



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)

**Расчет внутригодового распределения
стока ранговым методом**

На тему _____

Исполнитель _____

Овсянникова Анна Алексеевна

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель _____

кандидат географических наук, доцент

(ученая степень, ученое звание)

Сикан Александр Владимирович

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

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

Хаустов Виталий Александрович

(фамилия, имя, отчество)

« 6 » 06 20²³ г.

Санкт-Петербург

2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. МЕТОДЫ, РЕКОМЕНДУЕМЫЕ СП 33-101-2003 ДЛЯ РАСЧЕТА ВНУТРИГОДОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТОКА	6
1.1. Метод среднего распределения стока за годы характерной градации водности.....	14
1.2. Метод реального года	14
1.3. Метод компоновки сезонов.....	15
2. РАНГОВЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ВНУТРИГОДОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТОКА	18
2.1. Подготовка данных	18
2.2. Алгоритм расчета	18
3. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ВНУТРИГОДОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТОКА НА ПРИМЕРЕ РЕК БАССЕЙНА КАМЫ.....	23
3.1. Расчет внутригодичного стока реки Усьва- пгт.Усьва.....	25
3.2. Расчет внутригодичного стока реки Вишера – пос.Рябинино	26
3.3. Расчет внутригодичного стока реки Кама – пгт.Гайны.....	27
3.4. Расчет внутригодичного стока реки Кама – с.Волосницкое.....	28
3.5. Расчет внутригодичного стока реки Сылва – с.Подкаменное	29
3.6. Расчет внутригодичного стока реки Белая – д.Сыртланово	30
3.7. Расчет внутригодичного стока реки Уфа – г.Красноуфимск.....	31
3.8. Расчет внутригодичного стока реки Малый Инзер – жд.ст.Айгир	32
3.9. Результаты сравнительного анализа	33
4. РАСЧЕТ ВНУТРИГОДОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИСТОКА РЕК АРИДНОЙ ЗОНЫ	38
4.1. Расчет внутригодичного стока реки Мургап – п.Тагтабазар.	39

4.2. Расчет внутригодового распределения стока реки Амударья – п. Атамурат.	40
4.3. Особенности внутригодового распределения стока рек Туркмении в вегетационный период.....	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	44
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	45
ПРИЛОЖЕНИЯ	47

ВВЕДЕНИЕ

Выявление закономерностей внутригодового распределения стока рек – одна из важнейших задач инженерной гидрологии. Расчетное внутригодовое распределение стока необходимо, прежде всего, для рационального использования водных ресурсов. На его основе:

- разрабатываются планы водохозяйственных мероприятий в бассейнах рек;
- определяются основные параметры водохранилищ и гидротехнических сооружений;
- проектируются системы орошения и обводнения;
- устанавливаются объемы водопотребления и водоотведения;
- решаются задачи охраны окружающей среды.

В России для расчета внутригодового распределения стока разработано несколько методов [СП 33-101-2003]: метод среднего распределения стока за годы характерной градации водности; метод реального года; метод компоновки сезонов.

Принятая в этих методах система разбивки года на периоды и сезоны наилучшим образом приспособлена для территорий, расположенных в средних широтах, где хорошо выражены четыре сезона. Однако в других климатических поясах наблюдается иная картина.

В субэкваториальных выраженным годовым ходом осадков различают только два климатических сезона – сухой и влажный.

В экваториальном поясе с равномерным увлажнением и малой амплитудой температуры воздуха деление года на климатические сезоны проводить вообще нецелесообразно.

Учитывая сказанное, в ряде случаев при расчете внутригодового распределения стока можно отказаться от деления года на сезоны и выделять внутри года только лимитирующий период. Такой метод был предложен на кафедре инженерной гидрологии РГГМУ А.В. Сиканом.

Цель настоящей работы: проверка нового (рангового) метода расчета внутригодового распределения стока.

В процессе подготовки ВКР решались следующие *задачи*:

- используя реальные гидрологические ряды, сравнить ранговый метод с традиционными для России методами расчета внутригодового распределения стока;
- выполнить расчет внутригодового распределения стока ранговым методом для различных климатических условий.

Работа состоит из 4 глав, введения и заключения.

В первой главе дано описание методов используемых в России для расчета внутригодового распределения стока

Во второй главе дано описание рангового метода расчета внутригодового распределения стока

В третьей главе проводится сравнение различных методов расчета ВГРС по бассейну р.Кама

В четвертой главе проводится расчет внутригодового распределения стока рек в аридной зоне

В заключении представлены основные результаты проделанной работы.

Бакалаврская работа содержит 22 рисунка, 7 таблиц, 2 приложения и список использованных источников из 17 наименований. Общий объем работы 57 страниц.

1. МЕТОДЫ, РЕКОМЕНДУЕМЫЕ СП 33-101-2003 ДЛЯ РАСЧЕТА ВНУТРИГОДОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТОКА

Характер распределения стока внутри года зависит от водного режима реки, который в свою очередь определяется типом ее питания. Поэтому уже сведения о типе питания реки и характере ее водного режима позволяют получить предварительные данные о характере внутригодичного распределения стока, выделить районы со сходным типом распределения стока и даже установить какие-либо типовые районные схемы распределения стока. С этих позиций представляют интерес существующие классификации рек по типу питания и характеру водного режима, отражающие условия формирования речного стока.

В 1938 г. (дополнил в 1945 г.) М. И. Львович классифицировал реки по преобладающим источникам питания: снеговое, дождевое, грунтовое и ледниковое. При этом он считал тип питания практически единственным (исключительным), если он составляет более 80 % в общем питании реки, или преимущественным, если от 80 до 50 %, а при меньшей доле (менее 50 %) питание будет смешанным с преобладанием того типа питания, доля которого больше (но меньше 50 %). Львович составил карту типов рек по источникам питания.

В 1946 г. Б. Д. Зайков классифицировал реки СССР по типу водного режима, выделив три группы: реки с весенним половодьем, с половодьем в теплую часть года, с паводочным режимом. В зависимости от характера половодий и паводков, времени их прохождения, доли максимального стока и характера меженного периода Зайков выделил 10 типов рек. В первой группе выделены пять типов: восточноевропейский, казахстанский, западносибирский, восточносибирский и алтайский. Во второй группе — два типа: тьянь-шанский и дальневосточный. В третьей группе — три типа: причерноморский, крымский и северокавказский.

Классификацию Зайкова детализирует классификация П. С. Кузина (1960 г.). На территории СССР Кузин выделяет также три типа рек: реки с половодьем (снеговое питание), с половодьем и паводками (снеговое и дождевое питание), с паводками (дождевое питание). В первом типе выделяются три подтипа: реки с весенним половодьем, с весенне-летним половодьем, с летним половодьем. Во втором типе выделено наибольшее количество подтипов: реки с весенним половодьем и паводками в теплое время года, то же самое, но в холодное время года, реки с весенним половодьем и паводками в течение всего года, реки с весенне-летним половодьем в теплое время года, с весенне-летним половодьем и паводками в холодное время года, то же, но в течение всего года, реки с летним половодьем и паводками в теплое время года. Таким образом выделено семь подтипов. В третьем типе выделяются четыре подтипа: реки с паводками в теплое время года, реки с паводками в течение всего года, то же, но с преобладанием паводков в холодное время года, реки с паводками в течение всего года, но с преобладанием в теплое время года. Классификация Кузина учитывает происхождение фаз водности и время их появления. Реки с половодьем характерны для арктической и полупустынной зон, с половодьем и паводками — для тундровой, лесной и степной зон, а только с паводками — для лесной, степной и полупустынной зон в районах муссонного и субтропического климатов.

Различные виды классификации показывают, что водный режим рек формируется под влиянием климатических факторов и факторов подстилающей поверхности. Основными климатическими факторами, определяющими фазу стока, являются осадки, испарение и температура воздуха, а также их распределение по сезонам года. Преобладание того или иного климатического фактора определяет объем, продолжительность и время появления той или иной фазы стока. Но такие факторы подстилающей поверхности, как озера, болота, ледники и наледи, растительность, карст, а также площадь или высота водосбора и его форма, могут существенно нарушить режим стока, обусловленный климатическими факторами. Это же может произойти и в результате

интенсивной хозяйственной деятельности в русле и на водосборе реки. Наиболее сильное влияние на распределение стока внутри года оказывают озера.

Оно может проявляться в нескольких направлениях в зависимости от географических условий. В зоне достаточного увлажнения на озерных реках происходит выравнивание (естественное регулирование) стока в течение года за счет накопления воды в озерах в многоводные периоды года и ее сброски в маловодные периоды. Половодья и паводки растягиваются, снижается их высота, но повышается меженный сток при одновременном сокращении периода межени. Создается особый озерный тип внутригодового распределения стока. В зоне недостаточного увлажнения сток из озер снижается в летнее время за счет повышенного испарения с водной поверхности по сравнению с сушей, поэтому они уже не оказывают такого регулирующего влияния, как в зоне достаточного увлажнения.

Влияние озер тем больше, чем ближе они находятся к расчетному створу и чем больше размеры сливной призмы озера. Если водосбор можно разделить на две части — озерную и безозерную (например, если озера сосредоточены в верховьях главной реки или на одном из ее притоков), то внутригодовое распределение стока в замыкающем створе будет характеризоваться средневзвешенными по площади водосбора величинами между распределением стока по озерной и безозерной частями водосбора. Для определения влияния озер целесообразно устанавливать районные зависимости долей сезонного стока в годовом от озерности водосбора, учитывая при этом расположение озер на водосборе.

Наличие болот на водосборе реки способствует более равномерному распределению стока во времени. За счет аккумуляции талых и дождевых вод в понижениях рельефа происходит некоторое растягивание половодья и паводков и снижение максимальных расходов воды. Летние паводки могут почти полностью поглощаться торфяниками болот.

Такими же аккумуляторами поверхностных вод являются обширные поймы. Благодаря значительной пойменной емкости продолжительность половодья может увеличиваться в 1,5—2,0 раза. Это может отразиться не только на декадных, но и на месячных интервалах времени, принимаемых при рассмотрении распределения стока в году.

Ледники создают особый тип режима рек. Аккумулируя твердые осадки в холодный период, они формируют основную часть стока рек в наиболее жаркие месяцы. Поэтому внутригодовое распределение стока ледниковых рек резко отличается от распределения стока рек этого района, но не имеющих в своем бассейне ледников или многолетних снежников.

В зоне многолетней мерзлоты на распределение стока в году могут оказывать влияние наледи. Зимой речной сток аккумулируется в наледях, а в теплое время года они являются дополнительными источниками питания рек. Наиболее существенна роль наледей весной, когда в речную сеть поступает основная часть запасов наледных вод.

Влияние леса на внутригодовое распределение стока проявляется двояко. С одной стороны, происходит растягивание половодья за счет запаздывания снеготаяния в лесу. Оно может составлять от 10 сут в лиственном, лесу до 20—25 сут в хвойном. С другой стороны, за счет большой инфильтрационной способности лесных почв происходит переход значительной части поверхностного стока в подземный. Происходит выравнивание речного стока в году за счет снижения поверхностного и увеличения подземного стока в реки.

Влияние карста на распределение стока в году зависит от его водоудерживающей способности. Чем медленнее водоотдача, тем больше регулирующая способность. Если карстовые породы связаны с водоносными горизонтами, не участвующими в питании рек, то наблюдается снижение речного стока.

Размеры речного бассейна в значительной мере определяют характер водного режима рек. На малых реках сток распределен внутри года более неравномерно, чем на средних, а тем более на больших. На малой реке каждый

стокообразующий дождь может дать заметный паводок, который распластается на средней реке и вообще «не будет замечен на большой. Возрастание длины реки и площади ее водосбора влияет на увеличение продолжительности и уменьшение пиков весеннего половодья и дождевых паводков, способствуя тем самым большей выравненности внутригодового распределения стока. Наиболее неравномерно сток распределен на временных водотоках. Зависимость внутригодового распределения стока от площади бассейна наиболее сильно выражена в зоне недостаточного увлажнения, где подземные воды залегают глубоко и регулирующая способность бассейна небольшая, т. е. реки с разной площадью бассейна (при прочих равных условиях) могут иметь весьма разное распределение стока внутри года.

Некоторое влияние на внутригодовое распределение стока оказывает форма водосбора. При удлиненной и разветвленной форме водосбора увеличивается время добегания стока с отдаленных частей водосбора, что обуславливает растягивание весеннего половодья и паводков и в целом создает большую равномерность внутригодового распределения стока. На форму гидрографа половодья больших рек оказывает влияние взаимное положение направления течения реки и движение фронта снеготаяния. Их совпадение для рек, текущих на север, вызывает более резко выраженное половодье.

Таким образом, все факторы подстилающей поверхности, способствующие аккумуляции поверхностных вод в бассейне реки с последующей их сработкой, обуславливают более выравненное распределение стока внутри года.

Хозяйственная деятельность человека в бассейнах рек может проявляться в форме создания водохранилищ различной степени регулирования, прудов, строительства различного рода водозаборов, проведения комплекса агролесомелиоративных мероприятий.

В зоне достаточного увлажнения основное назначение водохранилищ состоит в регулировании стока, т. е. в перераспределении стока из многоводных сезонов года в маловодные. Заборы воды на хозяйственные нужды и по-

тери на испарение сравнительно не велики. Поэтому в створах, расположенных ниже водохранилищ, наблюдается существенное выравнивание стока в году. В зоне недостаточного увлажнения забор воды на хозяйственные нужды из водохранилищ, а также на орошение, как и потери на испарение с поверхности водохранилищ, значительно больше, чем в северных районах. Поэтому увеличение стока в маловодный период года в створах ниже водохранилища намного меньше, чем его уменьшение в многоводную фазу стока.

Создание прудов в зоне недостаточного увлажнения призвано обеспечить водой потребности народного хозяйства в маловодный период. Пруды наполняются за счет весеннего стока и запасы воды в них расходуются не только на хозяйственные нужды, но и на испарение. Поэтому весенний сток снижается на объем наполнения прудов, а увеличение стока в меженный период может вообще не наблюдаться, особенно если пруды имеют глухие плотины. Следовательно, некоторое выравнивание стока происходит только за счет его уменьшения в многоводную фазу. Однако в зоне достаточного увлажнения пруды могут работать как малые водохранилища, выравнивая сток в течение года.

Водозаборы непосредственно из рек могут существенно увеличить неравномерность стока в летний сезон, когда их объем становится сопоставимым с объемом речного стока. В аридных зонах в вегетационный период реки могут вообще разбираться на орошение.

Агротехнические мероприятия проводятся для накопления влаги в почво-грунтах, т. е. для перевода части поверхностных вод в подземные. Это также способствует выравниванию речного стока за счет снижения в многоводные периоды и некоторого, увеличения в маловодные, несмотря на возрастание испарения за счет транспирации сельскохозяйственных культур. Однако если реки не дренируют подземные воды или дренируют их в незначительной мере, то происходит лишь уменьшение поверхностного весеннего стока без увеличения меженного стока, т. е. частичное выравнивание стока.

При интенсивном осушении водосборов сток в многоводную фазу может существенно увеличиваться за счет резкого увеличения гидрографической сети в результате появления дренирующих каналов и канав, способствующих быстрому сбросу поверхностных вод в речную сеть. Это ведет к более неравномерному распределению стока по сезонам и месяцам.

В России для расчета внутригодового распределения стока разработано несколько методов [СП 33-101-2003] :

метод среднего распределения стока за годы характерной градации водности;

метод реального года;

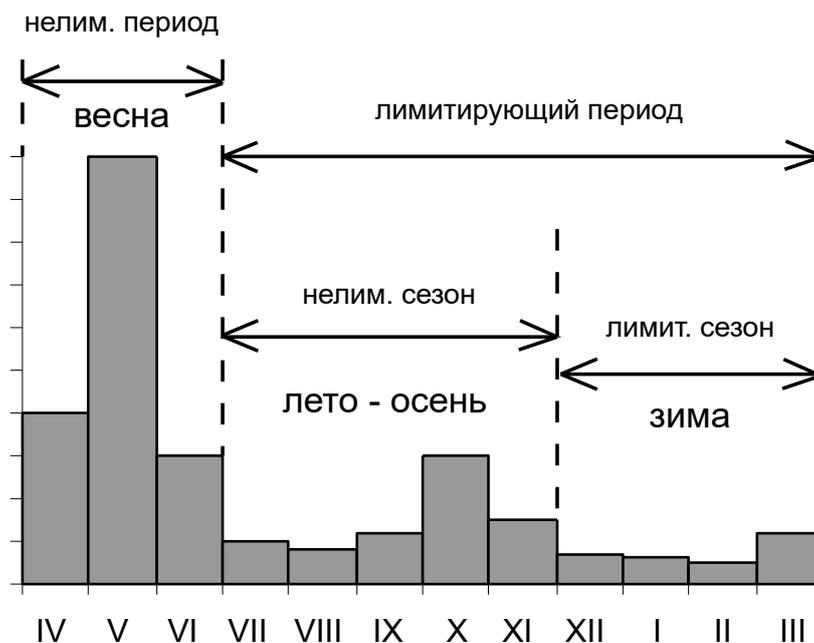
метод компоновки сезонов.

При реализации этих методов в качестве исходных данных используются среднемесячные или среднедекадные расходы воды за период не менее 15 лет. Обычно расчет ведется по водохозяйственным годам. За начало водохозяйственного года принимается наиболее ранняя дата наступления многоводной фазы с округлением до месяца.

Водохозяйственный год делится не на четыре, а на три сезона – два смежных сезона со сходными условиями формирования стока объединяются в составной сезон. Границы сезонов назначаются постоянными для всех лет.

Два сезона в течение которых имеют место неблагоприятные условия для осуществления проектируемых мероприятий объединяются в лимитирующий период (ЛП).

Внутри лимитирующего периода выделяются лимитирующий сезон (ЛС) и нелимитирующий сезон (НЛС).



Расчет внутригодового распределения стока представляет собой количественную оценку распределения стока по сезонам года и месяцам, а также по декадам и неделям внутри месяца.

Выражается обычно в процентах или долях от годового (при сезонном и месячном распределении) или месячного (при декадном или недельном распределении) стока. Это позволяет иметь данные о стоке в конкретные (календарные) отрезки времени.

Помимо хронологического описания внутригодового распределения стока (календарное распределение), в практике расчетов используется и некалендарное распределение в форме кривых продолжительности суточных расходов воды, показывающих продолжительность стояния внутри года расходов воды, равных или превышающих рассматриваемую величину.

Таким образом, при расчетах внутригодового распределения стока необходимо решить две задачи:

- установить соотношение стока за разные временные отрезки;
- его величину за эти периоды.

1.1. Метод среднего распределения стока за годы характерной градации водности

Метод средних распределений стока за водохозяйственный год заданной градации водности основан на расчете средних относительных распределений месячных объемов стока от годовой их суммы путем осреднения относительных значений стока каждого i -го месяца за все годы, входящие в ту или иную градацию водности.

Эти распределения являются типовыми для каждой отдельной группы характерных по водности лет.

Расчетное распределение месячного стока вычисляют путем умножения месячных долей стока интересующей градации водности на объем стока за водохозяйственный год заданной вероятности превышения. Последний определяют по аналитической кривой обеспеченности.

Для районов, в которых расчетное распределение стока по сезонам и месяцам практически не зависит от водности года, расчеты рассматриваемым методом сводятся к установлению среднего по всем годам распределения стока по месяцам (декадам) в процентах от годового стока

1.2. Метод реального года

Определение внутригодового распределения стока методом реального года основано на выборе расчетного водохозяйственного года из числа фактических с использованием принципа наибольшей близости вероятностей превышения стока за водохозяйственный год, лимитирующий период, лимитирующий сезон и лимитирующий месяц к расчетной вероятности превышения.

Этот выбор производят из числа j -х лет (от $j = 1$ до $j = m$; m — число лет с годовым стоком заданной градации водности) расчетной группы водности с использованием следующего условия:

$$\Delta P_j = (P_{\text{вг}} - P_{\text{расч}})_j^2 \cdot 2j + (P_{\text{лп}} - P_{\text{расч}})_j^2 \cdot 2j + (P_{\text{лс}} - P_{\text{расч}})_j^2 \cdot 2j + (P_{\text{лм}} - P_{\text{расч}})_j^2 \cdot 2j,$$

где ΔP_j — суммарное отклонение, которое определяют для каждого из t j -х исследуемых водохозяйственных лет, вошедших в расчетную группу лет заданной градации водности;

$P_{расч}$ — расчетная вероятность превышения, принимаемая одинаковой для всех расчетных интервалов времени;

$P_{вз}$, $P_{лт}$, $P_{лс}$, $P_{лм}$ — значения вероятностей превышения стока за выбранный водохозяйственный год и его лимитирующий период, лимитирующий сезон и лимитирующий месяц в расчетном створе реки, определяемые по кривой вероятностей превышения соответствующего стокового ряда согласно.

В качестве расчетного года принимают тот водохозяйственный год, для которого по формуле получено наименьшее значение ΔP_j .

Этот водохозяйственный год принимают в качестве модели относительного внутригодового распределения стока (в долях годового объема стока).

Расчетное распределение стока в этом методе вычисляют путем умножения месячных долей стока на годовой объем стока расчетной вероятности превышения, определяемый по аналитической кривой обеспеченности.

1.3. Метод компоновки сезонов

Метод компоновки водности отдельных сезонов основан, на условии равенства обеспеченностей (%):

$$P_{Q0} = P_{Qn} = P_{Qc} = P_{расч}$$

Важной особенностью метода компоновки является возможность определения расчетного распределения заданной обеспеченности при сравнительно коротких рядах наблюдений.

При использовании метода компоновки распределение стока по периодам и сезонам года определяют следующим образом.

Расчетные значения стока за водохозяйственный год, лимитирующий период, лимитирующий сезон и лимитирующий месяц определяют по соответствующим аналитическим кривым распределения стока с использованием

принципа равенства расчетных вероятностей превышения стока $R_{расч}$ за водохозяйственный год $R_{вг}$, лимитирующий период $R_{лп}$, лимитирующий сезон $R_{лс}$ и лимитирующий месяц $R_{лм}$.

Сток за нелимитирующий период определяют по разности расчетных значений объемов стока за водохозяйственный год и лимитирующий период, сток за нелимитирующий сезон — по разности расчетных объемов стока за лимитирующий период и лимитирующий сезон, а суммарный объем стока всех нелимитирующих месяцев внутри нелимитирующего сезона — по разности расчетных объемов стока за лимитирующий сезон и лимитирующий месяц.

Расчетные значения месячного стока внутри лимитирующего сезона и нелимитирующего сезона определяют с таким расчетом, чтобы получить для этих сезонов наиболее неравномерные распределения стока.

С этой целью внутри каждого из этих сезонов, входящих в соответствующую группу водности, месячные объемы стока располагают в убывающем порядке с указанием календарных месяцев, к которым они относятся.

Для составного периода (например, для лимитирующего периода), включающего в себя два сезона (лимитирующий сезон и нелимитирующий сезон), месячные объемы стока располагают в порядке убывания отдельно для каждого из составляющих их сезонов (лимитирующий сезон и нелимитирующий сезон).

Каждому ранжированному месячному значению каждого из m лет, входящих в рассматриваемую группу водности, присваивают свой порядковый номер. Для всех m лет данной группы водности производят суммирование месячных объемов стока, имеющих одинаковые порядковые номера в полученных ранжированных их внутрисезонных рядах. Путем сложения этих сумм для всех k месяцев, входящих в рассматриваемый сезон, находят их сумму за сезон. Делением сумм стока месяцев, имеющих одинаковые порядковые номера, на их общую сумму за сезон определяют относительное внутрисезонное рас-

пределение стока (по месяцам внутри сезона в долях от единицы или в процентах от суммарного объема стока). Полученным средним за m лет месячным долям (или %) вместо присвоенных ранее порядковых номеров присваивают названия того календарного месяца, который встречался наиболее часто при сложении указанных t значений месячного стока одинакового номера из всех лет рассматриваемой градации водности.

Таким же или упрощенным способом (без ранжирования и перестановок месячных значений стока, то есть методом расчета средних месячных значений за годы данной градации водности) находят расчетные относительные месячные значения стока внутри нелимитирующего периода.

Расчетные месячные значения стока определяют как произведения их относительных значений (долей от сезонного) на расчетное значение стока соответствующего сезона заданной вероятности превышения.

Эти расчеты производят по сезонам для всех месяцев ВГ.

Относительное внутригодовое распределение месячного стока в долях (или процентах) от объема стока за водохозяйственный год вычисляют делением расчетных месячных объемов стока на расчетное годовое его значение заданной вероятности превышения.

2. РАНГОВЫЙ МЕТОД РАСЧЕТА ВНУТРИГОДОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТОКА

2.1. Подготовка данных

Для расчета ВГРС ранговым методом (как и в классических методах) используются среднемесячные или среднедекадные расходы воды за период не менее 15 лет.

Год не делится на климатические сезоны, но внутри года выделяется лимитирующий период.

Начало года выбирается так, чтобы лимитирующий период целиком находился внутри года. В большинстве случаев можно использовать календарный год.

Границы лимитирующего периода определяются в зависимости от проектируемых мероприятий. Например, в качестве лимитирующего периода могут рассматриваться период вегетации, период навигации, период выполнения ремонтных или строительных работ и т.д.

2.2. Алгоритм расчета

Год не делится на климатические сезоны, но внутри года выделяется лимитирующий период.

Начало года выбирается так, чтобы лимитирующий период целиком находился внутри года. В большинстве случаев можно использовать календарный год.

Границы лимитирующего периода определяются в зависимости от проектируемых мероприятий. Например, в качестве лимитирующего периода могут рассматриваться период вегетации, период навигации, период выполнения ремонтных или строительных работ и т.д.

Внутри лимитирующего периода можно выделить критический период (по типу лимитирующего сезона), когда наблюдаются наиболее неблагоприятные условия для осуществления проектируемых мероприятий. Но при этом

критический период может находиться в любой части лимитирующего периода, в том числе и в его середине.

В такой постановке разработанные в России методы расчета внутригодового распределения стока можно адаптировать для любого климатического пояса земли. Однако в данной работе предлагается другой метод расчета внутригодового стока, который назовём «ранговым методом».

1. В качестве исходных данных используется таблица среднемесячных расходов воды за период не менее 15 лет.
2. За каждый год рассчитывается сумма расходов за лимитирующий период и за год.
3. Таблица ранжируется (в порядке убывания) по столбцу сумм расходов за лимитирующий период.
4. Рассчитываются значения эмпирической обеспеченности по формуле $P = m/(n+1)*100\%$
5. Если в рамках стоящей задачи критическим периодом является маловодье - выделяем маловодную группу. К маловодной группе (как и в традиционных методах) относятся годы с обеспеченностью более 66,7% (Таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Среднемесячные расходы маловодной группы

№	P%	Год	Лимитирующий п.								ΣVI-VIII	Σ год				
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII						
45	67,2	1956	37,0	10,8	10,2	50,6	288	25,7	13,4	16,2	18,2	19,1	15,6	23,4	55,3	528
46	68,7	1967	14,2	13,5	43,1	170	98,3	27,3	16,0	12,0	14,2	13,6	23,6	20,9	55,3	467
47	70,1	1959	23,2	20,1	29,4	261	78,2	23,7	17,5	14,0	14,6	18,0	16,6	11,7	55,2	528
...
64	95,5	1972	12,0	11,0	14,8	99,6	52,2	18,4	9,6	7,6	8,3	11,8	13,1	14,9	35,6	273
65	97,0	1973	9,1	8,2	13,3	36,0	27,6	12,9	8,2	7,1	10,0	13,4	17,7	16,4	28,2	180
66	98,5	1940	8,4	7,8	8,2	49,2	30,2	9,9	7,6	10,2	13,7	27,0	40,2	55,9	27,7	268

6. Строится таблица 2.2 путем замены значений из таблицы 1 на их ранги по строке. Ранги рассчитываются с использованием функции Excel: =РАНГ.СП(число; ссылка [порядок]), где константа «порядок» принимается равной нулю, что соответствует ранжированию по убыванию. Например значение в мае 1956 года заменяется на число 1, так как 288 – это самое большое значение расхода в 1956 году. Если имеется несколько одинаковых значений, данная функция выводит среднее значение ранга.

Таблица 2.2 – Значения рангов для маловодной группы

год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1956	3	11	12	2	1	4	10	8	7	6	9	5
1967	8,5	11	3	1	2	4	7	12	8,5	10	5	6
1959	5	6	3	1	2	4	8	11	10	7	9	12
...
1972	7	9	5	1	2	3	10	12	11	8	6	4
1973	9	10,5	6	1	2	7	10,5	12	8	5	3	4
1940	9	11	10	2	4	8	12	7	6	5	3	1
Среднее	6,6	8,6	6,1	1,9	2,1	5,3	9,0	10	9,0	7,4	6,2	5,8
Ранг II	7	9	5	1	2	3	10	12	11	8	6	4
Число случаев	3	2	1	17	17	4	5	6	5	2	1	6

7. По данным таблицы 2.2 рассчитываются средние значения рангов за каждый месяц.
8. К средним рангам повторно применяется функция Excel: =РАНГ.СП(число; ссылка [порядок]), но с параметром [порядок] равным единица, чтобы ранжирование шло по возрастанию (строка «Ранг II»).
9. В последнюю строку таблицы 2.2 для каждого месяца записываем число лет, когда фактический ранг совпадает со значением в строке «Ранг II» (в таблице выделены желтым цветом). Назовем это выполнением условия R-II.

10. Все расходы маловодной группы (из табл.1) выражаются в процентах от сумм расходов за год (табл.2.3).

Таблица 2.3 – Процентное распределение стока по месяцам маловодной группы распределение

год	Лимитирующий п.												Σ год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1956	7,0	2,0	1,9	9,6	54,5	4,9	2,5	3,1	3,4	3,6	3,0	4,4	100
1967	3,0	2,9	9,2	36,4	21,1	5,8	3,4	2,6	3,0	2,9	5,1	4,5	100
1959	4,4	3,8	5,6	49,4	14,8	4,5	3,3	2,7	2,8	3,4	3,1	2,2	100
...
1972	4,4	4,0	5,4	36,4	19,1	6,7	3,5	2,8	3,0	4,3	4,8	5,5	100
1973	5,1	4,6	7,4	20,0	15,3	7,2	4,6	3,9	5,6	7,4	9,8	9,1	100
1940	3,1	2,9	3,1	18,3	11,3	3,7	2,8	3,8	5,1	10,1	15,0	20,8	100
X_i – Среднее по R-II	5,37	4,03	5,42	31,62	19,00	7,49	3,09	3,12	3,09	4,21	4,79	7,95	99,2
Y_i – ВГРС, , %	5,41	4,06	5,46	31,88	19,16	7,55	3,11	3,15	3,12	4,25	4,83	8,02	100,0

11. По данным табл.2.3 для каждого месяца рассчитываем среднее значение за годы для которых выполняется условие R-II (выделены желтым цветом).

12. Поскольку годовая сумма по строке «Среднее по R-II» будет немного отличаться от 100%, производим ее корректировку по формуле:

$$Y_i = \left(X_i / \sum_1^{12} X_i \right) 100\%$$

13. В результате получаем расчетное процентное ВГРС (последняя строка таблицы).

14. По строке ВГРС определяем сток за лимитирующий период в долях единицы. В примере:

$$\sum Q_{лп}^* = (7,55 + 3,11 + 3,15) / 100 = 0,138$$

15. По ряду сумм расходов за лимитирующий период строим кривую обеспеченностей и определяем сумму расходов заданной обеспеченности, например: $\Sigma Q_{лп,90\%} = 45$.

16. Определяем расчетную сумму расходов за год:

$$\Sigma Q_{год} = (\Sigma Q_{лп,90\%} / \Sigma Q_{лп}^*) = 45 / 0,138 = 326$$

17. Используя расчетное процентное распределение, заполняем итоговую таблицу 2.4.

Таблица 2.4 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года 90 %-ной обеспеченности

Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ год
ВГРС, %	5,41	4,06	5,46	31,88	19,16	7,55	3,11	3,15	3,12	4,25	4,83	8,02	100,0
ВГРС, $\frac{3}{м/с}$	17,6	13,2	17,8	104	62,4	24,6	10,1	10,3	10,2	13,9	15,8	26,1	326

3. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ВНУТРИГОДОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СТОКА НА ПРИМЕРЕ РЕК БАССЕЙНА КАМЫ

Сравнение расчетных методов было выполнено на примере рек бассейна р. Камы. Для анализа использовались данные по 8 постам (рис.3.1, таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Основные характеристики гидрологических постов

Код поста	Река - пост	Расстояние от		F , км ²	$f_{оз}$, %	$f_{б}$, %	$f_{л}$, %	H вдсб, м
		истока, км	истока, км					
76685	р. Усьва - пгт Усьва	179	87,0	2190	0	0	83	456
76089	р. Вишера - пос.Ряби-нино	386	29,0	30900	<1	2	71	314
76007	р. Кама - пгт.Гайны	637	1168	27500	<1	10	84	204
76003	р. Кама - с.Волосницкое	385	1420	10000	<1	3	83	241
76240	р. Сылта - с. Подкаменное	479	14,0	19700	<1	0	63	254
76280	р. Белая – д. Сыртланово	484	946	10100	<1	0	80	618
76354	р. Малый Инзер – ж/д ст. Айгир	77	19,0	778	0	0	89	731
76364	р. Уфа – г. Красноуфимск	417	501	14200	<1	<1	75	369

Расчет внутригодичного распределения стока производился четырьмя методами: методом среднего распределения по характерной группе водности, методом реального года, методом компоновки сезонов и ранговым методом. За начало водохозяйственного года во всех случаях принят апрель.

При использовании рангового метода деления на сезоны не производилось, а в качестве лимитирующего периода принят период с декабря по март.

Для остальных методов период с декабря по март принят в качестве лимитирующего сезона.

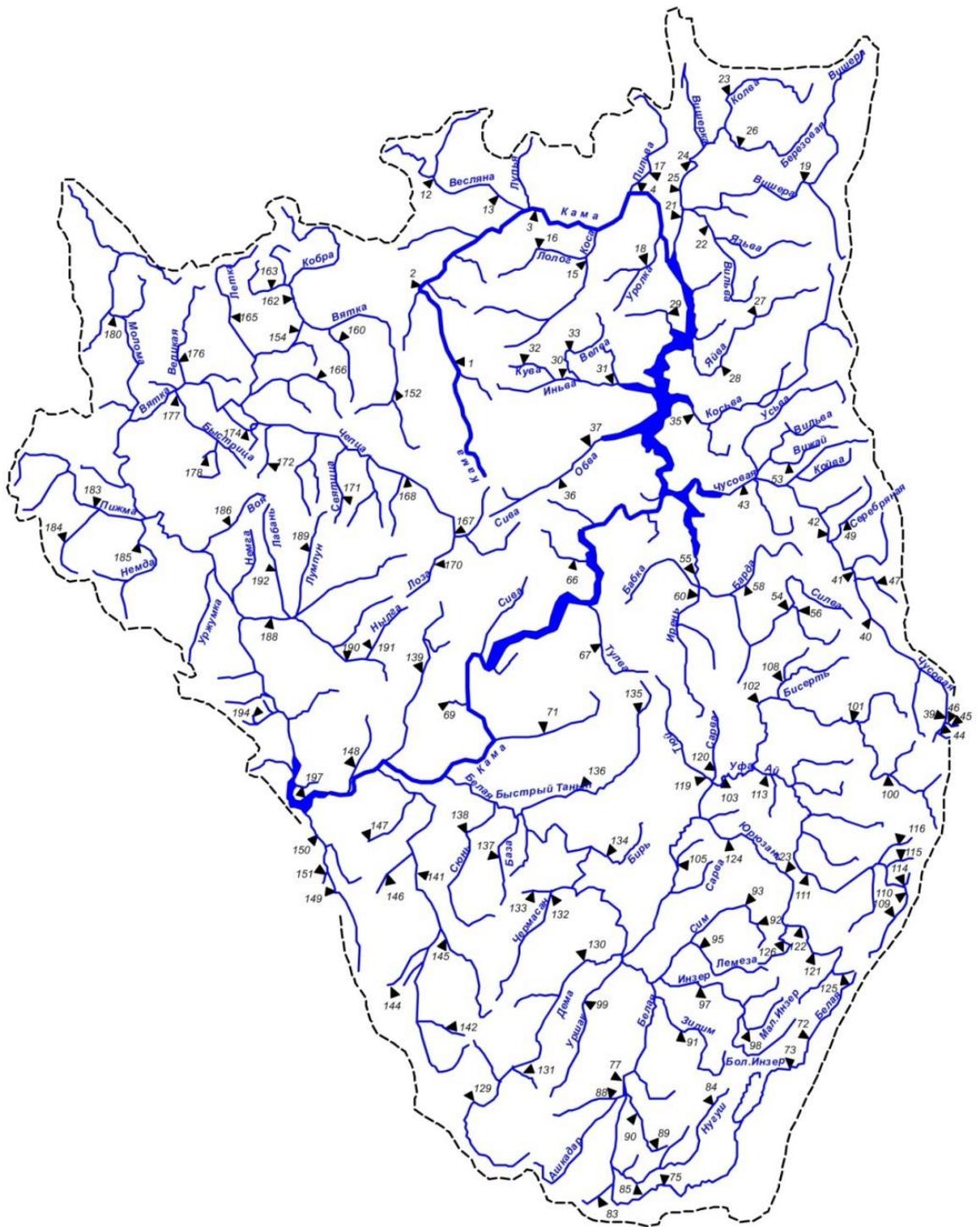


Рисунок 3.1 – Схема расположения гидрологических постов.

3.1. Расчет внутригодового стока реки Усьва- пгт.Усьва

На рисунке 3.2 представлено расчетное внутригодовое распределение стока для года 90 %-ной обеспеченности, полученное различными методами для реки Усьва- пгт.Усьва.

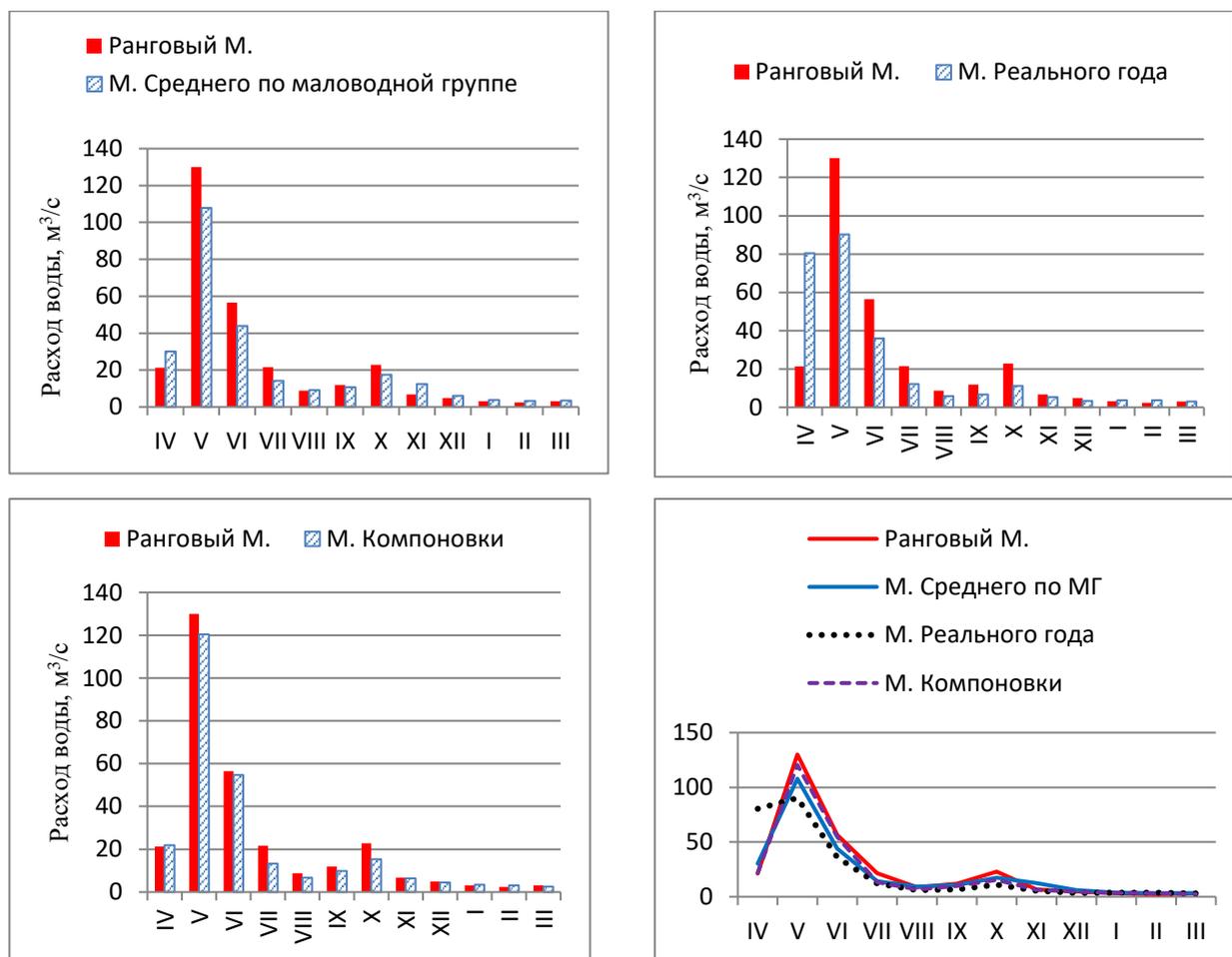


Рисунок 3.2 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года 90 %-ной обеспеченности, полученное разными методами; р. Усьва – пгт. Усьва.

Как видно на рисунке, наименьшие значения расходов за декабрь-март дают ранговый метод и метод компановки. При этом за нелимитирующий период расходы полученные ранговым методом за отдельные месяцы выше, чем для других методов. В частности среднемесячный расход за май выше, чем для остальных трех методов, а за июнь выше, чем дают методы среднего распределения и метод реального года.

3.2. Расчет внутригодового стока реки Вишера – пос.Рябино

На рисунке 3.3 представлено расчетное внутригодовое распределение стока для года 90 %-ной обеспеченности, полученное различными методами для реки Вишера – пос.Рябино.

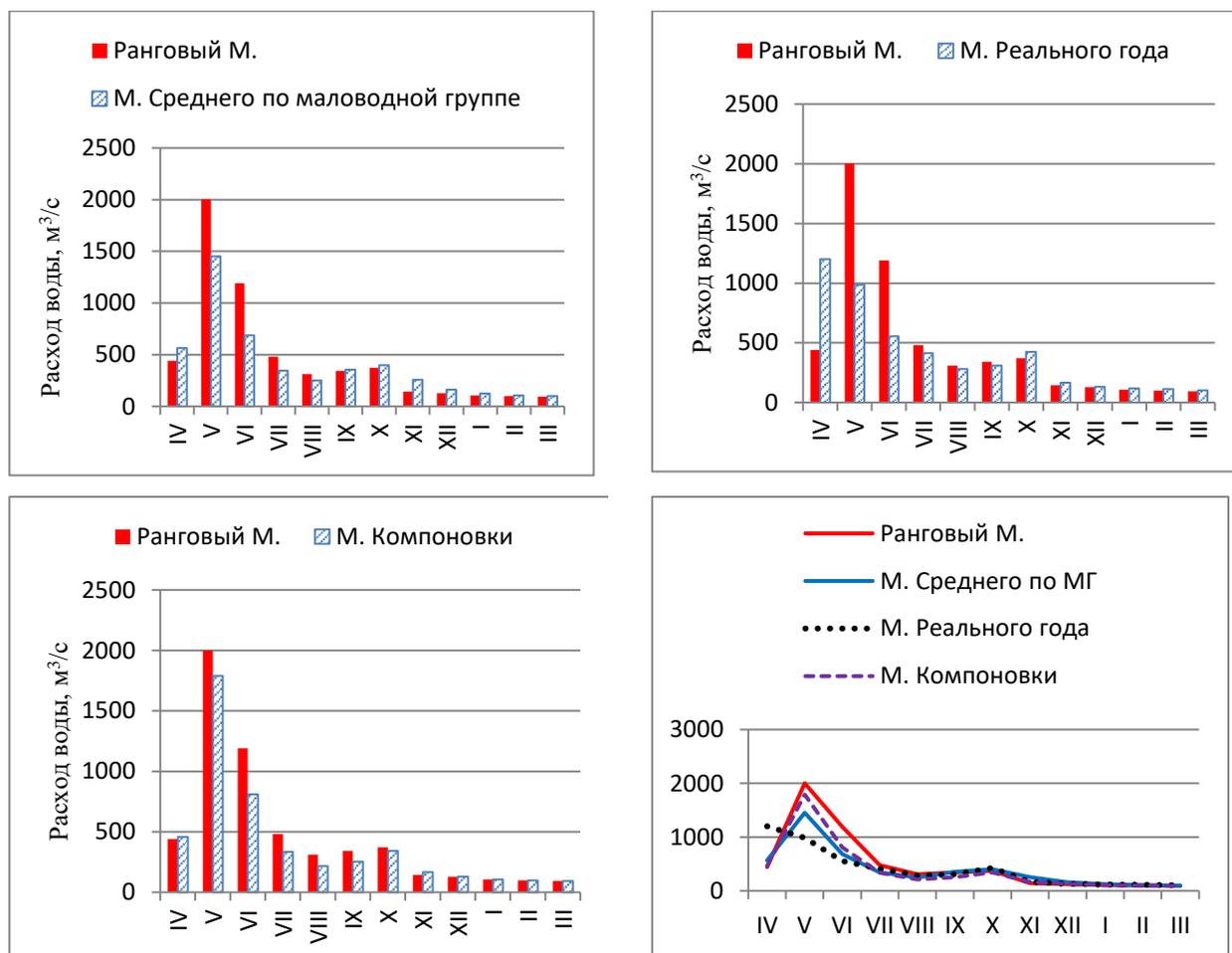


Рисунок 3.3 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года 90 %-ной обеспеченности, полученное разными методами; р. Вишера – пос.Рябино.

Как видно на рисунке, наименьшие значения расходов за декабрь-март дают ранговый метод и метод компановки. При этом за нелимитирующий период расходы полученные ранговым методом за отдельные месяцы выше, чем для других методов. В частности среднемесячный расход за май и июнь выше, чем для остальных трех методов, а за октябрь меньше, чем дают методы среднего распределения и метод реального года.

3.3. Расчет внутригодового стока реки Кама – пгт.Гайны

На рисунке 3.4 представлено расчетное внутригодовое распределение стока для года 90 %-ной обеспеченности, полученное различными методами для реки Кама – пгт.Гайны.

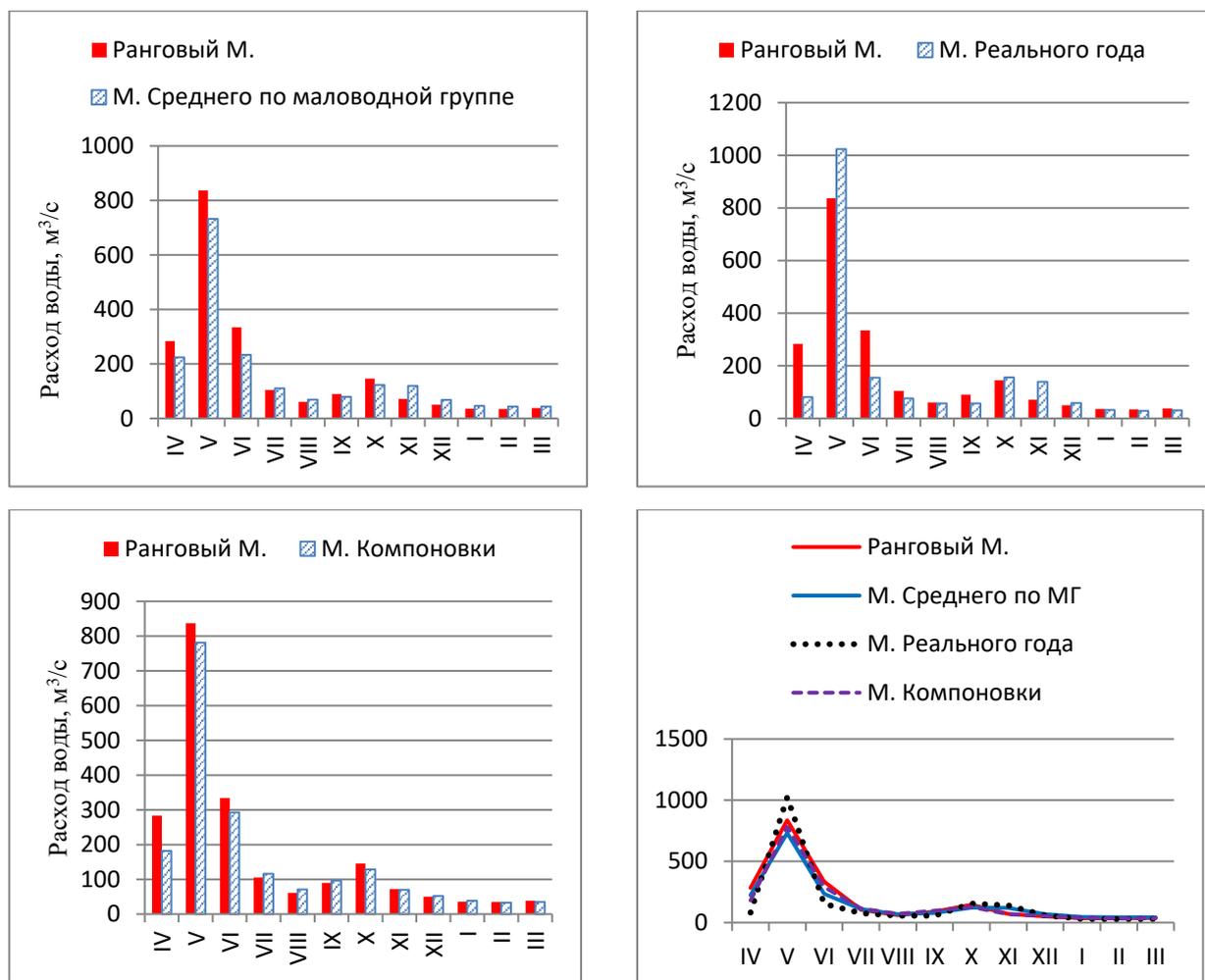


Рисунок 3.4 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года 90 %-ной обеспеченности, полученное разными методами; р.Кама – пгт.Гайны.

Как видно на рисунке, наименьшие значения расходов вначале периода за декабрь-март дают ранговый метод и метод компановки, но к концу периода наименьшие расходы дают метод реального года и метод компановки. При этом за нелимитирующий период расходы полученные ранговым методом за отдельные месяцы выше, чем для других методов. В частности среднемесячный расход за апрель и июнь выше, чем для остальных трех методов, а за май выше, чем дают методы среднего распределения и метод компановки.

3.4. Расчет внутригодового стока реки Кама – с.Волосницкое

На рисунке 3.5 представлено расчетное внутригодовое распределение стока для года 90 %-ной обеспеченности, полученное различными методами для реки Кама – с.Волосницкое.

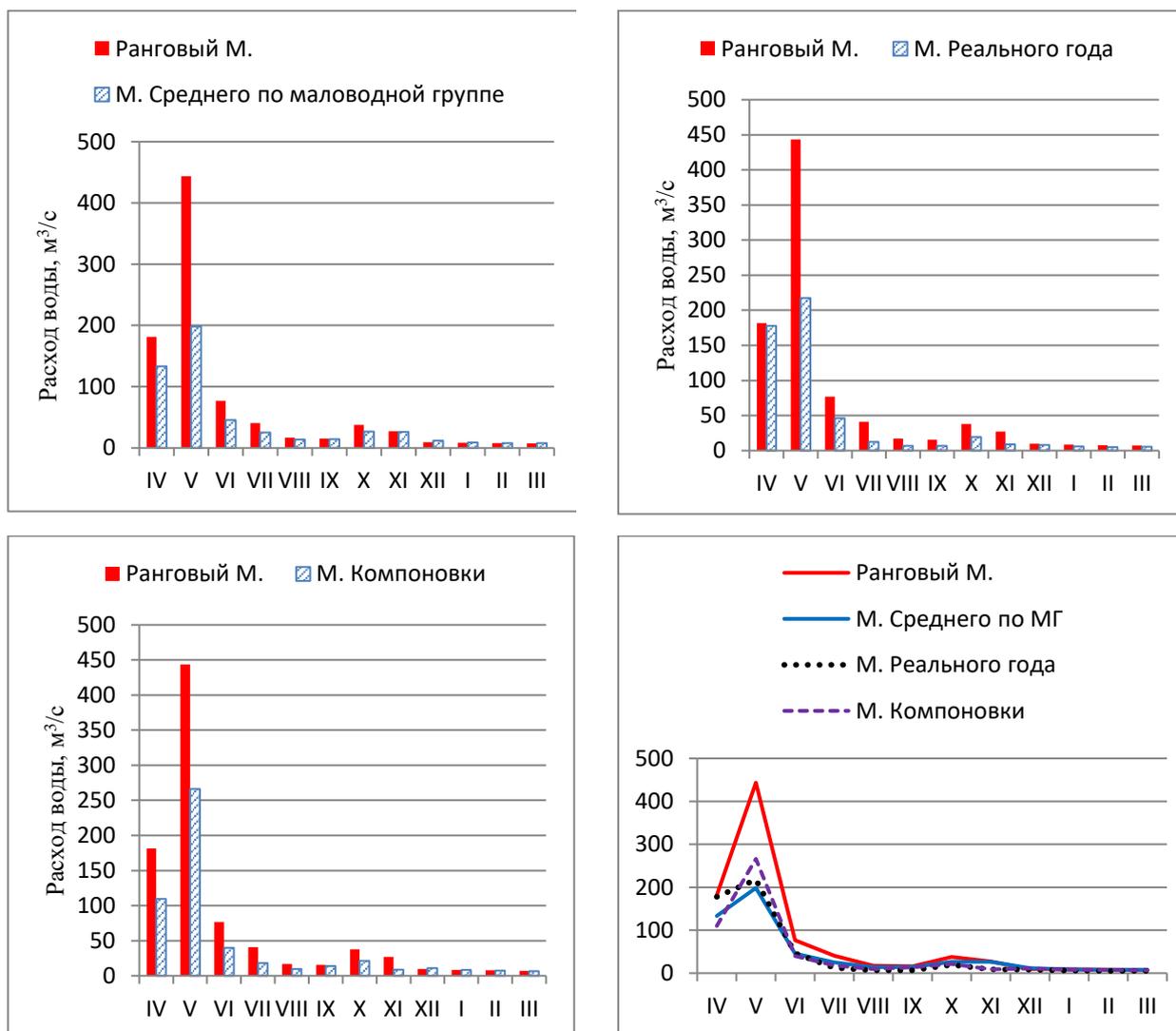


Рисунок 3.5 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года 90 %-ной обеспеченности, полученное разными методами; р. Кама – с.Волосницкое.

Как видно на рисунке, наименьшие значения расходов вначале периода за декабрь-март дают ранговый метод и метод реального года, но к концу периода наименьшие расходы дают метод реального года и метод компановки. При

этом за нелимитирующий период расходы полученные ранговым методом за все месяцы выше, чем для других методов

3.5. Расчет внутригодового стока реки Сылта – с.Подкаменное

На рисунке 3.6 представлено расчетное внутригодовое распределение стока для года 90 %-ной обеспеченности, полученное различными методами для реки Сылта – с.Подкаменное.

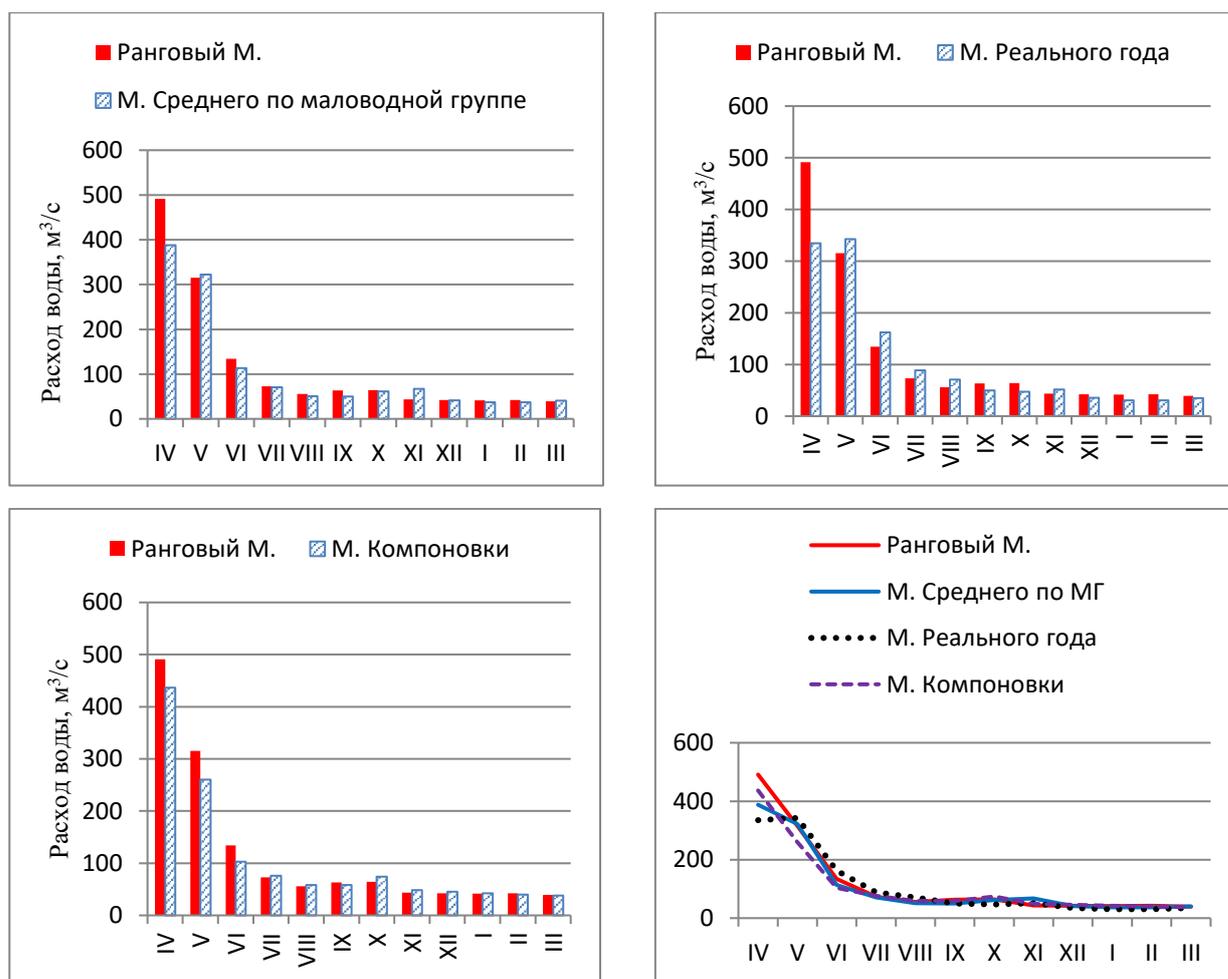


Рисунок 3.6 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года 90 %-ной обеспеченности, полученное разными методами; р. Сылта – с.Подкаменное.

Как видно на рисунке, наименьшие значения расходов за декабрь-март дают метод среднего по маловодной группе и метод реального года. При этом за нелимитирующий период расходы полученные ранговым методом за отдельные месяцы выше, чем для других методов. В частности среднемесячный расход за апрель выше, чем для остальных трех методов, а за май выше, чем

дают методы среднего распределения и метод реального года, за июнь выше, чем дает метод реального года.

3.6. Расчет внутригодового стока реки Белая – д.Сыртланово

На рисунке 3.7 представлено расчетное внутригодовое распределение стока для года 90 %-ной обеспеченности, полученное различными методами для реки Белая – д.Сыртланово.

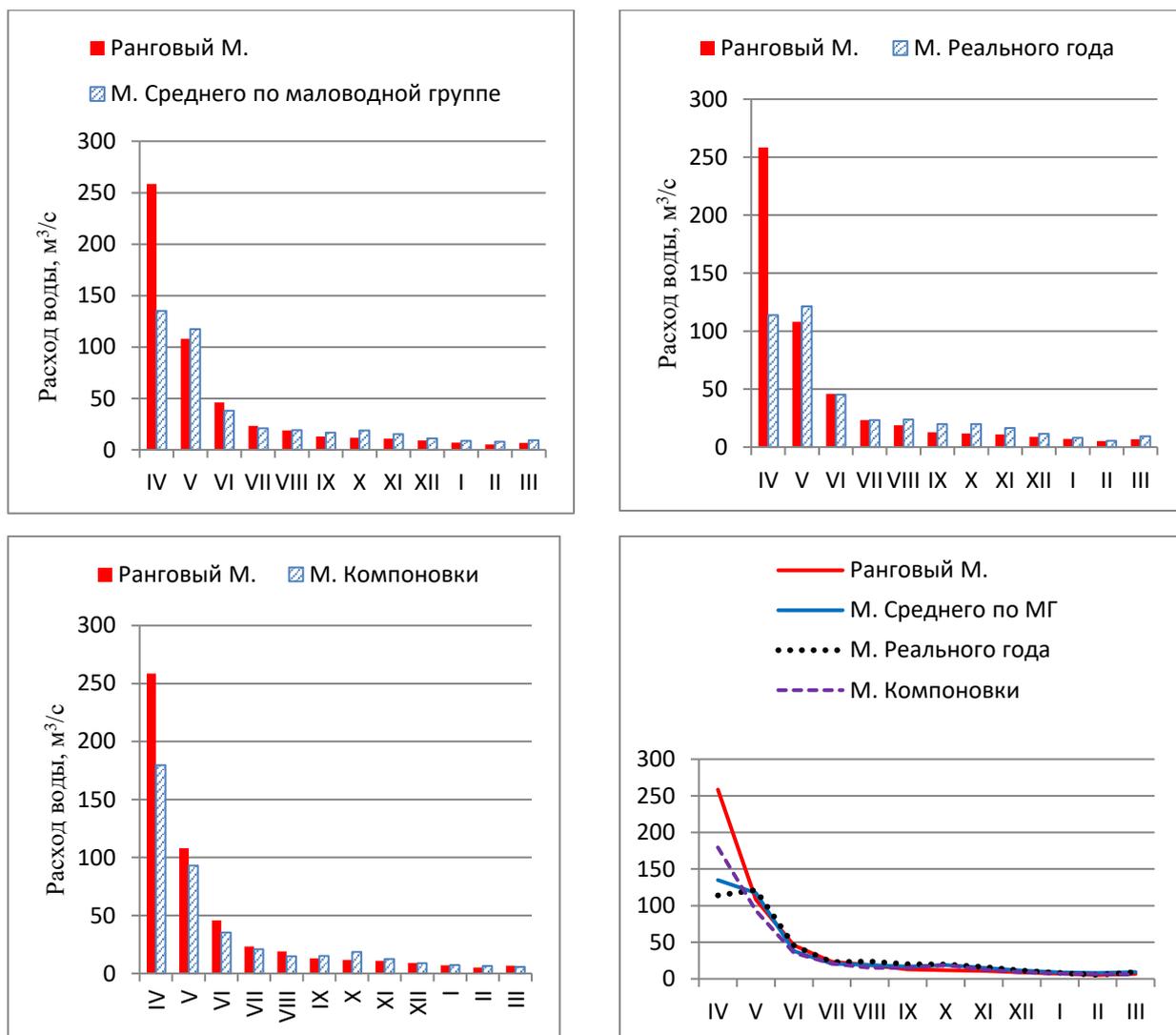


Рисунок 3.7 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года 90 %-ной обеспеченности, полученное разными методами; р. Белая – д.Сыртланово.

Как видно на рисунке, наименьшие значения расходов за декабрь-март дают ранговый метод и метод компановки. При этом за нелимитирующий период расходы полученные ранговым методом за отдельные месяцы выше, чем

для других методов. В частности среднемесячный расход за апрель и июнь выше, чем для остальных трех методов, а за май выше, чем дают методы среднего распределения по маловодной группе и метод реального года.

3.7. Расчет внутригодового стока реки Уфа – г.Красноуфимск

На рисунке 3.8 представлено расчетное внутригодовое распределение стока для года 90 %-ной обеспеченности, полученное различными методами для реки Уфа – г.Красноуфимск.

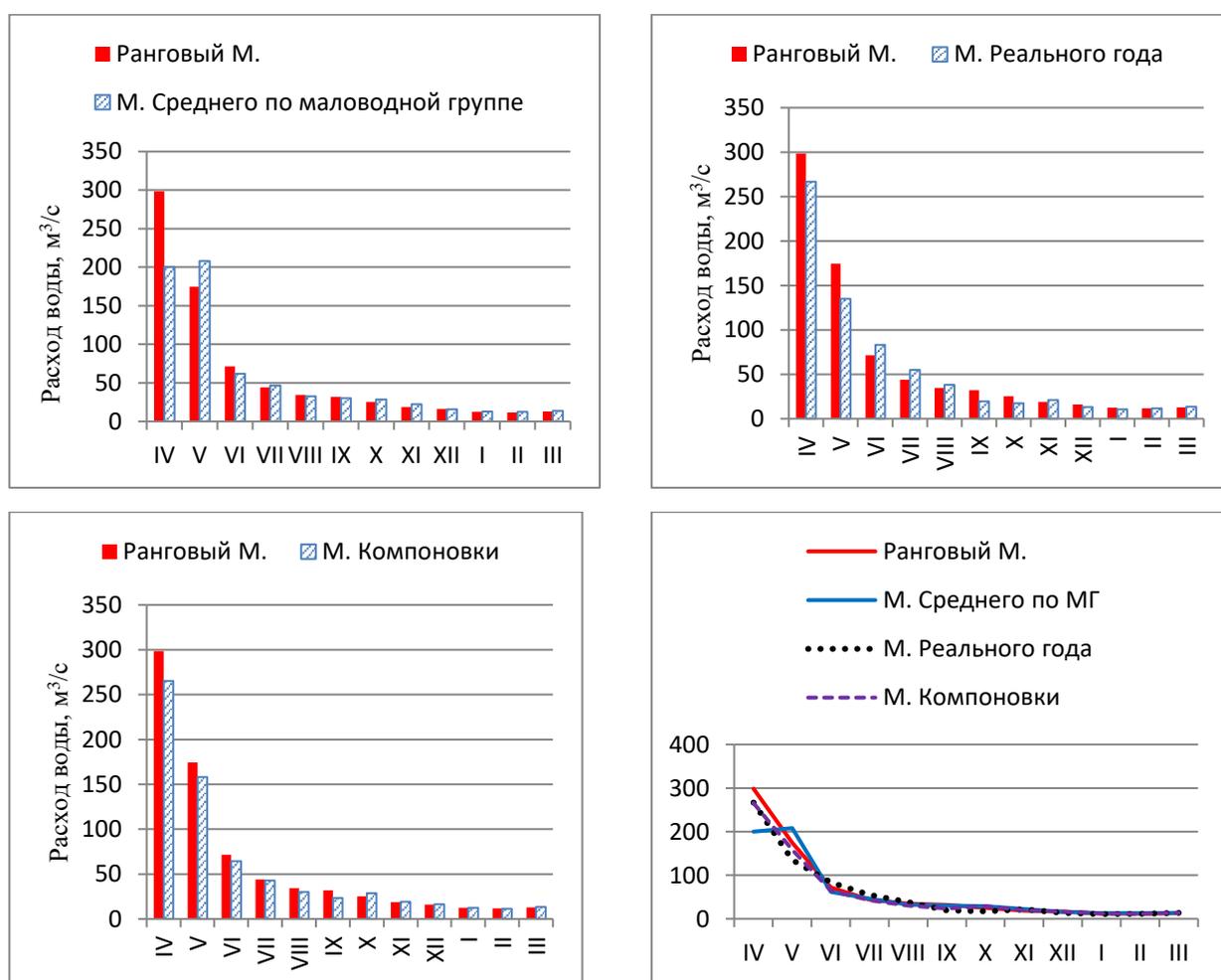


Рисунок 3.8 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года 90 %-ной обеспеченности, полученное разными методами; р. Уфа – г.Красноуфимск.

Как видно на рисунке, наименьшие значения расходов за декабрь-март дают метод реального года и метод компановки. При этом за нелимитирующий период расходы полученные ранговым методом за отдельные месяцы выше, чем для других методов. В частности среднемесячный расход за апрель выше,

чем для остальных трех методов, а за май выше, чем дают метод среднего распределения по маловодной группе.

3.8. Расчет внутригодового стока реки Малый Инзер – жд.ст.Айгир

На рисунке 3.9 представлено расчетное внутригодовое распределение стока для года 90 %-ной обеспеченности, полученное различными методами для реки Малый Инзер – жд.ст.Айгир.

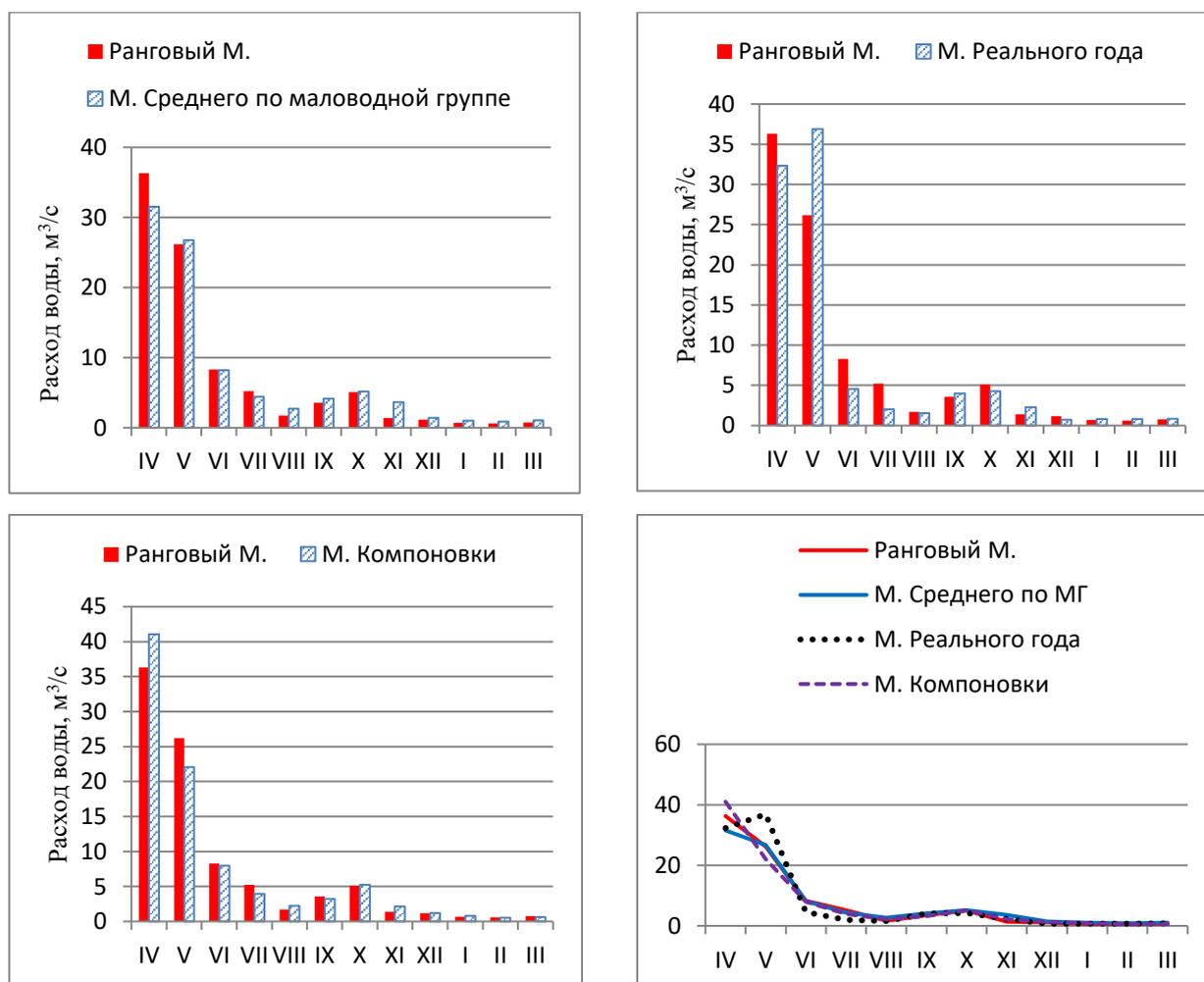


Рисунок 3.9 – Расчетное внутригодовое распределение стока для года 90 %-ной обеспеченности, полученное разными методами; р. Малый Инзер – жд.ст.Айгир.

Как видно на рисунке, наименьшие значения расходов за декабрь-март дают ранговый метод и метод компановки. При этом за нелимитирующий период расходы полученные ранговым методом за отдельные месяцы выше, чем для других методов. В частности среднемесячный расход за июль выше, чем для остальных трех методов, а за апрель выше, чем дает метод компановки.

Так же среднемесячный расход за май выше, чем дают метод среднего по маловодной группе и метод реального года.

3.9. Результаты сравнительного анализа

Как показал анализ, ранговый метод, как правило, дает расчетные расходы за лимитирующий период меньшие чем метод среднего для характерной группы водности и близкие к методу компоновки.

Метод реального года может давать расходы как больше, так и меньше, чем ранговый метод. Это связано с тем, что реальный год имеет обеспеченность близкую но не равную расчетной обеспеченности.

Для иллюстрации сказанного на рисунках 3.10-3.17 показаны расчетные расходы за декабрь-март для года 90 %-ной обеспеченности, полученные разными методами для всех исследуемых гидрологических постов.

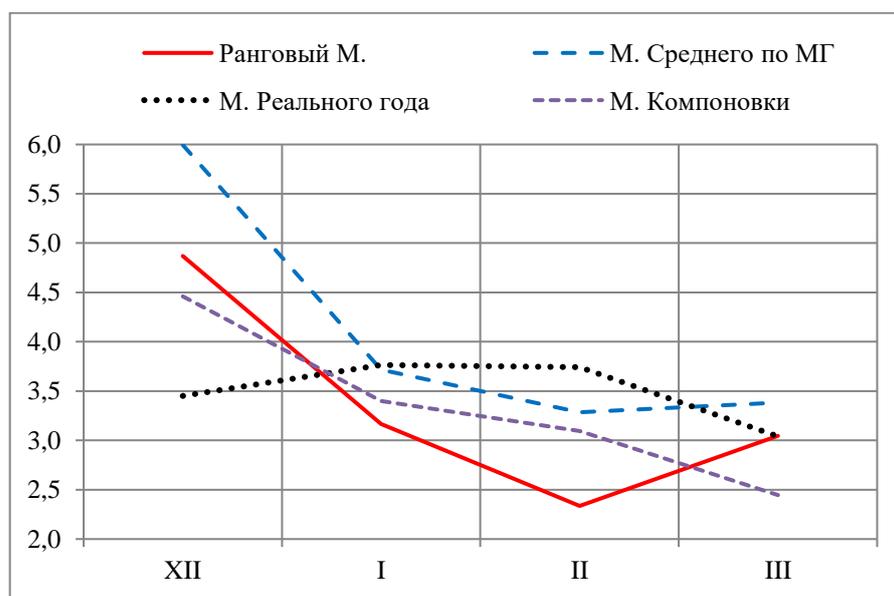


Рис.3.10 – Расчетные расхода за декабрь – март 90% обеспеченности
р.Усьва – д.Усьва

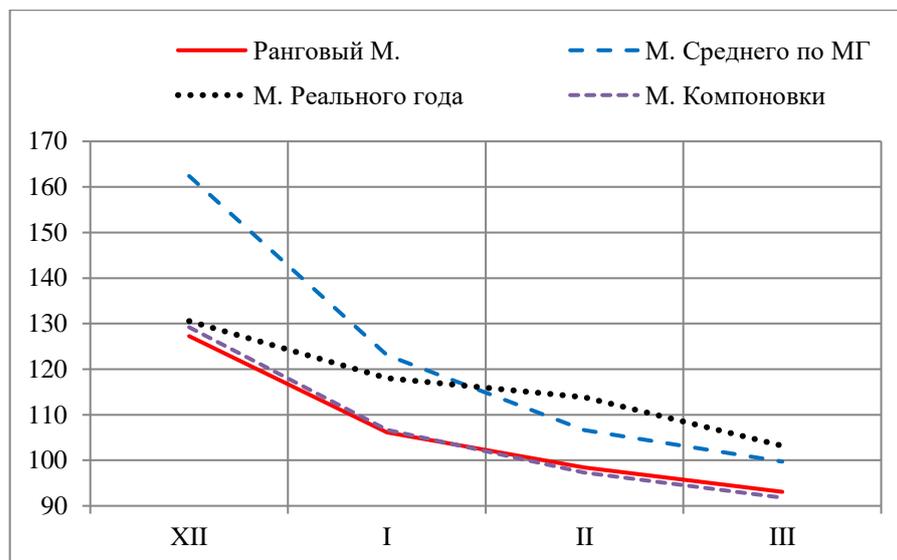


Рис.3.11 - Расчетные расхода за декабрь – март 90% обеспеченности
р.Вишера – пос.Рябино

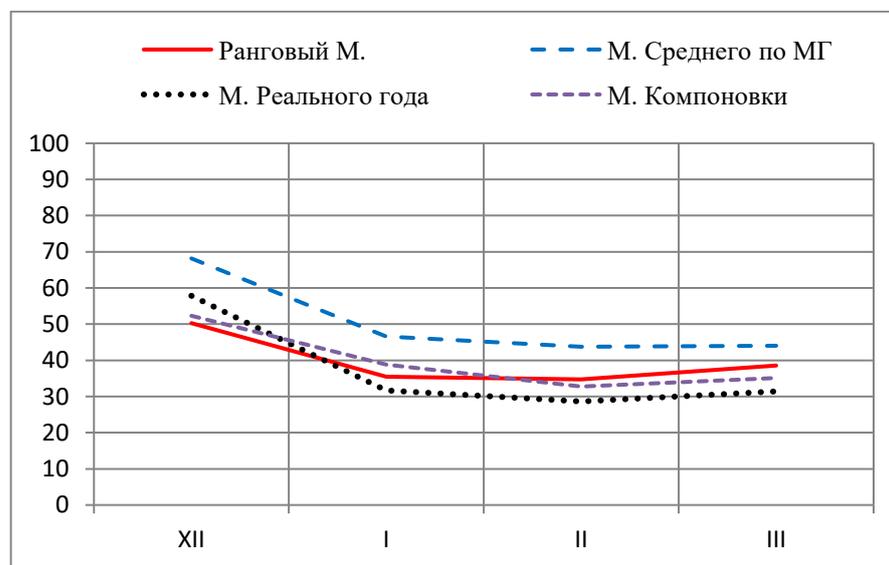


Рис. 3.12 - Расчетные расхода за декабрь – март 90% обеспеченности
р.Кама – пгт.Гайны

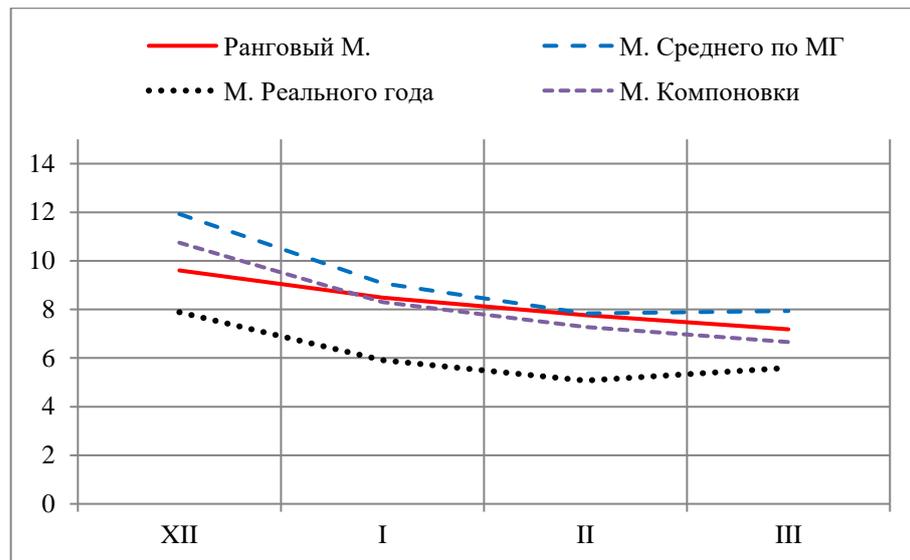


Рис. 3.13 - Расчетные расхода за декабрь – март 90% обеспеченности
р.Кама – с. Волосницкое

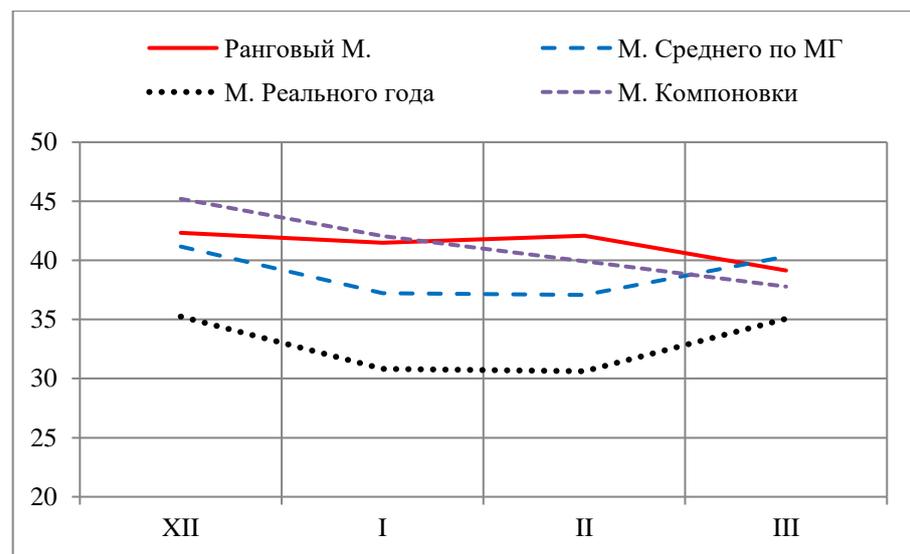


Рис. 3.14 - Расчетные расхода за декабрь – март 90% обеспеченности
р.Сылва – с. Подкаменное

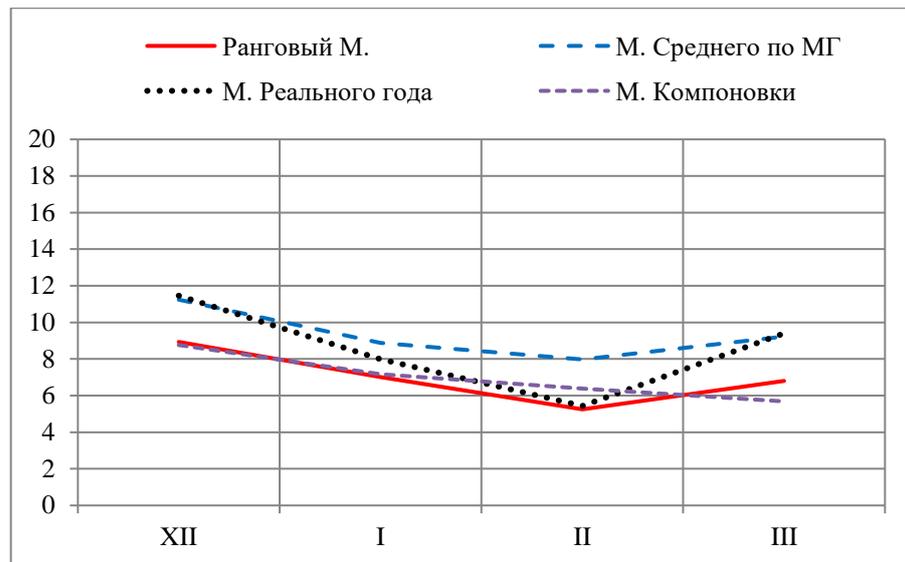


Рис. 3.15 - Расчетные расхода за декабрь – март 90% обеспеченности
р.Белая – д.Сыртланово

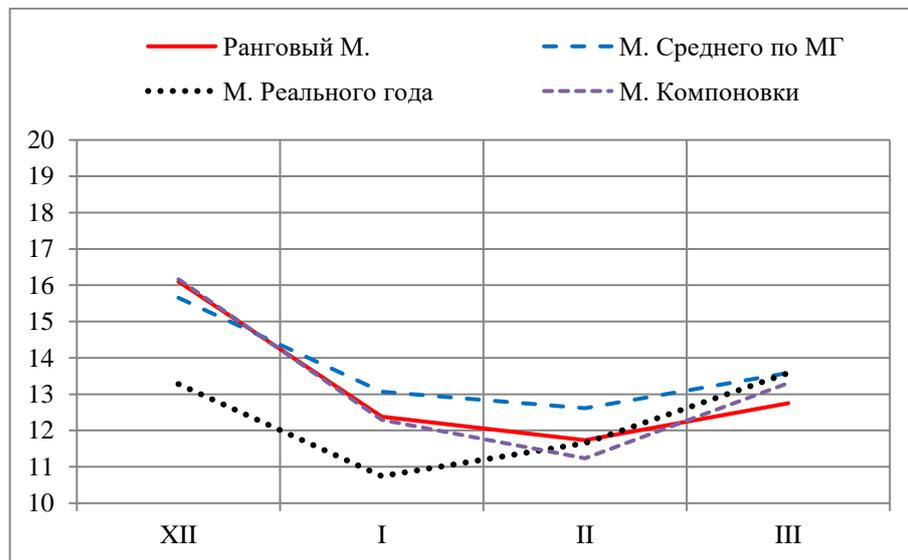


Рис. 3.16 - Расчетные расхода за декабрь – март 90% обеспеченности
р.Уфа – г.Красноуфимск

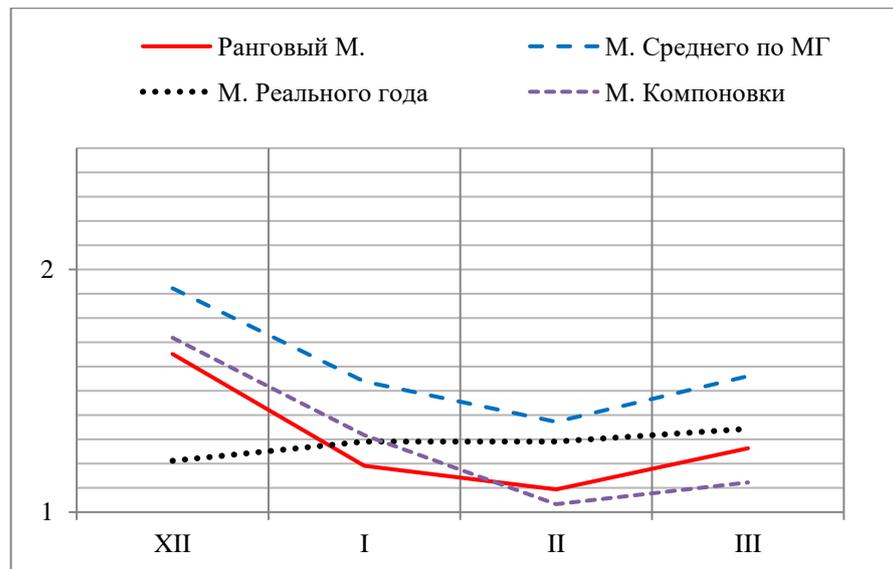


Рис. 3.17 - Расчетные расхода за декабрь – март 90% обеспеченности
р.Малый Инзер – ж/д ст.Айгир

4. РАСЧЕТ ВНУТРИГОДОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИСТОКА РЕК АРИДНОЙ ЗОНЫ

Для анализа использовались реки Туркмении. В качестве лимитирующего периода принят период вегетации для хлопка.

Вегетационный период у хлопка в зависимости от сорта от 100-110 дней до 150-170 дней при температуре выше 12-16 °С.

Расчет выполнен для рек Мургап – п. Тагтабазар и Амударья – п. Атамурат (рисунок 4.1). В качестве лимитирующего принят период с апреля по сентябрь (рисунок 4.2).



Рисунок 4.1 – Каракумский канал и основные реки Туркмении



Рисунок 4.2 – Средняя многолетняя температура воздуха по метеорологической станции Байрам-Али (нижнее течение реки Мургап).

4.1. Расчет внутригодового стока реки Мургап – п.Тагтабазар.

Река Мургап соединяет два государства – Туркмению и Афганистан. Длина реки составляет 978 км, площадь бассейна – 46,9 тыс.км². Берет свое начало в Афганистане и протекает по узкой долине, расположенной между хребтами Сафедкох и Банди-Туркестан. На территории Туркмении долина расширяется, представляя собой ирригационный веер. В пустыне Каракумы водоем образует сухую дельту, выше города Мары река вливается в Каракумский канал.

Основные притоки: Абикайсор (правый); Кашан, Кушка (левые).

Питание смешанное, с преобладанием снегового.

Половодье весной (март), в период таяния снега в горах Афганистана; межень в ноябре – декабре. Среднемноголетний расход воды у г. Тагтабазар около 52 м³/с (годовой объем стока 1,64 км³), макс. расход 700 м³/с, минимальный – 11 м³/с.

Расчет выполнялся ранговым по календарному году без разбивки на климатические сезоны. В качестве лимитирующего принят период с апреля по сентябрь

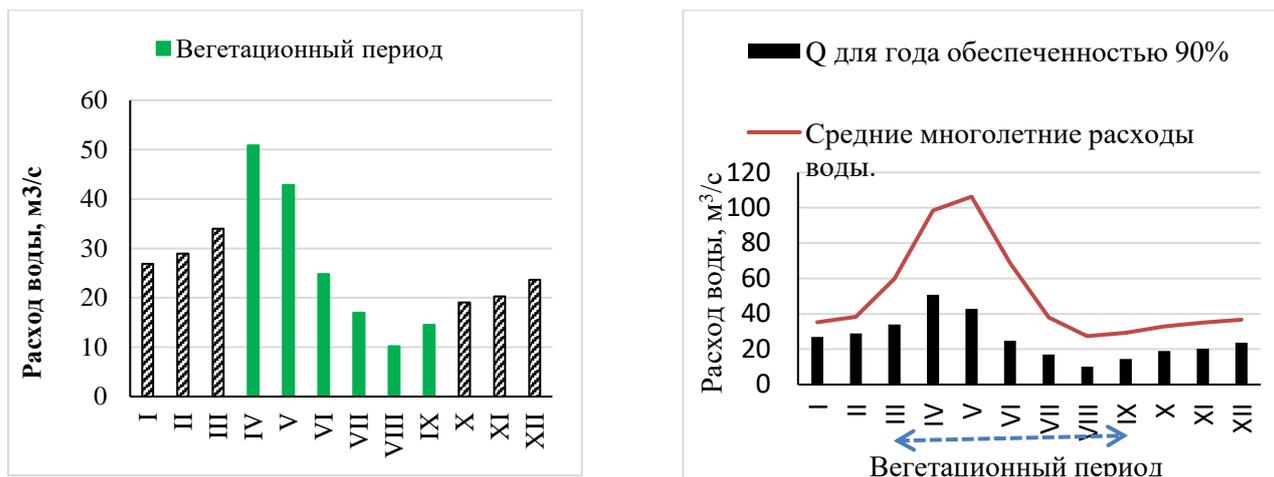


Рисунок 4.3 – Расчет внутригодового распределения стока реки Мургап – п. Тагтабазар для года 90% - ой обеспеченности

Таблица 4.1 - $Q_{\text{ср. мес.}}$, $Q_{90\%}$, $Q_{90\%}$ в % от $Q_{\text{ср. мес.}}$ за ЛП для реки Мургап – п. Тагтабазар

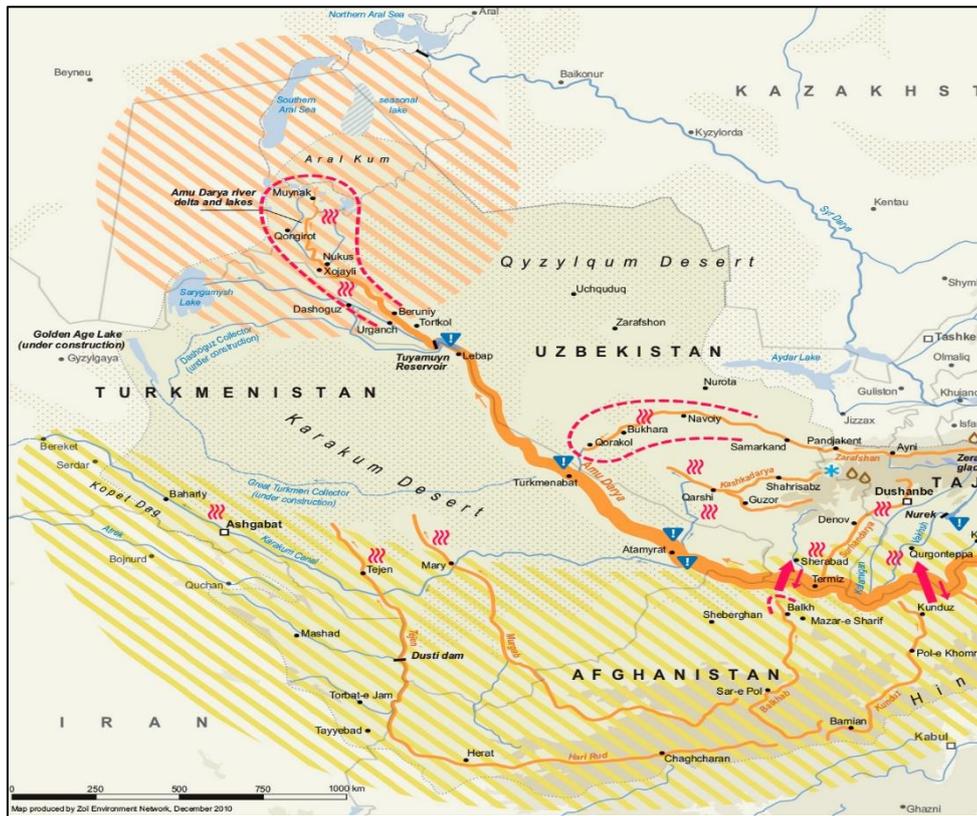
Месяцы ЛП	IV	V	VI	VII	VIII	IX
$Q_{\text{ср. мес.}}$	98,4	106	68,6	37,9	27,4	29,2
$Q_{90\%}$	50,9	42,8	24,8	17,0	10,2	14,5
$Q_{90\%}$ в % от $Q_{\text{ср. мес.}}$	52	40	36	45	37	50

4.2. Расчет внутригодового распределения стока реки Амударья – п. Атамурат.

Амударья - река в Средней Азии (от «Аму» - названия исчезнувшего города и персидского «дарья» - «большая река»);

Длина 1415 км, площадь бассейна 309 тыс. км² (до г. Керки). В пределах Туркменистана протекает на расстоянии около 1000 километров.

Образуется слиянием рек Пяндж и Вахш, впадает в Аральское море, образуя дельту. В среднем течении в Амударью впадают три крупных правых притока (Кафирниган, Сурхандарья, Шерабад) и один левый приток (Кундуз). Далее до Аральского моря она не получает ни одного притока, в том числе и на территории Туркменистана.



- 

Реки с интенсивным водопользованием и повышенный стресс от климатических и гидрологических изменений
- 

Дельты рек и естественные экосистемы с повышенным экологическим стрессом и высоким риском нехватки воды в мало-водные годы (засухи в регионе)
- 

Истоки основных каналов и коллекторов
- 

Повышенный риск засух в местах выпаса скота и орошаемых пахотных землях; снижение поверхностного стока
- 

Воздействие сокращающегося Аральского моря на региональный климат и пыльные бури
- 

Повышенный тепловой стресс для сельских рабочих на сельскохозяйственных полях
- 

Пустыни
- 

Потенциальный риск трансграничного распространения новых болезней

Рис. 4.4 - Влияние изменения климата в бассейне реки Амударьи

Питание реки в основном составляют талые снеговые и ледниковые воды, поэтому максимальные расходы наблюдаются летом, а наименьшие - в январе-феврале. Протекая по равнине, от Керки до Нукуса, Амударья теряет большую часть своего стока на испарение, инфильтрацию и орошение. По мутности Амударья занимает первое место в Центральной Азии и одно из первых мест в мире. Основной сток Амударьи формируется на территории Таджикистана (80 %) и частично в Северном Афганистане. Затем река протекает вдоль границы Афганистана с Узбекистаном, пересекает Туркменистан и вновь возвращается в Узбекистан и впадает в Аральское море.

Средний расход воды у г. Керки около 2000 м³/с. Вода Амударьи используется для орошения. Крупнейшие каналы: Каракумский, Аму-Бухарский и др. В начале 1950-х годов планировалось также построить Главный Туркменский канал, который начинался бы у Нукуса и использовал русло Узбоя, но план не был осуществлён.

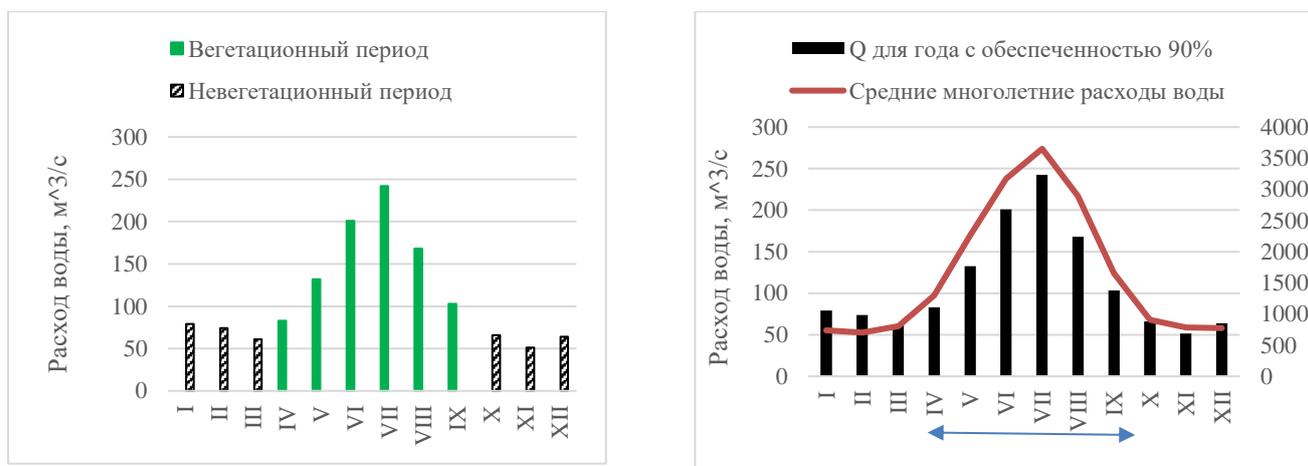


Рисунок 4.5– Расчет внутригодового распределения стока реки Амударья – п.Атамурат для года 90% - ой обеспеченности

Таблица 4.2 - $Q_{\text{ср. мес.}}$, $Q_{90\%}$, $Q_{90\%}$ в % от $Q_{\text{ср. мес.}}$ за ЛП для реки Амударья – п.Атамурат

Месяцы ЛП	IV	V	VI	VII	VIII	IX
$Q_{\text{ср. мес.}}$	1297	2258	3171	3652	2896	1652
$Q_{90\%}$	83,0	132	201	242	168	103
$Q_{90\%}$ в % от $Q_{\text{ср. мес.}}$	6,40	5,86	6,34	6,64	5,80	6,25

4.3. Особенности внутригодового распределения стока рек Туркмении в вегетационный период.

Как показал анализ, вегетационный период (который принят за лимитирующий) на реках Туркмении включает как маловодные, так и многоводные месяцы. На реке Мургап многоводные месяцы: апрель-июнь, на реке Амударья: июнь-август. Относительно маловодные месяцы на реке Мургап: июль-сентябрь, а на реке Амударья: апрель, май и сентябрь.

Хотя в целом сток в вегетационный период относительно высокий он является лимитирующим, так как в этот период идет наполнение оросительной системы Туркменистана и производятся поливы хлопковых полей.

В данной ситуации расчет внутригодового стока ранговым методом является оптимальным, так как не требует разбивать год на климатические сезоны и позволяет выделить лимитирующий период в зависимости от конкретной задачи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований установлено следующее.

Ранговый метод, как правило, дает расчетные расходы за лимитирующий период меньшие чем метод среднего для характерной группы водности и близкие к методу компоновки.

Метод реального года может давать расходы как больше, так и меньше, чем ранговый метод. Это связано с тем, что реальный год имеет обеспеченность близкую но не равную расчетной обеспеченности.

Ранговый метод может применяться для любой климатической зоны и не требует разбивки года на климатические сезоны.

При использовании рангового метода лимитирующий период может включать в себя одновременно и маловодные и многоводные месяцы, так как границы лимитирующего периода назначаются в зависимости от проектируемых мероприятий (орошение полей в период вегетации, строительные или ремонтные работы, период навигации на судоходных реках и т. д.)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Основные гидрологические характеристики рек бассейна Камы. Научно-прикладной справочник. – СПб.: изд. ГГИ, 2015. – 135 с.
- 2 *Богословский Б.Б.* Общая гидрология: учебник для студ. ВУЗов/ Богословский Б.Б. [и др.] – Л.: Гидрометеиздат, 1984.–356 с.
- 3 *Владимиров А.М.* Гидрологические расчёты. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 365 с.
- 4 *Евстигнеев В. М.* Речной сток и гидрологические расчеты.– М.: Изд-во МГУ,1990. – 304 с.
- 5 Международное руководство по методам расчета основных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 248 с.
- 7 Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 444 с.
- 8 *Рождественский А.В., Чеботарев А.И.* Статистические методы в гидрологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 424 с.
- 9 Свод правил СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – М.: Стройиздат, 2004. – 72 с.
- 10 *Сикан А.В.* Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. – СПб.: изд. РГГМУ, 2007.–279 с.
- 11 Строительные нормы и правила СНиП 2.01. 14-83. Определение расчетных гидрологических характеристик. – М.: Стройиздат,1985. – 35 с.
- 12 Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 11. Средний Урал и Приуралье. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 325 с.
- 13 Реки Туркменистана
http://cawater-info.net/review/rivers_of_turkmenistan.htm
- 14 Вопросы развития водной отрасли страны
<https://turkmenportal.com/blog/13493/v-ashhabade-obsuzhdeny-voprosy-razvitiya-vodnoi-otrasli-strany>
- 15 Физико-географическая характеристика (несколько страниц сайта)

<http://worldofscience.ru/geografija-mira/25-geografija-turkmenistana/662-prirodnye-resursy-turkmenistana.html>

16 О хлопке

<https://hw4.ru/vyrastim-hlopok>

17 О хлопке

<https://ferma.expert/rasteniya/tehnicheskie/hlopok/>

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А – Среднемесячные и среднегодовые расходы воды, м³/с рек Туркменистана

Таблица А1 – Среднемесячные и среднегодовые расходы воды, м³/с ; р. Амударья – Атамурад

Год	Месяц												Среднегодовой
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1911	721	757	850	1450	2320	3290	3300	3640	2780	1280	1030	811	1850
1912	817	738	890	1970	2500	3480	5130	3530	1900	1080	711	627	1950
1913	718	776	845	1280	3070	4490	4210	3750	2000	1030	996	842	2000
1914	706	727	801	1530	2720	6020	6060	4200	4100	1310	1270	1040	2540
1915	802	824	1140	2050	3070	3980	4220	3870	2440	1360	875	675	2110
1916	595	674	766	1370	2000	3380	4320	4210	2390	1470	894	739	1900
1917	564	611	691	766	1660	2300	2480	4210	2940	1290	777	690	1580
1926	893	731	782	1050	1920	2810	3890	3940	3040	1170	893	951	1840
1927	775	790	639	1250	2660	2630	3290	4060	2210	968	725	740	1730
1928	740	773	777	2440	4030	5030	4660	4050	2200	1240	1040	859	2320
1929	802	793	1280	1960	2420	4080	4240	3830	2260	1200	963	903	2060
1930	751	646	957	2230	3250	3730	5390	3180	1930	1140	789	631	2050
1931	699	698	856	1660	2850	3700	3830	3660	2680	1450	1130	1030	2020
1932	921	1010	1100	1750	2890	3500	4770	3680	2200	1130	1020	864	2070

Год	Месяц												Среднегодовой
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1935	869	703	846	1040	2380	3820	5170	4000	1920	1080	990	736	1960
1936	781	716	715	1360	3260	4700	4740	2930	1810	1240	986	820	2000
1937	620	730	825	1460	2900	3880	4140	3020	1970	1040	903	735	1850
1953	839	798	1410	1630	3900	5030	6020	3580	2390	1510	1300	1320	2480
1954	1160	965	1340	2550	2930	4880	4900	4520	2450	1360	1090	1050	2430
1955	842	746	906	1120	2280	3560	3120	3910	2020	992	803	857	1760
1956	821	848	1160	2580	3350	3440	4690	3730	1960	1060	804	811	2100
1959	748	705	948	1840	2710	4320	4380	3750	2810	1300	881	869	2110
1960	709	673	767	1080	2580	3660	4830	3440	1850	968	877	832	1860
1961	573	611	654	1160	2050	2800	3460	3310	2300	965	811	688	1620
1962	582	595	621	1190	2000	2890	3490	2950	1670	836	743	682	1520
1963	660	586	654	1220	2230	3320	2980	2420	1300	869	716	634	1470
1964	580	524	737	1990	2500	3160	4580	3110	2150	1140	798	683	1830
1965	625	662	761	1080	1820	2940	3230	2230	1380	971	946	756	1450
1966	667	651	761	1370	2990	5180	4400	3540	1870	1060	888	721	2010
1967	539	481	543	936	2090	3660	4200	3970	1870	1070	815	685	1740
1968	584	486	646	1220	2550	3910	4570	3030	1240	1010	799	898	1750
1969	800	872	1620	3540	3770	6360	7470	5100	2200	1170	1260	991	2930
1970	949	690	707	1380	2140	3070	3360	3050	2510	971	748	754	1690

Год	Месяц												Среднегодовой
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1971	643	426	495	960	1290	2830	2540	3050	1600	755	618	564	1310
1972	642	679	590	996	2050	2900	3230	3250	1390	672	607	626	1390
1973	503	445	900	1790	2960	5040	5570	3620	2250	1040	682	678	2120
1974	569	536	668	776	942	1890	2680	1780	791	590	520	526	1020
1975	441	312	666	1000	1710	3140	3290	2770	1350	639	632	591	1380
1976	509	537	612	1230	2840	2640	3180	2380	1250	589	681	621	1420
1977	669	640	1000	970	981	2460	3310	2340	1320	852	866	742	1350
1978	570	524	862	1210	2110	2980	5240	3280	1330	979	805	784	1720
1979	735	583	857	1240	2110	2580	4340	2530	798	603	730	749	1490
1980	669	607	916	1750	2170	3180	3260	2140	989	637	657	729	1480
1981	628	623	819	1210	2280	1930	3150	2010	753	601	610	675	1270
1982	704	588	565	1060	1630	1670	1650	2240	787	501	682	777	1070
1983	695	532	503	807	2070	2170	2800	2710	1280	701	621	658	1300
1984	720	737	626	1060	1440	3330	2810	3060	1580	734	736	1050	1490
1985	1040	940	761	1190	1670	2430	3280	2230	1060	806	713	899	1420
1986	762	724	528	469	850	1680	2780	1840	591	429	432	731	985
1987	609	456	766	1200	1590	3000	3070	2110	1460	1040	934	716	1410
1988	734	750	875	1610	2670	2810	4240	3200	1420	809	607	709	1700
1989	662	627	650	748	864	1840	2230	1610	607	422	530	568	947

Год	Месяц												Среднегодовой
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1990	682	780	593	778	2270	2590	2560	1820	1360	963	660	797	1320
1991	940	767	593	1270	1910	3180	2790	1940	1480	924	562	1070	1450
1992	1040	810	854	1460	3400	4150	4880	3040	1570	985	828	814	1990
1993	1040	1090	1170	886	2980	3490	3930	1820	1480	907	887	913	1720
1994	806	958	902	934	2500	3410	4810	3470	1750	856	777	953	1840
1995	904	886	717	690	1620	2120	3410	2240	1280	811	618	773	1340
1996	736	650	841	1270	1800	2840	2700	3160	1670	1080	1030	1090	1570
1997	812	719	655	657	1820	1720	2010	1900	1250	672	602	528	1110
1998	520	759	1030	1850	3510	3730	5240	2980	1740	1060	759	798	2000
1999	879	818	880	1020	2100	2480	3040	2410	1370	932	1010	1120	1500
2000	985	879	662	612	1610	1330	1630	1330	907	606	580	673	983
2001	730	770	500	404	1090	1932	1831	1497	877	324	328	512	899
2002	576	597	550	1342	1993	3306	3077	3012	1694	857	678	743	1535
2003	633	643	915	2061	2379	3413	3419	2082	1077	729	772	906	1586
2004	994	926	847	1026	2457	3246	2501	1587	910	559	626	971	1388
2005	1000	1001	1328	1418	2211	3498	4503	2486	1317	877	825	778	1770
2006	832	871	776	777	2096	2032	2088	1917	1049	548	602	651	1187
2007	797	459	442	1275	2043	2005	2117	1469	1058	661	565	583	1123
2008	593	510	367	365	783	1548	1137	1007	542	319	449	406	669

Год	Месяц												Среднегодовой
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
2009	620	438	435	637	2000	2120	2960	2960	1020	505	606	737	1260
2010	578	714	1010	1370	2930	3250	3760	3930	1830	791	641	590	1790
2011	603	612	525	472	1200	1120	1430	1890	1100	414	664	780	905
2012	1040	992	933	1830	2140	3300	3730	2250	2010	976	835	904	1750
2013	884	818	878	1010	1400	2480	1970	2100	1020	650	515	533	1190
2014	492	598	676	738	1650	2400	3020	1700	1140	776	803	812	1230
2015	717	780	876	1200	2220	3180	4150	2350	1010	654	758	710	1550

Таблица А2 – Среднемесячные и среднегодовые расходы воды. м³/с; р. Мургап – Тагтабазар

Год	Месяц												Среднегодо- вой
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1929	29,5	50,2	73,9	80,0	74,0	53,7	38,6	33,9	35,0	33,5	31,6	32,0	47,2
1930	31,4	34,2	46,3	103	107	80,3	50,7	38,8	37,6	39,1	36,8	36,4	53,5
1931	38,6	40,4	46,4	68,4	104	79,9	47,9	34,3	33,3	36,4	38,2	41,9	50,8
1932	44,7	45,8	65,1	103	110	88,2	59,2	45,0	42,5	39,8	39,9	37,0	60,0
1933	37,7	39,7	48,7	82,5	114	83,7	50,1	40,5	38,9	37,9	35,6	40,0	54,1
1934	37,1	44,9	42,6	79,0	121	123	72,8	49,2	45,1	44,1	43,3	44,2	62,2
1935	41,5	45,6	53,5	68,4	108	87,7	59,3	44,1	42,4	42,0	44,9	42,1	56,6
1936	37,6	39,0	45,7	69,9	80,0	57,4	39,6	33,4	32,1	31,9	32,9	33,9	44,4
1937	31,8	35,3	407	63,6	97,2	60,3	38,3	30,6	30,8	32,8	31,8	32,5	43,8
1938	34,1	35,2	72,4	108	97,1	60,4	39,6	33,7	35,3	36,6	37,5	38,6	52,4
1939	36,0	45,7	66,7	136	254	168	90,2	61,9	54,3	51,8	50,8	49,8	88,8
1940	44,0	39,4	38,0	43,3	59,2	42,1	29,8	25,5	27,6	30,7	34,3	30,9	37,1
1941	29,7	34,2	50,6	119	121	64,6	39,5	33,4	32,2	31,8	31,6	43,1	52,6
1942	44,5	47,8	84,8	178	136	80,7	48,4	40,6	38,6	38,0	43,6	39,4	68,4
1943	36,2	39,7	52,6	65,8	84,2	70,3	44,7	34,6	33,6	33,8	34,0	34,8	47,0
1944	34,8	33,1	48,0	85,0	104	61,9	38,0	31,6	30,9	31,7	31,0	30,4	46,7
1945	31,5	34,5	63,8	103	116	89,3	50,2	37,0	35,6	35,6	36,3	36,5	55,8
1946	34,5	37,1	42,1	69,7	52,1	32,7	22,8	18,1	19,7	22,1	23,9	23,1	33,2

1947	26,2	29,7	35,0	44,7	39,2	27,3	18,9	16,3	18,3	21,1	21,1	21,3	26,6
1948	20,6	21,3	27,3	69,8	74,8	46,2	26,3	21,0	21,7	25,4	26,4	30,5	34,3
1949	36,8	33,4	45,5	108	87,7	59,0	33,4	27,9	26,7	28,1	28,8	28,3	45,3
1950	29,6	29,9	32,0	40,1	100	65,8	36,4	28,3	28,0	30,6	31,8	31,7	40,4
1951	31,3	33,6	36,6	58,8	131	90,8	49,0	34,9	34,4	35,9	39,2	36,4	51,0
1952	34,3	46,5	59,5	139	160	91,9	54,6	41,8	39,5	38,3	38,3	36,7	65,0
1953	34,4	41,5	73,4	94,6	84,9	67,8	38,5	32,0	30,8	32,0	34,0	34,1	49,8
1954	34,4	40,0	74,5	151,0	161,0	95,8	57,7	43,4	39,6	41,2	41,0	40,2	68,3
1955	35,9	35,5	50,3	64,9	88,3	62,0	42,4	34,7	34,6	34,2	34,2	37,2	46,2
1956	34,3	37,3	77,5	173	126	69,0	44,5	35,8	34,0	34,3	33,2	31,9	60,9
1957	30,6	34,9	44,8	102	181	121	72,3	52,2	49,5	50,0	52,4	55,4	70,5
1958	44,8	47,1	70,9	122	113	68,1	39,5	31,0	30,6	32,8	32,3	31,7	55,3
1959	31,5	32,8	47,5	65,5	53,1	40,1	22,1	16,8	18,9	23,9	28,1	29,8	34,2
1960	27,3	29,1	32,4	56,0	113,0	56,7	28,0	18,2	18,5	25,2	28,0	26,8	38,3
1961	26,2	25,8	50,4	96,5	97,1	47,9	23,5	19,0	19,5	26,0	30,6	31,1	41,1
1962	29,7	34,2	46,9	103	116	56,6	28,2	22,2	23,0	30,4	31,1	30,6	46,0
1963	27,7	28,2	32,4	55,9	127	56,7	25,4	17,8	20,9	27,0	30,4	29,9	39,9
1964	29,6	41,4	58,9	123	113	62,3	25,4	24,5	27,1	33,3	33,3	30,8	50,2
1965	37,1	38,6	47,8	78,1	109	72,8	34,3	22,4	27,6	30,6	29,9	30,7	46,6
1966	29,3	26,6	28,3	37,8	38,8	21,6	11,6	7,00	14,8	27,1	27,3	25,0	24,6
1967	24,8	29,2	28,3	64,2	102	58,0	23,7	14,9	24,0	31,0	32,5	31,4	38,7

1968	30,6	29,9	37,1	67,5	102	71,3	33,2	17,1	27,4	28,5	31,5	56,9	44,4
1969	38,7	40,9	129	270	225	159	80,0	50,1	56,1	51,9	56,6	49,9	101
1970	47,3	44,4	51,1	66,0	48,9	29,0	16,3	12,4	18,8	25,7	26,6	25,7	34,4
1971	25,2	24,7	26,4	39,3	26,4	12,8	4,60	4,50	11,1	15,8	19,0	16,8	18,9
1972	18,9	21,3	83,0	107	109	78,2	35,7	20,0	22,2	28,9	29,4	30,0	48,6
1973	30,5	34,6	58,7	102	96,9	53,7	25,0	15,8	24,1	31,1	28,5	27,3	44,0
1974	28,5	29,3	41,6	80,6	67,6	36,6	14,4	10,8	20,7	25,2	24,5	26,2	33,8
1975	26,9	29,0	47,5	149	171	112	57,0	37,4	38,4	40,4	38,4	40,6	65,6
1976	41,0	42,2	55,6	130	153	87,3	46,2	30,1	31,0	36,6	38,4	38,9	60,9
1977	37,9	38,1	38,6	50,2	38,9	22,3	6,4	6,5	16,6	20,7	31,1	40,1	29,0
1978	28,3	28,8	43,4	79,0	79,5	45,9	17,5	17,7	22,3	26,7	31,1	34,7	37,9
1979	28,8	29,6	38,6	74,7	73,2	50,9	19,1	16,2	23,3	28,1	29,3	32,7	37,0
1980	34,5	44,9	73,6	170	137	76,6	38,4	29,4	33,5	38,9	42,4	42,4	63,5
1981	44,2	46,0	62,7	123	125	47,6	24,1	20,3	24,8	34,4	33,7	36,0	51,8
1982	36,2	39,3	88,1	156	136	65,0	36,2	19,4	25,4	37,3	52,8	43,5	61,3
1983	43,4	41,6	64,2	204	292	145	74,1	51,7	51,3	53,5	53,9	53,3	94,0
1984	52,6	51,1	62,3	70,8	51,2	26,8	10,9	9,10	20,8	30,9	32,9	34,9	37,9
1985	35,3	37,8	37,4	49,0	33,5	18,7	8,00	9,90	19,6	27,3	29,8	35,3	28,5
1986	32,2	30,3	36,4	68,7	60,9	40,3	18,8	14,9	21,5	27,5	28,8	30,9	34,3
1987	28,0	24,9	50,5	88,8	68,0	54,4	22,3	15,3	25,3	33,2	34,1	37,0	40,2
1988	36,8	38,3	72,2	62,5	60,5	20,0	10,1	6,50	17,3	25,4	25,9	30,4	33,8

1989	27,4	28,0	46,2	85,3	108	79,3	40,2	25,3	27,8	36,9	37,9	41,6	48,7
1990	43,6	47,8	61,1	111	160	78,2	39,6	25,5	30,4	38,2	39,9	39,7	59,6
1991	44,7	42,5	93,9	278	252	159	80,3	49,2	49,8	57,1	54,6	65,6	102
1992	64,6	65,2	80,6	272	424	269	122	66,5	60,0	61,0	57,9	61,1	134
1993	63,2	69,2	185	291	236	146	79,5	59,6	62,6	59,6	62,6	59,6	114
1994	49,9	45,1	71,6	73,5	73,4	57,0	38,9	31,9	38,3	46,7	46,8	58,3	52,6
1995	39,6	65,4	80,8	129	150	98,3	64,8	49,6	56,2	59,9	29,0	57,9	75,9
1996	51,2	50,4	125	166	141	108	66,5	46,2	46,7	59,1	59,4	53,1	81,0
1997	47,6	46,8	46,8	74,9	114	168	96,4	47,4	34,3	38,3	45,8	40,7	66,7
1998	44,0	58,3	42,5	170	188	100	46,4	29,8	31,0	36,0	34,1	30,4	67,5
1999	34,9	48,0	69,5	88,3	72,7	42,4	27,0	20,6	23,1	30,5	34,5	33,6	43,8
2000	31,7	30,1	26,8	20,3	21,1	14,9	6,60	5,70	10,6	19,4	23,7	24,4	19,6
2001	23,1	24,2	18,5	8,90	8,30	4,80	2,80	1,90	4,80	12,4	19,8	30,3	13,3
2002	34,3	20,2	25,1	82,3	41,4	26,8	17,7	13,7	15,7	21,3	25,0	35,8	29,9
2003	26,7	33,8	79,9	120	76,7	58,0	29,7	21,3	21,1	24,8	27,2	29,0	45,7
2004	35,1	27,3	25,7	32,9	26,5	17,2	10,4	9,60	13,6	20,2	20,2	27,5	22,2
2005	28,2	27,8	66,7	69,1	85,9	60,1	36,2	29,3	29,7	32,5	34,6	31,7	44,3
2006	33,3	42,8	32,3	44,0	48,9	33,2	20,5	16,0	20,2	23,8	34,5	31,4	31,7
2007	28,5	28,5	65,9	145	96,7	60,1	34,8	25,2	24,7	28,2	29,1	32,4	49,9
2008	31,5	34,9	27,3	26,5	24,8	19,3	11,4	10,5	12,7	16,9	19,6	21,4	21,4
2009	24,0	26,8	55,0	102	132	83,8	50,1	37,2	37,3	34,3	36,3	49,2	55,7

2010	51,5	60,5	86,8	102	109	74,2	43,5	36,3	39,3	40,4	39,9	33,7	59,8
2011	32,3	50,8	47,5	48,4	48,1	30,7	20,6	15,5	15,8	17,9	34,7	47,6	34,2
2012	34,8	52,6	65,7	143	103	74,0	48,3	24,5	17,1	18,5	21,6	46,5	54,1
2013	46,8	48,9	42,9	50,1	38,4	29,2	18,9	9,80	8,2	12,9	21,9	30,6	29,9
2014	25,3	23,6	29,1	62,1	76,8	49,5	23,8	13,4	14,3	15,2	47,5	28,5	34,1
2015	26,2	47,7	56,8	86,2	78,3	53,3	28,7	17,7	17,6	23,0	54,1	41,4	44,1

Приложение Б– Характеристик климата по МС Байрам-Али (Туркмения)

Код станции 38895. Высота над уровнем моря: 241 м.

Широта: 37 36 N. Долгота: 062 10 E.

Средняя температура воздуха °С

Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
16,3	2,4	4,8	9,8	17,2	23,6	28,5	30,6	28,0	22,0	15,0	8,7	3,9

Средняя максимальная воздуха °С

Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
23,8	8,4	11,3	16,8	24,7	31,3	36,1	38,1	36,1	31,0	24,1	16,8	10,3

Средняя минимальная воздуха °С

Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
9,3	-2,1	-0,2	4,2	10,4	15,6	19,7	22,0	19,5	13,3	7,3	2,3	-0,8

Абсолютный максимум температуры воздуха °С

Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
47,5	28,0	31,8	35,6	40,5	45,5	46,3	47,5	45,7	44,0	39,6	35,2	29,0

Абсолютный минимум температур воздуха °С

Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-26,0	-26,0	-24,8	-13,2	-3,1	2,6	7,6	11,7	7,4	-0,3	-8,3	-21,5	-23,0

Среднее количество осадков, мм

Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
154	25	20	32	26	12	1,2	0,0	0,1	0,5	6,0	11	20

Среднее количество дней с осадками

Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
41,6	6,5	6,1	7,4	5,6	3,5	0,7	0,1	0,1	0,3	1,9	3,5	5,9