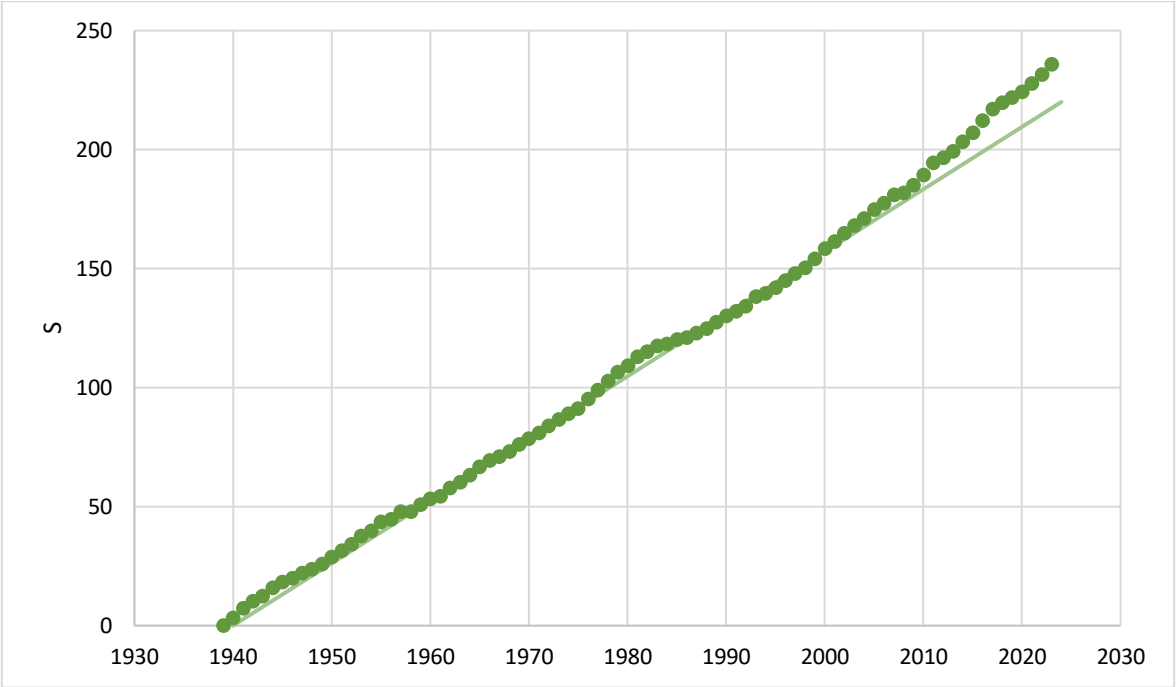


Рисунок Г.9 – Суммарная кривая температуры за июнь

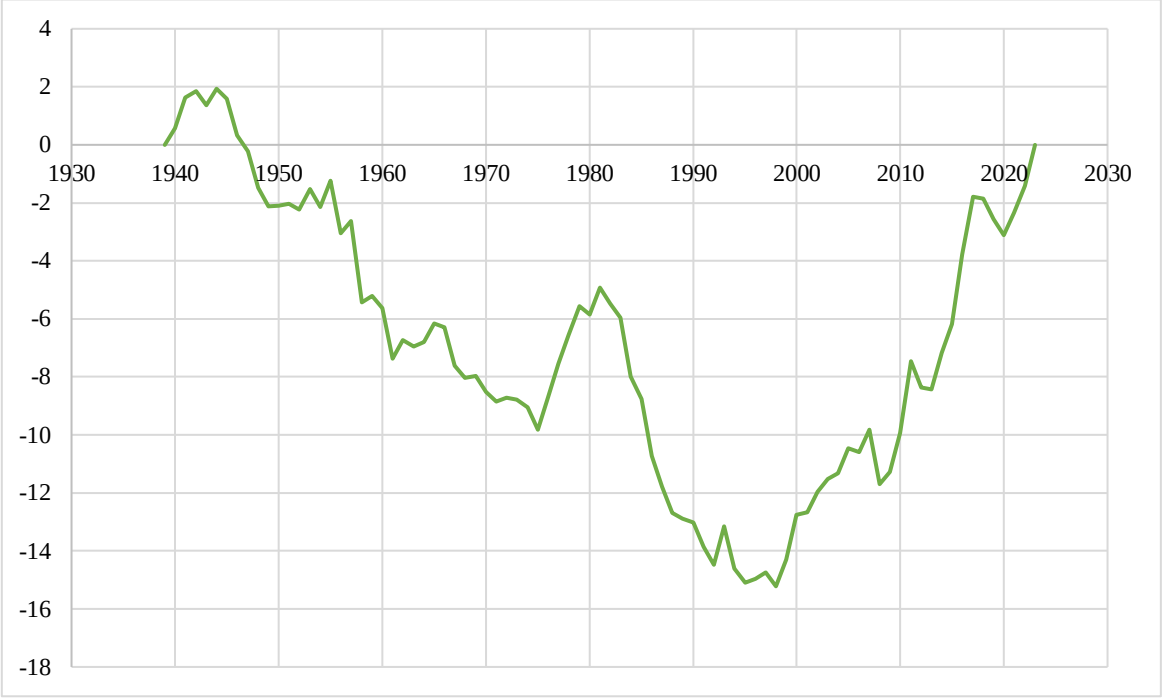


Рисунок Г.10 – Интегральная кривая температуры за июнь

Приложение Г

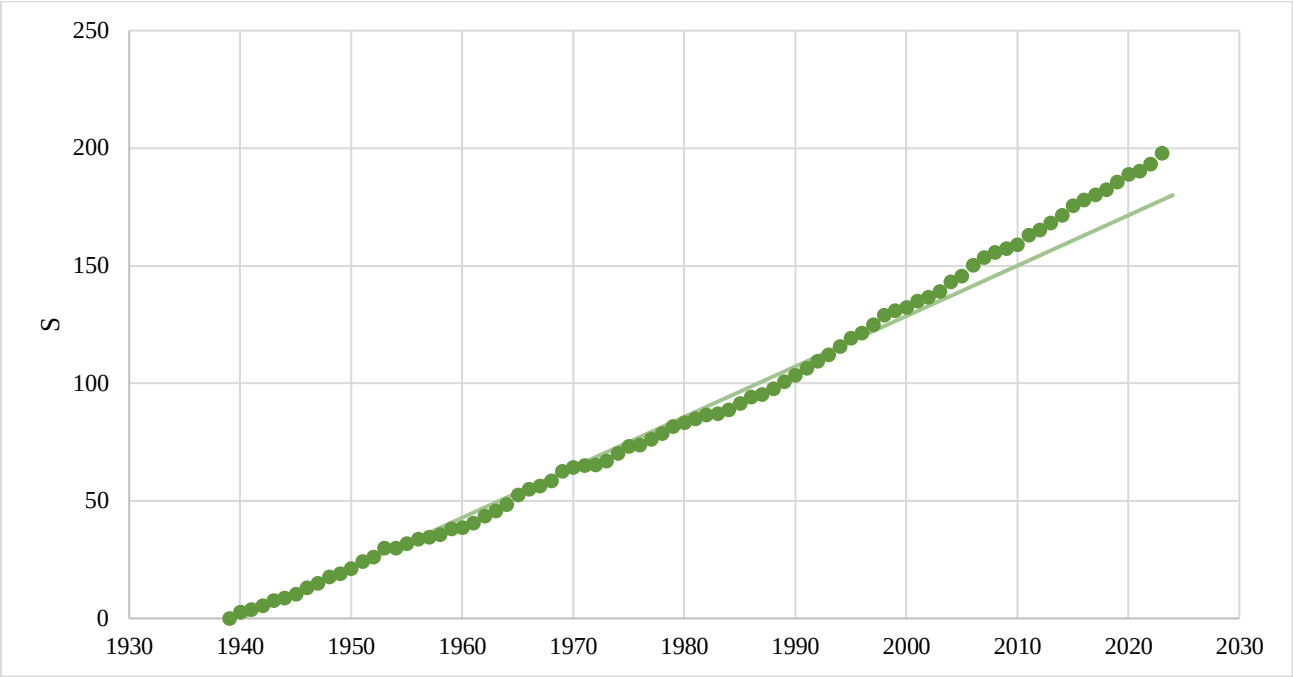


Рисунок Г.11 – Суммарная кривая температуры за июль

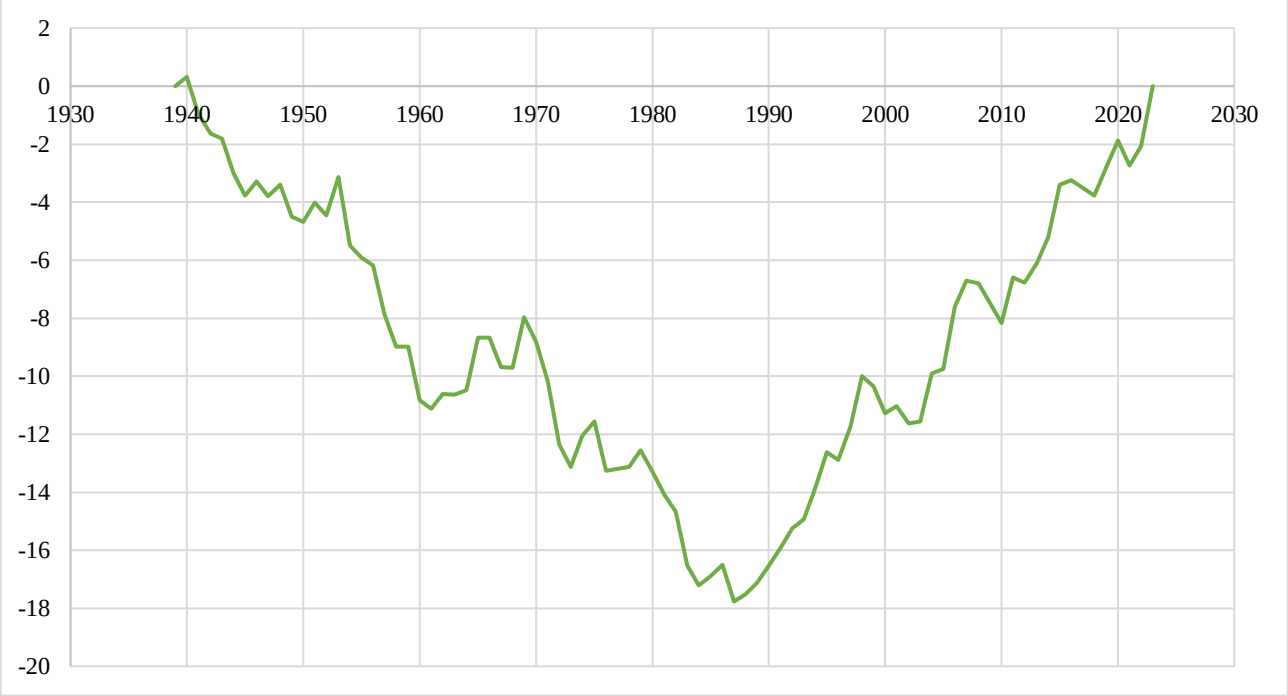


Рисунок Г.12 – Интегральная кривая температуры за июль

Приложение Г

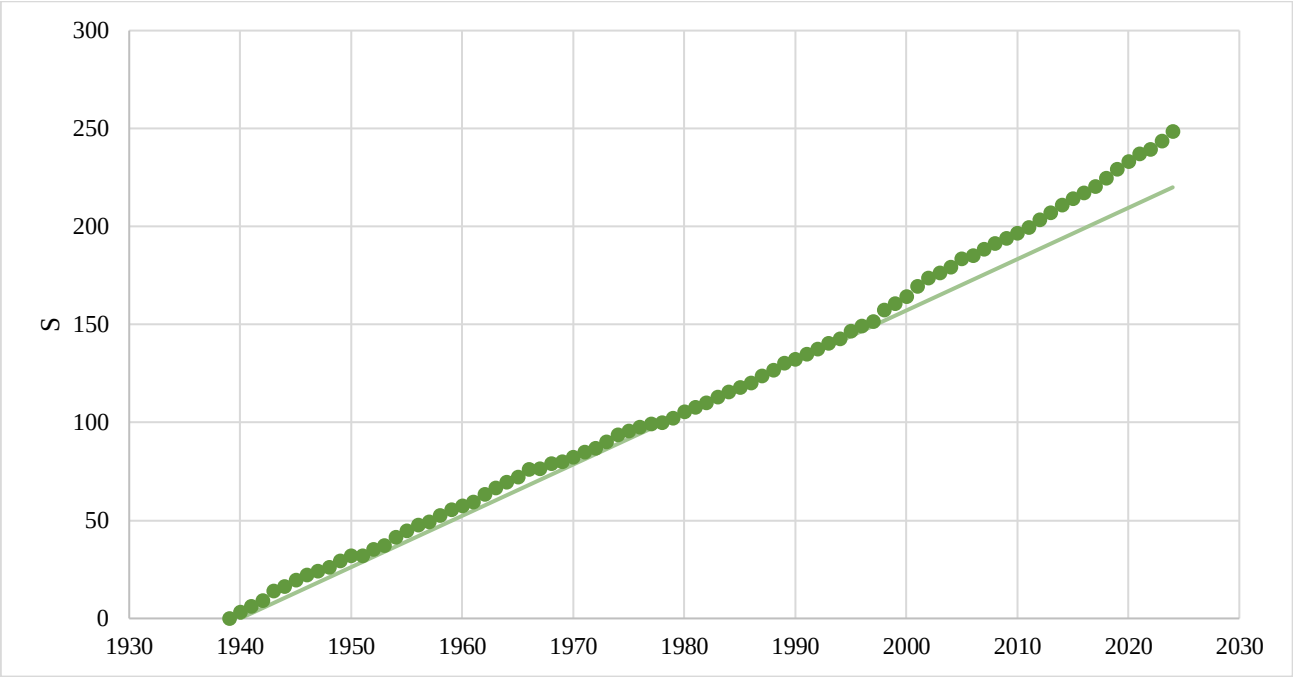


Рисунок Г.13 – Суммарная кривая температуры за август

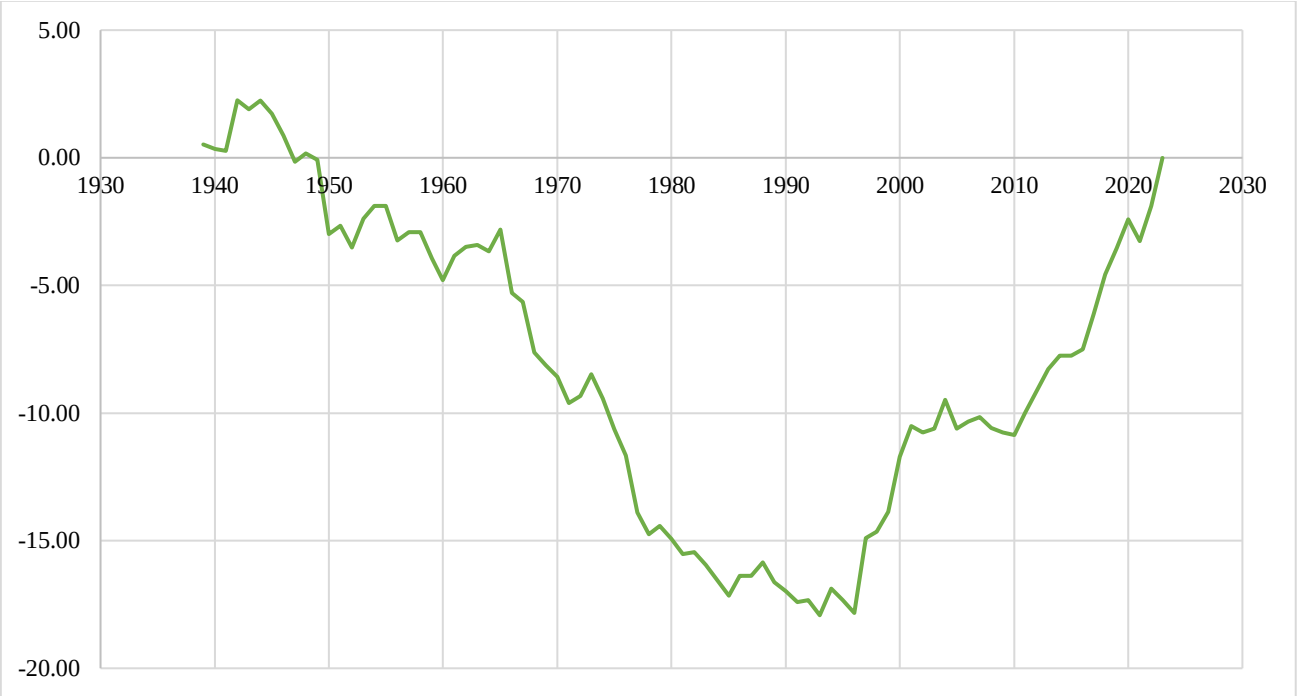


Рисунок Г.14 – Интегральная кривая температуры за август

Приложение Г

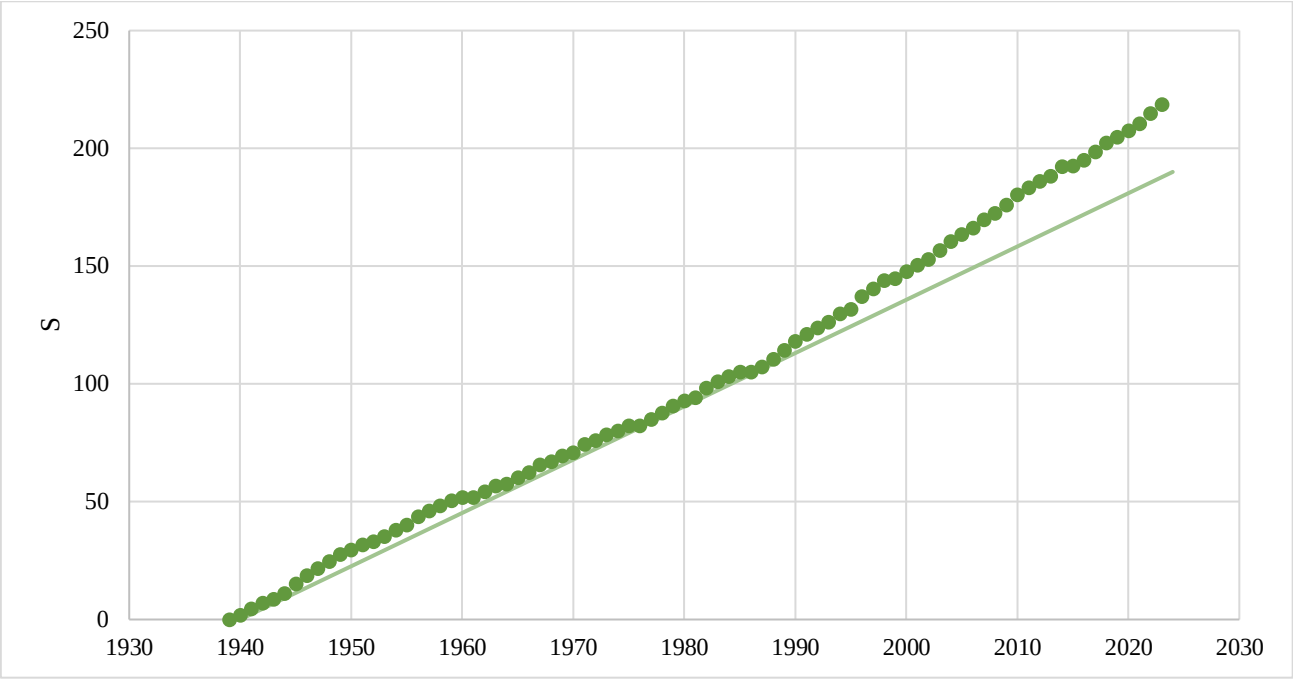


Рисунок Г.15 – Суммарная кривая температуры за октябрь

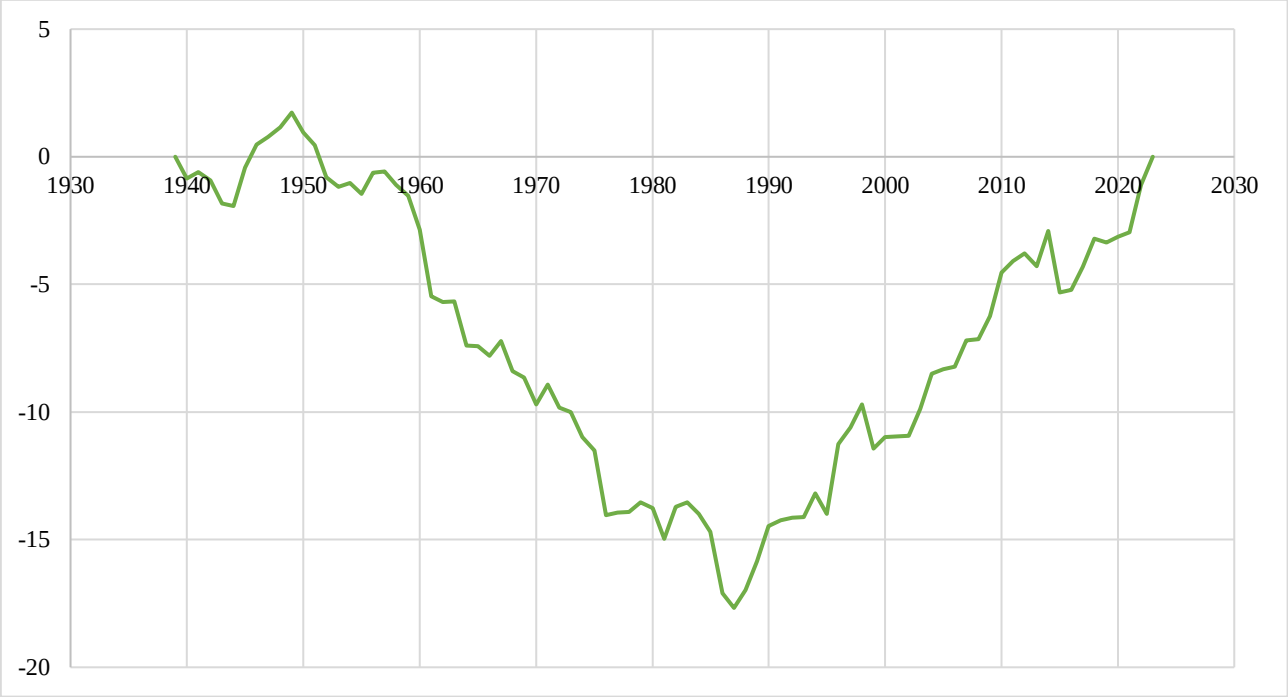


Рисунок Г.16 – Интегральная кривая температуры за октябрь

Приложение Г

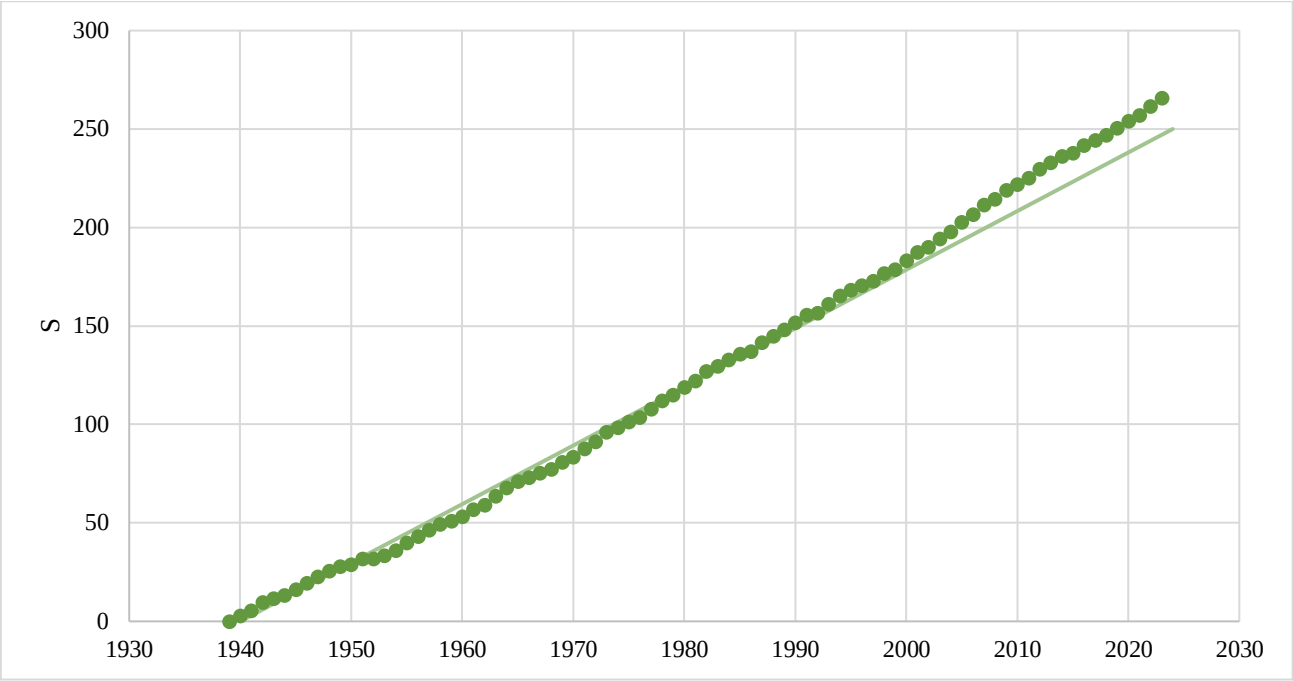


Рисунок Г.17 – Суммарная кривая температуры за ноябрь

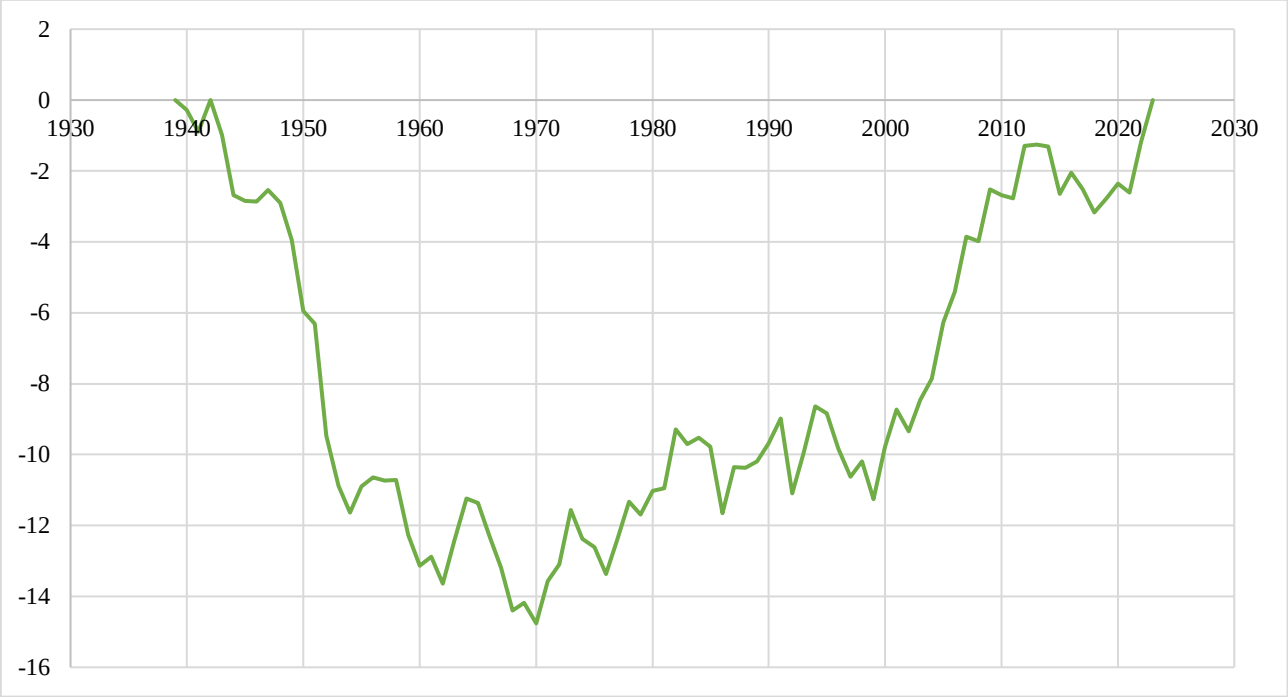


Рисунок Г.18 – Интегральная кривая температуры за ноябрь

Приложение Г

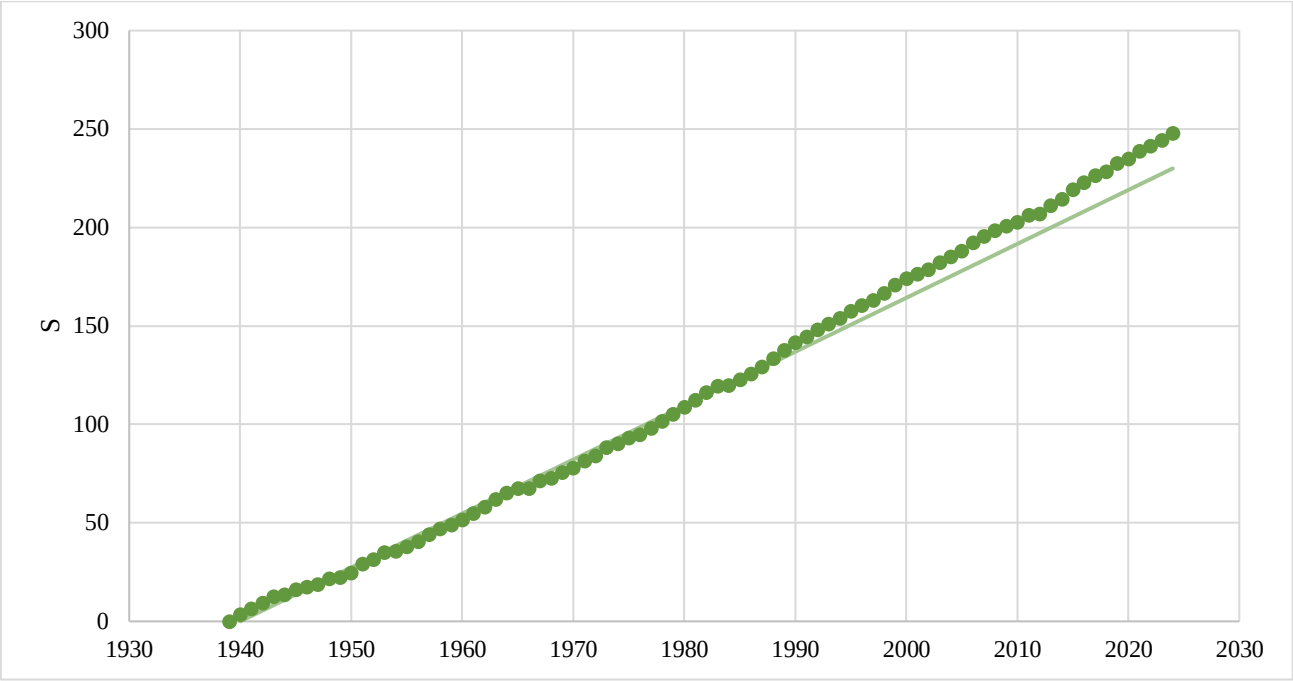


Рисунок Г.19 – Суммарная кривая температуры за декабрь

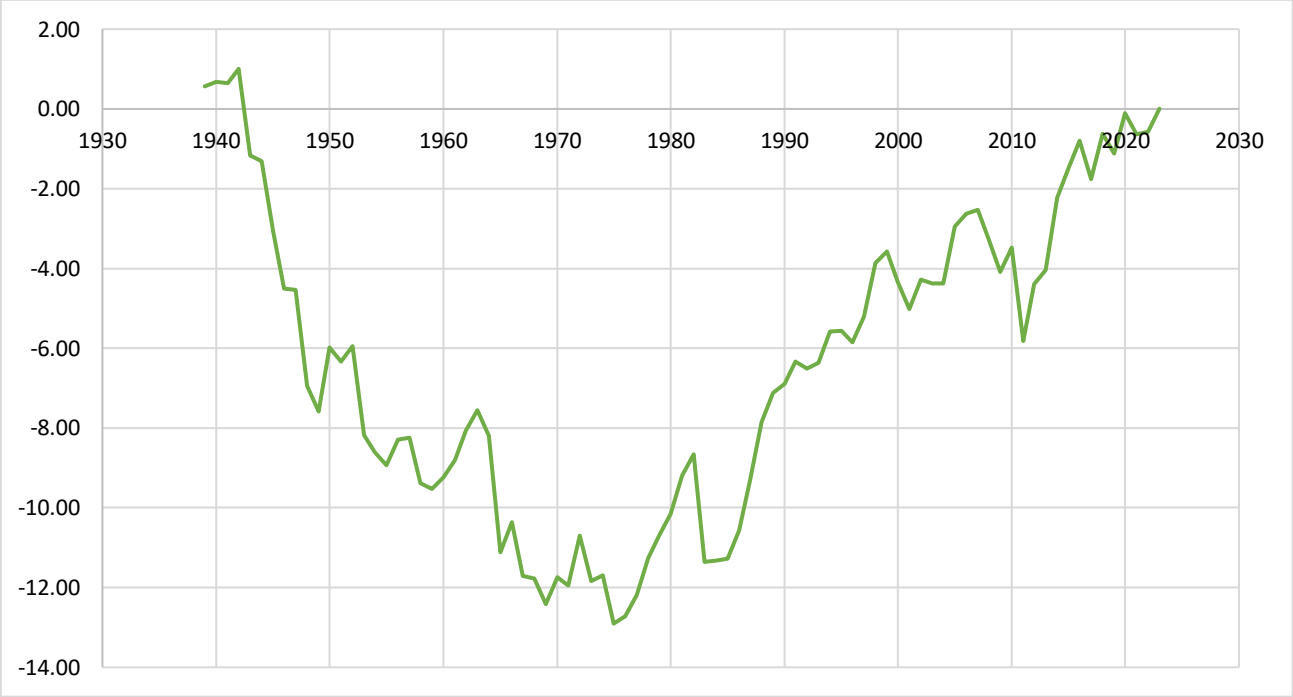


Рисунок Г.20 – Интегральная кривая температуры за декабрь

Приложение Г

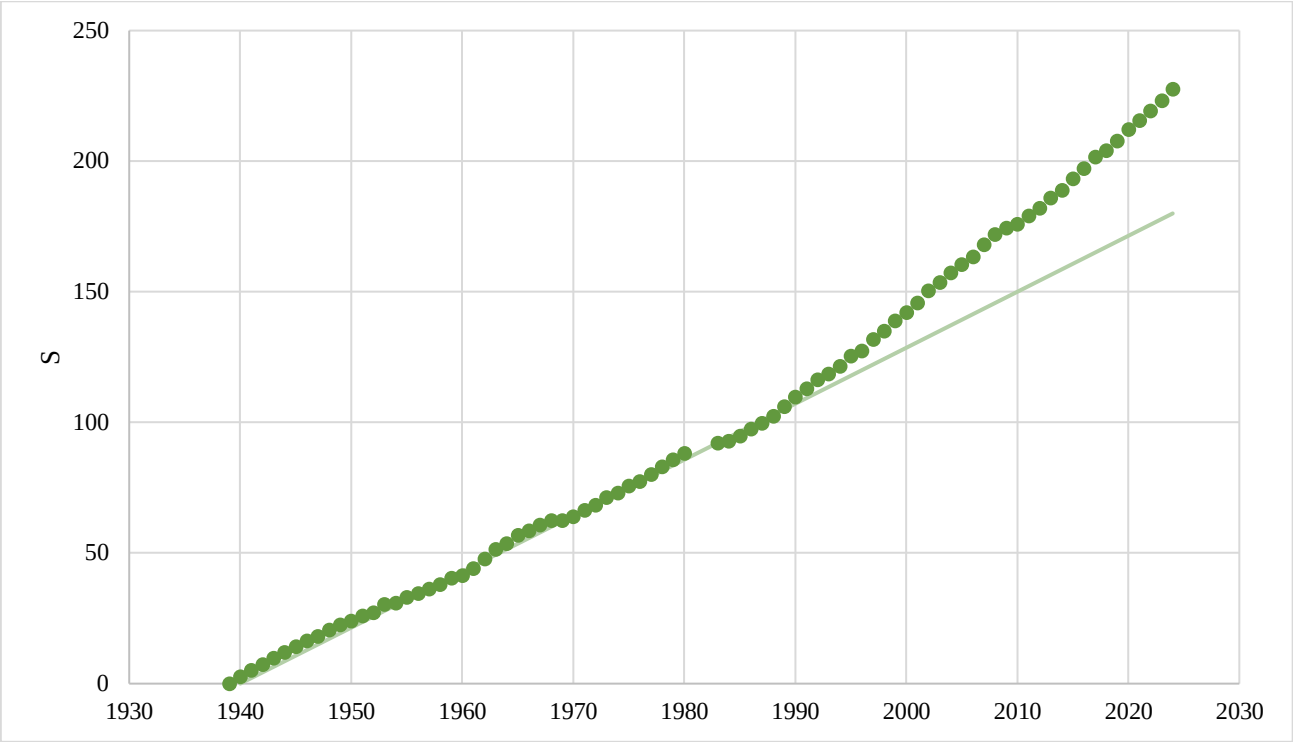


Рисунок Г.20 – Суммарная кривая среднегодовых температур

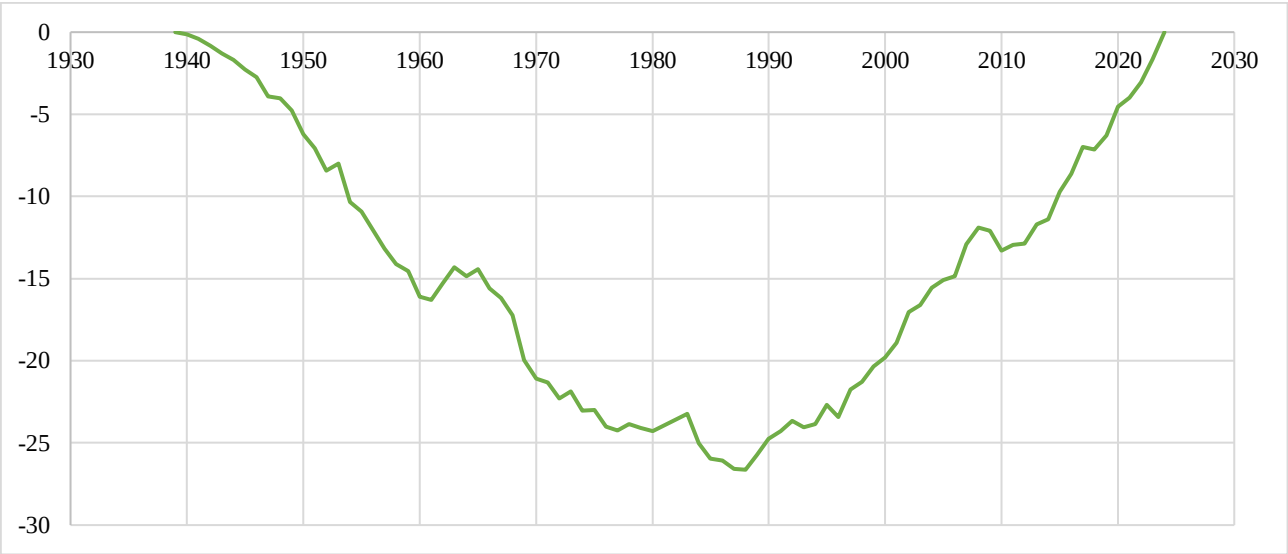


Рисунок Г.21 – Интегральная кривая среднегодовых температур

Приложение Г

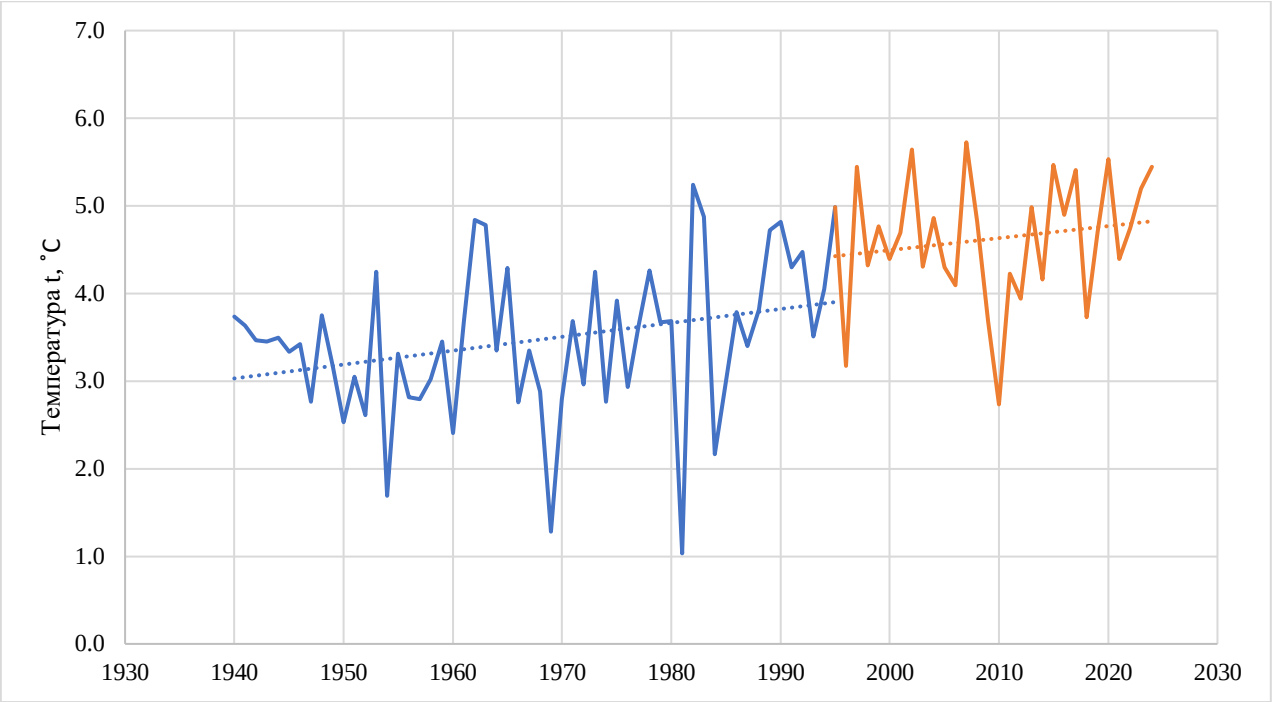


Рисунок Г.22 – Хронологический график среднегодовых температур