



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

Кафедра инженерной гидрологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

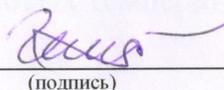
На тему **Оценка водных ресурсов при
изменении климата на антропогенно-
нагруженных территориях**

Исполнитель Семенова Екатерина Константиновна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель Кандидат технических наук, доцент
(ученая степень, ученое звание)

Девятов Владимир Сергеевич
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой



(подпись)

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

Гайдукова Екатерина Владимировна
(фамилия, имя, отчество)

«27» мая 2025 г.

Санкт-Петербург
2025

Содержание

	Стр.
Ведение.....	3
1 Характеристика антропогенно-нагруженных территорий по условиям формирования стока.....	5
2 Методы оценки водных ресурсов при изменении климата.....	7
2.1 Вероятностный метод (РГГМУ).....	7
2.2 Водно-балансовый метод (ГГИ).....	8
2.3 Обоснованный выбор метода для исследования.....	9
3 Формирование базы данных для исследования.....	10
3.1 Гидрометеорологическая информация.....	10
3.2 Климатические сценарии.....	31
4 Метод оценки водных ресурсов для антропогенно-нагруженных территорий при изменении климата.....	34
4.1 Адаптация метода к антропогенно-нагруженным территориям..	36
4.2 Результаты апробации метода.....	36
Заключение.....	40
Список используемых источников.....	41
Приложение А – Хронологические графики расходов воды.....	44
Приложение Б – Расчет параметра $Cv_{пр}$	51
Приложение В – Расчет ожидаемых значений характеристик, рассчитанных вероятностным методом (РГГМУ).....	61
Приложение Г – Результаты ожидаемого изменения сумм годовых осадков и среднегодовых температур на 2050 год.....	82

ВВЕДЕНИЕ

На фоне нарастающего глобального изменения климата и усиления антропогенной нагрузки на окружающую среду вопрос устойчивого управления водными ресурсами приобретает ключевое значение. Изменения климата – такие как рост среднегодовых температур, изменение режима осадков, увеличение частоты и интенсивности экстремальных погодных явлений – оказывают существенное влияние на водный режим территорий. Особенно уязвимыми в этом контексте становятся регионы с высокой антропогенной нагрузкой, где водные ресурсы уже находятся под давлением из-за урбанизации, промышленной деятельности, сельского хозяйства и загрязнения.

Осуществление комплексной оценки состояния водных ресурсов в подобных условиях необходимо для эффективного планирования в области водопользования, планирования водохозяйственной деятельности и адаптации к климатическим рискам. Без адекватной оценки и прогноза изменений водного баланса невозможно обеспечить устойчивое развитие территорий, минимизировать риски водного дефицита и ухудшения качества жизни населения.

Кроме того, в условиях международных обязательств по снижению воздействий на климат, тема оценки водных ресурсов приобретает междисциплинарный и стратегический характер. Таким образом, данная тема является важной как для научного анализа, так и для разработки практических решений в области рационального водопользования.

В связи с вышеизложенным, целью исследования является оценка водных ресурсов на антропогенно-нагруженной территории и прогноз изменения этих ресурсов, которые находятся под влиянием изменяющегося климата.

Для достижения цели исследования необходимо решить следующие задачи:

- а) выбрать метод оценки водных ресурсов при изменении климата;
- б) сформировать базу данных для исследования;
- в) произвести расчет с помощью метода оценки водных ресурсов для антропогенно-нагруженных территорий при изменении климата;
- г) адаптировать метод к антропогенно-нагруженным территориям;
- д) оценить ожидаемое изменение водных ресурсов на антропогенно-нагруженных территориях под влиянием глобального потепления на 2050 год.

1 Характеристика антропогенно-нагруженных территорий по условиям формирования стока

Города и сельскохозяйственные территории играют важную роль в гидрологических процессах, особенно учитывая стремительные темпы их роста. Необходимость исследования данной проблемы обусловлена тем, что в будущем, на фоне роста городов, наблюдаемые изменения водного режима и веществ, транспортируемых водой, будут только усиливаться [1].

Антропогенно-нагруженные территории представляют собой зоны, на которых природные условия существенно трансформированы в результате деятельности человека [2]. На таких территориях водные ресурсы в меньшей степени подчиняются привычным природным закономерностям. Поверхностный сток формируется под воздействием факторов, зависящих от технических решений, принятых в процессе эксплуатации территории и градостроительства. Происходит нарушение процессов естественного формирования стока в условиях строительства транспортной и жилой инфраструктуры, интенсивного освоения ландшафта.

Во многих случаях на таких участках осуществляется прямое управление водными ресурсами – они распределяются в зависимости от нужд инфраструктуры и режима водопользования. Тем не менее, несмотря на внешнюю управляемость, гидрологический режим антропогенно-нагруженных территорий крайне трудно поддается точному моделированию и прогнозированию. Главная причина этого заключается в том, что вклад антропогенного воздействия часто невозможно учесть в полной мере.

В условиях, когда влияние человека становится переменной с неустойчивыми характеристиками, сама структура гидрологической модели теряет устойчивость. Антропогенный фактор выступает как неизвестная переменная, которая может зависеть, в том числе и от самого водного режима – например, от объема осадков. Эта непредсказуемость поведения системы

делает невозможным точный расчет объемов и направлений стока на таких территориях.

Таким образом, при анализе территорий с высокой степенью антропогенной нагрузки нельзя использовать только традиционные методы оценки стока, основанные на природных факторах. Необходим комплексный подход, в котором антропогенная составляющая рассматривается как сложно предсказуемая характеристика, оказывающая значительное влияние на гидрологическую систему.

2 Методы оценки водных ресурсов при изменении климата

2.1 Вероятностный метод (РГГМУ)

Формула (1) [3] – уравнение Фоккера-Планка-Колмогорова (ФПК), которое описывает марковскую эволюцию плотности вероятности $p(Q;t)$:

$$\frac{\partial p(Q;t)}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial Q} (A(Q;t)p(Q;t)) + 0,5 \frac{\partial^2}{\partial Q^2} (A(Q;t)p(Q;t)), \quad (1)$$

где A и B – коэффициенты сноса и диффузии, определяющиеся физико-статистическими параметрами.

Из-за коротких рядов наблюдений в практической гидрологии ограничиваются 3 – 4 моментами вероятностных распределений, тогда уравнение (1) аппроксимируется (2) [3] системой дифференциальных уравнений для начальных моментов m_i :

$$\begin{aligned} \frac{dm_1}{dt} &= -(\bar{c} - 0,5G_{\bar{c}})m_1 - 0,5G_{\bar{c}\bar{N}} + \bar{N}; \\ \frac{dm_2}{dt} &= -2(\bar{c} - G_{\bar{c}})m_2 + 2\bar{N}m_1 - 3G_{\bar{c}\bar{N}}m_1 + G_{\bar{N}}; \\ \frac{dm_3}{dt} &= -3(\bar{c} - 1,5G_{\bar{c}})m_3 + 3\bar{N}m_2 - 7,5G_{\bar{c}\bar{N}}m_2 + 3G_{\bar{N}}m_1; \\ \frac{dm_4}{dt} &= -4(\bar{c} - 2G_{\bar{c}})m_4 + 4\bar{N}m_3 - 14G_{\bar{c}\bar{N}}m_3 + 6G_{\bar{N}}m_2. \end{aligned} \quad (2)$$

Этой системы уравнений достаточно для определения всех расчетных гидрологических характеристик: нормы $\bar{Q} = m_1$, коэффициентов вариации $Cv = f(m_1, m_2)$ и асимметрии $Cs = f(m_1, m_2, m_3)$.

Решение прогностической задачи разбивается на два этапа: по имеющимся норме стока, коэффициентам вариации и асимметрии находим

значения моментов m_i и по ним вычисляем $\bar{c}, \bar{N}, G_{\bar{c}}, G_{\bar{N}}, G_{\bar{c}\bar{N}}$, а затем, меняя (в соответствии с климатическим сценарием) значения $c(\dot{X}, T)$ и $N(\dot{X})$, находим прогнозные значения моментов $m_i^{\text{пр}}$. По ним вычисляем прогнозные расчетные характеристики, строим прогнозные распределения $p^{\text{пр}}(Q)$ и находим обеспеченные значения $Q_{p\%}^{\text{пр}}$, отличающиеся от фактических учетом климатических изменений за период эксплуатации проектируемого сооружения [3].

На практике четвертый момент не используется. Для третьего момента неустойчивость возникает при $G_{\bar{c}}/\bar{c}=0,67$, что прослеживается почти на половине территории России. Климатические сценарии носят квазистационарный характер, т.е. можно считать, что $\frac{dm_i}{dt} \approx 0$. Таким образом, система (2) сводится к двум алгебраическим уравнениям для первого и второго момента, в которых присутствует только $a = 2\bar{N}/2\bar{c}$ и $b_0 = -G_{\bar{N}}/2\bar{c}$. Рассматривая систему (2) в полном объеме, приходится замораживать три параметра, характеризующих интенсивности шумов ($G_{\bar{c}}, G_{\bar{N}}, G_{\bar{c}\bar{N}}$). В случае сделанных допущений – только один $G_{\bar{N}}^{\text{пр}}=G_{\bar{N}}$ [3].

2.2 Водно-балансовый метод (ГГИ)

Понимание роли элементов водного баланса в изучении речного режима возникло более 300 лет назад, когда Пьер Перро сравнил сток реки Сены с количеством осадков и сделал вывод, что река выносит меньше воды, чем выпадает на ее бассейн. Его идеи, подтвержденные Мариоттом и Дальтоном, стали основой научного подхода к изучению водного баланса, активно развивавшегося в последующие века.

В 1896 году австрийский ученый А. Пенко обобщил данные исследований, впервые представив математическую связь между осадками P , речным стоком Y и испарением E в виде уравнения (3) [4]:

$$P = Y + E. \quad (3)$$

Позднее Е.В. Оппоков отметил, что это уравнение применимо лишь при анализе за длительный период. Для конкретных отрезков (год, сезон, месяц) необходимо учитывать изменение водных запасов в бассейне ΔU , что дает уточненную формулу (4) [4]:

$$P = Y + E \pm \Delta U. \quad (4)$$

Применение этих уравнений позволило накопить ценные данные об осадках, стоке, испарении и изменениях водных ресурсов по отдельным бассейнам [4].

2.3 Обоснованный выбор метода для исследования

Для дальнейшего исследования предпочтительнее вероятностный метод (РГГМУ), поскольку данный метод учитывает больше параметров, чем водно-балансовый метод (ГГИ). Также вероятностный метод учитывает и случайную составляющую, что делает данный метод наиболее подходящим для дальнейшей работы.

3 Формирование базы данных для исследования

3.1 Гидрометеорологическая информация

Зеравшан – значимая река Центральной Азии. В последние годы на водосбор этой реки усилилось влияние человеческой деятельности. Широкомасштабное использование воды в аграрных целях, рост водозабора для ирригационных систем, а также загрязнение сбросами из населенных пунктов и предприятий приводят к сокращению водных ресурсов. Эта проблема ставит под сомнение устойчивое развитие региона и сохранность экосистемы Зеравшана.

Основная информация о реке Зеравшан

Зеравшан является трансграничной рекой между республиками Узбекистан и Таджикистан. В данном исследовании рассматривается водосбор р. Зеравшан именно на территории Узбекистана.

Основные особенности рельефа

Реки, входящие в бассейн Зеравшана, протекают по узким и глубоко врезанным долинам. Левые притоки – Фандарья, Ягноб и Магияндарья – рассекли Зарафшанский хребет, образовав четыре отдельные орографические зоны. Южный склон хребта отличается крутизной и почти отвесными участками, резко переходящими в приподнятую долину Ягноба, которая служит естественной границей между Зарафшанским и Гиссарским хребтами.

На востоке, в районе Матчинского перевала, Зарафшанский хребет соединяется с Алайским и Туркестанским хребтами.

Гиссарский хребет, начинающийся в восточной части Зарафшанского, имеет более скромные высоты по сравнению с Туркестанским и

Зарафшанским хребтами. Самые высокие отметки, достигающие около 5 км, находятся в восточном сегменте этого горного массива [5].

Гидрологические характеристики

Река Зеравшан формируется в результате слияния двух рек – Матча, которую иногда именуют Верхним Зеравшаном, и реки Фандарья. Исток Матчи находится в одном из крупнейших ледников Среднеазиатского региона – Зеравшанском леднике. В свою очередь, Фандарья начинается в высокогорном озере Искандеркуль. Свое течение Зеравшан завершает, впадая в озеро Денгизкуль, расположенное примерно в 25 км от русла Амударьи [6].



Рисунок 1 – Карта водосбора реки Зеравшан.

До 1957 года площадь водосборного бассейна реки Зеравшан составляла 131000 км², однако в настоящее время она сократилась до 41860 км². Длина самой реки достигает 887 километров [7].

Питание Зеравшана происходит за счет таяния снегов и ледников. Половодье начинается во второй декаде апреля, достигая своего максимума в июле. С августа начинается снижение уровня воды, которое продолжается до марта, в течение этого времени фиксируются самые низкие расходы воды [6].

Почвенный покров

Почвенный покров водосбора р. Зеравшан включает в себя:

Горные коричневые типичные почвы формируются в условия увлажненного и прохладного климата горных районов, на высотах от 1800 до 2700 м над уровнем моря. Эти почвы развиваются под кустарниково-древесной растительностью и плотным травяным покровом.

В настоящее время основное назначение этих почв – использование под летние пастбища.

В пределах долины р. Зеравшан, особенно в низинной части Пенджикентского района формируются почвы сероземного пояса, охватывающие предгорные равнины, подножия гор и невысокие хребты. Одна из ключевых особенностей типичных сероземов – четкое разграничение между верхним гумусовым горизонтом и подстилающим карбонатным слоем. Благодаря высокой плодородности и возможности быстрой реабилитации, сероземные почвы считаются одними из наиболее ценных сельскохозяйственных ресурсов бассейна Зеравшана [5].

Растительный покров

Для водосбора р. Зеравшан преобладающим растительным покров являются – изреженная растительность полупустынных зон и густой травяной покров, субальпийские и альпийские луга [5].

Гляциологическая обстановка бассейна р. Зеравшан на территории Узбекистана в настоящее время

На территории Узбекистана в бассейне реки Зеравшан находятся следующие ледники [8]:

Шахисафед – площадь около 14 квадратных километров, высота от 3000 до 4600 метров над уровнем моря;

Ахун – площадь около 5 квадратных километров, высота от 3560 до 5200 метров над уровнем моря;

Назар-Айлык-2 – площадь около 10 квадратных километров, высота от 3320 до 5000 метров над уровнем моря;

Рог – площадь около 5 квадратных километров, высота от 3040 до 4300 метров над уровнем моря;

Паран – площадь около 9 квадратных километров, высота от 3280 до 4400 метров над уровнем моря.

Данные ледники расположены на Зеравшанском хребте, который частично находится на территории Узбекистана (западная часть хребта – в Самаркандской и Кашкадарьинской областях, центральная и западные части – в Согдийской области) [8].

Использование водных ресурсов реки

Узбекистан использует свыше 95% водных ресурсов р. Зеравшан, тогда как на долю Таджикистана приходится примерно 5% от общего объема водозабора [9].

На территории Республики Узбекистан воды реки Зеравшан практически полностью используются для нужд орошения. Благодаря этому обеспечивается водоснабжение сельскохозяйственных угодий в следующих регионах: Самаркандская область – 376 373 гектаров, Жиззахская – 48 325 гектаров, Кашкадарьинская – 43 607 гектаров и Навоййская – 91 264 гектаров [9].

Зеравшан служит ключевым источником водных ресурсов для свыше 7 миллионов жителей, и эта цифра возрастает с каждым годом. Также играет важную роль в функционировании Навоййской государственной районной электростанции и Навоййского горно-металлургического комбината [9].

С точки зрения экономики, Зеравшанская долина занимает одно из ведущих мест среди хлопководческих регионов Узбекистана. Хотя почвы здесь отличаются высокой плодородностью, возделывание хлопка по-прежнему требует значительного водоснабжения. Для получения одного килограмма сухой массы этого растения в среднем необходимо затратить от 600 до 700 литров воды. Также в число основных сельскохозяйственных культур, выращиваемых в этом районе, входят зерновые культуры и овощи [10].

Исходные данные

Основой для выполнения исследования послужили гидрометеорологические данные, полученные благодаря Самаркандскому гидрометеорологическому управлению. Наблюдения за суммой годовых осадков и среднегодовой температурой брались с 7 метеостанций, перечисленных в Таблице 1. Период наблюдений с 2000 по 2022 гг.

Таблица 1 – Метеостанции и их географические положения, находящиеся в пределах бассейна р. Зеравшан

№ м/с	Наименование	Широта, в град.	Долгота, в град.
1	2	3	4
1	Булунгур	39°45'25"	67°16'21"
2	Кушрабад	40°14'36"	66°39'5"
3	Нурабад	39°36'32"	66°17'41"
4	Окдарье	39°45'42"	66°55'20"
5	Пайарык	39°59'17"	66°50'49"
6	Самарканд	39°38'46"	66°57'29"
7	Янгиарык	41°19'45"	60°33'19"

Наблюдения за гидрологическими характеристиками водного режима проводились на 21 станции. В Таблице 2 перечислены выбранные гидрологические посты вместе с их площадью водосбора. Период наблюдения составляет с 2009 по 2023 гг.

Таблица 2 – Гидрологические посты, находящиеся в пределах бассейна р. Зеравшан

№	Наименование	$F, км^2$
1	2	3
1	р. Акдарья (Агалык), кишл. Агалык	70,9
2	р. Акдарья, протока р. Зеравшан, Ак-Карадарьинский вододелиитель	1480
3	р. Аманкутансай, кишл. Аман-Кутан	57,8
4	р. Бахмазарсай, кишл. Бахмазар	44,6
5	р. Джум – джум кишл. Джум – джум	20,4

6	р. Зеравшан (Карадарья), Ак-Карадарьинский вододелитель (Чупонатинский)	1994
7	р. Санзар, к-к Кырк	570
8	кан. Курбанобад – Голова, из р. Зеравшан	640
9	р. Караагач (Олмасаван), кишл. Мавлян	34,7
10	р. Зеравшан, г. Навои	2292
11	р. Зеравшан – Нижний бьеф Раватходжинской плотины	12300
12	кан. Левобережный (Обводной) – Голова, из кан. Даргом	1990
13	кан. Отводящий – Каттакурганского вдхр., Голова	1564
14	р. Актепасай (Пангат), кишл. Оча	43,8
15	кан. Подводящий Каттакурганского вдхр. – Устье	1660
16	кан. Правобережный (ПК-6) – Голова	1538
17	р. Ургутсай, г. Ургут	25,1
18	р. Зеравшан, кан. Фарог	218
19	кан. Центральный Мианкальский – Голова, из р. Зеравшан	955
20	кан. Чегонак – голова, из кан. Отводящего Каттакурганского вдхр.	546
21	р. Биглярсай, кишл. Янги-Акчоб	180

На рисунке 2 показана гидрологическая и метеорологическая изученность водосбора р. Зеравшан.

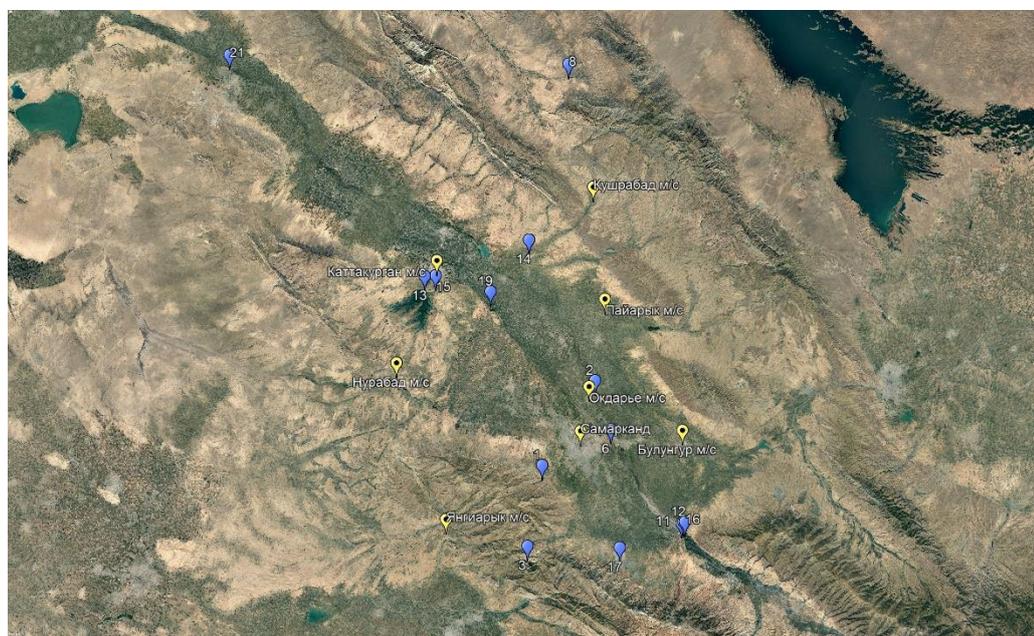


Рисунок 2 – Расположение гидрологических и метеорологических станций наблюдений р. Зеравшан.

Оценка водных ресурсов водосбора р. Зеравшан осуществляется с помощью водно-балансового метода.

Водный баланс за годовой период выражается следующим уравнением:

$$P = Y + E \pm \Delta U, \quad (5)$$

где P – осадки, мм;

Y – речной сток, мм;

E – испарение, мм;

ΔU – изменение влагозапасов в почвогрунтах, мм.

За многолетний период изменение влагозапасов в почвогрунтах ΔU стремится к нулю, и равенство (5) принимает вид:

$$P = Y + E. \quad (6)$$

Вышеупомянутые гидрологические и метеорологические данные как раз и необходимы для оценки составляющих водного баланса.

Для расчета водного баланса за многолетний период выполнены следующие действия.

1. Для каждого водосбора, перечисленного в Таблице 2, произведен выбор репрезентативной метеостанции. Для этого рассчитывался коэффициент корреляции r между рядами осадков и стока. Была выбрана та метеостанция, для которой корреляция между осадками и стоком оказалась наибольшей. Результаты показаны в Таблице 3.

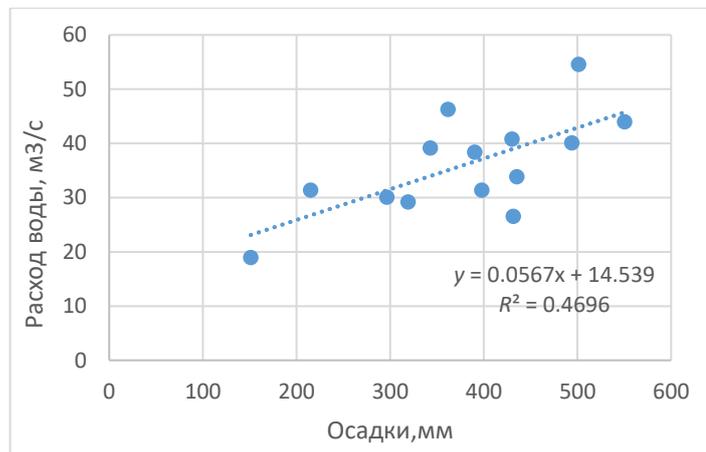


Рисунок 3 – График зависимости стока от осадков р. Зеравшан – Нижний бьеф Раватходжинской плотины, максимальная корреляция с м/с Янгиарык ($r=0,69$).

Таблица 3 – Общие характеристики речных водосборов бассейна р. Зеравшан

№	Наименование	F , км ²	Q , м ³ /с	C_v	C_s	r	М/с	P , мм	h , мм	T , °C
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	р. Акдарья (Агалык), кишл. Агалык	70,9	1,79	0,5	0,48	0,48	Кушрабад	378	791	13,8
2	р. Акдарья, протока р. Зеравшан, Ак-Карадарьинский вододелитель	1480	7,7	0,85	1,64	0,37	Самарканд	348	171	15
3	р. Аманкутансай, кишл. Аман-Кутан	57,8	0,74	0,56	2,08	0,49	Янгиарык	368	413	14,5
4	р. Бахмазарсай, кишл. Бахмазар	44,6	0,48	0,41	0,63	0,43	Самарканд	348	342	15
5	р. Джум – джум кишл. Джум – джум	20,4	0,27	0,43	0,51	0,49	Самарканд	348	426	15
6	р. Зеравшан (Карадарья), Ак-Карадарьинский вододелитель (Чупонатинский)	1994	21,2	0,29	0,73	0,42	Самарканд	348	338	15
7	р. Санзар, к-к Кырк	570	1,97	0,17	0,44	0,38	Кушрабад	378	110	13,8
8	кан. Курбанобад – Голова, из р. Зеравшан	640	1,79	0,22	-0,21	0,69	Самарканд	348	90	15
9	р. Карагач (Олмасаван), кишл. Мавлян	34,7	0,26	0,61	0,79	0,46	Самарканд	348	242	15

10	р. Зеравшан, г. Навои	2292	19,5	0,23	0,84	0,49	Самарканд	348	271	15
11	р. Зеравшан – Нижний бьеф Раватходжинской плотины	12300	36	0,25	0,19	0,69	Янгиарык	368	93	14,5
12	кан. Левобережный (Обводной) – Голова, из кан. Даргом	1990	28,7	0,18	0,88	0,50	Самарканд	348	462	15
13	кан. Отводящий – Каттакурганского вдхр., Голова	1564	16,7	0,25	0,37	0,51	Кушрабад	378	341	13,8
14	р. Актепасай (Пангат), кишл. Оча	43,8	0,21	0,68	0,44	0,53	Самарканд	348	152	15
15	кан. Подводящий Каттакурганского вдхр. – Устье	1660	26,1	0,41	0,88	0,62	Оқдаръе	356	501	14,7
16	кан. Правобережный (ПК-6) – Голова	1538	29,2	0,12	0,78	0,53	Самарканд	348	603	15
17	р. Ургутсай, г. Ургут	25,1	0,49	0,44	0,96	0,50	Самарканд	348	624	15
18	р. Зеравшан, кан. Фарог	218	0,24	0,22	-0,25	0,29	Нурабад	331	35	15,9
19	кан. Центральный Мианкальский – Голова, из р. Зеравшан	955	5,93	0,27	0,51	0,34	Самарканд	348	198	15
20	кан. Чегонак – голова, из кан. Отводящего Каттакурганского вдхр.	546	0,67	0,2	-0,32	0,57	Кушрабад	378	39	13,8
21	р. Биглярсай, кишл. Янги-Акчоб	180	0,52	0,46	0,63	0,70	Самарканд	348	93	15

2. Проанализированы совместные графики слоя стока и осадков, а также хронологические графики расходов воды с 2018 по 2022 гг. для каждого водосбора.

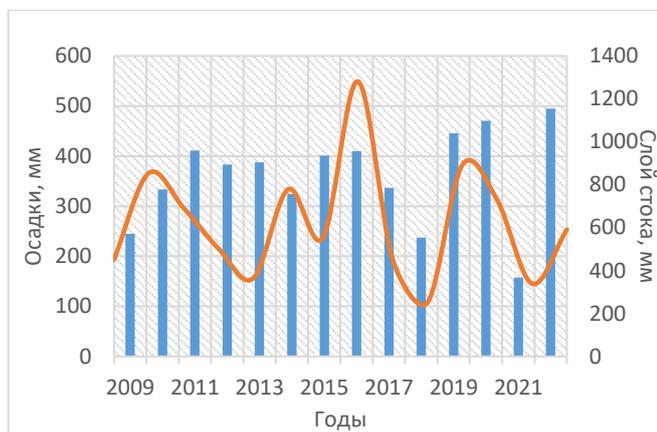


Рисунок 4 – Совместный график слоя стока и осадков р. Ургутсай, г. Ургут (оранжевая линия – слой стока, синяя гистограмма – осадки).

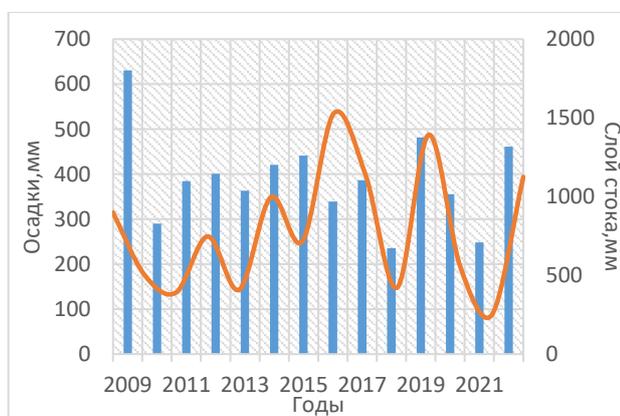


Рисунок 5 – Совместный график слоя стока и осадков р. Акдарья (Агалык), кишл. Агалык.

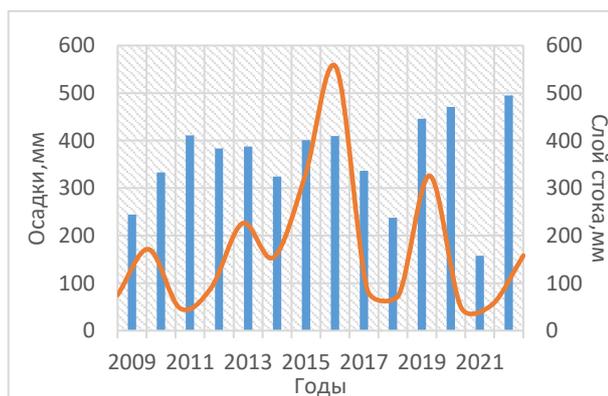


Рисунок 6 – Совместный график слоя стока и осадков р. Акдарья, протока р. Зеравшан, Ак-Карадарьинский вододелитель.

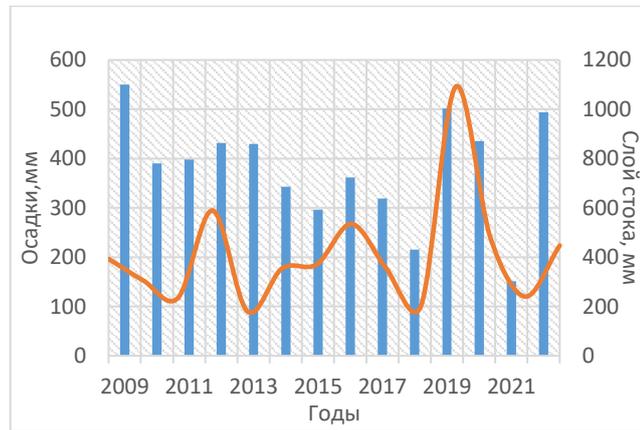


Рисунок 7 – Совместный график слоя стока и осадков р. Аманкутансай, кишл. Аман-Кутан.

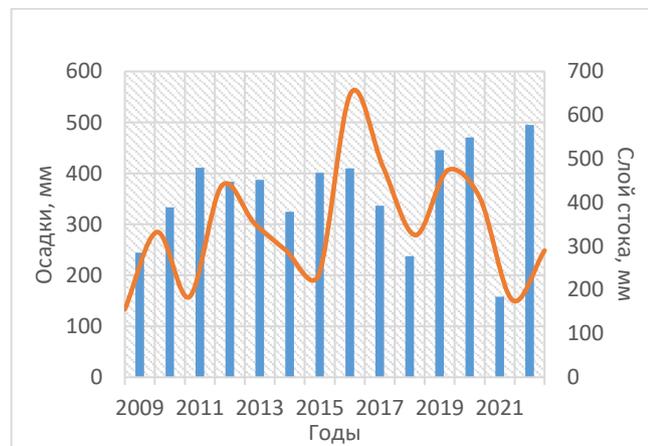


Рисунок 8 – Совместный график слоя стока и осадков р. Бахмазарсай, кишл. Бахмазар.

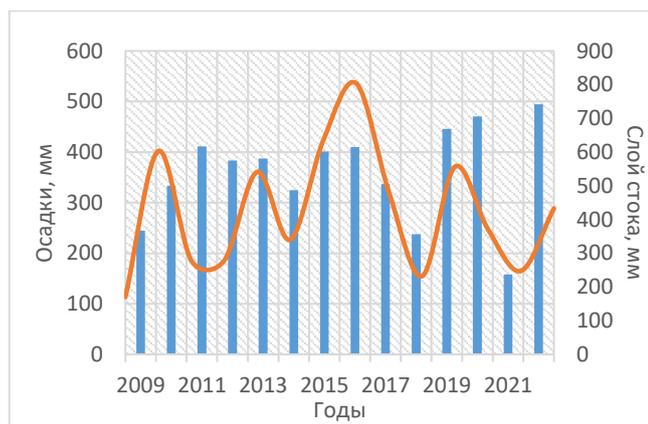


Рисунок 9 – Совместный график слоя стока и осадков р. Джум – джум кишл. Джум – джум.

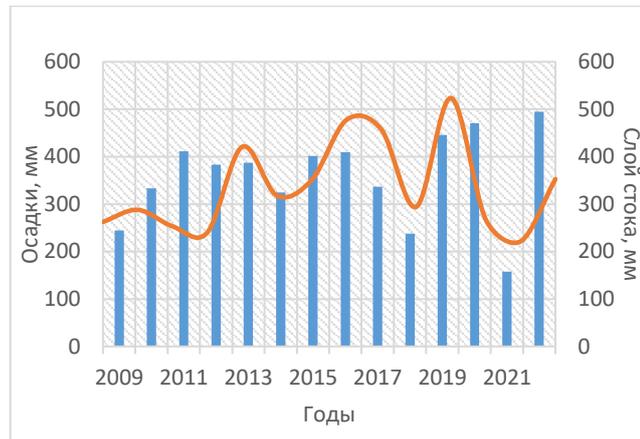


Рисунок 10 – Совместный график слоя стока и осадков р. Зеравшан (Карадарья), Ак-Карадарьинский вододелитель (Чупонатинский).

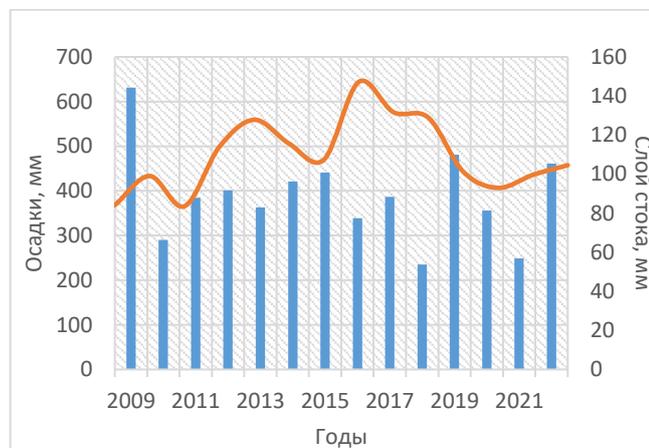


Рисунок 11 – Совместный график слоя стока и осадков р. Санзар, к-к Кырк.

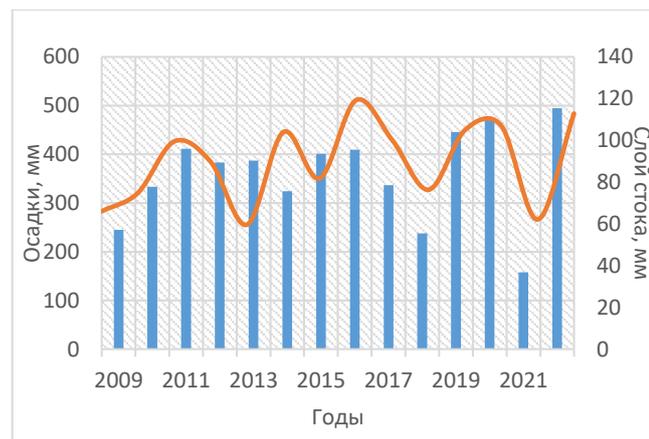


Рисунок 12 – Совместный график слоя стока и осадков кан. Курбанобад – Голова, из р. Зеравшан.

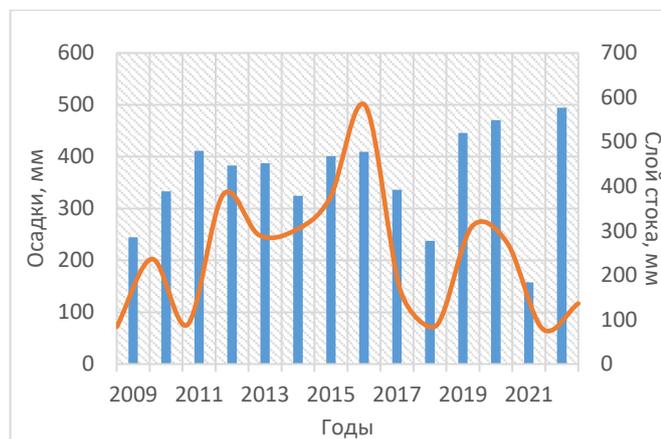


Рисунок 13 – Совместный график слоя стока и осадков р. Караагач (Олмасаван), кишл. Мавлян.

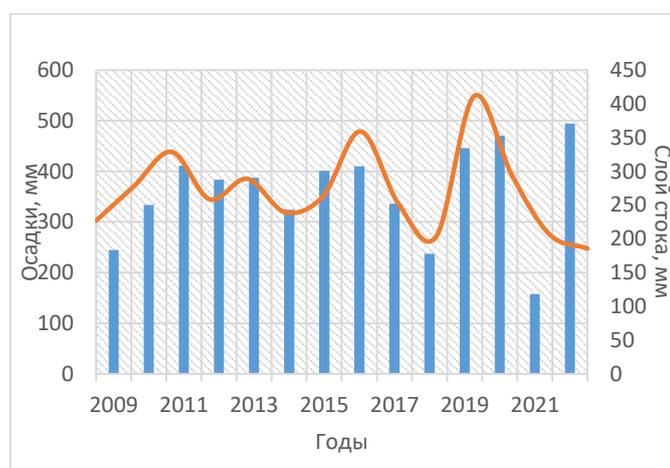


Рисунок 14 – Совместный график слоя стока и осадков р. Зеравшан, г. Навои.

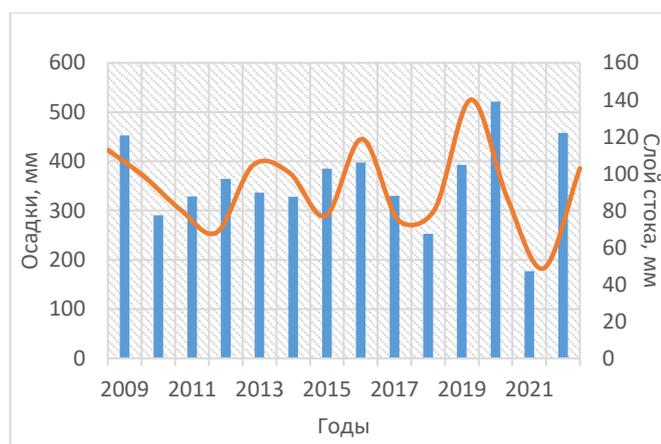


Рисунок 15 – Совместный график слоя стока и осадков р. Зеравшан – Нижний бьеф Раватходжинской плотины.

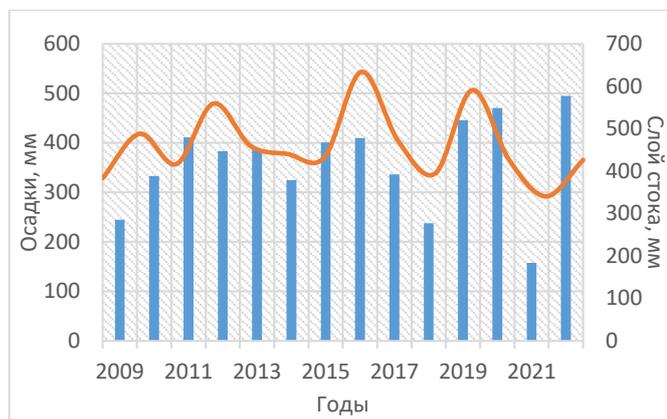


Рисунок 16 – Совместный график слоя стока и осадков кан. Левобережный (Обводной) – Голова, из кан. Даргом.

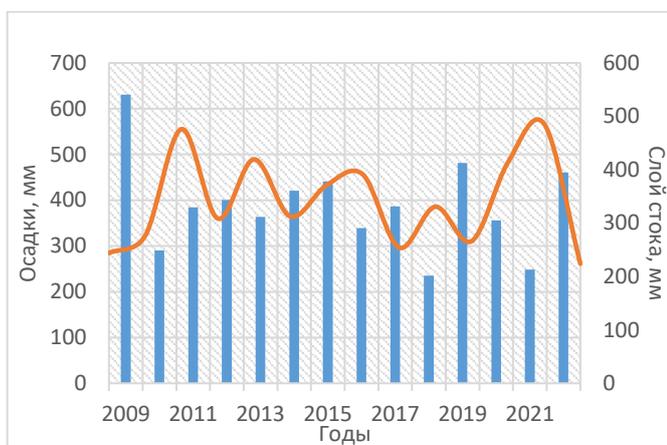


Рисунок 17 – Совместный график слоя стока и осадков кан. Отводящий – Каттакурганского вдхр., Голова.

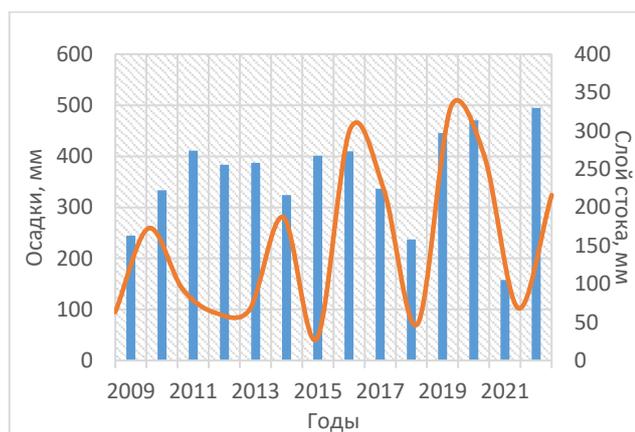


Рисунок 18 – Совместный график слоя стока и осадков р. Актепасай (Пангат), кишл. Оча.

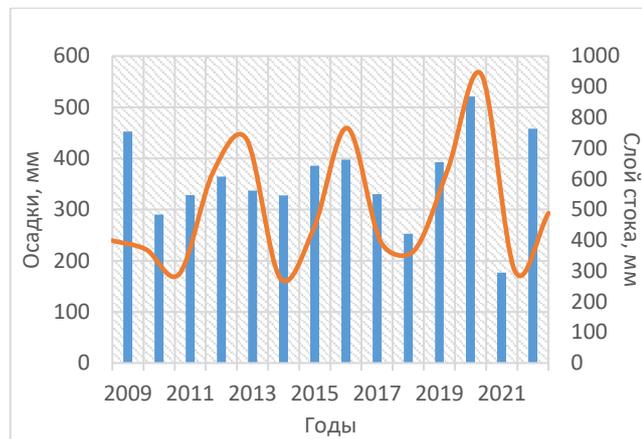


Рисунок 19 – Совместный график слоя стока и осадков кан. Подводящий Каттакурганского вдхр. – Устье.

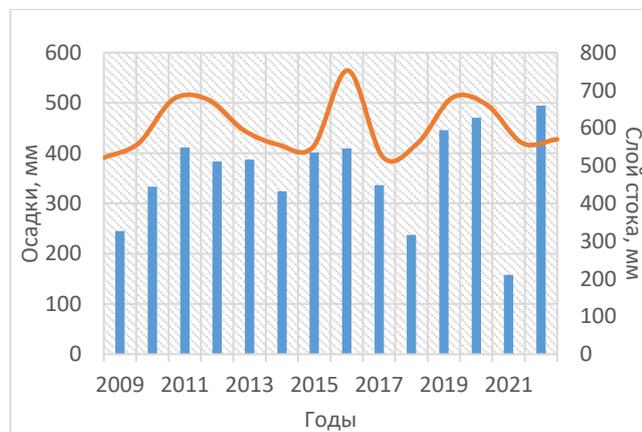


Рисунок 20 – Совместный график слоя стока и осадков кан. Правобережный (ПК-6) – Голова.

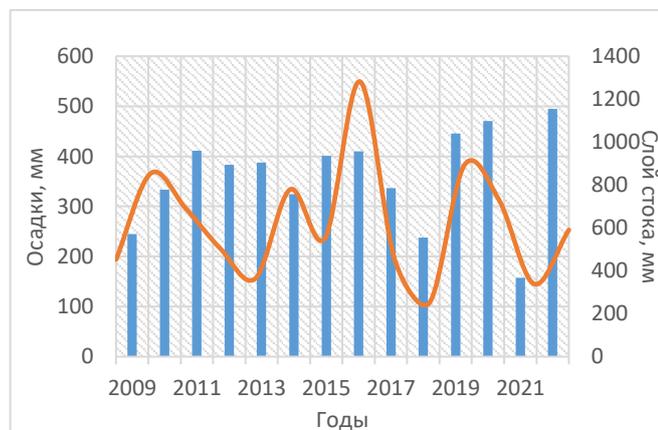


Рисунок 21 – Совместный график слоя стока и осадков р. Ургутсай, г. Ургут.

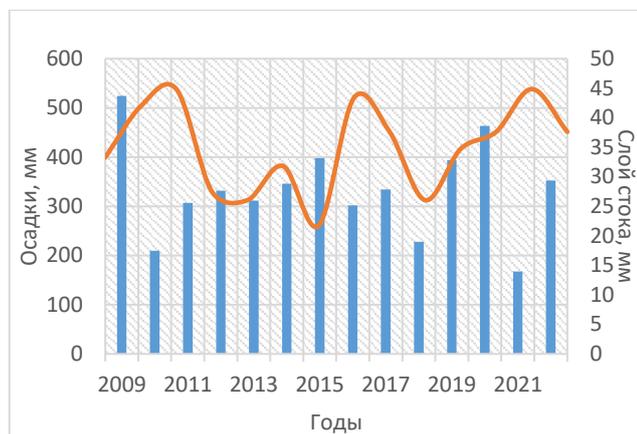


Рисунок 22 – Совместный график слоя стока и осадков р. Зеравшан, кан. Фарог.

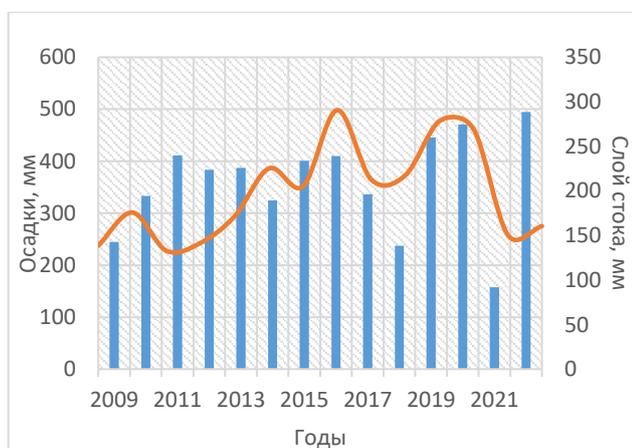


Рисунок 23 – Совместный график слоя стока и осадков кан. Центральный Мианкальский – Голова, из р. Зеравшан.

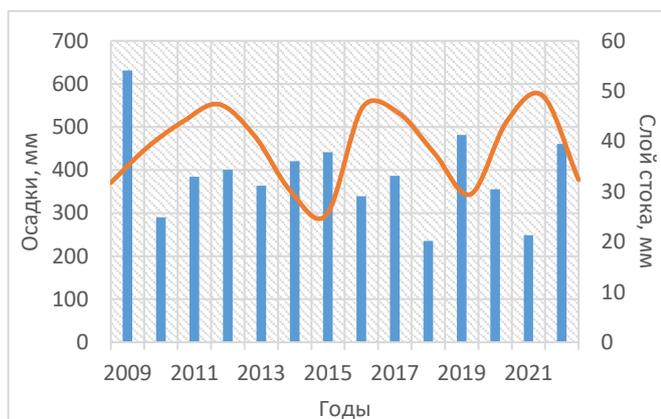


Рисунок 24 – Совместный график слоя стока и осадков кан. Чегонак – голова, из кан. Отводящего Каттакурганского вдхр.

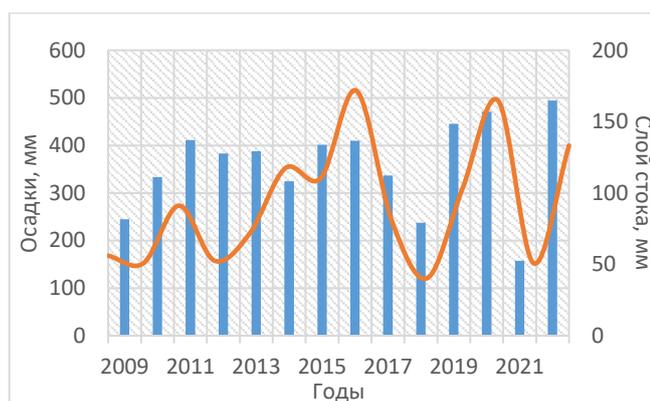


Рисунок 25 – Совместный график слоя стока и осадков р. Биглярсай, кишл. Янги-Акчоб.

На графике (рисунок 4) наглядно показано соотношение осадков и расходной составляющей, можно оценить величину испарения вместе с изменением влагозапасов. Несовпадение составляющих, возможно, характеризует антропогенную нагрузку. Она будет в расходной составляющей. Поскольку оцениваются три неизвестные величины, оценка будет иметь немалые погрешности [11]. Остальные совместные графики слоя стока и осадков представлены на рисунках 5–25.

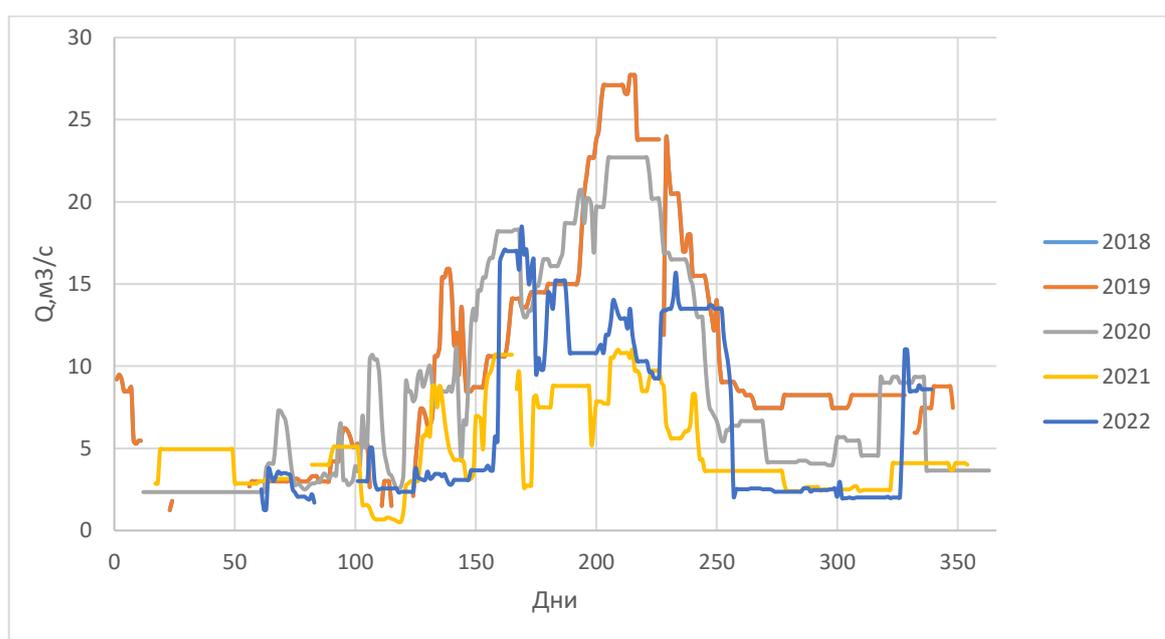


Рисунок 26 – Хронологический график расходов воды с 2018 по 2022 гг. кан. Центральный Мианкальский – Голова, из р. Зеравшан.

Остальные хронологические графики расходов воды представлены в Приложении А.

3. Расчет испарения для оценки водного баланса.

Одной из основных составляющих водного баланса водосборов является испарение с поверхности суши. Через величину испарения связаны уравнения водного и теплового баланса водосбора.

Особенность самого процесса испарения, разнообразие физико-географических характеристик водосборов, наличие или отсутствие исходных данных для расчета способствовали разработке большого количества методов расчета испарения. Среди них можно особо выделить методы, основанные на уравнении связи (в том или ином виде) испарения E и атмосферных осадков P с учетом испаряемости E_0 .

Наиболее известны расчетные зависимости, разработанные П. Шрайбером, Э. М. Ольдекопом, М. И. Будыко, В. С. Мезенцевым и Л. Тюрком.

Величина испаряемости непосредственно зависит от поступления тепла к испаряющей поверхности, т. е. от ее радиационного баланса.

М. И. Будыко показал, что $E_0 = R_0/L$, где R_0 – радиационный баланс увлажненной территории, L – скрытая теплота испарения. Определение радиационного баланса водосборов затруднено, а иногда и невозможно из-за редкой сети специализированных метеорологических станций, поэтому разработаны эмпирические методы определения E_0 на основе использования сетевой гидрометеорологической информации. Зависимости вида $E_0 = f(T)$, где T – норма температуры воздуха, предложены, в частности, Л. Тюрком в 1955 году и А. Н. Постниковым (1999).

В данной работе были проанализированы наиболее известные формулы вида $E = f(P, E_0)$ [12].

Таким образом, для каждого водосбора с помощью испаряемости, рассчитываемая по формулам Л. Тюрка и А.Н. Постникова, посчитано

испарение с помощью формул П. Шрайбера, В.С. Мезенцева и Л. Тюрка, Э.М. Ольдекопа, М.И. Будыко. Формулы приведены в Таблице 4 [7].

Таблица 4 – Формулы для расчета испаряемости и испарения

Испарение E		Испаряемость E_0	
Автор	Расчетная формула	Автор	Расчетная формула
Шрайбер П.	$E = P \left(1 - e^{-\frac{E_0}{P}} \right)$	Тюрк Л.	$E_0 = 300 + 25T^2 + 0,05T^3$
Мезенцев В.С. и Тюрк Л.	$E = E_0 \left(1 + \left(\frac{P}{E_0} \right)^n \right)^{\frac{1}{n}}$	Постников А.Н.	$E_0 = (350 + 5,5T)e^{0,07T}$
Ольдекоп Э.М.	$E = E_0 \operatorname{th} \left(\frac{P}{E_0} \right)$	$n = 2$; P – среднее значение осадков, мм; T – средняя температура приземного воздуха, °С.	
Будыко М.И.	$E = \sqrt{E_0 \operatorname{th} \left(\frac{P}{E_0} \right) P \left(1 - e^{-\frac{E_0}{P}} \right)}$		

Таблица 5 – Составляющие водного баланса речных водосборов бассейна р. Зеравшан

№	М/с	P , мм	h , мм	T , °С	E_0 , мм		E , мм		δ , мм		Погрешность ϵ , мм	
					Постников	Тюрк	Постников	Тюрк	Постников	Тюрк	12	13
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Кушрабад	378	791	13,8	1121	5204	362	377	-775	-790	70	+
2	Самарканд	348	171	15,0	1237	6103	336	347	-159	-170	54	+
3	Янгиарык	368	413	14,5	1192	5753	353	367	-398	-412	60	+
4	Самарканд	348	342	15,0	1237	6103	336	347	-330	-341	56	+
5	Самарканд	348	426	15,0	1237	6103	336	347	-414	-425	57	+
6	Самарканд	348	338	15,0	1237	6103	336	347	-326	-337	56	+
7	Кушрабад	378	110	13,8	1121	5204	362	377	-94	-109	58	+
8	Самарканд	348	90	15,0	1237	6103	336	347	-78	-89	54	+
9	Самарканд	348	242	15,0	1237	6103	336	347	-230	-241	55	+
10	Самарканд	348	271	15,0	1237	6103	336	347	-259	-270	55	+
11	Янгиарык	368	93	14,5	1192	5753	353	367	-78	-92	56	+
12	Самарканд	348	462	15,0	1237	6103	336	347	-450	-461	58	+
13	Кушрабад	378	341	13,8	1121	5204	362	377	-325	-340	60	+
14	Самарканд	348	152	15,0	1237	6103	336	347	-140	-151	54	+
15	Оқдарье	356	501	14,7	1209	5886	344	356	-489	-501	60	+
16	Самарканд	348	603	15,0	1237	6103	336	347	-591	-602	61	+
17	Самарканд	348	624	15,0	1237	6103	336	347	-612	-623	62	+
18	Нурабад	331	35	15,9	1332	6822	322	330	-26	-34	51	-
19	Самарканд	348	198	15,0	1237	6103	336	347	-186	-197	54	+
20	Кушрабад	378	39	13,8	1121	5204	362	377	-23	-38	58	-
21	Самарканд	348	93	15,0	1237	6103	336	347	-81	-92	54	+

Значимость невязки можно определить сопоставлением ее с погрешностью для всех составляющих баланса [7]:

$$\varepsilon = \sqrt{\sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2}, \quad (7)$$

где ε_i – погрешность i -го члена уравнения баланса ($\varepsilon_p = 5 \%$, $\varepsilon_y = 5 \%$, $\varepsilon_E = 15 \%$).

Если невязка больше погрешности, то можно говорить о влиянии антропогенной нагрузки на водосбор, в противном случае, невязка отражает только погрешность испарения [7].

По формуле (7) была вычислена невязка для всех водосборов, и было выявлено, что у всех водосборов невязка больше погрешности, кроме р. Зеравшан, кан. Фарог и кан. Чегонак – голова, из кан. Отводящего Каттакурганского вдхр. Это говорит о том, что за исключением двух данных водосборов, везде присутствует влияние антропогенной нагрузки.

Следует отметить, что несмотря на большую разницу в значениях испаряемости, посчитанных с помощью формул Тюрка Л. и Постникова А.Н., значения испарений практически идентичны друг другу. Данный факт поясняют рисунки 27 и 28. Математическая структура формулы Ольдекопа такова, что входящие в формулу огромные значения испаряемости мало влияют на окончательную величину испарения.

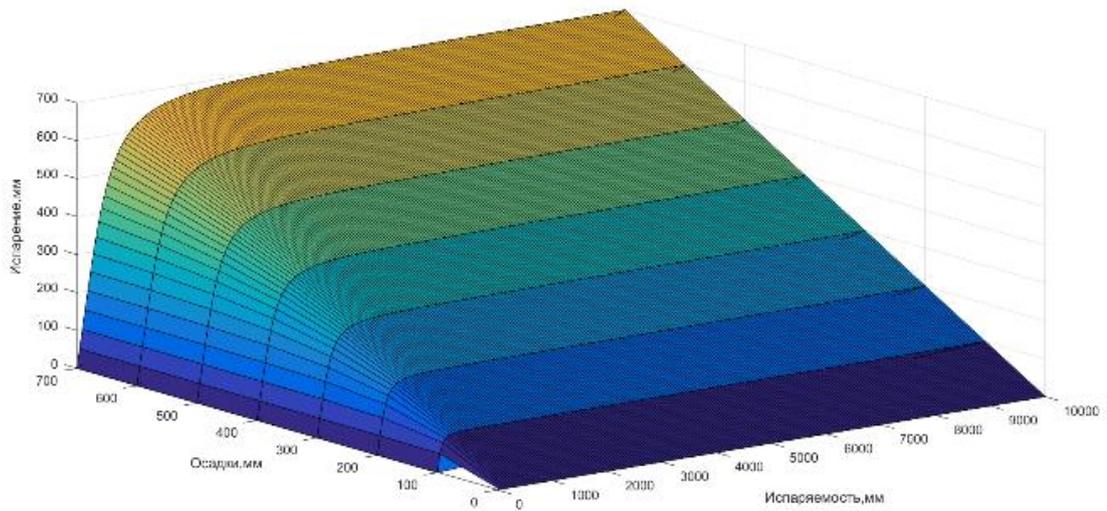


Рисунок 27 – Испаряемость рассчитана по формуле Тюрка, испарение по формуле Ольдекопа.

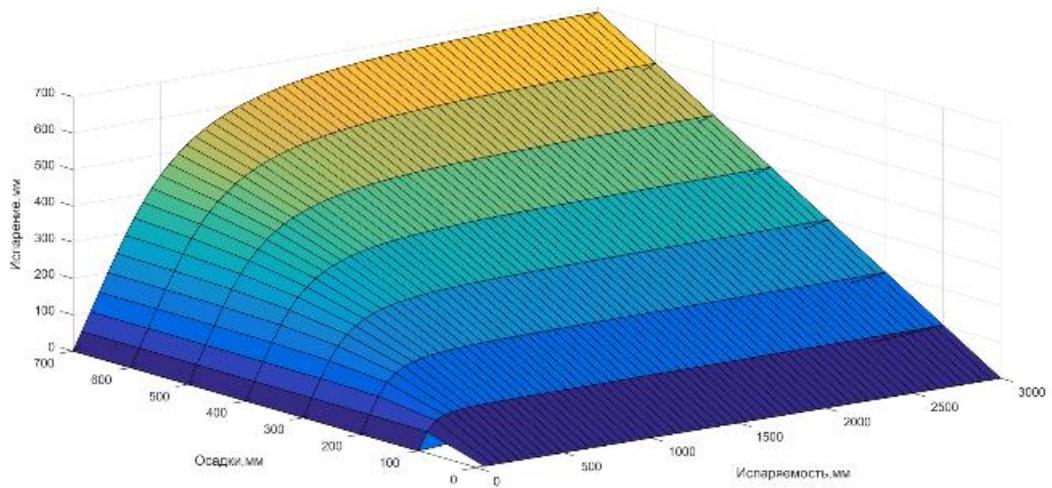


Рисунок 28 – Испаряемость рассчитана по формуле Постникова, испарение по формуле Ольдекопа.

3.2 Климатические сценарии

В настоящее время на Земле наблюдаются явные климатические изменения. Потепление ощущается все сильнее, природные условия теряют стабильность – засухи, увеличение количества осадков и аномальные явления происходят все чаще. Эти изменения затрагивают экосистемы, сельское хозяйство и повседневную жизнь, требуя адаптации и новых подходов к охране окружающей среды.

Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК) – международная научная организация, не связанная с политикой, работающая под эгидой ООН. Она была создана в 1988 году по инициативе ВМО и Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) с целью регулярно информировать политиков актуальной научной информацией о причинах и последствиях изменения климата. В состав МГЭИК входят 195 государств [13].

Подготовка докладов МГЭИК проходит через несколько этапов разработки и рецензирования, чтобы гарантировать их всесторонность и объективность. В работе над докладами участвуют тысячи экспертов, которые следят за тем, чтобы в материалах были учтены различные точки зрения, представленные в научном сообществе [13].

В настоящее время разработка докладов осуществляется силами авторов, сгруппированных в три рабочие группы – Рабочая группа I: Физическая научная основа; Рабочая группа II: Последствия, адаптация и уязвимость; и Рабочая группа III: Смягчение воздействий на изменение климата, а также в Целевой группе по национальным кадастрам парниковых газов (ЦГНКПГ) [13].

С момента своего основания в 1988 году МГЭИК опубликовала шесть оценочных докладов, а также ряд специальных докладов, посвященных конкретным аспектам изменения климата. Самым актуальным как раз и

является Шестой доклад, выпущенный в 2021–2022 годах. В этом докладе эксперты МГЭИК утверждают, что человеческая деятельность, особенно выбросы парниковых газов в атмосферу, сегодня оказывают решающее влияние на изменение климата. Именно по этой причине средняя температура воздуха за последние десятилетие повысилась примерно на 1,1 °С по сравнению с доиндустриальным уровнем (период 1850–1900 годов). Если в ближайшее время не будут приняты срочные и решительные меры по сокращению этих выбросов, удержать потепление в пределах 1,5 °С или даже 2 °С, как это предусмотрено Парижским соглашением, станет невозможным. Более того, с большой долей вероятности отметка в 1,5 °С будет преодолена уже в течение ближайших двух десятилетий [14].

Исходные данные

Исходя из Шестого оценочного доклада МГЭИК определены различные модели и сценарии для прогноза сумм годовых осадков и среднегодовой температуры для выбранных метеорологических станций на 2050 год.

В Таблице 6 представлены выбранные модели и сценарии.

Таблица 6 – Климатические модели и сценарии для выбранных метеостанций водосбора р. Зеравшан

№ модели	Название модели
1	Amon_GISS-E2-1-G_ssp5-8.5_gn_201501-205012
2	Amon_GISS-E2-1-G_ssp3-7.0_gn_201501-205012
3	Amon_GISS-E2-1-G_ssp1-2.6_gn_201501-205012
4	Amon_CanESM5_ssp3-7.0(1)_gn_201501-210012
5	Amon_CanESM5_ssp3-7.0_gn_201501-210012
6	Amon_CanESM5_ssp5-8.5_gn_201501-210012
7	Amon_CanESM5_ssp1-2.6_gn_201501-210012
8	Amon_CESM2-WACCM_ssp5-8.5_gn_201501-210012

Ниже представлены сценарии и их расшифровка:

ssp – сценарии социально-экономического развития.

ssp1-2.6 – сценарий с низким уровнем выбросов парниковых газов: выбросы CO_2 сократятся до 0 примерно к 2075 году, а глобальная температура на 2041-2060 года увеличится на 1,3 – 2,2 °С.

ssp3-7.0 – сценарий с высокими выбросами парниковых газов: выбросы CO_2 удвоятся к 2100 году, а глобальная температура на 2041-2060 года увеличится на 1,7 – 2,6 °С.

ssp5-8.5 – сценарий с очень высоким выбросом парниковых газов: выбросы CO_2 утраются к 2075 году, а глобальная температура на 2041-2060 года увеличится на 1,9 – 3,0 °С [15], [16].

4 Метод оценки водных ресурсов для антропогенно-нагруженных территорий при изменении климата

В качестве метода оценки водных ресурсов для антропогенно-нагруженных территорий при изменении климата выступает вероятностный метод (РГГМУ). Исходными данными для его расчета являются прогнозные составляющие водного баланса, описанные в главе 3.

Таблица 7 – Расчет испарения по различным моделям на метеостанции Булунгур

№ модели	Название модели	$T_{пр}$	$X_{пр}$	E_0	$E_{пр}$
1	Amon_GISS-E2-1-G_ssp585_gn_201501-205012	16,6	239	1408	237
2	Amon_GISS-E2-1-G_ssp370_gn_201501-205012	16,2	291	1365	287
3	Amon_GISS-E2-1-G_ssp126_gn_201501-205012	14,7	235	1208	233
4	Amon_CanESM5_ssp370(1)_gn_201501-210012	18,3	191	1615	190
5	Amon_CanESM5_ssp370_gn_201501-210012	18,2	186	1614	185
6	Amon_CanESM5_ssp585_gn_201501-210012	19,7	235	1823	234
7	Amon_CanESM5_ssp126_gn_201501-210012	16,5	179	1394	178
8	Amon_CESM2-WACCM_ssp585_gn_201501-210012	17,8	264	1557	262

В таблице 7 представлен расчет испарения на метеостанции Булунгур по формуле Ольдекопа с помощью испаряемости, рассчитанной по формуле Постникова. Расчет производился для каждой модели с помощью прогнозных значений температур и осадков. Данные вычисления были осуществлены для каждой метеостанции.

На рисунках 29, 30 представлены результаты ожидаемого изменения сумм годовых осадков и среднегодовых температур для метеорологических станций Булунгур и Самарканд на 2050 год. Ожидаемые значения для других станций представлены в Приложении Г.

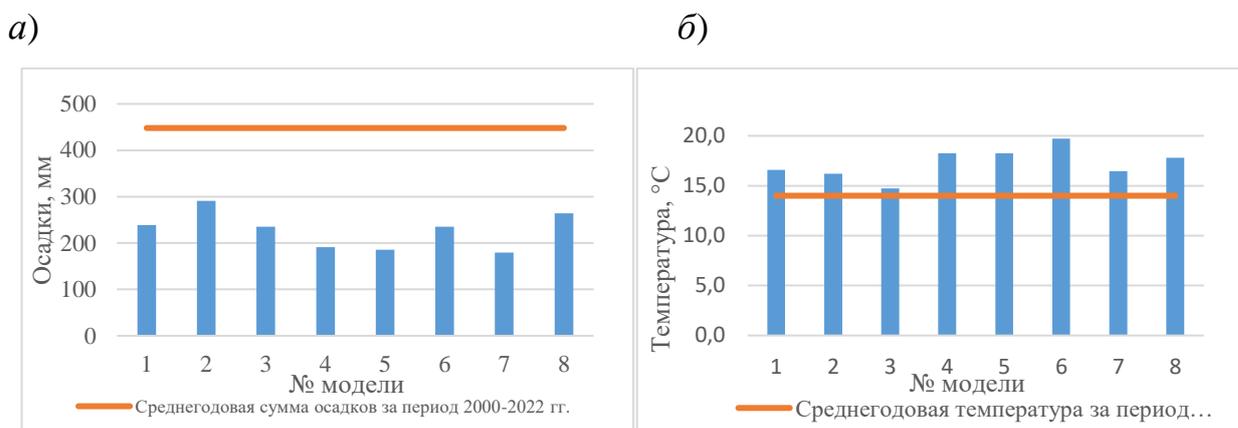


Рисунок 29 – Ожидаемое изменение сумм годовых осадков (а) и температуры воздуха (б) в зависимости от модели и сценария для метеостанции Булунгур.

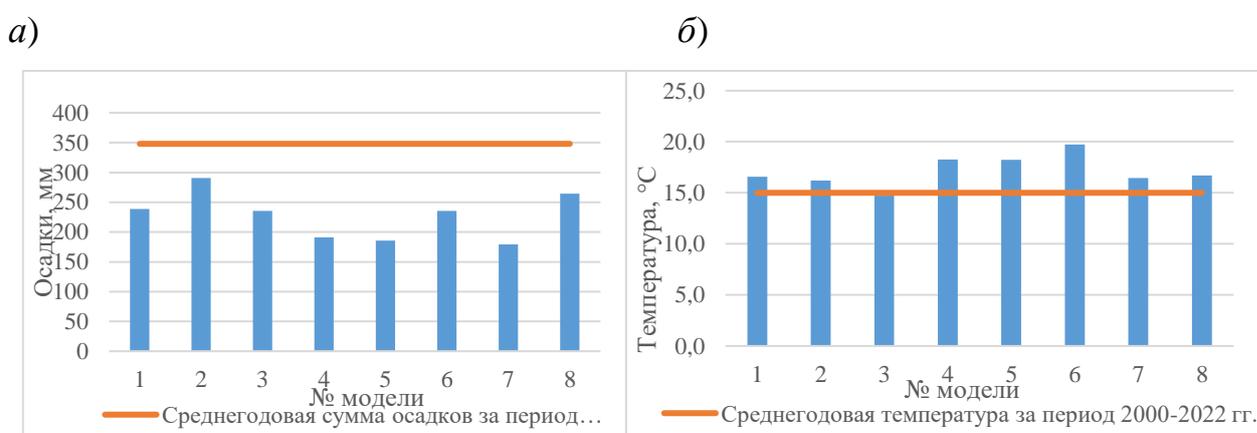


Рисунок 30 – Ожидаемое изменение сумм годовых осадков (а) и температуры воздуха (б) в зависимости от модели и сценария для метеостанции Самарканд.

Таким образом, самые высокие значения среднегодовых температур показала модель Amon_CanESM5 с сценарием ssp5-8.5 для метеостанций Булунгур и Самарканд соответственно, а самым благоприятным вариантом выступает модель Amon_GISS-E2-1-G с сценарием ssp1-2.6. Худшим исходом

событий для сумм годовых осадков является Amon_GISS-E2-1-G с сценарием ssp3-7.0, а наименьшие значения показала модель Amon_CanESM5 с сценарием ssp1-2.6. В среднем среднегодовая температура увеличится на 1,7 °С для водосбора р. Зеравшан, что и соответствует прогнозам Шестого оценочного доклада МГЭИК.

4.1 Адаптация метода к антропогенно-нагруженным территориям

Для бассейна р. Зеравшан вероятностный метод РГГМУ был адаптирован, как для территории с антропогенной нагрузкой к тому же при изменении климата. Адаптация заключается в преобразовании формулы для подсчета прогнозных осадков при антропогенном воздействии, то есть в прибавлении к прогнозному значению невязки и вычитании погрешности.

$$X_{\text{пр+антр.}} = X_{\text{пр}} + \delta - \varepsilon \quad (8)$$

4.2 Результаты апробации метода

Результатом полученных расчетов, как пример, является таблица 9 (без антропогенной нагрузки) и таблица 10 (с антропогенной нагрузкой) для модели Amon_GISS-E2-1-G_ssp585_gn_201501-205012. Результаты других моделей представлены в Приложении Б.

В таблице 9 можно проследить, что значения отклонения C_v достигают несколько сотен процентов. В том время как в таблице 10 эти же значения соответствуют допустимому значению. Кроме 2 водосборов – р. Зеравшан, кан. Фарог и кан. Чегонак – голова, из кан. Отводящего Каттакурганского

вдхр., так как на эти водосборы р. Зеравшан не воздействует антропогенное воздействие. Это и соответствует правильной адаптации метода к антропогенно – нагруженной территории при изменении климата.

Также были построены графики для наглядного примера, как меняются характеристики – $E_{пр}$, $m1_{пр}$, $Cv_{пр}$, $m1$ и Cv для каждой модели для каждого водосбора.

Таблица 8 – Ожидаемые значения характеристик, рассчитанные вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для р. Акдарья (Агалык), кишл. Агалык

Название модели	$E_{пр}$, мм	$m1_{пр}$, мм	$Cv_{пр}$	$m1$, %	Cv , %
Amon_GISS-E2-1-G_ssp585_gn_201501-205012	213	707	0,58	10,7	-14,8
Amon_GISS-E2-1-G_ssp370_gn_201501-205012	122	705	0,61	10,9	-21,2
Amon_GISS-E2-1-G_ssp126_gn_201501-205012	132	706	0,61	10,8	-20,4
Amon_CanESM5_ssp370(1)_gn_201501-210012	190	706	0,59	10,7	-16,4
Amon_CanESM5_ssp370_gn_201501-210012	185	706	0,59	10,7	-16,7
CESM2-WACCM_ssp585_gn_201501-210012	178	706	0,59	10,8	-17,2
Amon_CanESM5_ssp126_gn_201501-210012	178	706	0,59	10,7	-17,1

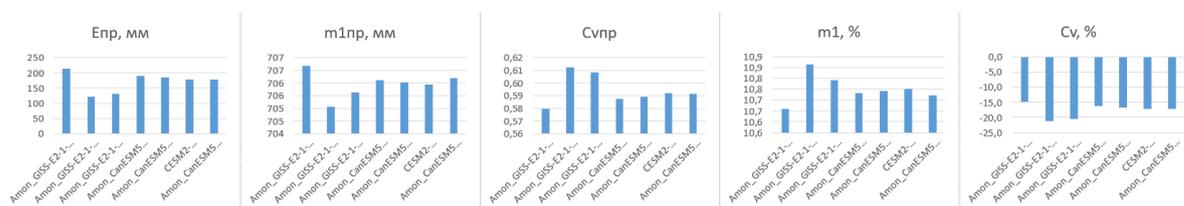


Рисунок 31 – Графики ожидаемых значений характеристик, рассчитанных вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для р. Акдарья (Агалык), кишл. Агалык.

Таблица – 9 Расчет характеристик с помощью метода РГГМУ без антропогенной нагрузки

Река-Пункт	Q , м ³ /с	F , км ²	T	X	$T_{пр}$	$X_{пр}$	q	h , мм	C_v	k	$E_{пр}$, мм	$k_{пр}$	c	m_2	G_n	$c_{пр}$	$m1_{пр}$, мм	$m1_{пр}$, м ³ /с	$m2_{пр}$	$C_{впр}$	$m1$, %	C_v , %
р. Акдарья (Агалык), кишл. Агалык	1,79	71	13,8	378	17,5	210	25,25	791	0,50	2,09	206	0,02	0,48	785244	152503,	64,18	3,27	0,01	1198,67	10,55	99,59	-1989
р. Акдарья, протока р. Зеравшан, Ак-Карадарьинский вододелитель	7,70	1480	15,0	348	17,2	253	5,20	171	0,85	0,49	249	0,02	2,04	50315	85778	56,80	4,46	0,21	775,04	6,16	97,39	-625
р. Аманкутансай, кишл. Аман-Кутан	0,74	58	14,5	368	18,0	144	12,80	413	0,56	1,12	143	0,00	0,89	223922	95080	214,93	0,67	0,00	221,64	22,18	99,84	-3864
р. Бахмазарсай, кишл. Бахмазар	0,48	45	15,0	348	17,2	253	10,76	342	0,41	0,98	249	0,02	1,02	136189	39124	56,80	4,46	0,01	364,32	4,16	98,70	-926
р. Джум – джум кишл. Джум – джум	0,27	20	15,0	348	17,2	253	13,24	426	0,43	1,22	249	0,02	0,82	215254	55187	56,80	4,46	0,00	505,73	4,94	98,95	-1045
р. Зеравшан (Карадарья), Ак-Карадарьинский вододелитель (Чупонатинский)	21,20	1994	15,0	348	17,2	253	10,63	338	0,29	0,97	249	0,02	1,03	123584	19232	56,80	4,46	0,28	189,21	2,92	98,68	-920
р. Санзар, к-к Кырк	1,97	570	13,8	378	17,5	210	3,46	110	0,17	0,29	206	0,02	3,44	12453	2427	64,18	3,27	0,06	29,58	1,33	97,03	-679
кан. Курбанобад – Голова, из р. Зеравшан	1,79	640	15,0	348	17,2	253	2,80	90	0,22	0,26	249	0,02	3,87	8469	2999	56,80	4,46	0,09	46,30	1,15	95,04	-426
р. Карагач (Олмасаван), кишл. Мавлян	0,26	35	15,0	348	17,2	253	7,49	242	0,61	0,70	249	0,02	1,44	80147	62076	56,80	4,46	0,00	566,38	5,24	98,16	-763
р. Зеравшан, г. Навои	19,50	2292	15,0	348	17,2	253	8,51	271	0,23	0,78	249	0,02	1,28	77378	10111	56,80	4,46	0,32	108,91	2,12	98,35	-813
р. Зеравшан – Нижний бьеф Раватходжинской плотины	36,00	12300	14,5	368	18,0	144	2,93	93	0,25	0,25	143	0,00	3,98	9101	4334	214,93	0,67	0,26	10,53	4,73	99,27	-1776
кан. Левобережный (Обводной) – Голова, из кан. Даргом	28,70	1990	15,0	348	17,2	253	14,42	462	0,18	1,33	249	0,02	0,75	220205	10186	56,80	4,46	0,28	109,57	2,12	99,03	-1092
кан. Отводящий – Каттакурганского вдхр., Голова	16,70	1564	13,8	378	17,5	210	10,68	341	0,25	0,90	206	0,02	1,11	123705,49	16460	64,18	3,27	0,16	138,89	3,47	99,04	-1272
р. Актепасай (Пангат), кишл. Оча	0,21	44	15,0	348	17,2	253	4,79	152	0,68	0,44	249	0,02	2,29	33766	48823	56,80	4,46	0,01	449,71	4,65	97,07	-584
кан. Подводящий Каттакурганского вдхр. – Устье	26,10	1660	14,7	356	17,0	226	15,72	501	0,41	1,41	223	0,01	0,71	292727	59299	93,15	2,42	0,13	324,19	7,36	99,52	-1705
кан. Правобережный (ПК-6) – Голова	29,20	1538	15,0	348	17,2	253	18,99	603	0,12	1,73	249	0,02	0,58	368788	5978	56,80	4,46	0,22	72,52	1,63	99,26	-1262
р. Ургутсай, г. Ургут	0,49	25	15,0	348	17,2	253	19,52	624	0,44	1,79	249	0,02	0,56	463601	82790	56,80	4,46	0,00	748,73	6,05	99,29	-1286
р. Зеравшан, кан. Фарог	0,24	218	15,9	331	17,4	230	1,10	35	0,22	0,11	228	0,01	9,48	1274	1078	107,16	2,14	0,01	9,63	1,05	93,85	-384
кан. Центральный Мианкальский – Голова, из р. Зеравшан	5,93	955	15,0	348	17,2	253	6,21	198	0,27	0,57	249	0,02	1,76	42075	10092	56,80	4,46	0,14	108,74	2,11	97,75	-680
кан. Чегонак – голова, из кан. Отводящего Каттакурганского вдхр.	0,67	546	13,8	378	17,5	210	1,23	39	0,20	0,10	206	0,02	9,74	1565	1174	64,18	3,27	0,06	19,81	0,93	91,58	-362
р. Биглярсай, кишл. Янги-Акчоб	0,52	180	15,0	348	17,2	253	2,89	93	0,46	0,27	249	0,02	3,76	10394	13832	56,80	4,46	0,03	141,66	2,47	95,18	-433

Таблица 10 – Расчет характеристик с помощью метода РГГМУ с антропогенной нагрузкой

Река-Пункт	Метеостанция	Q , м ³ /с	F , км ²	T	X +антр.	T _{пр}	X _{пр} +антр.	q	h _{мм}	C _v	k	Enp, мм	кпр	c	m2	Gn	спр	m1 _{пр} , мм	m1 _{пр} , м ³ /с	m2 _{пр}	C _{vпр}	m1, %	C _v , %
р. Акдарья (Агалык), кишл. Агалык	Кушрабад	1,79	71	13,8	1083	17,3	920	25,25	791	0,50	0,73	213	0,77	1,37	785245	437021	1,30	706,68	1,59	667244,86	0,58	10,66	-14,8
р. Акдарья, протока р. Зеравшан, Ак-Карадарьинский вододелитель	Самарканд	7,70	1480	15,0	453	16,6	344	5,20	171	0,85	0,38	237	0,31	2,65	50316	111660	3,21	107,26	5,04	28924,38	1,23	37,27	-44,9
р. Аманкутансай, кишл. Аман-Кутан	Янгиарык	0,74	58	14,5	706	17,4	587	12,80	413	0,56	0,58	247	0,58	1,71	223923	182478	1,72	340,51	0,62	168853,77	0,68	17,55	-20,8
р. Бахмазарсай, кишл. Бахмазар	Самарканд	0,48	45	15,0	622	16,6	513	10,76	342	0,41	0,55	237	0,54	1,82	136189	69930	1,86	276,27	0,39	95161,94	0,50	19,22	-22,5
р. Джум – джум кишл. Джум – джум	Самарканд	0,27	20	15,0	705	16,6	595	13,24	426	0,43	0,60	237	0,54	1,65	215254	111736	1,86	276,27	0,18	106423,45	0,63	35,15	-45,5
р. Зеравшан (Карадарья), Ак-Карадарьинский вододелитель (Чупонатинский)	Самарканд	21,20	1994	15,0	618	16,6	509	10,63	338	0,29	0,55	237	0,60	1,83	123584	34158	1,66	358,85	22,72	139064,88	0,28	-6,17	1,12
р. Санзар, к-к Кырк	Кушрабад	1,97	570	13,8	414	17,3	251	3,46	110	0,17	0,27	213	0,58	3,77	12453	2660	1,72	295,56	5,35	88127,30	0,09	168,69	44,9
кан. Курбанопад – Голова, из р. Зеравшан	Самарканд	1,79	640	15,0	372	16,6	263	2,80	90	0,22	0,24	237	0,10	4,14	8469	3210	9,84	26,75	0,54	878,88	0,48	70,24	-118
р. Карагаач (Олмасаван), кишл. Мавлян	Самарканд	0,26	35	15,0	523	16,6	414	7,49	242	0,61	0,46	237	0,43	2,16	80148	93351	2,33	177,59	0,20	51553,74	0,80	26,62	-31,2
р. Зеравшан, г. Навои	Самарканд	19,50	2292	15,0	552	16,6	443	8,51	271	0,23	0,49	237	0,47	2,04	77378	16039	2,15	206,25	15,01	46274,11	0,30	23,89	-27,9
р. Зеравшан – Нижний бьеф Раватходжинской плотины	Янгиарык	36,00	12300	14,5	390	17,4	271	2,93	93	0,25	0,24	247	0,09	4,21	9101	4591	11,28	24,00	9,37	779,62	0,59	74,05	-135
кан. Левобережный (Обводной) – Голова, из кан. Даргом	Самарканд	28,70	1990	15,0	740	16,6	631	14,42	462	0,18	0,62	237	0,62	1,60	220206	21657	1,60	394,15	24,90	162125,52	0,21	14,69	-17,3
кан. Отводящий – Каттакурганского вдхр., Голова	Кушрабад	16,70	1564	13,8	643	17,3	480	10,68	341	0,25	0,53	213	0,56	1,89	123705	28001	1,80	266,49	13,23	78795,51	0,33	21,85	-30,9
р. Актеспай (Пангат), кишл. Оча	Самарканд	0,21	44	15,0	434	16,6	325	4,79	152	0,68	0,35	237	0,27	2,86	33767	60909	3,68	88,40	0,12	16101,26	1,03	41,84	-51,5
кан. Подводящий Каттакурганского вдхр. – Устье	Окдарье	26,10	1660	14,7	785	16,1	668	15,72	501	0,41	0,64	236	0,65	1,57	292727	130749	1,55	431,41	22,73	228347,48	0,48	13,89	-16,8
кан. Правобережный (ПК-6) – Голова	Самарканд	29,20	1538	15,0	878	16,6	769	18,99	603	0,12	0,69	237	0,69	1,46	368789	15079	1,44	532,01	25,98	288253,32	0,14	11,77	-13,7
р. Ургутсай, г. Ургут	Самарканд	0,49	25	15,0	898	16,6	789	19,52	624	0,44	0,69	237	0,70	1,44	463602	213690	1,43	552,49	0,44	380056,65	0,50	11,46	-13,4
р. Зеравшан, кан. Фарог	Нурабад	0,24	218	15,9	331	16,6	239	1,10	35	0,22	0,11	237	0,01	9,48	1275	1078	105,54	2,26	0,02	10,23	1,00	93,52	-362
кан. Центральный Мианкальский – Голова, из р. Зеравшан	Самарканд	5,93	955	15,0	480	16,6	371	6,21	198	0,27	0,41	237	0,36	2,42	42075	13914	2,76	134,03	4,06	20481,04	0,37	32,31	-38,3
кан. Чегонак – голова, из кан. Отводящего Каттакурганского вдхр.	Кушрабад	0,67	546	13,8	378	17,3	215	1,23	39	0,20	0,10	213	0,01	9,74	1566	1174	146,69	1,46	0,03	6,15	1,37	96,23	-582
р. Биглярсай, кишл. Янги-Акчоб	Самарканд	0,52	180	15,0	375	16,6	266	2,89	93	0,46	0,25	237	0,11	4,06	10395	14924	8,95	29,74	0,17	1718,04	0,97	67,85	-109

Заключение

В результате исследования были выполнены следующие задачи:

- а) выбран метод оценки водных ресурсов при изменении климата – вероятностный метод (РГГМУ);
- б) сформирована база данных для исследования;
- в) произведен расчет с помощью метода оценки водных ресурсов для антропогенно-нагруженных территорий при изменении климата;
- г) адаптирован метод к антропогенно-нагруженным территориям;
- д) оценено ожидаемое изменение водных ресурсов на антропогенно-нагруженных территориях под влиянием глобального потепления на 2050 год.

К 2050 году ожидается увеличение среднегодовой температуры воздуха в среднем на 1,7 °С для водосбора р. Зеравшан.

После произведенных расчетов было выявлено, что у всех водосборов невязка больше погрешности, кроме р. Зеравшан, кан. Фарог и кан. Чегонак – голова, из кан. Отводящего Каттакурганского вдхр. Это говорит о том, что за исключением двух данных водосборов, везде присутствует влияние антропогенной нагрузки.

Список используемых источников

1 Крашенинникова, С. В. Влияние урбанизированных территорий на формирование поверхностного стока [Текст] / С. В. Крашенинникова. – Известия ПГПУ им В.Г.Белинского, № 10 (14), 2008. – С. 119–121.

2 Сольский, С. В. Методика расчета гидрологических характеристик техногенно-нагруженных территорий [Текст] / С. В. Сольский. – СПб: ОАО «ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева», 2005. – 108 с.

3 Коваленко, В. В., Викторова, Н.В., Гайдукова, Е.В., Громова, М.Н., Хаустов, В.А., Шевнина, Е.В. Методические рекомендации по оценке обеспеченных расходов проектируемых гидротехнических сооружений при неустановившемся климате [Текст] / В. В. Коваленко. – СПб: Издательство РГГМУ, 2010. – 51 с.

4 Бабкин, В. И. Исследования взаимосвязей элементов водного баланса речных бассейнов [Текст] / В. И. Бабкин. – Проблемы современной гидрологии. Сборник статей, 1979. – С. 161–172.

5 Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики (за 1971 – 1975 гг. и весь период наблюдений). Том 14. Средняя Азия. Выпуск 3. Бассейн р. Амударьи. – Ленинград: Гидрометеиздат., 1980. – 444 с.

6 Плащев, А.В., Чекмарев, В. А. Гидрография СССР [Текст] / А.В. Плащев. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1978. – 287 с.

7 Семенова, Е.К., Мережкин, С.А., Гайдукова, Е.В., Девятов, В.С. Оценка испарения с речных водосборов с антропогенной нагрузкой // Гидрология и океанология-2025: материалы конференции студенческого научного общества Института гидрологии и океанологии РГГМУ, 25 апреля 2025 г. (в печати).

8 Долгушин, Л. Д., Осипова, Г.Б. Ледники [Текст] / Л. Д. Долгушин. – Москва: Издательство «Мысль», 1989. – 451 с.

9 Кулматов, Р. А., Нигматов, А.Н., Расулов, А.Б. Современные экологические проблемы трансграничной реки Зерафшан [Текст] / Р. А. Кулматов. – Вопросы географии и геоэкологии, 2014. – С. 38–50.

10 Хайдаров, А. Использование водных ресурсов узбекистанского сегмента бассейна реки Зерафшан: аналитический обзор [Текст] / А. Хайдаров. – Центральноазиатский журнал исследований водных ресурсов, № 6 (2), 2020. – С. 48–64.

11 Мирзоев, В., Гайдукова, Е.В., Семенова, Е.К., Захаров, И.Д., Дрегваль, М.С. Оценка водного баланса на антропогенно-нагруженном водосборе реки Зеравшан (Узбекистан) // Материалы Международной научной конференции «Актуальные вопросы гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды в изменяющемся климате: адаптация, устойчивость и производственный процесс», 20 марта - 21 марта 2025 г., г. Ереван, Республика Армения (в печати).

12 Сало, Ю. А., Назарова, Л.Е., Балаганский, А.Ф. Расчет испаряемости и суммарного испарения с водосборов Северо-Запада России [Текст] / Ю. А. Сало. – Труды КарНЦ РАН, № 9, 2016. – С. 95–101.

13 *Intergovernmental Panel on Climate Change* (*IPCC*) [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.ipcc.ch/> (Дата обращения 31.05.2025).

14 Сайт Климатической платформы — это социальная сеть для обсуждения вопросов устойчивого развития [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://climate-change.moscow/> (Дата обращения 28.05.2025).

15 *Shared Socioeconomic Pathways* – Wikipedia [Электронный ресурс] Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Shared_Socioeconomic_Pathways (Дата обращения 28.05.2025).

16 Резюме 6-го оценочного доклада МГЭИК об изменении климата [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://rosenergo.gov.ru/> (Дата обращения 31.05.2025).

17 Шульц, В.Л. Реки Средней Азии [Текст] / В.Л. Шульц. - Ленинград: Гидрометеоиздат, 1965. – 691 с.

Приложение А – Хронологические графики расходов воды

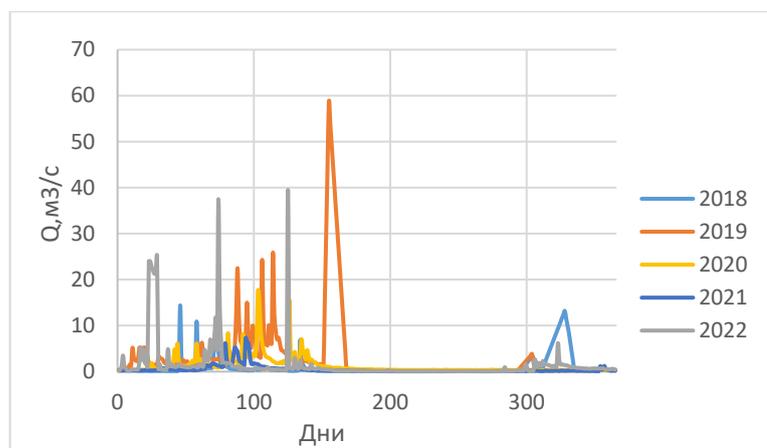


Рисунок А.1 – Хронологический график расходов воды с 2018 по 2022 гг. р.

Акдарья (Агалык), кишл. Агалык.

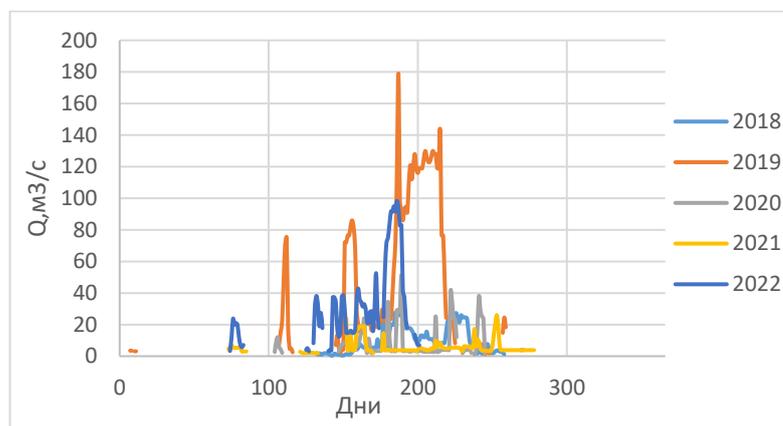


Рисунок А.2 – Хронологический график расходов воды с 2018 по 2022 гг. р.

Акдарья, протока р. Зеравшан, Ак-Карадарьинский вододелитель.

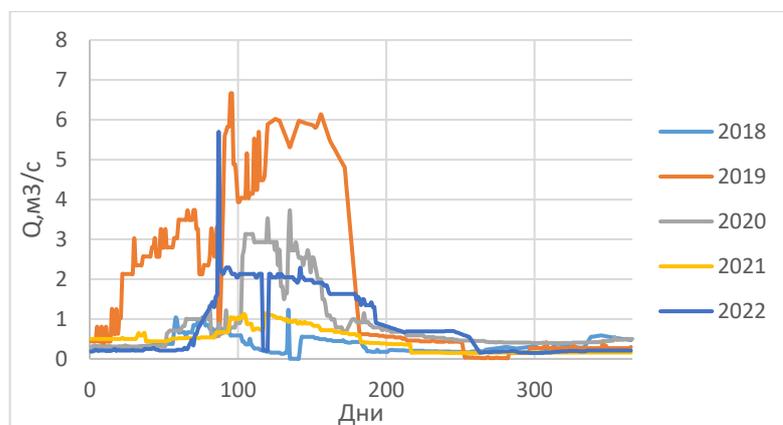


Рисунок А.3 – Хронологический график расходов воды с 2018 по 2022 гг. р.

Аманкутансай, кишл. Аман-Кутан.

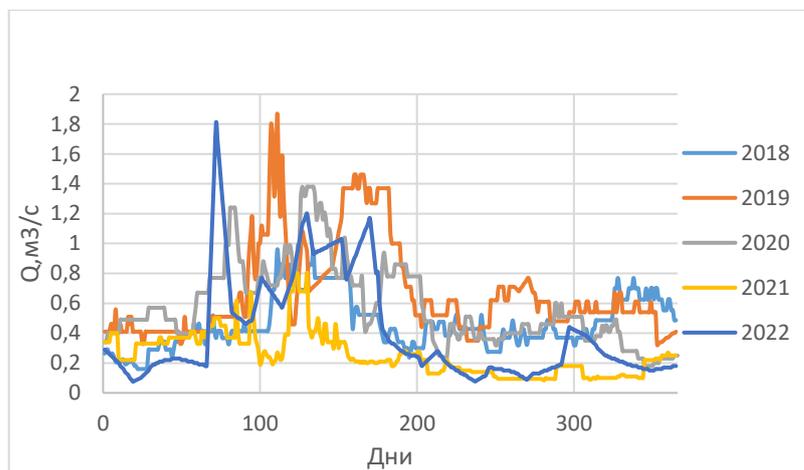


Рисунок А.4 – Хронологический график расходов воды с 2018 по 2022 гг. р.
Бахмазарсай, кишл. Бахмазар.

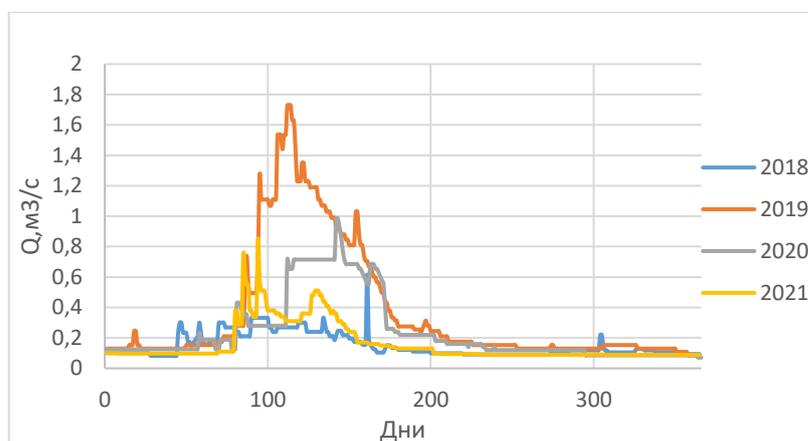


Рисунок А.5 – Хронологический график расходов воды с 2018 по 2022 гг. р.
Джум – джум кишл. Джум – джум.

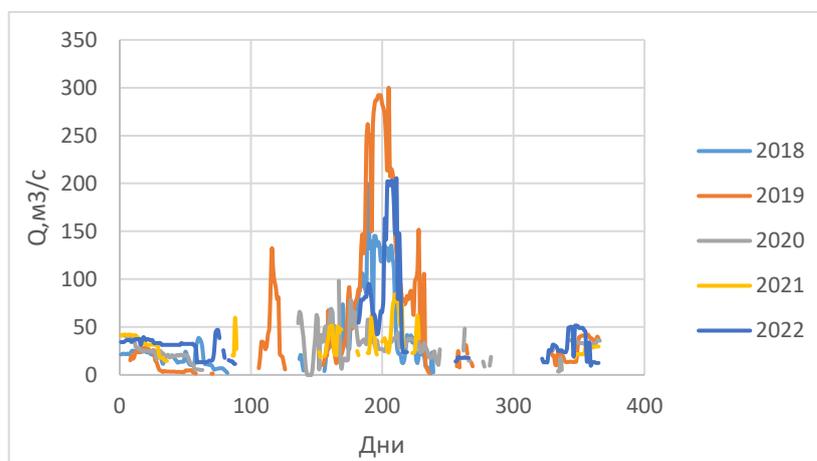


Рисунок А.6 – Хронологический график расходов воды с 2018 по 2022 гг. р.
Зеравшан (Карадарья), Ак-Карадарьинский вододелитель (Чупонатинский).

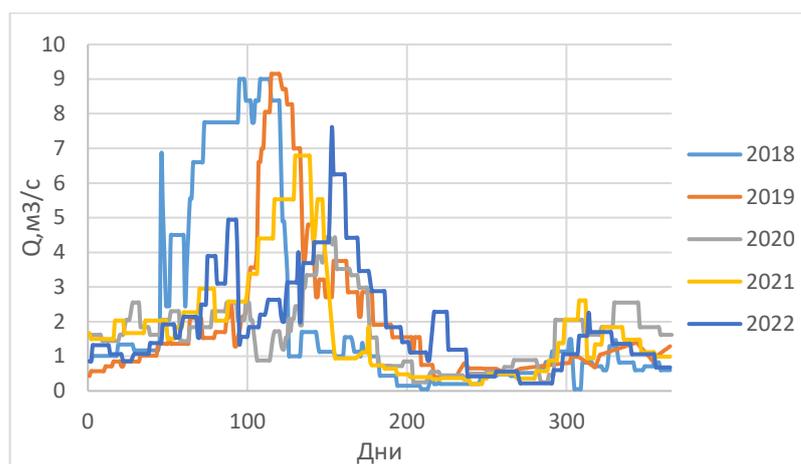


Рисунок А.7 – Хронологический график расходов воды с 2018 по 2022 гг. р.
Санзар, к-к Кырк.

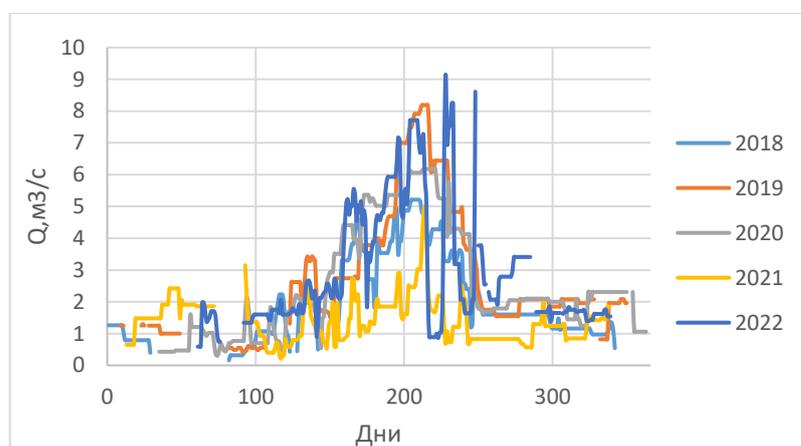


Рисунок А.8 – Хронологический график расходов воды с 2018 по 2022 гг.
кан. Курбанобад – Голова, из р. Зеравшан.

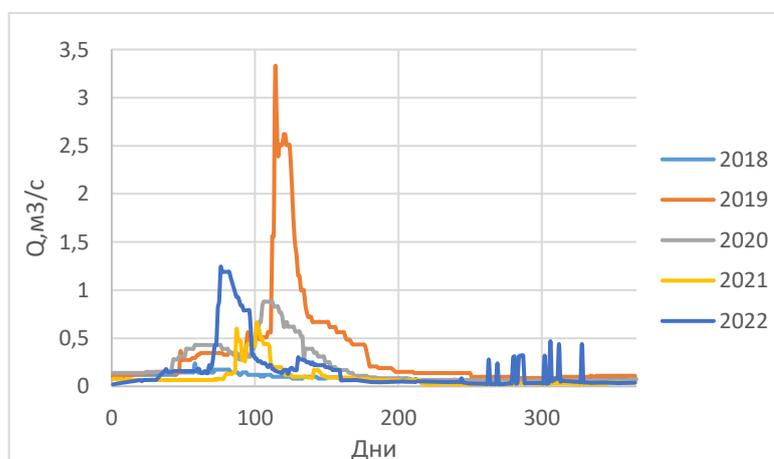


Рисунок А.9 – Хронологический график расходов воды с 2018 по 2022 гг. р.
Караагач (Олмасаван), кишл. Мавлян.

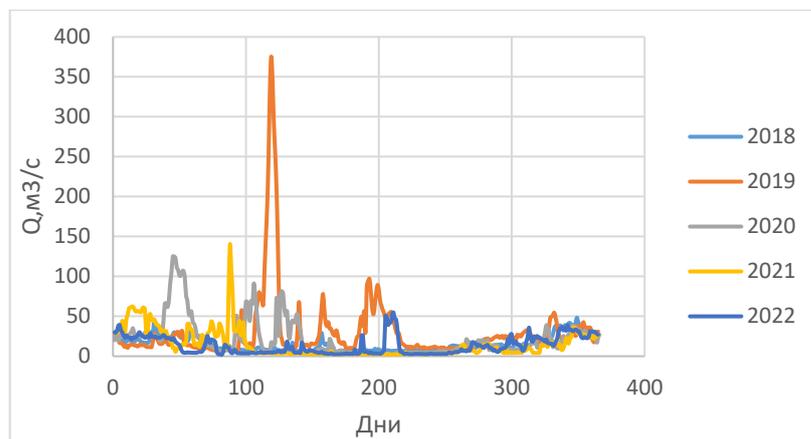


Рисунок А.10 – Хронологический график расходов воды с 2018 по 2022 гг. р.
Зеравшан, г. Навои.

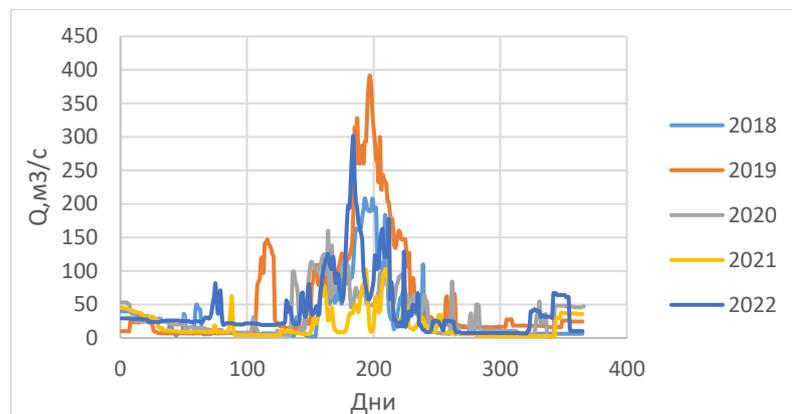


Рисунок А.11 – Хронологический график расходов воды с 2018 по 2022 гг. р.
Зеравшан – Нижний бьеф Раватходжинской плотины.

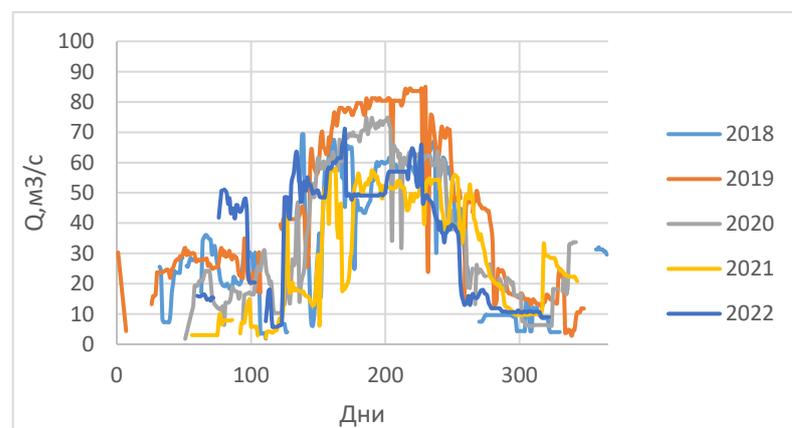


Рисунок А.12 – Хронологический график расходов воды с 2018 по 2022 гг.
кан. Левобережный (Обводной) – Голова, из кан. Даргом.

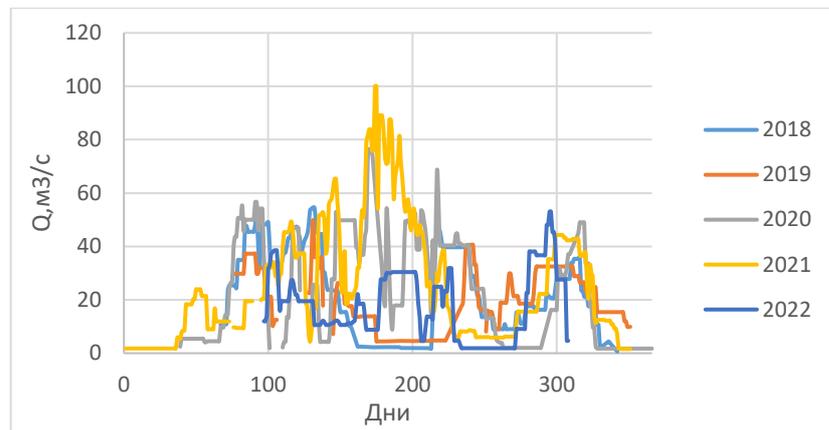


Рисунок А.13 – Хронологический график расходов воды с 2018 по 2022 гг.
кан. Отводящий – Каттакурганского вдхр., Голова.

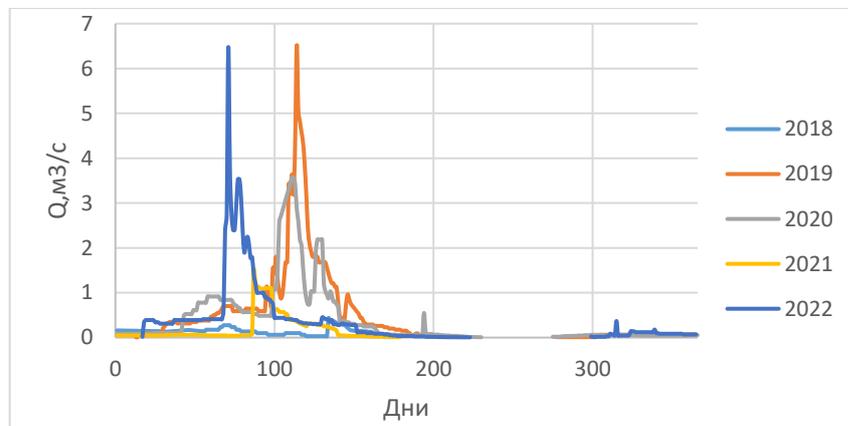


Рисунок А.14 – Хронологический график расходов воды с 2018 по 2022 гг. р.
Актепасай (Пангат), кишл. Оча.

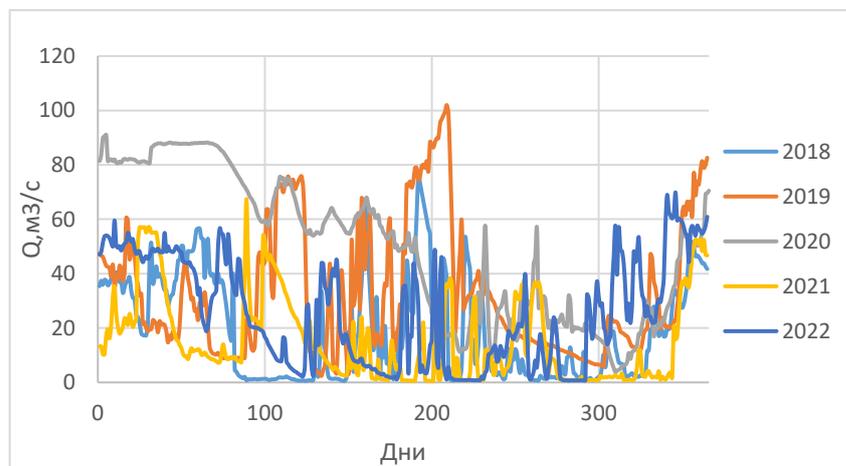


Рисунок А.15 – Хронологический график расходов воды с 2018 по 2022 гг.
кан. Подводящий Каттакурганского вдхр. – Устье.

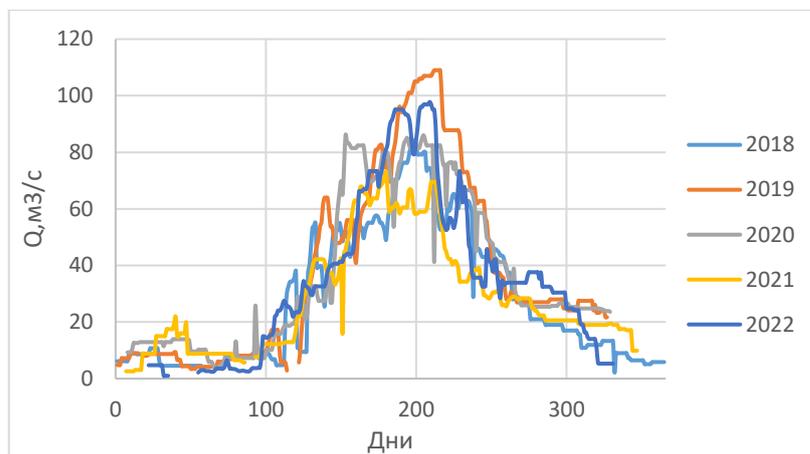


Рисунок А.16 – Хронологический график расходов воды с 2018 по 2022 гг.
кан. Правобережный (ПК-6) – Голова.

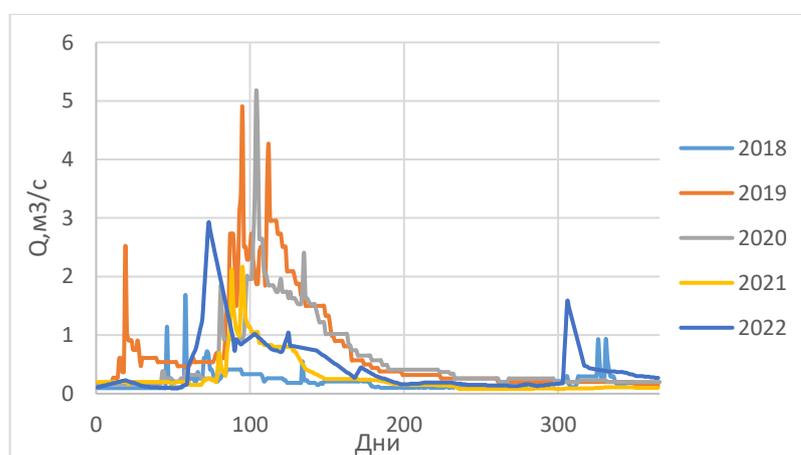


Рисунок А.17 – Хронологический график расходов воды с 2018 по 2022 гг. р.
Ургутсай, г. Ургут.

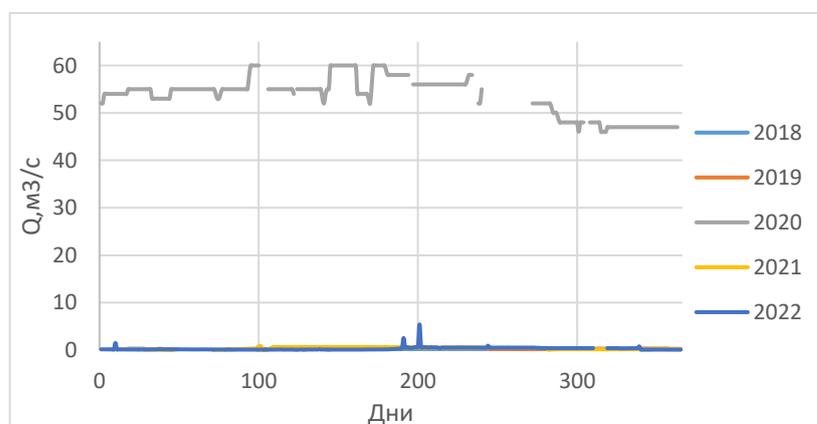


Рисунок А.18 – Хронологический график расходов воды с 2018 по 2022 гг. р.
Зеравшан, кан. Фарог.

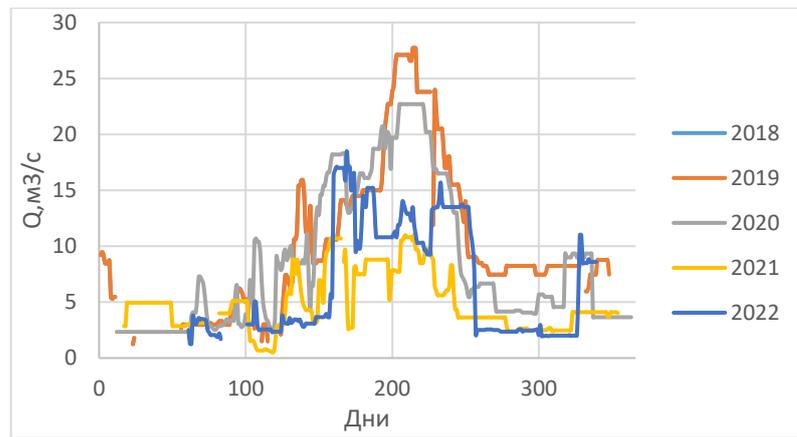


Рисунок А.19 – Хронологический график расходов воды с 2018 по 2022 гг.
кан. Центральный Мианкальский – Голова, из р. Зеравшан.

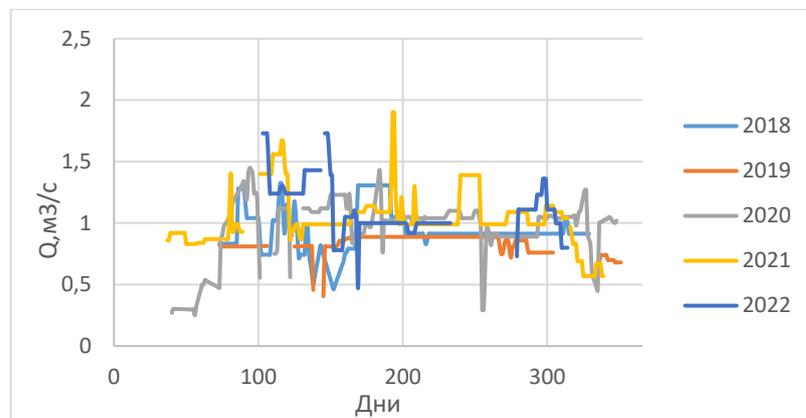


Рисунок А.20 – Хронологический график расходов воды с 2018 по 2022 гг.
кан. Чегонак – голова, из кан. Отводящего Каттакурганского вдхр.

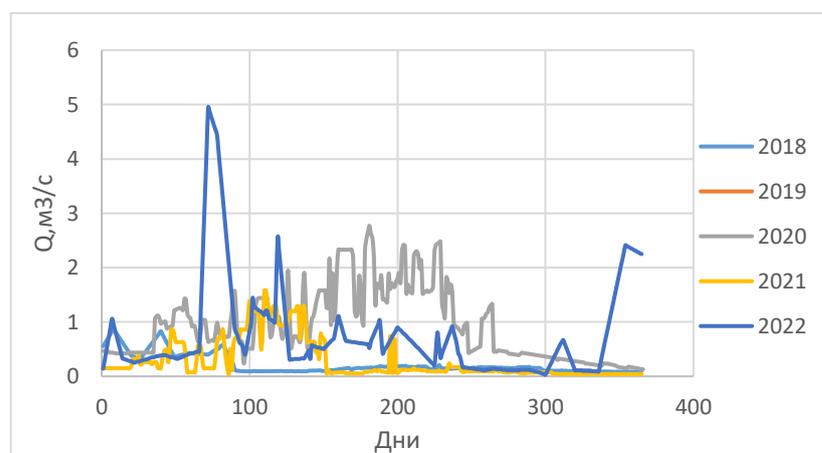


Рисунок А.21 – Хронологический график расходов воды с 2018 по 2022 гг. р.
Биглярсай, кишл. Янги-Акчоб.

Приложение Б – Расчет параметра $Cv_{пр}$

Таблица Б.1 – Расчет параметра $Cv_{пр}$ для Amon_GISS-E2-1-G_ssp585_gn_201501-205012

Amon_GISS-E2-1-G_ssp585_gn_201501-205012																							
Река-Пункт	Метеостанция	Q,м3/с	F	T	X+антропоген	Tпр	Xпр+антропоген	q	hмм	Cv	k	Епр, мм	кпр	c	m2	Gn	спр	m1пр, мм	m1пр, м3/с	m2пр	Cvпр	m1, %	Cv, %
р. Акдарья (Агалык), кишл. Агалык	Кушрабад	1,79	71	13,8	1083	17,3	920	25,25	791	0,50	0,73	213	0,77	1,37	785245	437021	1,30	706,68	1,59	667244,86	0,58	10,66	-14,80
р. Акдарья, протока р. Зеравшан, Ак-Карадарьинский вододелитель	Самарканд	7,70	1480	15,0	453	16,6	344	5,20	171	0,85	0,38	237	0,31	2,65	50316	111660	3,21	107,26	5,04	28924,38	1,23	37,27	-44,94
р. Аманкутансай, кишл. Аман-Кутан	Янгиарык	0,74	58	14,5	706	17,4	587	12,80	413	0,56	0,58	247	0,58	1,71	223923	182478	1,72	340,51	0,62	168853,77	0,68	17,55	-20,78
р. Бахмазарсай, кишл. Бахмазар	Самарканд	0,48	45	15,0	622	16,6	513	10,76	342	0,41	0,55	237	0,54	1,82	136189	69930	1,86	276,27	0,39	95161,94	0,50	19,22	-22,54
р. Джум – джум кишл. Джум – джум	Самарканд	0,27	20	15,0	705	16,6	595	13,24	426	0,43	0,60	237	0,54	1,65	215254	111736	1,86	276,27	0,18	106423,45	0,63	35,15	-45,56
р. Зеравшан (Карадарья), Ак-Карадарьинский вододелитель (Чупонатинский)	Самарканд	21,20	1994	15,0	618	16,6	509	10,63	338	0,29	0,55	237	0,60	1,83	123584	34158	1,66	358,85	22,72	139064,88	0,28	-6,17	1,12
р. Санзар, к-к Кырк	Кушрабад	1,97	570	13,8	414	17,3	251	3,46	110	0,17	0,27	213	0,58	3,77	12453	2660	1,72	295,56	5,35	88127,30	0,09	-168,69	44,96
кан. Курбанобад – Голова, из р. Зеравшан	Самарканд	1,79	640	15,0	372	16,6	263	2,80	90	0,22	0,24	237	0,10	4,14	8469	3210	9,84	26,75	0,54	878,88	0,48	70,24	-118,04
р. Карагаач (Олмасаван), кишл. Мавлян	Самарканд	0,26	35	15,0	523	16,6	414	7,49	242	0,61	0,46	237	0,43	2,16	80148	93351	2,33	177,59	0,20	51553,74	0,80	26,62	-31,23
р. Зеравшан, г. Навои	Самарканд	19,50	2292	15,0	552	16,6	443	8,51	271	0,23	0,49	237	0,47	2,04	77378	16039	2,15	206,25	15,01	46274,11	0,30	23,89	-27,99
р. Зеравшан – Нижний бьеф Раватходжинской плотины	Янгиарык	36,00	12300	14,5	390	17,4	271	2,93	93	0,25	0,24	247	0,09	4,21	9101	4591	11,28	24,00	9,37	779,62	0,59	74,05	-135,54
кан. Левобережный (Обводной) – Голова, из кан. Даргом	Самарканд	28,70	1990	15,0	740	16,6	631	14,42	462	0,18	0,62	237	0,62	1,60	220206	21657	1,60	394,15	24,90	162125,52	0,21	14,69	-17,26
кан. Отводящий – Каттакурганского вдхр., Голова	Кушрабад	16,70	1564	13,8	643	17,3	480	10,68	341	0,25	0,53	213	0,56	1,89	123705	28001	1,80	266,49	13,23	78795,51	0,33	21,85	-30,96

Amon_GISS-E2-1-G_ssp585_gn_201501-205012																							
Река-Пункт	Метеостанция	Q,м3/с	F	T	X+антропоген	Tпр	Xпр+антропоген	q	hмм	Cv	k	Епр, мм	кпр	c	m2	Gn	спр	m1пр, мм	m1пр, м3/с	m2пр	Cvпр	m1, %	Cv, %
р. Актепсай (Пангат), кишл. Оча	Самарканд	0,21	44	15,0	434	16,6	325	4,79	152	0,68	0,35	237	0,27	2,86	33767	60909	3,68	88,40	0,12	16101,26	1,03	41,84	-51,57
кан. Подводящий Каттакурганского вдхр. – Устье	Оқдарье	26,10	1660	14,7	785	16,1	668	15,72	501	0,41	0,64	236	0,65	1,57	292727	130749	1,55	431,41	22,73	228347,48	0,48	13,89	-16,84
кан. Правобережный (ПК-6) – Голова	Самарканд	29,20	1538	15,0	878	16,6	769	18,99	603	0,12	0,69	237	0,69	1,46	368789	15079	1,44	532,01	25,98	288253,32	0,14	11,77	-13,78
р. Ургутсай, г. Ургут	Самарканд	0,49	25	15,0	898	16,6	789	19,52	624	0,44	0,69	237	0,70	1,44	463602	213690	1,43	552,49	0,44	380056,65	0,50	11,46	-13,39
р. Зеравшан, кан. Фарог	Нурабад	0,24	218	15,9	331	16,6	239	1,10	35	0,22	0,11	237	0,01	9,48	1275	1078	105,54	2,26	0,02	10,23	1,00	93,52	-362,40
кан. Центральный Мианкальский – Голова, из р. Зеравшан	Самарканд	5,93	955	15,0	480	16,6	371	6,21	198	0,27	0,41	237	0,36	2,42	42075	13914	2,76	134,03	4,06	20481,04	0,37	32,31	-38,30
кан. Чегонак – голова, из кан. Отводящего Каттакурганского вдхр.	Кушрабад	0,67	546	13,8	378	17,3	215	1,23	39	0,20	0,10	213	0,01	9,74	1566	1174	146,69	1,46	0,03	6,15	1,37	96,23	-582,99
р. Биглярсай, кишл. Янги-Акчоб	Самарканд	0,52	180	15,0	375	16,6	266	2,89	93	0,46	0,25	237	0,11	4,06	10395	14924	8,95	29,74	0,17	1718,04	0,97	67,85	-109,42

Таблица Б.2 – Расчет параметра $Cv_{пр}$ для Amon_GISS-E2-1-G_ssp370_gn_201501-205012

Amon_GISS-E2-1-G_ssp370_gn_201501-205012																							
Река-Пункт	Метеостанция	Q,м3/с	F	T	X+антропоген	Tпр	Xпр+антропоген	q	hмм	Cv	k	Епр, мм	кпр	c	m2	Gn	спр	m1пр, мм	m1пр, м3/с	m2пр	Cvпр	m1, %	Cv, %
р. Акдарья (Агалык), кишл. Агалык	Кушрабад	1,79	71	13,8	1083	17,1	827	25,25	791	0,50	0,73	122	0,85	1,37	785244,53	437020,64	1,17	705,06	1,59	683390,72	0,61	10,86	-21,22
р. Акдарья, протока р. Зеравшан, Ак-Карадарьинский водodelитель	Самарканд	7,70	1480	15,0	453	16,2	396	5,20	171	0,85	0,38	287	0,28	2,65	50315,90	111659,93	3,62	109,32	5,14	27368,97	1,14	36,07	-33,80
р. Аманкутансай, кишл. Аман-Кутан	Янгиарык	0,74	58	14,5	706	16,8	508	12,80	413	0,56	0,58	169	0,67	1,71	223922,79	182478,11	1,50	339,04	0,62	175860,70	0,73	17,91	-30,15
р. Бахмазарсай, кишл. Бахмазар	Самарканд	0,48	45	15,0	622	16,2	565	10,76	342	0,41	0,55	287	0,49	1,82	136189,03	69930,32	2,03	278,32	0,39	94693,06	0,47	18,62	-16,33
р. Джум – джум кишл. Джум – джум	Самарканд	0,27	20	15,0	705	16,2	647	13,24	426	0,43	0,60	287	0,49	1,65	215254,49	111736,06	2,03	278,32	0,18	104992,98	0,60	34,67	-38,18
р. Зеравшан (Карадарья), Ак-Карадарьинский водodelитель (Чупонатинский)	Самарканд	21,20	1994	15,0	618	16,2	561	10,63	338	0,29	0,55	287	0,56	1,83	123584,02	34158,31	1,79	360,90	22,85	139770,57	0,27	-6,78	5,44

Amon_GISS-E2-1-G_ssp370_gn_201501-205012

Река-Пункт	Метеостанция	Q,м3/с	F	T	X+антропоген	Tпр	Xпр+антропоген	q	hмм	Cv	k	Евр, мм	кпр	c	m2	Gn	спр	m1пр, мм	m1пр, м3/с	m2пр	Cvпр	m1, %	Cv, %
р. Санзар, к-к Кырк	Кушрабад	1,97	570	13,8	414	17,1	158	3,46	110	0,17	0,27	122	0,78	3,77	12453,19	2660,10	1,28	438,90	7,94	193670,75	0,07	-299,00	56,98
кан. Курбанобад – Голова, из р. Зеравшан	Самарканд	1,79	640	15,0	372	16,2	315	2,80	90	0,22	0,24	287	0,09	4,14	8469,40	3210,20	10,95	28,81	0,59	976,60	0,42	67,95	-92,00
р. Карагач (Олмасаван), кишл. Мавлян	Самарканд	0,26	35	15,0	523	16,2	466	7,49	242	0,61	0,46	287	0,39	2,16	80147,96	93350,68	2,59	179,64	0,20	50258,83	0,75	25,77	-22,98
р. Зеравшан, г. Навои	Самарканд	19,50	2292	15,0	552	16,2	495	8,51	271	0,23	0,49	287	0,42	2,04	77378,19	16038,94	2,38	208,30	15,16	46766,37	0,28	23,14	-20,47
р. Зеравшан – Нижний бьеф Раватходжинской плотины	Янгиарык	36,00	12300	14,5	390	16,8	191	2,93	93	0,25	0,24	169	0,12	4,21	9101,02	4590,84	8,49	22,53	8,80	778,04	0,73	75,64	-189,16
кан. Левобережный (Обводной) – Голова, из кан. Даргом	Самарканд	28,70	1990	15,0	740	16,2	683	14,42	462	0,18	0,62	287	0,58	1,60	220205,62	21657,45	1,72	396,21	25,03	163266,32	0,20	14,24	-12,41
кан. Отводящий – Каттакурганского вдхр., Голова	Кушрабад	16,70	1564	13,8	643	17,1	387	10,68	341	0,25	0,53	122	0,68	1,89	123705,49	28000,99	1,46	264,88	13,15	79745,32	0,37	22,32	-46,28
р. Актепасай (Пангат), кишл. Оча	Самарканд	0,21	44	15,0	434	16,2	377	4,79	152	0,68	0,35	287	0,24	2,86	33766,58	60908,89	4,17	90,46	0,13	15490,88	0,95	40,49	-39,11
кан. Подводящий Каттакурганского вдхр. – Устье	Оқдарье	26,10	1660	14,7	785	16,2	720	15,72	501	0,41	0,64	287	0,60	1,57	292727,14	130748,99	1,66	432,77	22,81	226598,94	0,46	13,62	-12,36
кан. Правобережный (ПК-6) – Голова	Самарканд	29,20	1538	15,0	878	16,2	821	18,99	603	0,12	0,69	287	0,65	1,46	368788,63	15079,28	1,54	534,06	26,08	290131,84	0,13	11,43	-9,90
р. Ургутсай, г. Ургут	Самарканд	0,49	25	15,0	898	16,2	841	19,52	624	0,44	0,69	287	0,66	1,44	463601,90	213690,48	1,52	554,54	0,44	377962,92	0,48	11,13	-9,62
р. Зеравшан, кан. Фарог	Нурабад	0,24	218	15,9	331	16,2	291	1,10	35	0,22	0,11	287	0,01	9,48	1274,87	1078,49	75,94	3,83	0,03	21,77	0,70	89,03	-222,06
кан. Центральный Мианкальский – Голова, из р. Зеравшан	Самарканд	5,93	955	15,0	480	16,2	423	6,21	198	0,27	0,41	287	0,32	2,42	42075,15	13914,06	3,11	136,09	4,13	20760,03	0,35	31,27	-28,52
кан. Чегонак – голова, из кан. Отводящего Каттакурганского вдхр.	Кушрабад	0,67	546	13,8	378	17,1	122	1,23	39	0,20	0,10	121	0,01	9,74	1565,70	1174,05	122,00	1,00	0,02	5,81	2,19	97,42	-996,43
р. Биглярсай, кишл. Янги-Акчоб	Самарканд	0,52	180	15,0	375	16,2	318	2,89	93	0,46	0,25	287	0,10	4,06	10394,56	14924,23	10,01	31,80	0,18	1756,38	0,86	65,63	-85,25

Таблица Б.3 – Расчет параметра $Cv_{пр}$ для Amon_GISS-E2-1-G_ssp126_gn_201501-205012

Amon_GISS-E2-1-G_ssp126_gn_201501-205012																							
Река-Пункт	Метеостанция	Q, м ³ /с	F	T	X+антропоген	Tпр	Xпр+антропоген	q	hмм	Cv	k	Епр, мм	кпр	c	m2	Gn	спр	m1пр, мм	m1пр, м ³ /с	m2пр	Cvпр	m1, %	Cv, %
р. Акдарья (Агалык), кишл. Агалык	Кушрабад	1,79	71	13,8	1083	16,0	837	25,25	791	0,50	0,73	132	0,84	1,37	785244,53	437020,64	1,19	705,64	1,59	682107,10	0,61	10,79	-20,44
р. Акдарья, протока р. Зеравшан, Ак-Карадарьинский вододельитель	Самарканд	7,70	1480	15,0	453	14,7	340	5,20	171	0,85	0,38	233	0,32	2,65	50315,90	111659,93	3,15	107,94	5,07	29348,98	1,23	36,88	-45,18
р. Аманкутансай, кишл. Аман-Кутан	Янгиарык	0,74	58	14,5	706	15,9	522	12,80	413	0,56	0,58	132	0,75	1,71	223922,79	182478,11	1,34	390,26	0,72	220546,00	0,67	5,51	-19,69
р. Бахмазарсай, кишл. Бахмазар	Самарканд	0,48	45	15,0	622	14,7	509	10,76	342	0,41	0,55	233	0,54	1,82	136189,03	69930,32	1,84	276,94	0,39	95703,19	0,50	19,02	-22,79
р. Джум – джум кишл. Джум – джум	Самарканд	0,27	20	15,0	705	14,7	592	13,24	426	0,43	0,60	233	0,54	1,65	215254,49	111736,06	1,84	276,94	0,18	107065,39	0,63	34,99	-45,85
р. Зеравшан (Карадарья), Ак-Карадарьинский вододельитель (Чупонатинский)	Самарканд	21,20	1994	15,0	618	14,7	506	10,63	338	0,29	0,55	233	0,61	1,83	123584,02	34158,31	1,65	359,52	22,76	139625,90	0,28	-6,37	0,93
р. Санзар, к-к Кырк	Кушрабад	1,97	570	13,8	414	16,0	168	3,46	110	0,17	0,27	132	0,74	3,77	12453,19	2660,10	1,35	374,04	6,77	140887,95	0,08	-240,03	50,91
кан. Курбанобад – Голова, из р. Зеравшан	Самарканд	1,79	640	15,0	372	14,7	260	2,80	90	0,22	0,24	233	0,11	4,14	8469,40	3210,20	9,48	27,43	0,56	921,63	0,47	69,49	-116,71
р. Караагач (Олмасаван), кишл. Мавлян	Самарканд	0,26	35	15,0	523	14,7	411	7,49	242	0,61	0,46	233	0,43	2,16	80147,96	93350,68	2,30	178,26	0,20	52031,14	0,80	26,34	-31,51
р. Зеравшан, г. Навои	Самарканд	19,50	2292	15,0	552	14,7	439	8,51	271	0,23	0,49	233	0,47	2,04	77378,19	16038,94	2,12	206,92	15,06	46592,95	0,30	23,64	-28,26
р. Зеравшан – Нижний бьеф Раватходжинской плотины	Янгиарык	36,00	12300	14,5	390	15,9	205	2,93	93	0,25	0,24	182	0,11	4,21	9101,02	4590,84	8,96	22,91	8,95	780,97	0,70	75,23	-176,89
кан. Левобережный (Обводной) – Голова, из кан. Даргом	Самарканд	28,70	1990	15,0	740	14,7	627	14,42	462	0,18	0,62	233	0,63	1,60	220205,62	21657,45	1,59	394,83	24,94	162704,51	0,21	14,54	-17,47
кан. Отводящий – Каттакурганского вдхр., Голова	Кушрабад	16,70	1564	13,8	643	16,0	397	10,68	341	0,25	0,53	132	0,67	1,89	123705,49	28000,99	1,50	265,45	13,18	79826,74	0,36	22,15	-44,25
р. Актеспасай (Пангат), кишл. Оча	Самарканд	0,21	44	15,0	434	14,7	322	4,79	152	0,68	0,35	233	0,28	2,86	33766,58	60908,89	3,61	89,08	0,12	16369,82	1,03	41,40	-51,77
кан. Подводящий Каттакурганского вдхр. – Устье	Окдарье	26,10	1660	14,7	785	14,7	664	15,72	501	0,41	0,64	233	0,65	1,57	292727,14	130748,99	1,54	431,88	22,76	229013,26	0,48	13,80	-17,07
кан. Правобережный (ПК-6) – Голова	Самарканд	29,20	1538	15,0	878	14,7	765	18,99	603	0,12	0,69	233	0,70	1,46	368788,63	15079,28	1,44	532,68	26,01	289000,02	0,14	11,66	-13,95

Amon_GISS-E2-1-G_ssp126_gn_201501-205012																							
Река-Пункт	Метеостанция	Q,м3/с	F	T	X+антропоген	Tпр	Xпр+антропоген	q	hмм	Cv	k	Епр, мм	кпр	c	m2	Gn	спр	m1пр, мм	m1пр, м3/с	m2пр	Cvпр	m1, %	Cv, %
р. Ургутсай, г. Ургут	Самарканд	0,49	25	15,0	898	14,7	786	19,52	624	0,44	0,69	233	0,70	1,44	463601,90	213690,48	1,42	553,16	0,44	381208,07	0,50	11,35	-13,56
р. Зеравшан, кан. Фарог	Нурабад	0,24	218	15,9	331	14,7	235	1,10	35	0,22	0,11	233	0,01	9,48	1274,87	1078,49	80,19	2,94	0,02	15,35	0,88	91,59	-308,73
кан. Центральный Мианкальский – Голова, из р. Зеравшан	Самарканд	5,93	955	15,0	480	14,7	367	6,21	198	0,27	0,41	233	0,37	2,42	42075,15	13914,06	2,73	134,71	4,08	20697,56	0,38	31,97	-38,57
кан. Чегонак – голова, из кан. Отводящего Каттакурганского влхр.	Кушрабад	0,67	546	13,8	378	16,0	132	1,23	39	0,20	0,10	131	0,01	9,74	1565,70	1174,05	141,56	0,93	0,02	5,02	2,19	97,60	-992,16
р. Биглярсай, кишл. Янги-Акчоб	Самарканд	0,52	180	15,0	375	14,7	263	2,89	93	0,46	0,25	233	0,12	4,06	10394,56	14924,23	8,65	30,42	0,17	1788,18	0,97	67,12	-108,39

Таблица Б.4 – Расчет параметра $Cv_{пр}$ для Amon_CanESM5_ssp370(1)_gn_201501-210012

Amon_CanESM5_ssp370(1)_gn_201501-210012																							
Река-Пункт	Метеостанция	Q,м3/с	F	T	X+антропоген	Tпр	Xпр+антропоген	q	hмм	Cv	k	Епр, мм	кпр	c	m2	Gn	спр	m1пр, мм	m1пр, м3/с	m2пр	Cvпр	m1, %	Cv, %
р. Акдарья (Агалык), кишл. Агалык	Кушрабад	1,79	71	13,8	1083	18,2	896	25,25	791	0,50	0,73	190	0,79	1,37	785244,53	437020,64	1,27	706,10	1,59	670749,40	0,59	10,73	-16,37
р. Акдарья, протока р. Зеравшан, Ак-Карадарьинский водodelитель	Самарканд	7,70	1480	15,0	453	18,3	296	5,20	171	0,85	0,38	190	0,36	2,65	50315,90	111659,93	2,79	105,88	4,97	31187,46	1,33	38,08	-57,23
р. Аманкутансай, кишл. Аман-Кутан	Янгиарык	0,74	58	14,5	706	18,7	470	12,80	413	0,56	0,58	132	0,72	1,71	223922,79	182478,11	1,39	338,53	0,62	180289,15	0,76	18,03	-35,36
р. Бахмazarсай, кишл. Бахмazar	Самарканд	0,48	45	15,0	622	18,3	465	10,76	342	0,41	0,55	190	0,59	1,82	136189,03	69930,32	1,69	274,89	0,39	96237,32	0,52	19,62	-29,01
р. Джум – джум кишл. Джум – джум	Самарканд	0,27	20	15,0	705	18,3	548	13,24	426	0,43	0,60	190	0,59	1,65	215254,49	111736,06	1,69	274,89	0,18	108596,07	0,66	35,47	-53,25
р. Зеравшан (Карадарья), Ак-Карадарьинский водodelитель (Чупонатинский)	Самарканд	21,20	1994	15,0	618	18,3	461	10,63	338	0,29	0,55	190	0,65	1,83	123584,02	34158,31	1,53	357,47	22,63	138933,94	0,30	-5,76	-3,31
р. Санзар, к-к Кырк	Кушрабад	1,97	570	13,8	414	18,2	227	3,46	110	0,17	0,27	190	0,59	3,77	12453,19	2660,10	1,70	270,95	4,90	74196,61	0,10	-146,32	39,60
кан. Курбанобад – Голова, из р. Зеравшан	Самарканд	1,79	640	15,0	372	18,3	215	2,80	90	0,22	0,24	190	0,12	4,14	8469,40	3210,20	8,49	25,38	0,52	832,96	0,54	71,77	-147,51
р. Карагач (Олмасаван), кишл. Мавлян	Самарканд	0,26	35	15,0	523	18,3	366	7,49	242	0,61	0,46	190	0,48	2,16	80147,96	93350,68	2,08	176,21	0,19	53505,73	0,85	27,19	-40,08

Amon_CanESM5_ssp370(1)_gn_201501-210012																							
Река-Пункт	Метеостанция	Q,м3/с	F	T	X+антропоген	Tпр	Xпр+антропоген	q	hмм	Cv	k	Епр, мм	кпр	c	m2	Gn	спр	m1пр, мм	m1пр, м3/с	m2пр	Cvпр	m1, %	Cv, %
р. Зеравшан, г. Навои	Самарканд	19,50	2292	15,0	552	18,3	395	8,51	271	0,23	0,49	190	0,52	2,04	77378,19	16038,94	1,93	204,87	14,91	46131,91	0,31	24,40	-35,98
р. Зеравшан – Нижний бьеф Раватходжинской плотины	Янгиарык	36,00	12300	14,5	390	18,7	154	2,93	93	0,25	0,24	132	0,14	4,21	9101,02	4590,84	6,98	22,02	8,60	813,88	0,82	76,19	-226,32
кан. Левобережный (Обводной) – Голова, из кан. Даргом	Самарканд	28,70	1990	15,0	740	18,3	583	14,42	462	0,18	0,62	190	0,67	1,60	220205,62	21657,45	1,48	392,78	24,81	161570,49	0,22	14,98	-22,20
кан. Отводящий – Каттакурганского вдхр., Голова	Кушрабад	16,70	1564	13,8	643	18,2	456	10,68	341	0,25	0,53	190	0,58	1,89	123705,49	28000,99	1,71	265,92	13,20	78875,93	0,34	22,02	-34,48
р. Актепасай (Пангаг), кишл. Оча	Самарканд	0,21	44	15,0	434	18,3	277	4,79	152	0,68	0,35	190	0,31	2,86	33766,58	60908,89	3,18	87,03	0,12	17139,04	1,12	42,75	-65,43
кан. Подводящий Каттакурганского вдхр. – Устье	Окдарье	26,10	1660	14,7	785	18,2	620	15,72	501	0,41	0,64	190	0,69	1,57	292727,14	130748,99	1,44	429,83	22,65	230083,51	0,50	14,21	-21,49
кан. Правобережный (ПК-6) – Голова	Самарканд	29,20	1538	15,0	878	18,3	721	18,99	603	0,12	0,69	190	0,74	1,46	368788,63	15079,28	1,36	530,63	25,91	287120,16	0,14	12,00	-17,65
р. Ургутсай, г. Ургут	Самарканд	0,49	25	15,0	898	18,3	741	19,52	624	0,44	0,69	190	0,74	1,44	463601,90	213690,48	1,34	551,11	0,44	383167,24	0,51	11,68	-17,14
р. Зеравшан, кан. Фарог	Нурабад	0,24	218	15,9	331	18,2	191	1,10	35	0,22	0,11	190	0,00	9,48	1274,87	1078,49	215,73	0,89	0,01	3,28	1,79	97,46	-726,82
кан. Центральный Мианкальский – Голова, из р. Зеравшан	Самарканд	5,93	955	15,0	480	18,3	323	6,21	198	0,27	0,41	190	0,41	2,42	42075,15	13914,06	2,43	132,65	4,02	20456,77	0,40	33,00	-48,97
кан. Чегонак – голова, из кан. Отводящего Каттакурганского вдхр.	Кушрабад	0,67	546	13,8	378	18,2	191	1,23	39	0,20	0,10	190	0,00	9,74	1565,70	1174,05	215,73	0,89	0,02	3,50	1,86	97,72	-831,64
р. Биглярсай, кишл. Янги-Акчоб	Самарканд	0,52	180	15,0	375	18,3	218	2,89	93	0,46	0,25	190	0,13	4,06	10394,56	14924,23	7,70	28,36	0,16	1773,45	1,10	69,34	-136,79

Таблица Б.5 – Расчет параметра $Cv_{пр}$ для Amon_CanESM5_ssp370_gn_201501-210012

Amon_CanESM5_ssp370_gn_201501-210012																							
Река-Пункт	Метеостанция	Q,м3/с	F	T	X+антропоген	Tпр	Xпр+антропоген	q	hмм	Cv	k	Епр, мм	кпр	c	m2	Gn	спр	m1пр, мм	m1пр, м3/с	m2пр	Cvпр	m1, %	Cv, %
р. Акдарья (Агальк), кишл. Агальк	Кушрабад	1,79	71	13,8	1083	18,3	891	25,25	791	0,50	0,73	185	0,79	1,37	785244,53	437020,64	1,26	706,03	1,59	671617,60	0,59	10,74	-16,70
р. Акдарья, протока р. Зеравшан, Ак-	Самарканд	7,70	1480	15,0	453	18,2	291	5,20	171	0,85	0,38	185	0,36	2,65	50315,90	111659,93	2,75	105,82	4,97	31510,18	1,35	38,12	-58,65

Amon_CanESM5_ssp370_gn_201501-210012

Река-Пункт	Метеостанция	Q,м3/с	F	T	X+антропоген	Tпр	Xпр+антропоген	q	hмм	Cv	k	Епр, мм	кпр	c	m2	Gn	сnp	m1np, мм	m1np, м3/с	m2np	Cvnp	m1, %	Cv, %
Карадарьинский вододелитель																							
р. Аманкутансай, кишл. Аман-Кутан	Янгиарык	0,74	58	14,5	706	18,8	425	12,80	413	0,56	0,58	87	0,80	1,71	223922,79	182478,11	1,26	338,34	0,62	187127,62	0,80	18,08	-42,45
р. Бахмазарсай, кишл. Бахмазар	Самарканд	0,48	45	15,0	622	18,2	460	10,76	342	0,41	0,55	185	0,60	1,82	136189,03	69930,32	1,67	274,82	0,39	96424,22	0,53	19,64	-29,74
р. Джум – джум кишл. Джум – джум	Самарканд	0,27	20	15,0	705	18,2	542	13,24	426	0,43	0,60	185	0,60	1,65	215254,49	111736,06	1,67	274,82	0,18	108916,82	0,66	35,49	-54,11
р. Зеравшан (Карадарья), Ак-Карадарьинский вододелитель (Чупонатинский)	Самарканд	21,20	1994	15,0	618	18,2	456	10,63	338	0,29	0,55	185	0,66	1,83	123584,02	34158,31	1,52	357,40	22,62	138988,43	0,30	-5,74	-3,81
р. Санзар, к-к Кырк	Кушрабад	1,97	570	13,8	414	18,3	222	3,46	110	0,17	0,27	185	0,59	3,77	12453,19	2660,10	1,68	270,88	4,90	74167,19	0,10	-146,26	39,26
кан. Курбанобад – Голова, из р. Зеравшан	Самарканд	1,79	640	15,0	372	18,2	210	2,80	90	0,22	0,24	185	0,12	4,14	8469,40	3210,20	8,31	25,31	0,51	833,62	0,55	71,85	-150,82
р. Карагаач (Олмасаван), кишл. Мавлян	Самарканд	0,26	35	15,0	523	18,2	361	7,49	242	0,61	0,46	185	0,49	2,16	80147,96	93350,68	2,05	176,14	0,19	53790,06	0,86	27,21	-41,10
р. Зеравшан, г. Навои	Самарканд	19,50	2292	15,0	552	18,2	390	8,51	271	0,23	0,49	185	0,53	2,04	77378,19	16038,94	1,90	204,80	14,90	46157,32	0,32	24,43	-36,88
р. Зеравшан – Нижний бьеф Раватходжинской плотины	Янгиарык	36,00	12300	14,5	390	18,8	108	2,93	93	0,25	0,24	87	0,20	4,21	9101,02	4590,84	4,96	21,83	8,52	938,76	0,99	76,40	-290,42
кан. Левобережный (Обводной) – Голова, из кан. Даргом	Самарканд	28,70	1990	15,0	740	18,2	578	14,42	462	0,18	0,62	185	0,68	1,60	220205,62	21657,45	1,47	392,71	24,81	161580,72	0,22	15,00	-22,75
кан. Отводящий – Каттакурганского вдхр., Голова	Кушрабад	16,70	1564	13,8	643	18,3	451	10,68	341	0,25	0,53	185	0,59	1,89	123705,49	28000,99	1,70	265,84	13,20	78928,76	0,34	22,04	-35,26
р. Актепасай (Пангат), кишл. Оча	Самарканд	0,21	44	15,0	434	18,2	272	4,79	152	0,68	0,35	185	0,32	2,86	33766,58	60908,89	3,13	86,96	0,12	17298,96	1,13	42,79	-67,04
кан. Подводящий Каттакурганского вдхр. – Устье	Окдарье	26,10	1660	14,7	785	18,3	615	15,72	501	0,41	0,64	185	0,70	1,57	292727,14	130748,99	1,43	429,76	22,65	230391,47	0,50	14,22	-22,00
кан. Правобережный (ПК-6) – Голова	Самарканд	29,20	1538	15,0	878	18,2	716	18,99	603	0,12	0,69	185	0,74	1,46	368788,63	15079,28	1,35	530,56	25,90	287087,56	0,14	12,01	-18,07
р. Ургутсай, г. Ургут	Самарканд	0,49	25	15,0	898	18,2	736	19,52	624	0,44	0,69	185	0,75	1,44	463601,90	213690,48	1,34	551,04	0,44	383633,14	0,51	11,69	-17,55
р. Зеравшан, кан. Фарог	Нурабад	0,24	218	15,9	331	18,3	186	1,10	35	0,22	0,11	185	0,00	9,48	1274,87	1078,49	228,02	0,81	0,01	3,03	1,89	97,66	-773,35
кан. Центральный Мианкальский – Голова, из р. Зеравшан	Самарканд	5,93	955	15,0	480	18,2	318	6,21	198	0,27	0,41	185	0,42	2,42	42075,15	13914,06	2,40	132,59	4,02	20483,32	0,41	33,04	-50,20
кан. Чегонак – голова, из кан.	Кушрабад	0,67	546	13,8	378	18,3	186	1,23	39	0,20	0,10	185	0,00	9,74	1565,70	1174,05	228,02	0,81	0,01	3,24	1,97	97,90	-884,06

Amon_CanESM5_ssp370_gn_201501-210012																							
Река-Пункт	Метеостанция	Q,м3/с	F	T	X+антропоген	Tпр	Xпр+антропоген	q	hмм	Cv	k	Епр, мм	кпр	c	m2	Gn	спр	m1пр, мм	m1пр, м3/с	m2пр	Cvпр	m1, %	Cv, %
Отводящего Каттакурганского вдхр.																							
р. Биглярсай, кишл. Янги-Акчоб	Самарканд	0,52	180	15,0	375	18,2	213	2,89	93	0,46	0,25	185	0,13	4,06	10394,56	14924,23	7,54	28,29	0,16	1790,42	1,11	69,41	-139,88

Таблица Б.6 – Расчет параметра $Cv_{пр}$ для CESM2-WACCM_ssp585_gn_201501-210012

CESM2-WACCM_ssp585_gn_201501-210012																							
Река-Пункт	Метеостанция	Q,м3/с	F	T	X+антропоген	Tпр	Xпр+антропоген	q	hмм	Cv	k	Епр, мм	кпр	c	m2	Gn	спр	m1пр, мм	m1пр, м3/с	m2пр	Cvпр	m1, %	Cv, %
р. Акларья (Агалык), кишл. Агалык	Кушрабад	1,79	71	13,8	1083	18,2	884	25,25	791	0,50	0,73	178	0,80	1,37	785244,53	437020,64	1,25	705,95	1,59	672842,59	0,59	10,75	-17,17
р. Акларья, протока р. Зеравшан, Ак-Карадарьинский водodelитель	Самарканд	7,70	1480	15,0	453	16,7	369	5,20	171	0,85	0,38	261	0,29	2,65	50315,90	111659,93	3,42	108,00	5,07	27998,23	1,18	36,84	-39,39
р. Аманкутансай, кишл. Аман-Кутан	Янгиарык	0,74	58	14,5	706	19,5	429	12,80	413	0,56	0,58	90	0,79	1,71	223922,79	182478,11	1,27	338,34	0,62	186490,24	0,79	18,08	-41,82
р. Бахмазарсай, кишл. Бахмазар	Самарканд	0,48	45	15,0	622	16,7	538	10,76	342	0,41	0,55	261	0,51	1,82	136189,03	69930,32	1,94	277,01	0,39	94731,33	0,48	19,00	-19,45
р. Джум – джум кишл. Джум – джум	Самарканд	0,27	20	15,0	705	16,7	621	13,24	426	0,43	0,60	261	0,51	1,65	215254,49	111736,06	1,94	277,01	0,18	105490,54	0,61	34,97	-41,89
р. Зеравшан (Карадарья), Ак-Карадарьинский водodelитель (Чупонатинский)	Самарканд	21,20	1994	15,0	618	16,7	534	10,63	338	0,29	0,55	261	0,58	1,83	123584,02	34158,31	1,73	359,59	22,76	139196,27	0,28	-6,39	3,26
р. Санзар, к-к Кырк	Кушрабад	1,97	570	13,8	414	18,2	215	3,46	110	0,17	0,27	178	0,67	3,77	12453,19	2660,10	1,50	356,09	6,44	127687,75	0,08	-223,72	51,06
кан. Курбанобад – Голова, из р. Зеравшан	Самарканд	1,79	640	15,0	372	16,7	289	2,80	90	0,22	0,24	261	0,10	4,14	8469,40	3210,20	10,50	27,49	0,56	908,82	0,45	69,42	-105,41
р. Карагач (Олмасаван), кишл. Мавлян	Самарканд	0,26	35	15,0	523	16,7	439	7,49	242	0,61	0,46	261	0,41	2,16	80147,96	93350,68	2,46	178,33	0,20	50740,03	0,77	26,31	-27,12
р. Зеравшан, г. Навои	Самарканд	19,50	2292	15,0	552	16,7	468	8,51	271	0,23	0,49	261	0,44	2,04	77378,19	16038,94	2,26	206,99	15,06	46390,22	0,29	23,62	-24,25
р. Зеравшан – Нижний бьеф Раватходжинской плотины	Янгиарык	36,00	12300	14,5	390	19,5	112	2,93	93	0,25	0,24	90	0,19	4,21	9101,02	4590,84	5,14	21,83	8,52	923,34	0,97	76,40	-283,78
кан. Левобережный (Обводной) – Голова, из кан. Даргом	Самарканд	28,70	1990	15,0	740	16,7	656	14,42	462	0,18	0,62	261	0,60	1,60	220205,62	21657,45	1,66	394,89	24,95	162460,10	0,20	14,52	-14,87

CESM2-WACCM_ssp585_gn_201501-210012																							
Река-Пункт	Метеостанция	Q, м ³ /с	F	T	X+антропоген	Tпр	Xпр+антропоген	q	hмм	Cv	k	Епр, мм	кпр	c	m2	Gn	спр	m1пр, мм	m1пр, м ³ /с	m2пр	Cvпр	m1, %	Cv, %
кан. Отводящий – Каттакурганского вдхр., Голова	Кушрабад	16,70	1564	13,8	643	18,2	444	10,68	341	0,25	0,53	178	0,60	1,89	123705,49	28000,99	1,67	265,76	13,20	79011,25	0,34	22,06	-36,33
р. Актепасай (Пангат), кишл. Оча	Самарканд	0,21	44	15,0	434	16,7	350	4,79	152	0,68	0,35	261	0,25	2,86	33766,58	60908,89	3,93	89,14	0,12	15696,79	0,99	41,35	-45,37
кан. Подводящий Каттакурганского вдхр. – Устье	Оқдарье	26,10	1660	14,7	785	18,2	608	15,72	501	0,41	0,64	178	0,71	1,57	292727,14	130748,99	1,41	429,67	22,64	230834,24	0,50	14,24	-22,71
кан. Правобережный (ПК-6) – Голова	Самарканд	29,20	1538	15,0	878	16,7	794	18,99	603	0,12	0,69	261	0,67	1,46	368788,63	15079,28	1,49	532,75	26,01	288881,78	0,13	11,65	-11,87
р. Ургутсай, г. Ургут	Самарканд	0,49	25	15,0	898	16,7	814	19,52	624	0,44	0,69	261	0,68	1,44	463601,90	213690,48	1,47	553,23	0,44	378640,92	0,49	11,34	-11,54
р. Зеравшан, кан. Фарог	Нурабад	0,24	218	15,9	331	18,3	198	1,10	35	0,22	0,11	197	0,00	9,48	1274,87	1078,49	202,80	0,98	0,01	3,61	1,67	97,20	-672,80
кан. Центральный Мианкальский – Голова, из р. Зеравшан	Самарканд	5,93	955	15,0	480	16,7	396	6,21	198	0,27	0,41	261	0,34	2,42	42075,15	13914,06	2,94	134,77	4,09	20531,76	0,36	31,93	-33,42
кан. Чегонак – голова, из кан. Отводящего Каттакурганского вдхр.	Кушрабад	0,67	546	13,8	378	18,2	179	1,23	39	0,20	0,10	178	0,00	9,74	1565,70	1174,05	244,50	0,73	0,01	2,94	2,12	98,11	-958,67
р. Биглярсай, кишл. Янги-Акчоб	Самарканд	0,52	180	15,0	375	16,7	292	2,89	93	0,46	0,25	261	0,10	4,06	10394,56	14924,23	9,57	30,48	0,17	1709,04	0,92	67,05	-97,66

Таблица Б.7 – Расчет параметра $Cv_{пр}$ для Amon_CanESM5_ssp126_gn_201501-210012

Amon_CanESM5_ssp126_gn_201501-210012																							
Река-Пункт	Метеостанция	Q, м ³ /с	F	T	X+антропоген	Tпр	Xпр+антропоген	q	hмм	Cv	k	Епр, мм	кпр	c	m2	Gn	спр	m1пр, мм	m1пр, м ³ /с	m2пр	Cvпр	m1, %	Cv, %
р. Акдарья (Агалык), кишл. Агалык	Кушрабад	1,79	71	13,8	1083	16,5	885	25,25	791	0,50	0,73	178	0,80	1,37	785244,53	437020,64	1,25	706,20	1,59	673164,37	0,59	10,72	-17,12
р. Акдарья, протока р. Зеравшан, Ак-Карадарьинский вододелитель	Самарканд	7,70	1480	15,0	453	16,5	284	5,20	171	0,85	0,38	178	0,37	2,65	50315,90	111659,93	2,68	105,98	4,98	32041,08	1,36	38,02	-60,33
р. Аманкутансай, кишл. Аман-Кутан	Янгиарык	0,74	58	14,5	706	17,1	410	12,80	413	0,56	0,58	72	0,83	1,71	223922,79	182478,11	1,21	338,32	0,62	189737,94	0,81	18,08	-45,00
р. Бахмазарсай, кишл. Бахмазар	Самарканд	0,48	45	15,0	622	16,5	453	10,76	342	0,41	0,55	178	0,61	1,82	136189,03	69930,32	1,65	274,99	0,39	96827,23	0,53	19,59	-30,63
р. Джум – джум кишл. Джум – джум	Самарканд	0,27	20	15,0	705	16,5	536	13,24	426	0,43	0,60	178	0,61	1,65	215254,49	111736,06	1,65	274,99	0,18	109506,11	0,67	35,45	-55,17
р. Зеравшан (Карадарья), Ак-	Самарканд	21,20	1994	15,0	618	16,5	449	10,63	338	0,29	0,55	178	0,67	1,83	123584,02	34158,31	1,50	357,57	22,63	139248,71	0,30	-5,79	-4,41

Amon_CanESM5_ssp126_gn_201501-210012

Река-Пункт	Метеостанция	Q,м3/с	F	T	X+антропоген	Tпр	Xпр+антропоген	q	hмм	Cv	k	Епр, мм	kпр	c	m2	Gn	сnp	m1np, мм	m1np, м3/с	m2np	Cvnp	m1, %	Cv, %
Карадарьинский вододелитель (Чулпонатинский)																							
р. Санзар, к-к Кырк	Кушрабад	1,97	570	13,8	414	16,5	216	3,46	110	0,17	0,27	178	0,60	3,77	12453,19	2660,10	1,66	271,05	4,90	74269,90	0,10	146,41	38,84
кан. Курбанобад – Голова, из р. Зеравшан	Самарканд	1,79	640	15,0	372	16,5	204	2,80	90	0,22	0,24	178	0,12	4,14	8469,40	3210,20	8,00	25,47	0,52	849,51	0,56	71,66	153,95
р. Караагач (Олмасаван), кишл. Мавлян	Самарканд	0,26	35	15,0	523	16,5	355	7,49	242	0,61	0,46	178	0,50	2,16	80147,96	93350,68	2,01	176,31	0,19	54286,57	0,86	27,15	-42,31
р. Зеравшан, г. Навои	Самарканд	19,50	2292	15,0	552	16,5	383	8,51	271	0,23	0,49	178	0,53	2,04	77378,19	16038,94	1,87	204,97	14,91	46300,17	0,32	24,37	-37,98
р. Зеравшан – Нижний бьеф Раватходжинской плотины	Янгиарык	36,00	12300	14,5	390	17,1	94	2,93	93	0,25	0,24	72	0,23	4,21	9101,02	4590,84	4,29	21,81	8,52	1010,79	1,06	76,42	320,39
кан. Левобережный (Обводной) – Голова, из кан. Даргом	Самарканд	28,70	1990	15,0	740	16,5	571	14,42	462	0,18	0,62	178	0,69	1,60	220205,62	21657,45	1,45	392,87	24,82	161798,01	0,22	14,96	-23,41
кан. Отводящий – Каттакурганского вдхр., Голова	Кушрабад	16,70	1564	13,8	643	16,5	444	10,68	341	0,25	0,53	178	0,60	1,89	123705,49	28000,99	1,67	266,01	13,21	79143,59	0,34	21,99	-36,20
р. Актепасай (Пангат), кишл. Оча	Самарканд	0,21	44	15,0	434	16,5	265	4,79	152	0,68	0,35	178	0,33	2,86	33766,58	60908,89	3,05	87,12	0,12	17584,70	1,15	42,68	-68,90
кан. Подводящий Каттакурганского вдхр. – Устье	Окдарье	26,10	1660	14,7	785	16,5	608	15,72	501	0,41	0,64	178	0,71	1,57	292727,14	130748,99	1,41	429,93	22,66	231040,52	0,50	14,19	-22,63
кан. Правобережный (ПК-6) – Голова	Самарканд	29,20	1538	15,0	878	16,5	709	18,99	603	0,12	0,69	178	0,75	1,46	368788,63	15079,28	1,34	530,73	25,91	287316,89	0,14	11,99	-18,59
р. Ургутсай, г. Ургут	Самарканд	0,49	25	15,0	898	16,5	730	19,52	624	0,44	0,69	178	0,76	1,44	463601,90	213690,48	1,32	551,21	0,44	384551,40	0,52	11,67	-18,06
р. Зеравшан, кан. Фарог	Нурабад	0,24	218	15,9	331	16,5	179	1,10	35	0,22	0,11	178	0,01	9,48	1274,87	1078,49	182,53	0,98	0,01	3,92	1,75	97,18	709,64
кан. Центральный Мианкальский – Голова, из р. Зеравшан	Самарканд	5,93	955	15,0	480	16,5	311	6,21	198	0,27	0,41	178	0,43	2,42	42075,15	13914,06	2,34	132,75	4,02	20591,66	0,41	32,95	-51,66
кан. Чегонак – голова, из кан. Отводящего Каттакурганского вдхр.	Кушрабад	0,67	546	13,8	378	16,5	179	1,23	39	0,20	0,10	178	0,01	9,74	1565,70	1174,05	182,53	0,98	0,02	4,18	1,83	97,47	812,27
р. Биглярсай, кишл. Янги-Акчоб	Самарканд	0,52	180	15,0	375	16,5	207	2,89	93	0,46	0,25	178	0,14	4,06	10394,56	14924,23	7,27	28,46	0,16	1836,88	1,13	69,23	142,90

Приложение В – Расчет ожидаемых значений характеристик, рассчитанных вероятностным методом (РГГМУ)

Таблица В.1 – Ожидаемые значения характеристик, рассчитанные вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для р. Акдарья (Агалык), кишл. Агалык

Название модели	Епр, мм	m1пр, мм	Cvпр	m1, %	Cv, %
Amon_GISS-E2-1-G_ssp585_gn_201501-205012	213	707	0,58	10,7	-14,8
Amon_GISS-E2-1-G_ssp370_gn_201501-205012	122	705	0,61	10,9	-21,2
Amon_GISS-E2-1-G_ssp126_gn_201501-205012	132	706	0,61	10,8	-20,4
Amon_CanESM5_ssp370(1)_gn_201501-210012	190	706	0,59	10,7	-16,4
Amon_CanESM5_ssp370_gn_201501-210012	185	706	0,59	10,7	-16,7
CESM2-WACCM_ssp585_gn_201501-210012	178	706	0,59	10,8	-17,2
Amon_CanESM5_ssp126_gn_201501-210012	178	706	0,59	10,7	-17,1

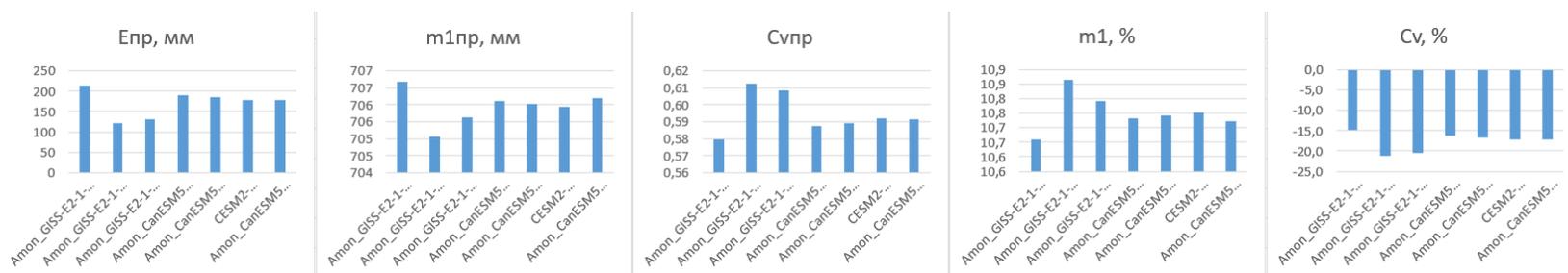


Рисунок В.1 – Графики ожидаемых значений характеристик, рассчитанных вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для р. Акдарья (Агалык), кишл. Агалык.

Таблица В.2 – Ожидаемые значения характеристик, рассчитанные вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для р. Акдарья, протока р. Зеравшан, Ак-Карадарьинский вододелитель

Название модели	Епр, мм	m1пр, мм	Cvпр	m1, %	Cv, %
Amon_GISS-E2-1-G_ssp585_gn_201501-205012	237	107	1,23	37,3	-44,9
Amon_GISS-E2-1-G_ssp370_gn_201501-205012	287	109	1,14	36,1	-33,8
Amon_GISS-E2-1-G_ssp126_gn_201501-205012	233	108	1,23	36,9	-45,2
Amon_CanESM5_ssp370(1)_gn_201501-210012	190	106	1,33	38,1	-57,2
Amon_CanESM5_ssp370_gn_201501-210012	185	106	1,35	38,1	-58,7
CESM2-WACCM_ssp585_gn_201501-210012	261	108	1,18	36,8	-39,4
Amon_CanESM5_ssp126_gn_201501-210012	178	106	1,36	38,0	-60,3

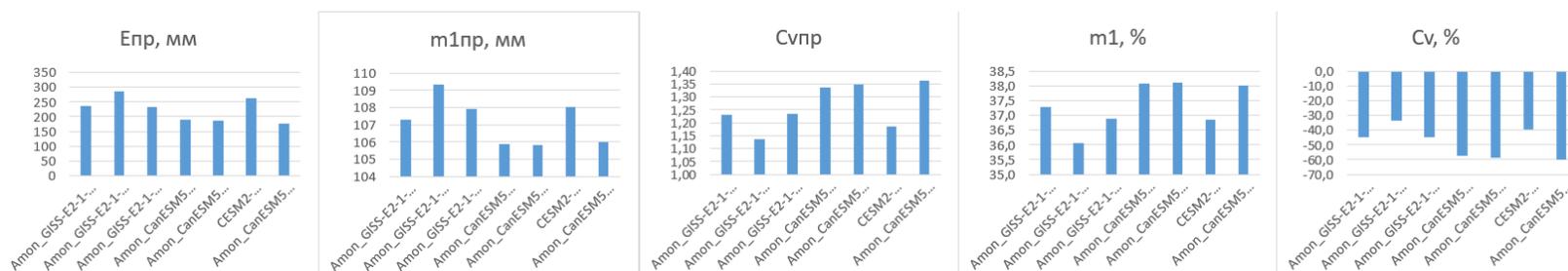


Рисунок В.2 – Графики ожидаемых значений характеристик, рассчитанных вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для р. Акдарья, протока р. Зеравшан, Ак-Карадарьинский вододелитель.

Таблица В.3 – Ожидаемые значения характеристик, рассчитанные вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для р. Аманкутансай, кишл. Аман-Кутан

Название модели	Епр, мм	m1пр, мм	Cvпр	m1, %	Cv, %
Amon_GISS-E2-1-G_ssp585_gn_201501-205012	247	341	0,68	17,6	-20,8
Amon_GISS-E2-1-G_ssp370_gn_201501-205012	169	339	0,73	17,9	-30,2
Amon_GISS-E2-1-G_ssp126_gn_201501-205012	132	390	0,67	5,5	-19,7
Amon_CanESM5_ssp370(1)_gn_201501-210012	132	339	0,76	18,0	-35,4
Amon_CanESM5_ssp370_gn_201501-210012	87	338	0,80	18,1	-42,4
CESM2-WACCM_ssp585_gn_201501-210012	90	338	0,79	18,1	-41,8
Amon_CanESM5_ssp126_gn_201501-210012	72	338	0,81	18,1	-45,0

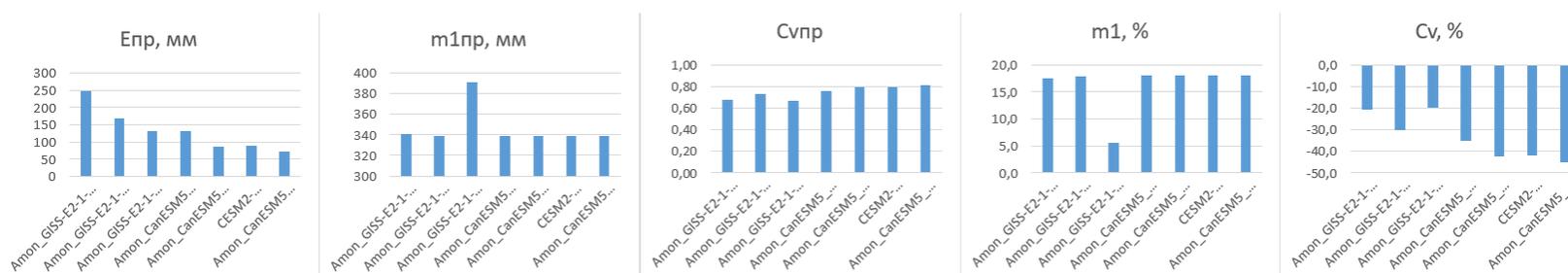


Рисунок В.3 – Графики ожидаемых значений характеристик, рассчитанных вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для р. Аманкутансай, кишл. Аман-Кутан.

Таблица В.4 – Ожидаемые значения характеристик, рассчитанные вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для р. Бахмазарсай, кишл. Бахмазар

Название модели	Епр, мм	m1пр, мм	Cvпр	m1, %	Cv, %
Amon_GISS-E2-1-G_ssp585_gn_201501-205012	237	276	0,50	19,2	-22,5
Amon_GISS-E2-1-G_ssp370_gn_201501-205012	287	278	0,47	18,6	-16,3
Amon_GISS-E2-1-G_ssp126_gn_201501-205012	233	277	0,50	19,0	-22,8
Amon_CanESM5_ssp370(1)_gn_201501-210012	190	275	0,52	19,6	-29,0
Amon_CanESM5_ssp370_gn_201501-210012	185	275	0,53	19,6	-29,7
CESM2-WACCM_ssp585_gn_201501-210012	261	277	0,48	19,0	-19,5
Amon_CanESM5_ssp126_gn_201501-210012	178	275	0,53	19,6	-30,6

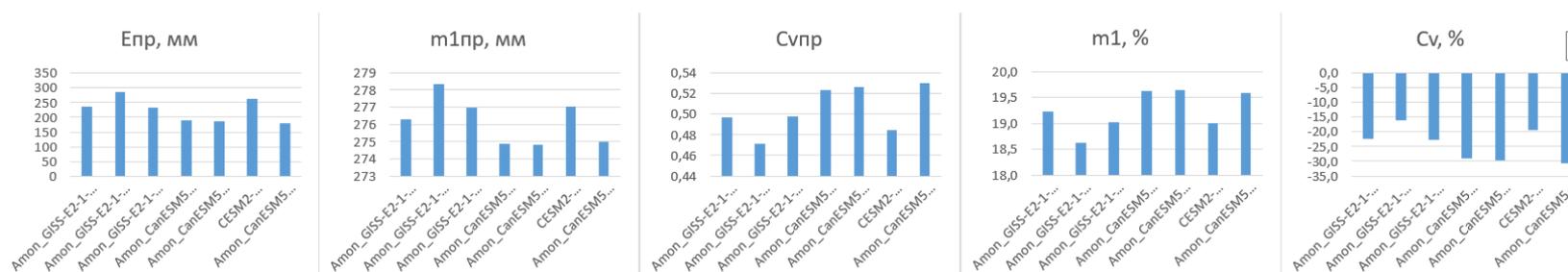


Рисунок В.4 – Графики ожидаемых значений характеристик, рассчитанных вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для р. Бахмазарсай, кишл. Бахмазар.

Таблица В.5 – Ожидаемые значения характеристик, рассчитанные вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для р. Джум – джум кишл. Джум – джум

Название модели	Епр, мм	m1пр, мм	Cvпр	m1, %	Cv, %
Amon_GISS-E2-1-G_ssp585_gn_201501-205012	237	276	0,63	35,1	-45,6
Amon_GISS-E2-1-G_ssp370_gn_201501-205012	287	278	0,60	34,7	-38,2
Amon_GISS-E2-1-G_ssp126_gn_201501-205012	233	277	0,63	35,0	-45,9
Amon_CanESM5_ssp370(1)_gn_201501-210012	190	275	0,66	35,5	-53,2
Amon_CanESM5_ssp370_gn_201501-210012	185	275	0,66	35,5	-54,1
CESM2-WACCM_ssp585_gn_201501-210012	261	277	0,61	35,0	-41,9
Amon_CanESM5_ssp126_gn_201501-210012	178	275	0,67	35,4	-55,2

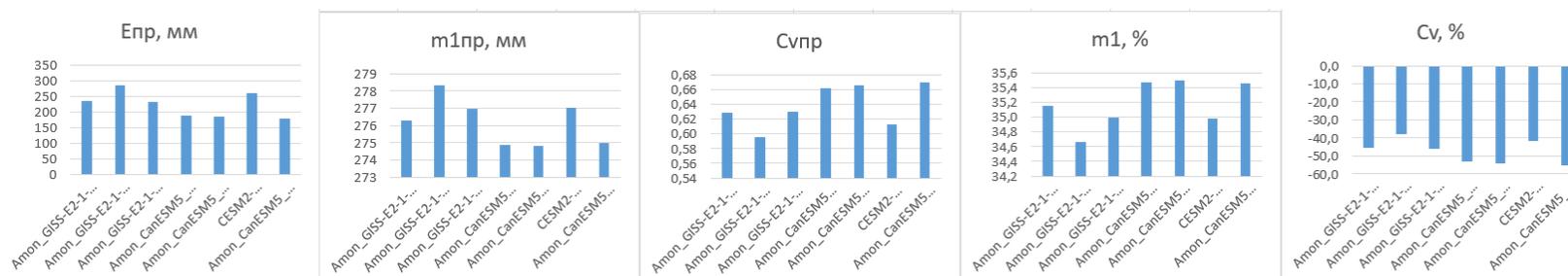


Рисунок В.5 – Графики ожидаемых значений характеристик, рассчитанных вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для р. Джум – джум кишл. Джум – джум.

Таблица В.6 – Ожидаемые значения характеристик, рассчитанные вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для р. Зеравшан (Карадарья), Ак-Карадарьинский вододелитель (Чупонатинский)

Название модели	Епр, мм	m1пр, мм	Cvпр	m1, %	Cv, %
Amon_GISS-E2-1-G_ssp585_gn_201501-205012	237	359	0,28	-6,2	1,1
Amon_GISS-E2-1-G_ssp370_gn_201501-205012	287	361	0,27	-6,8	5,4
Amon_GISS-E2-1-G_ssp126_gn_201501-205012	233	360	0,28	-6,4	0,9
Amon_CanESM5_ssp370(1)_gn_201501-210012	190	357	0,30	-5,8	-3,3
Amon_CanESM5_ssp370_gn_201501-210012	185	357	0,30	-5,7	-3,8
CESM2-WACCM_ssp585_gn_201501-210012	261	360	0,28	-6,4	3,3
Amon_CanESM5_ssp126_gn_201501-210012	178	358	0,30	-5,8	-4,4

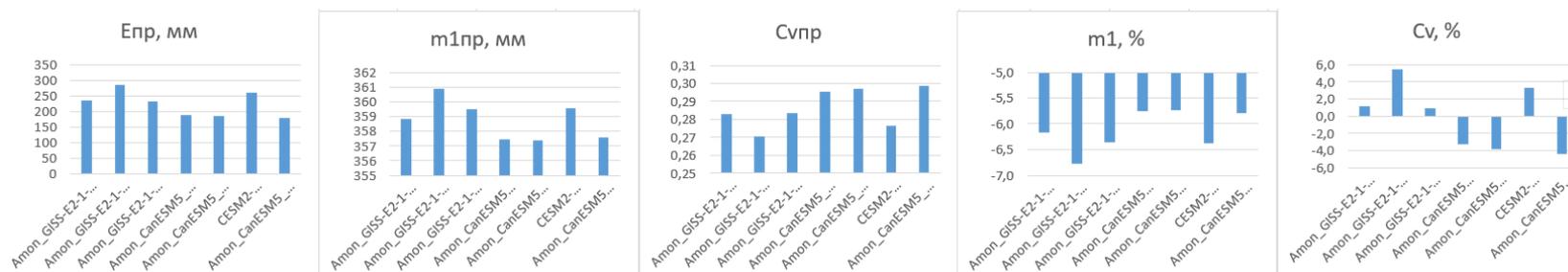


Рисунок В.6 – Графики ожидаемых значений характеристик, рассчитанных вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для р. Зеравшан (Карадарья), Ак-Карадарьинский вододелитель (Чупонатинский).

Таблица В.7 – Ожидаемые значения характеристик, рассчитанные вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для р. Санзар, к-к Кырк

Название модели	Епр, мм	m1пр, мм	Cvпр	m1, %	Cv, %
Amon_GISS-E2-1-G_ssp585_gn_201501-205012	213	296	0,09	-168,7	45,0
Amon_GISS-E2-1-G_ssp370_gn_201501-205012	122	439	0,07	-299	57,0
Amon_GISS-E2-1-G_ssp126_gn_201501-205012	132	374	0,08	-240,0	50,9
Amon_CanESM5_ssp370(1)_gn_201501-210012	190	271	0,10	-146,3	39,6
Amon_CanESM5_ssp370_gn_201501-210012	185	271	0,10	-146,3	39,3
CESM2-WACCM_ssp585_gn_201501-210012	178	356	0,08	-223,7	51,1
Amon_CanESM5_ssp126_gn_201501-210012	178	271	0,10	-146,4	38,8

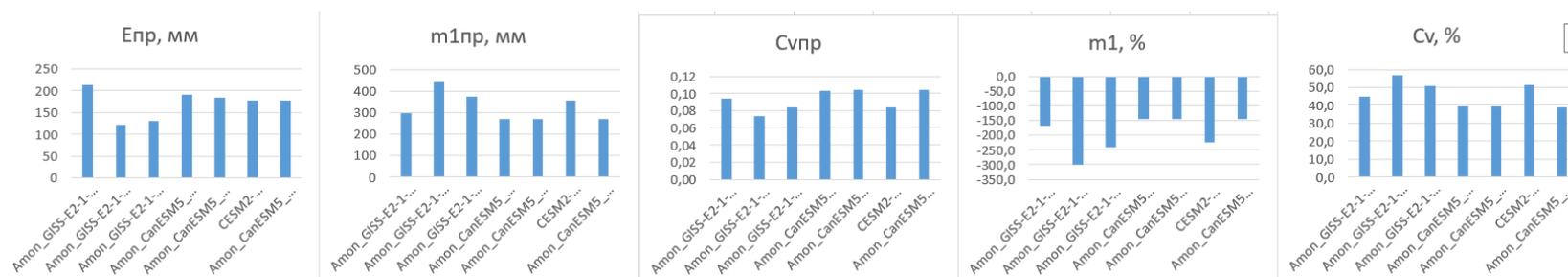


Рисунок В.7 – Графики ожидаемых значений характеристик, рассчитанных вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для р. Санзар, к-к Кырк.

Таблица В.8 – Ожидаемые значения характеристик, рассчитанные вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для кан. Курбанобад – Голова, из р. Зеравшан

Название модели	Епр, мм	m1пр, мм	Cvпр	m1, %	Cv, %
Amon_GISS-E2-1-G_ssp585_gn_201501-205012	237	27	0,48	70,2	-118,0
Amon_GISS-E2-1-G_ssp370_gn_201501-205012	287	29	0,42	68,0	-92,0
Amon_GISS-E2-1-G_ssp126_gn_201501-205012	233	27	0,47	69,5	-116,7
Amon_CanESM5_ssp370(1)_gn_201501-210012	190	25	0,54	71,8	-147,5
Amon_CanESM5_ssp370_gn_201501-210012	185	25	0,55	71,8	-150,8
CESM2-WACCM_ssp585_gn_201501-210012	261	27	0,45	69,4	-105,4
Amon_CanESM5_ssp126_gn_201501-210012	178	25	0,56	71,7	-153,9

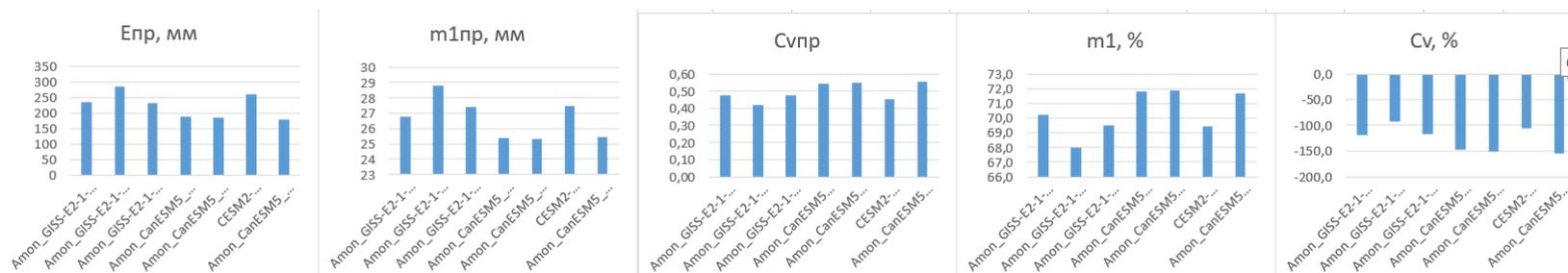


Рисунок В.8 – Графики ожидаемых значений характеристик, рассчитанных вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для кан. Курбанобад – Голова, из р. Зеравшан.

Таблица В.9 – Ожидаемые значения характеристик, рассчитанные вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для р. Караагач (Олмасаван), кишл. Мавлян

Название модели	Епр, мм	m1пр, мм	Cvпр	m1, %	Cv, %
Amon_GISS-E2-1-G_ssp585_gn_201501-205012	237	178	0,80	26,6	-31,2
Amon_GISS-E2-1-G_ssp370_gn_201501-205012	287	180	0,75	25,8	-23,0
Amon_GISS-E2-1-G_ssp126_gn_201501-205012	233	178	0,80	26,3	-31,5
Amon_CanESM5_ssp370(1)_gn_201501-210012	190	176	0,85	27,2	-40,1
Amon_CanESM5_ssp370_gn_201501-210012	185	176	0,86	27,2	-41,1
CESM2-WACCM_ssp585_gn_201501-210012	261	178	0,77	26,3	-27,1
Amon_CanESM5_ssp126_gn_201501-210012	178	176	0,86	27,1	-42,3

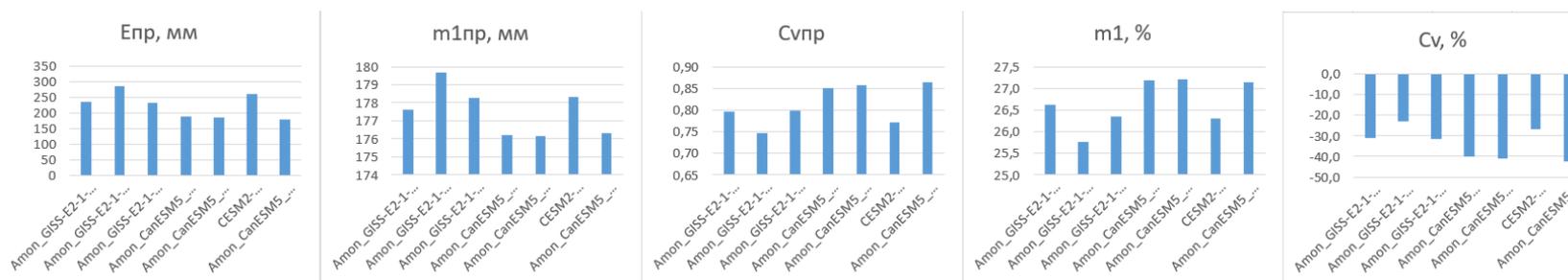


Рисунок В.9 – Графики ожидаемых значений характеристик, рассчитанных вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для р. Караагач (Олмасаван), кишл. Мавлян.

Таблица В.10 – Ожидаемые значения характеристик, рассчитанные вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для р. Зеравшан, г. Навои

Название модели	Епр, мм	m1пр, мм	Cvпр	m1, %	Cv, %
Amon_GISS-E2-1-G_ssp585_gn_201501-205012	237	206	0,30	23,9	-28,0
Amon_GISS-E2-1-G_ssp370_gn_201501-205012	287	208	0,28	23,1	-20,5
Amon_GISS-E2-1-G_ssp126_gn_201501-205012	233	207	0,30	23,6	-28,3
Amon_CanESM5_ssp370(1)_gn_201501-210012	190	205	0,31	24,4	-36,0
Amon_CanESM5_ssp370_gn_201501-210012	185	205	0,32	24,4	-36,9
CESM2-WACCM_ssp585_gn_201501-210012	261	207	0,29	23,6	-24,2
Amon_CanESM5_ssp126_gn_201501-210012	178	205	0,32	24,4	-38,0

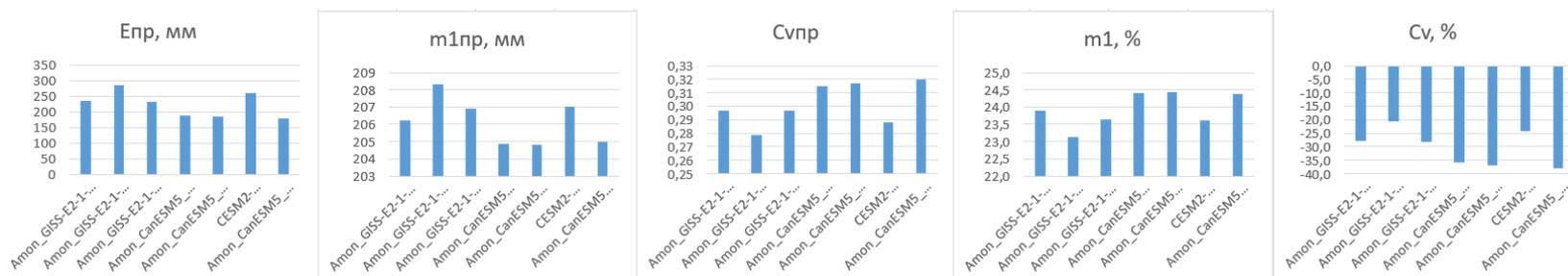


Рисунок В.10 – Графики ожидаемых значений характеристик, рассчитанных вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для р. Зеравшан, г. Навои.

Таблица В.11 – Ожидаемые значения характеристик, рассчитанные вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для р. Зеравшан – Нижний бьеф Раватходжинской плотины

Название модели	Епр, мм	m1пр, мм	Cvпр	m1, %	Cv, %
Amon_GISS-E2-1-G_ssp585_gn_201501-205012	247	24	0,59	74,1	-135,5
Amon_GISS-E2-1-G_ssp370_gn_201501-205012	169	23	0,73	75,6	-189
Amon_GISS-E2-1-G_ssp126_gn_201501-205012	182	23	0,70	75,2	-176,9
Amon_CanESM5_ssp370(1)_gn_201501-210012	132	22	0,82	76,2	-226,3
Amon_CanESM5_ssp370_gn_201501-210012	87	22	0,99	76,4	-290,4
CESM2-WACCM_ssp585_gn_201501-210012	90	22	0,97	76,4	-283,8
Amon_CanESM5_ssp126_gn_201501-210012	72	22	1,06	76,4	-320,4

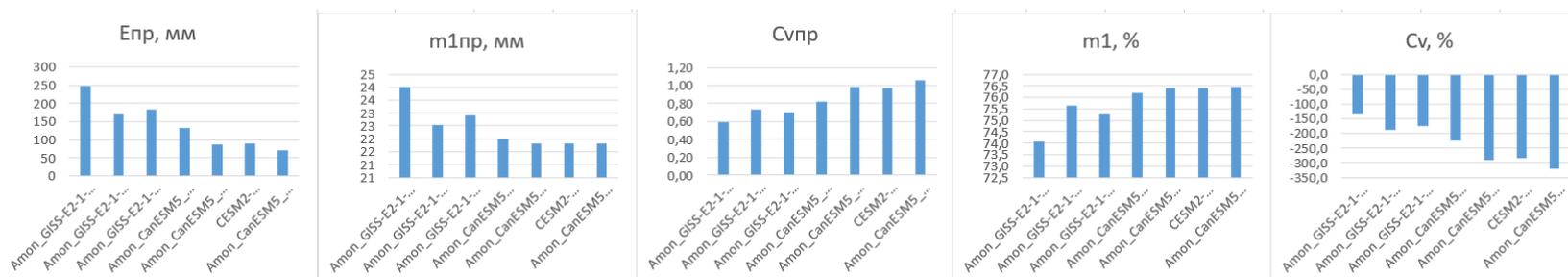


Рисунок В.11 – Графики ожидаемых значений характеристик, рассчитанных вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для р. Зеравшан – Нижний бьеф Раватходжинской плотины.

Таблица В.12 – Ожидаемые значения характеристик, рассчитанные вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для кан. Левобережный (Обводной) – Голова, из кан. Даргом

Название модели	Епр, мм	m1пр, мм	Cvпр	m1, %	Cv, %
Amon_GISS-E2-1-G_ssp585_gn_201501-205012	237	394	0,21	14,7	-17,3
Amon_GISS-E2-1-G_ssp370_gn_201501-205012	287	396	0,20	14,2	-12,4
Amon_GISS-E2-1-G_ssp126_gn_201501-205012	233	395	0,21	14,5	-17,5
Amon_CanESM5_ssp370(1)_gn_201501-210012	190	393	0,22	15,0	-22,2
Amon_CanESM5_ssp370_gn_201501-210012	185	393	0,22	15,0	-22,7
CESM2-WACCM_ssp585_gn_201501-210012	261	395	0,20	14,5	-14,9
Amon_CanESM5_ssp126_gn_201501-210012	178	393	0,22	15,0	-23,4

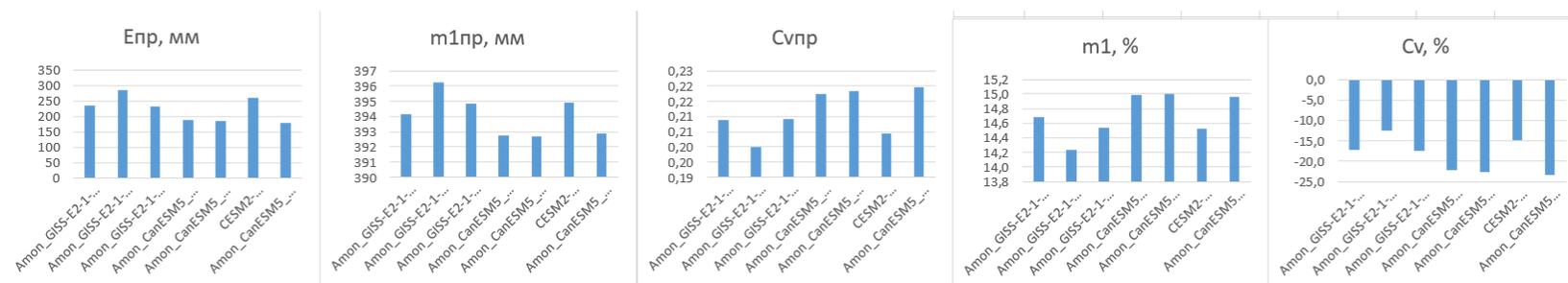


Рисунок В.12 – Графики ожидаемых значений характеристик, рассчитанных вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для кан. Левобережный (Обводной) – Голова, из кан. Даргом.

Таблица В.13 – Ожидаемые значения характеристик, рассчитанные вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для кан. Отводящий – Каттакурганского вдхр., Голова

Название модели	Епр, мм	m1пр, мм	Cvпр	m1, %	Cv, %
Amon_GISS-E2-1-G_ssp585_gn_201501-205012	213	266	0,33	21,8	-31,0
Amon_GISS-E2-1-G_ssp370_gn_201501-205012	122	265	0,37	22,3	-46,3
Amon_GISS-E2-1-G_ssp126_gn_201501-205012	132	265	0,36	22,2	-44,3
Amon_CanESM5_ssp370(1)_gn_201501-210012	190	266	0,34	22,0	-34,5
Amon_CanESM5_ssp370_gn_201501-210012	185	266	0,34	22,0	-35,3
CESM2-WACCM_ssp585_gn_201501-210012	178	266	0,34	22,1	-36,3
Amon_CanESM5_ssp126_gn_201501-210012	178	266	0,34	22,0	-36,2

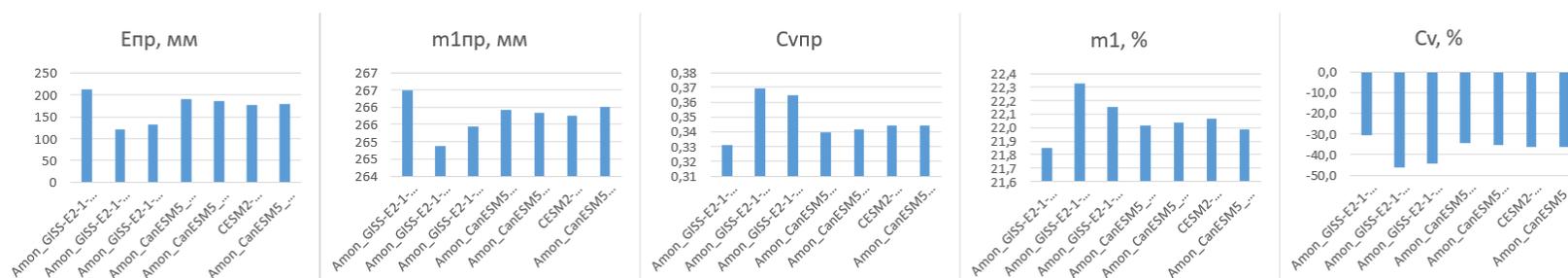


Рисунок В.13 – Графики ожидаемых значений характеристик, рассчитанных вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для кан. Отводящий – Каттакурганского вдхр., Голова.

Таблица В.14 – Ожидаемые значения характеристик, рассчитанные вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для р. Актепасай (Пангат), кишл. Оча

Название модели	Епр, мм	m1пр, мм	Cvпр	m1, %	Cv, %
Amon_GISS-E2-1-G_ssp585_gn_201501-205012	237	88	1,03	41,8	-51,6
Amon_GISS-E2-1-G_ssp370_gn_201501-205012	287	90	0,95	40,5	-39,1
Amon_GISS-E2-1-G_ssp126_gn_201501-205012	233	89	1,03	41,4	-51,8
Amon_CanESM5_ssp370(1)_gn_201501-210012	190	87	1,12	42,7	-65,4
Amon_CanESM5_ssp370_gn_201501-210012	185	87	1,13	42,8	-67,0
CESM2-WACCM_ssp585_gn_201501-210012	261	89	0,99	41,4	-45,4
Amon_CanESM5_ssp126_gn_201501-210012	178	87	1,15	42,7	-68,9

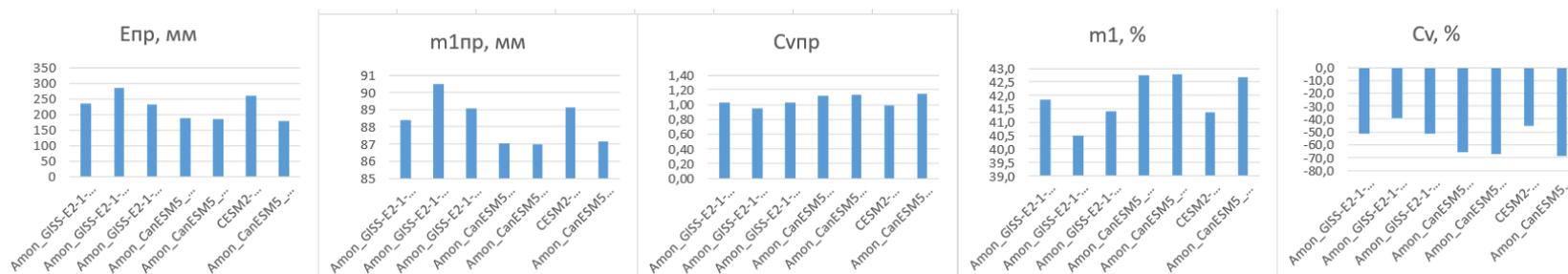


Рисунок В.14 – Графики ожидаемых значений характеристик, рассчитанных вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для р. Актепасай (Пангат), кишл. Оча.

Таблица В.15 – Ожидаемые значения характеристик, рассчитанные вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для кан. Подводящий Каттакурганского вдхр. – Устье

Название модели	Епр, мм	m1пр, мм	Cvпр	m1, %	Cv, %
Amon_GISS-E2-1-G_ssp585_gn_201501-205012	236	431	0,48	13,9	-16,8
Amon_GISS-E2-1-G_ssp370_gn_201501-205012	287	433	0,46	13,6	-12,4
Amon_GISS-E2-1-G_ssp126_gn_201501-205012	233	432	0,48	13,8	-17,1
Amon_CanESM5_ssp370(1)_gn_201501-210012	190	430	0,50	14,2	-21,5
Amon_CanESM5_ssp370_gn_201501-210012	185	430	0,50	14,2	-22,0
CESM2-WACCM_ssp585_gn_201501-210012	178	430	0,50	14,2	-22,7
Amon_CanESM5_ssp126_gn_201501-210012	178	430	0,50	14,2	-22,6

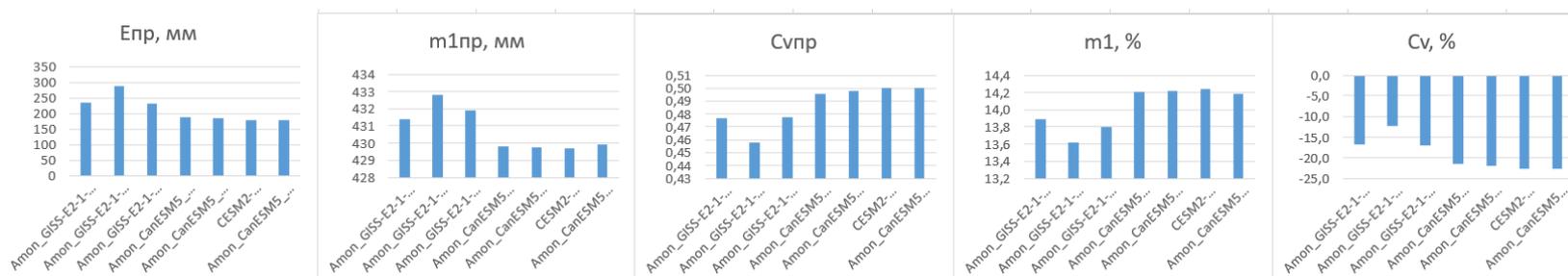


Рисунок В.15 – Графики ожидаемых значений характеристик, рассчитанных вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для кан. Подводящий Каттакурганского вдхр. – Устье.

Таблица В.16 – Ожидаемые значения характеристик, рассчитанные вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для кан. Правобережный (ПК-6) – Голова

Название модели	Епр, мм	m1пр, мм	Cvпр	m1, %	Cv, %
Amon_GISS-E2-1-G_ssp585_gn_201501-205012	237	532	0,14	11,8	-13,8
Amon_GISS-E2-1-G_ssp370_gn_201501-205012	287	534	0,13	11,4	-9,9
Amon_GISS-E2-1-G_ssp126_gn_201501-205012	233	533	0,14	11,7	-13,9
Amon_CanESM5_ssp370(1)_gn_201501-210012	190	531	0,14	12,0	-17,6
Amon_CanESM5_ssp370_gn_201501-210012	185	531	0,14	12,0	-18,1
CESM2-WACCM_ssp585_gn_201501-210012	261	533	0,13	11,7	-11,9
Amon_CanESM5_ssp126_gn_201501-210012	178	531	0,14	12,0	-18,6

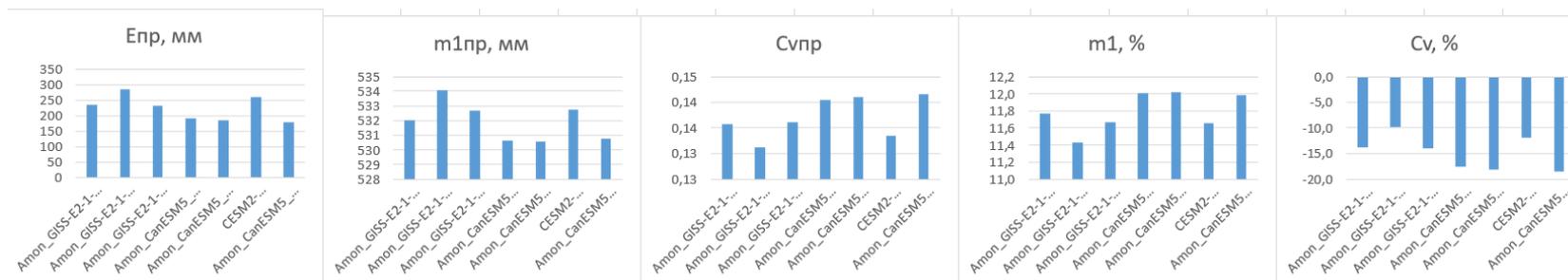


Рисунок В.16 – Графики ожидаемых значений характеристик, рассчитанных вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для кан. Правобережный (ПК-6) – Голова.

Таблица В.17 – Ожидаемые значения характеристик, рассчитанные вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для р. Ургутсай, г. Ургут

Название модели	Епр, мм	m1пр, мм	Cvпр	m1, %	Cv, %
Amon_GISS-E2-1-G_ssp585_gn_201501-205012	237	552	0,50	11,5	-13,4
Amon_GISS-E2-1-G_ssp370_gn_201501-205012	287	555	0,48	11,1	-9,6
Amon_GISS-E2-1-G_ssp126_gn_201501-205012	233	553	0,50	11,4	-13,6
Amon_CanESM5_ssp370(1)_gn_201501-210012	190	551	0,51	11,7	-17,1
Amon_CanESM5_ssp370_gn_201501-210012	185	551	0,51	11,7	-17,6
CESM2-WACCM_ssp585_gn_201501-210012	261	553	0,49	11,3	-11,5
Amon_CanESM5_ssp126_gn_201501-210012	178	551	0,52	11,7	-18,1

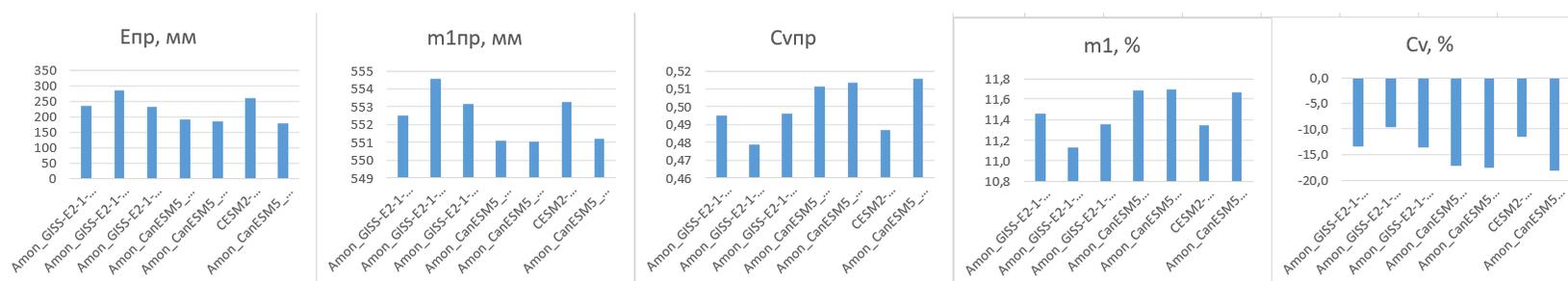


Рисунок В.17 – Графики ожидаемых значений характеристик, рассчитанных вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для р. Ургутсай, г. Ургут.

Таблица В.18 – Ожидаемые значения характеристик, рассчитанные вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для р. Зеравшан, кан. Фарог

Название модели	Епр, мм	m1пр, мм	Cvпр	m1, %	Cv, %
Amon_GISS-E2-1-G_ssp585_gn_201501-205012	237	2	1,00	93,5	-362,4
Amon_GISS-E2-1-G_ssp370_gn_201501-205012	287	4	0,70	89,0	-222
Amon_GISS-E2-1-G_ssp126_gn_201501-205012	233	3	0,88	91,6	-308,7
Amon_CanESM5_ssp370(1)_gn_201501-210012	190	1	1,79	97,5	-726,8
Amon_CanESM5_ssp370_gn_201501-210012	185	1	1,89	97,7	-773,4
CESM2-WACCM_ssp585_gn_201501-210012	197	1	1,67	97,2	-672,8
Amon_CanESM5_ssp126_gn_201501-210012	178	1	1,75	97,2	-709,6

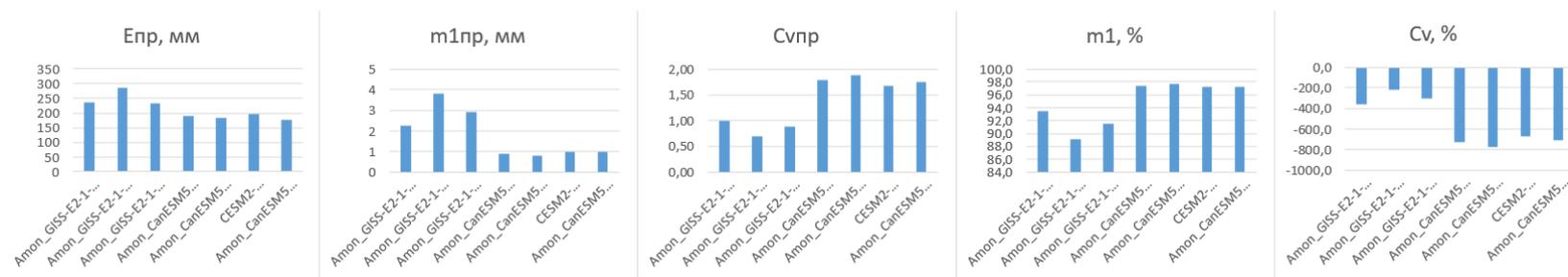


Рисунок В.18 – Графики ожидаемых значений характеристик, рассчитанных вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для р. Зеравшан, кан. Фарог.

Таблица В.19 – Ожидаемые значения характеристик, рассчитанные вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для кан. Центральный Мианкальский – Голова, из р. Зеравшан

Название модели	Епр, мм	m1пр, мм	Cvпр	m1, %	Cv, %
Amon_GISS-E2-1-G_ssp585_gn_201501-205012	237	134	0,37	32,3	-38,3
Amon_GISS-E2-1-G_ssp370_gn_201501-205012	287	136	0,35	31,3	-28,5
Amon_GISS-E2-1-G_ssp126_gn_201501-205012	233	135	0,38	32,0	-38,6
Amon_CanESM5_ssp370(1)_gn_201501-210012	190	133	0,40	33,0	-49,0
Amon_CanESM5_ssp370_gn_201501-210012	185	133	0,41	33,0	-50,2
CESM2-WACCM_ssp585_gn_201501-210012	261	135	0,36	31,9	-33,4
Amon_CanESM5_ssp126_gn_201501-210012	178	133	0,41	33,0	-51,7

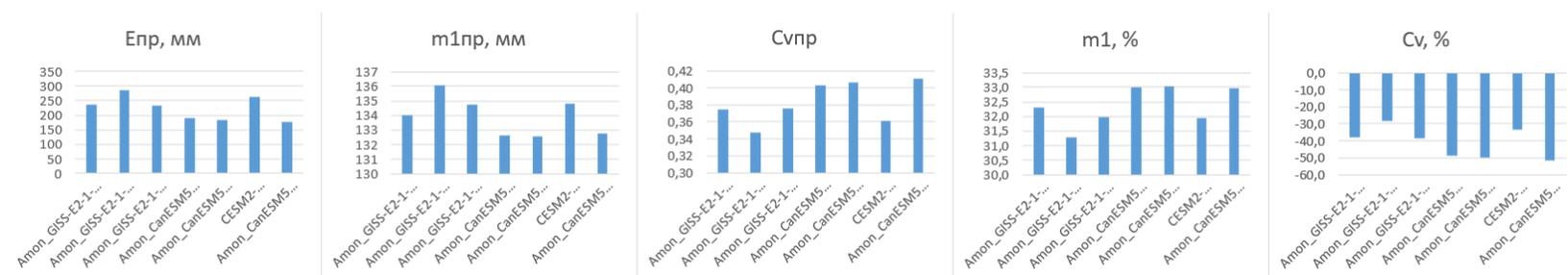


Рисунок В.19 – Графики ожидаемых значений характеристик, рассчитанных вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для кан. Центральный Мианкальский – Голова, из р. Зеравшан.

Таблица В.20 – Ожидаемые значения характеристик, рассчитанные вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для кан. Чегонак – голова, из кан. Отводящего Каттакурганского вдхр.

Название модели	Епр, мм	m1пр, мм	Cvпр	m1, %	Cv, %
Amon_GISS-E2-1-G_ssp585_gn_201501-205012	213	1	1,37	96,2	-583,0
Amon_GISS-E2-1-G_ssp370_gn_201501-205012	121	1	2,19	97,4	-996
Amon_GISS-E2-1-G_ssp126_gn_201501-205012	131	1	2,19	97,6	-992,2
Amon_CanESM5_ssp370(1)_gn_201501-210012	190	1	1,86	97,7	-831,6
Amon_CanESM5_ssp370_gn_201501-210012	185	1	1,97	97,9	-884,1
CESM2-WACCM_ssp585_gn_201501-210012	178	1	2,12	98,1	-958,7
Amon_CanESM5_ssp126_gn_201501-210012	178	1	1,83	97,5	-812,3

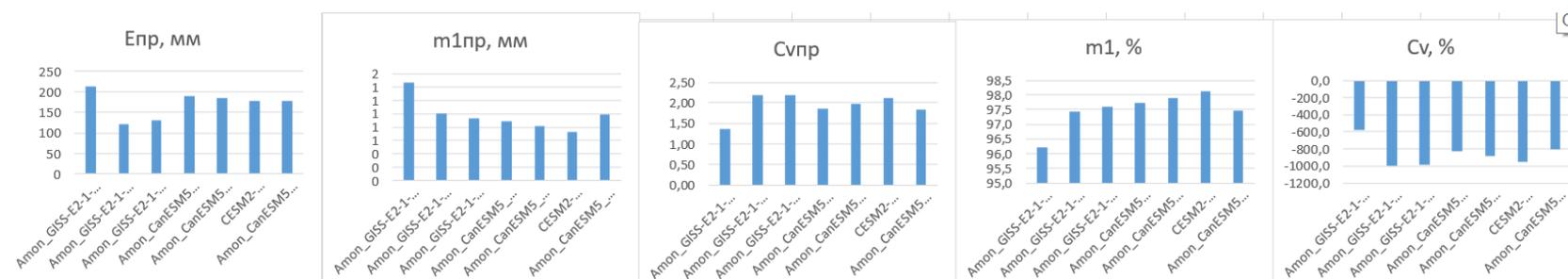


Рисунок В.20 – Графики ожидаемых значений характеристик, рассчитанных вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для кан. Чегонак – голова, из кан. Отводящего Каттакурганского вдхр.

Таблица В.21 – Ожидаемые значения характеристик, рассчитанные вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для р. Биглярсай, кишл. Янги-Акчоб

Название модели	Епр, мм	m1пр, мм	Cvпр	m1, %	Cv, %
Amon_GISS-E2-1-G_ssp585_gn_201501-205012	237	30	0,97	67,8	-109,4
Amon_GISS-E2-1-G_ssp370_gn_201501-205012	287	32	0,86	65,6	-85,2
Amon_GISS-E2-1-G_ssp126_gn_201501-205012	233	30	0,97	67,1	-108,4
Amon_CanESM5_ssp370(1)_gn_201501-210012	190	28	1,10	69,3	-136,8
Amon_CanESM5_ssp370_gn_201501-210012	185	28	1,11	69,4	-139,9
CESM2-WACCM_ssp585_gn_201501-210012	261	30	0,92	67,0	-97,7
Amon_CanESM5_ssp126_gn_201501-210012	178	28	1,13	69,2	-142,9

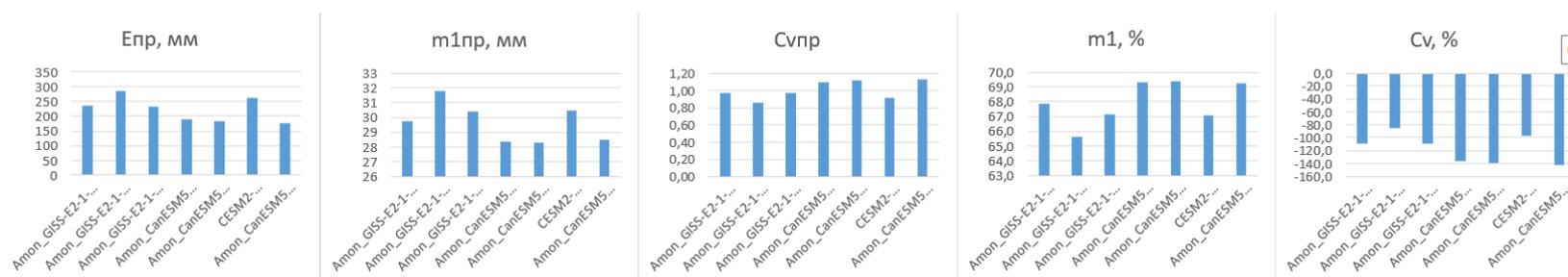


Рисунок В.20 – Графики ожидаемых значений характеристик, рассчитанных вероятностным методом (РГГМУ) для каждой модели для р. Биглярсай, кишл. Янги-Акчоб.

Приложение Г – Результаты ожидаемого изменения сумм годовых осадков и среднегодовых температур на 2050 год

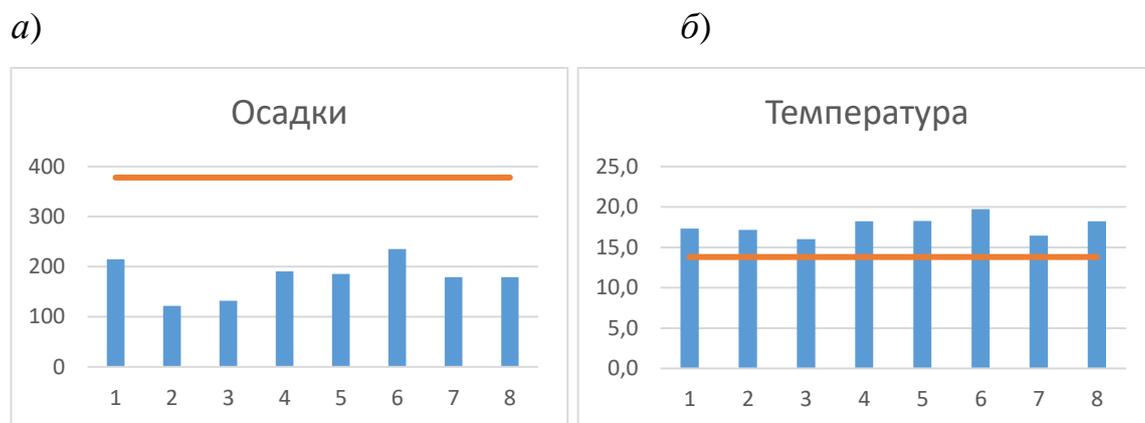


Рисунок Г.1 – Ожидаемое изменение сумм годовых осадков (*a*) и температуры воздуха (*б*) в зависимости от модели и сценария для метеостанции Кушрабад.

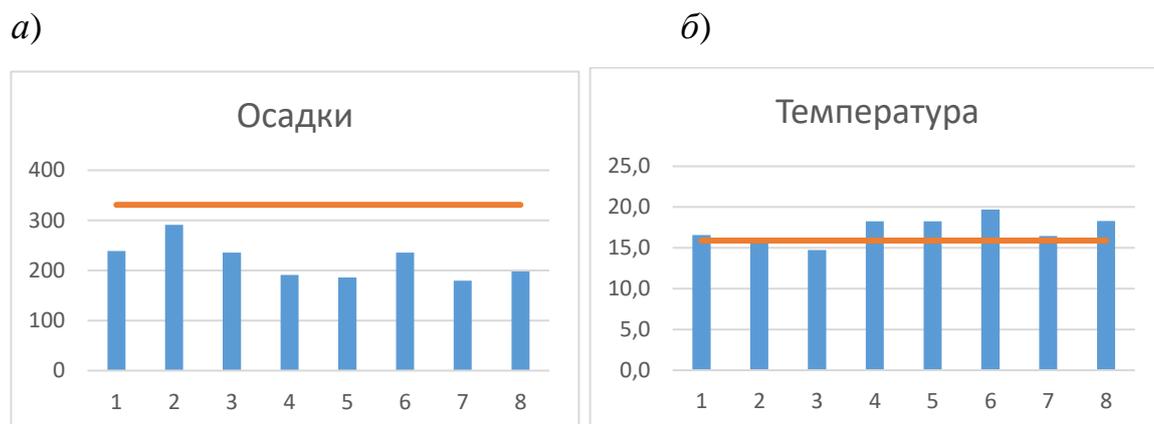
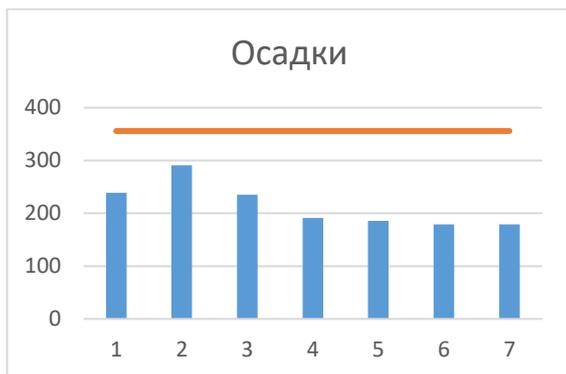


Рисунок Г.2 – Ожидаемое изменение сумм годовых осадков (*a*) и температуры воздуха (*б*) в зависимости от модели и сценария для метеостанции Нурабад.

a)



б)

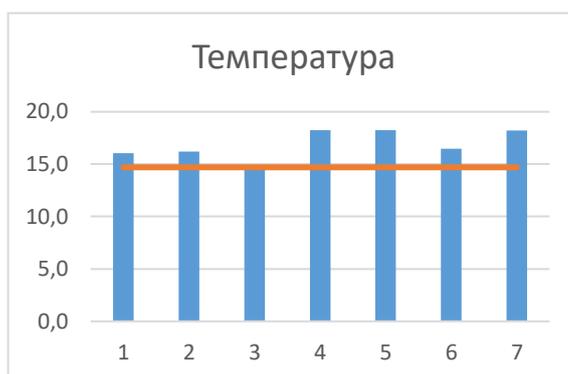
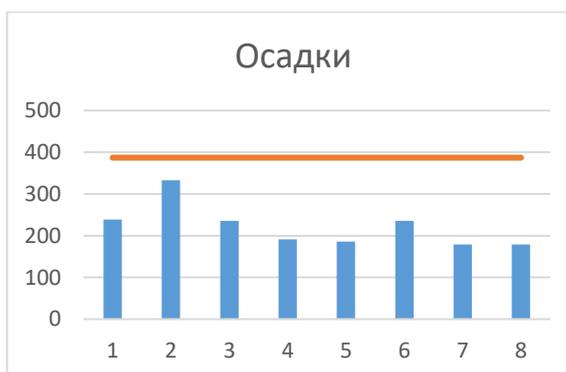


Рисунок Г.3 – Ожидаемое изменение сумм годовых осадков (*a*) и температуры воздуха (*б*) в зависимости от модели и сценария для метеостанции Окдарье.

a)



б)

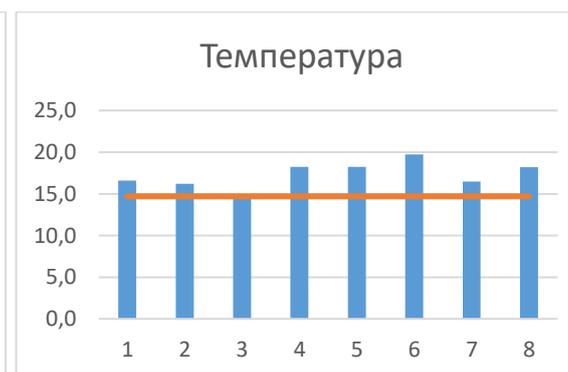


Рисунок Г.4 – Ожидаемое изменение сумм годовых осадков (*a*) и температуры воздуха (*б*) в зависимости от модели и сценария для метеостанции Пайарык.

a)



б)

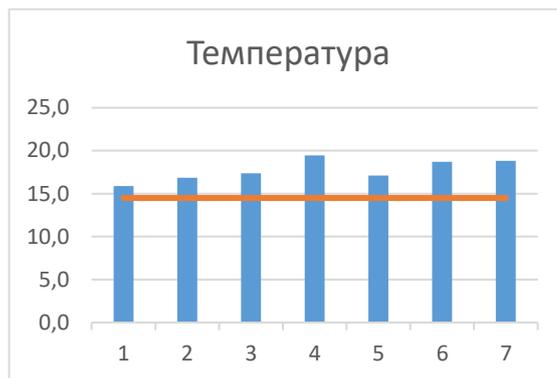


Рисунок Г.5 – Ожидаемое изменение сумм годовых осадков (*a*) и температуры воздуха (*б*) в зависимости от модели и сценария для метеостанции Янгиарык.