МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Гидрологии суши

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(бакалаврская работа)

На тему **РАСЧЕТ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ВОДЫ РЕК БАССЕЙНА ТЕРЕКА**

Исполнитель Богданов Анатолий Олегович

Руководитель кандидат географических наук, доцент

Сикан Александр Владимирович

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

канд. геогр. наук., доцент Сикан Александр Владимирович

«7» июня 2018 г.

Санкт–Петербург
2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Введение

1 Физико-географическая характеристика района исследований…..

1.1 Геологическое строение и рельеф……

1.2 Почвенно-растительный покров……...

1.3 Характеристика гидрографической сети……..

2 Климатическая характеристика……

2.1 Осадки

2.2 Температура воздуха

2.3 Снежный покров

3 Водный режим рек……

4 Оценка однородности и стационарности рядов максимального стока……

4.1 Исходные данные……..

4.2 Проверка рядов на однородность……..

4.3 Оценка временных трендов…….

5 Расчет максимальных расходов в пунктах наблюдений гидрометрической сети……..

6 Расчет максимальных расходов при отсутствии данных гидрометрических наблюдений……..

Заключение

Список использованной литературы

Приложения

ВВЕДЕНИЕ

До вступления в действие территориальных строительных норм рекомендуется выполнять уточнение параметров расчетных формул на региональном уровне. В настоящем дипломном проекте поставлена задача: разработать региональную методику для расчета максимальных расходов воды весеннего половодья для малоизученных и неизученных водотоков.

Район исследования – территория бассейна Терека. Для решения были использованы данные по 17 гидрологическим постам с продолжительностью наблюдений не менее 30 лет, площадью водосбора, не превышающей 40000 км^2, с естественным гидрологическим режимом водотоков.

Выпускная работа содержит шесть глав, введение, заключение, список использованных источников из 17 наименований и 2 приложений.

В первой главе приведена физико-географическая характеристика района исследований.

Во второй главе представлена климатическая характеристика данного района.

В третьей главе описан водный режим рек.

В четвертой главе выполнена оценка однородности и стационарности рядов максимальных расходов воды, а также оценка временных трендов.

В пятой главе выполен расчет максимальных расходов различной обеспеченности в пунктах наблюдений гидрометрической сети.

В шестой главе представлена методика расчета максимальных расходов воды при отсутствии данных наблюдений в створе проектирования.

В заключении в обобщенном виде представлены результаты проведенного исследования и анализ разработанной региональной методики для расчета максимальных расходов весеннего половодья рек.

1 ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Терек – река в Европейской части России, на Северном Кавказе, в Кабардино-Балкарской, Чеченской республиках, республиках Дагестан, Ингушетии, Северной Осетии – Алании. Южные горные районы бассейна (верховья рек Терек и Аргун) находятся на территории Грузии; незначительные по протяжённости участки по левому борту долины реки (отрезок нижнего течения р. Малки и участок среднего течения р. Терек) – на территории Ставропольского края РФ.

Истоки реки находятся на склонах Главного и Бокового хребтов Большого Кавказа, которые в водораздельной зоне покрыты ледниками. Терек берёт начало у ледника Зилга-Хох на высоте 2713 м и впадает в северо-западную часть Каспийского моря. Длина реки 623 км, площадь бассейна 43,2 тыс. км^2.

На севере бассейн Терека граничит с бассейном р. Кумы, на западе – с бассейном р. Кубани, на юге в горной части – с бассейном р. Сулак. Крупнейшие притоки – Сунжа (правый) и Малка (левый). Малка с Баксаном берут начало из ледников Эльбруса; ниже по течению они принимают притоки из ледников Главного и Бокового хребтов и их отрогов.

1.1 Геологическое строение и рельеф

Большой Кавказ

Большой Кавказ представляет мощную горную страну, протягивающуюся с северо-запада на юго-восток от Таманского до Апшеронского полуострова (около 1500 км). Это самая крупная и характерная для Кавказа горная система, представляющая единую, но сложную структуру – мегаитиклинорий, развившийся из мезозойской геосинклинали. Она испытала поднятия и сильный размыв в неогене, а в четвертичное время – общее вздымание.

Большой Кавказ образован системой хребтов, вытянутых примерно параллельно друг другу. Центральное положение в этой системе занимает Водораздельный или Главный Кавказский хребет, который в общем совпадает с осевой зоной мегантикли-нория Большого Кавказа, но местами несколько отклоняется к северу и югу. Линия Главного Кавказского хребта отделяет более широкий северный склон от более узкого южного склона Большого Кавказа. Севернее, параллельно Главному Кавказскому хребту, протягивается другой высокий хребет, который на западе носит название Передового, а к востоку от Эльбруса – Бокового. По основным орографическим критериям – ширине горной системы, расположению хребтов и абсолютным высотам – Большой Кавказ можно разделить на четыре сегмента, что полностью согласуется с особенностями геологического строения отдельных его участков. В качестве двух главных частей выделяются Западный и Восточный Кавказ, имеющие почти равную протяженность. Граница между ними проходит в верховьях Терека через меридиан Крестового перевала.

Каждая из этих частей расширяется до 160–180 км в своей средней части и резко сужается на северо-западных и юго-восточных окончаниях Большого Кавказа, а также в полосе, разделяющей Западный и Восточный Кавказ, где ширина не превышает 110 км. С запада и востока к этой полосе примыкают основные наиболее широкие и высокие (с вершинами, достигающими 4–5 км, а на западе и более) отрезки Западного и Восточного Кавказа – так называемые Центральный Кавказ и Восточный Кавказ. От них отходят сильно суженные и относительно резко пониженные, ниже 2–2,5 км, к северо-западу от горы Фишт 852 м) Северо-Западный, или Причерноморский, Кавказ, а к юго-востоку от горы Бадаг 632 м) – Юго-Восточный, или Прикаспийский, Кавказ.

Восточный или Хевсуро-Дагестанский Кавказ

Здесь еще более выражена асимметрия строения горной системы. К Терской низменности, а на востоке к узкой Прикаспийской наклонной равнине с юго-запада примыкают полоса третичных предгорий, представляющая собой невысокие (до 0,5–1 км) хребты, постепенно понижающиеся к северу и северо-востоку, и холмистые возвышенности. Сложены предгорья дислоцированными, легкоразмываемыми третичными отложениями. Восточная часть этой полосы безлесна, западная – покрыта густыми широколиственными лесами. Южнее предгорий расположена зона хребтов высотой 2,5–3 км, сложенная смятыми в коробчатые складки меловыми и верхнеюрскими, преимущественно карбонатными породами. К югу параллельно тянутся два мощных высокогорных хребта, сложенных сланцевыми толщами лейаса. Северный из них Боковой хребет Восточного Кавказа в орографическом и геологическом отношении является продолжением на востоке Главного хребта. Он рассечен долинами притоков Терека–Ассы, Аргуна.

Глубокое расчленение рельефа Большого Кавказа горными долинами является следствием молодых поднятий. В полосе низкогорного рельефа долины обычно несколько расширены, в среднегорье долины имеют форму ущелий, а в высокогорье долины в результате обработки их древними ледниками вновь расширяются, приобретая форму трогов. Долины обычно разделены узкими водораздельными гребнями, а иногда довольно широкими плоскими плато, что обусловлено наличием твердых пород или, .наоборот, их водопроницаемостью. Особенно резко расчленен рельеф высокогорья, подверженного воздействию вечных снегов и ледников, которые являются причиной энергичного рельефообразования с частыми обвалами скалистых глыб, камнепадами. В среднегорье, на склонах узких ущелий геоморфологические процессы также весьма интенсивны.

1.2 Почвенный покров

Прикаспийская низменность

Прикаспийская низменность занимает большую территорию междуречье нижнего течения рек Кумы и Терека и заходит на левый берег р. Кумы. Почвообразующие породы – песчаные и супесчаные пласты.

Желто-бурые суглинистые и реже глинистые толщи засолены и встречаются в северной части, озерном и приморском районах. Механический состав этих почв суглино-песчаный. От моря на запад после узенькой полосы приморских солончаков идет полоса луговых и лиманных солончаков. На запад от массива бурых почв тянется с юго-востока на северо-запад полоса заросших песков. Это массив характеризуется слабогумусированными и барханными песками с островком бурых супесчаных почв и луговыми солончаками по впадинам. Содержание гумуса в верхних горизонтах незначительное (менее 0,25%), количество карбонатов 1,10–6,7%. Западнее полосы песков до меридиана г. Буденновска расположен массив светло-каштановых слабосолонцеватых почв суглинистого и легкосуглинистого механического состава.

На юг от светло-каштановых почв расположен массив южный песчаный. Здесь наблюдаются последовательные стадии закрепления барханных песков и превращение их в нормально развитые почвы. Почвенный покров дельты р. Терека представлен в разной степени заболоченными почвами, основной массив их составляют болотные почвы плавней в комплексе с луговыми и лиманными солончаками. В дельте р. Терека встречаются лугово-каштановые почвы, где они представляют собой переход от пойменных и луговых почв дельты к каштановым почвам окружающих территорий. Грунтовые воды в районах распространения этих почв залегают на глубине 3–6 м.

В зависимости от засоленности вод и других природных условий лугово-каштановые почвы делятся на типичные, карбонатные, солончаковые и слонцеватые. Наиболее распространены солончаковатые лугово-каштановые почвы, в которых легко растворимые соли залегают на глубине 30–80 см.

Значительно меньшие площади занимают типичные и карбонатные лугово-каштановые почвы, связанные с пресными грунтовыми водами; в краевых частях дельты встречаются солонцеватые лугово-каштановые почвы. Лугово-каштановые почвы, особенно типичные и карбонатные, на значительных площадях распаханы, многие массивы орошаются. Небольшие пятна лугово-каштановых почв разбросаны в депрессиях среди каштановых почв, их формирование связано с дополнительным поверхностным увлажнением. Эти почвы, как правило, менее карбонатны и более гумусны, чем окружающие каштановые почвы.

Терско-Сунженская наклонная равнина

Терско-Сунженская наклонная равнина занята флювиогляциальными и современными валунно-галечными наносами. Она делится на подрайоны, описываемые ниже. Баксано-Малкинский подрайон в верхней части покрыт обыкновенными мощными черноземами, ниже аллювиальными и заболоченными почвами; по долинам рек Терека и Малки развиты комплексы луговых карбонатных и лугово-болотных почв.

Сунженская (Чеченская) равнина расположена между р. Сунжей и предгорьями. Почвенный покров пестрый, он представлен выщелоченными черноземами, черноземами обыкновенными, черноземами слитыми, долинными, луговоболотными почвами, лугово-солончаковыми.

Район восточных предгорий

От р. Баксана до р. Терека и чуть восточнее в нижней части предгорья заняты деградированными и слитыми черноземами, а выше лесостепными почвами различной окраски и различной степени оподзоливания. Еще выше, на продуктах выветривания песчаников развиты горно-лесные почвы.

В профиле серых лесных почв отчетливо выражен гумусовый горизонт мощностью от 20–30 до 50–60 см, в нижней части оподзоленный, постепенно переходящий в почвообразующую породу. На глубине 100–120 см расположен иллювиально-карбонатный горизонт. Выше по склону расположен район

скелетных серо-коричневых горных и подзолистых почв, среди которых встречаются коричнево-подзолистые и желто-подзолистые.

1.3 Растительность

Высокогорная растительность

Растительный покров высокогорий представлен растительностью субальпийского, альпийского и нивального поясов. Наиболее богат растительный покров субальпийского пояса. Субальпийская природная зона характеризуется довольно неоднородной растительностью. Субальпийское криволесье представлено березой, буком: Субальпийское редколесье состоит преимущественно из березы, рябины, клена высокогорного, иногда сосны, а на южных склонах бука, дуба, ели и пихты. Деревья редколесья искривленные, саблевидные, сильно ветвящиеся, высотой в среднем 3–4 м. Из подлесочных пород наиболее характерны рододендрон кавказский, смородина, жимолость, калина. Травяной покров состоит из представителей субальпийского высокотравья.

Весьма широко распространено березовое редколесье с подлеском из кавказского рододендрона и березовое редколесье с травяным покровом. Субальпийское буковое криволесье наиболее распространено в областях Кавказа с влажным климатом и большим количеством осадков. На Северо-Западном Кавказе распространено субальпийское буковое криволесье в областях с влажным климатом и большим количеством осадков. В ложбинах и на пониженных участках редколесье приобретает смешанный характер и к буку обильно примешивается рябина, береза, черемуха. Травянистая растительность субальпийской природной зоны представлена высокотравьем и лугами. Высокотравье развивается в наиболее увлажненных пониженных частях рельефа, но часто и на полянах среди субальпийского редколесья. Почвы под высокотравьем горно-луговые и отличаются чрезвычайной рыхлостью верхних горизонтов и незначительной задерненностью. Субальпийские луга бывают как первичного, так и вторичного характера.

Наибольшее распространение имеют субальпийские луга с овсяницей жесткой. Характерны разнотравные луга с купавницей.

Наиболее обычными для этих лугов являются герань, горец, полевица, тимофеевка. Для альпийской зоны Кавказа характерны в основном два типа растительности:

- альпийские ковры, где задернение почвы производится элементами разнотравья, а злаки и осоки играют второстепенную роль
- плотнодерновые луга со злаковыми и основными компонентами.

Альпийские ковры создаются из карликовых высотой в несколько сантиметров, розеточных и шпалерных растений в виде плотно сомкнутого травостоя. Наиболее часто встречаются манжетковые ковры, ковры трехзубчатки, но в кормовом отношении они являются бедными типами альпийского пастбища. Большое кормовое значение имеют тминники, приуроченные к районам с хорошим увлажнением. Его сопровождают одуванчик, колокольчик и трехзубчатка.

Плотнодерновые луга представлены в основном осокой грустной и осокой Мейнсгаузена. Луга эти произрастают в разнообразных условиях рельефа, но встречаются большей частью на его выпуклых частях со среднемощными слаботорфянистыми горно-луговыми почвами. Растения лугов этого типа отличаются большой густотой.

Нивальная зона занимает самые верхние части горных вершин, покрытых вечными снегами и ледниками. Эта зона занимает верховья рек Баксана. По направлению к Каспийскому морю оледенение почти полностью исчезает. В настоящее время площадь зоны вследствие отступления ледников сокращается. Субстратом для развития растительности являются снежный покров, скальные обнажения, смесь валунов, обломков горных пород различной величины, гравия и песка.

Лесная растительность

Лесная растительность приурочена к природной зоне, которая объединяет находящиеся в различных частях Кавказа низменности, покрытые лесами. Низменные участки, приуроченные, как правило, к бассейнам нижнего течения рек Кавказа (Терека, Сунжи и др.), имеют некоторые общие особенности. В этой природной зоне превалируют наносные аллювиальные почвы. Большая часть растительности зоны в основном питается грунтовыми водами, близкое стояние которых обусловливается влиянием рек, протекающих в этих низменностях. Сосновые и березовые леса занимают лишь области Кавказа, характеризующиеся засушливым континентальным климатом. Хорошо выражены они на северных склонах Главного Кавказского хребта, начиная с бассейна Кубани, и восточнее, до восточной границы распространения лесной растительности на северном склоне Большого Кавказа. Лесные массивы здесь состоят из березы и сосны с примесью осины, липы, ели восточной, груши кавказской, рябины, клена остролистного, ольхи, дуба. Смешанные сосново-березовые леса широко распространены в бассейнах рек Баксана и Малки.

1.4 Общая характеристика гидрографической сети

Юго-восточную часть территории занимает бассейн р. Терек, берущей начало у ледника Зилга-Хох, на высоте 2713 м. Длина ее 623 км, площадь водосбора 43 200 км^2.

В верхнем течении р. Терек протекает в Трусовской котловине, вокруг вулканического массива Казбек. После впадения р. Нарван она поворачивает на север, а ниже г. Орджоникидзе — на севере-запад, сохраняя это направление почти до впадения р. Малки, до выхода реки в пределы Терско-Кумской низменности. У ст-цы Черноярской река резко меняет свое направление на восточное и сохраняет его до впадения в Аграханский залив Каспийского моря. Особенности развития гидрографической сети здесь также определены своеобразными условиями питания и топографического строения поверхно-

сти. Протекая ниже Трусовской котловины в знаменитом Дарьяльском ущелье, примерно до Эльхотовских «ворот», р. Терек носит характер типичной горной реки.

В пределах северного склона Большого Кавказа и предгорной равнины в нее впадает с левого берега ряд крупных притоков. С правого берега в р. Терек выше с. Эльхотово впадает р. Камбилеевка и выше с. Степного – р. Сунжа с многочисленными правобережными горными притоками. От устья р. Малки до впадения р. Сунжи на протяжении 232 км в реку не впадает ни одного существенного притока, а у ст-цы Павлодольской от нее отделяется Терско-Кумский канал с большой ирригационной сетью. В месте отделения от р. Терека рукава Суллу-Чубутла начинается дельта, представляющая собой низменность с общим понижением в северном и восточном направлениях. Дельта изрезана рукавами, протоками, староречьями и лиманами и поросла рогозом, камышом и тростником. Бассейны рек имеют характерную форму с наибольшей шириной в верховьях и постепенным сужением в нижнем течении. Отношение средней ширины водосбора к его длине колеблется от 0,1 до 0,4. В горной части территории крупные потоки протекают параллельно и нередко речная сеть имеет решетчатый характер. Почти все крупные притоки р. Терека являются горными реками, стремительно несущими воды в узких и глубоких долинах, с крутыми, иногда отвесными склонами. Долины отличаются изменчивостью формы по длине реки. В местах пересечения поперечных хребтов долины представляют узкие и глубокие ущелья и щели с стремительными потоками, изобилующими порогами и водопадами, а при выходе в продольные котловины и междугорные понижения они приобретают V-образную форму с небольшими участками каменистых пойм, чередующихся по берегам. Ширина долин колеблется от 0,2–0,6 до 2–3 км. Продольные профили рек имеют ступенчатый вид с уклонами, превышающими 200% в местах пересечения хребтов, снижаются до 50–70% в котловинах. Скорости течения от 3,0–5,0 м/сек уменьшаются до 1,5–2,0 м/сек. По выходе

рек на предгорную равнину долины их расширяются, приобретают трапецеидальную, а затем неясно выраженную форму.

Поймы рек здесь широкие, двусторонние, русла, как правило, разделяются на несколько рукавов, протекающих в крупных галечных берегах. Северо-восточная часть бассейна Прикаспийской низменности характеризуется почти полным отсутствием местного стока. Здесь протекают главным образом транзитные потоки – рукава Терека. Русла их извилисты, обвалованы системой земляных валов, предохраняющих прилегающую местность от затопления, так как уровень воды обычно выше прилегающей местности.

Продольные уклоны составляют 0,3–0,4%, скорости течения 0,3–0,4 м/сек., уменьшаясь нередко до нулевых значений.

Равнинные районы Кавказа бедны реками; берущие начало на небольших возвышенностях реки маловодны и многие из них после прохождения весенних вод пересыхают.

1.5 Наводнение на бассейне рек Терека

В 2002 и 2005 гг. в бассейне Терека прошли катастрофические паводки, вызвавшие затопление обширных территорий в дельте реки и причинившие значительный ущерб природной среде и экономике региона. Во время наводнений в дельте Терека были размыты десятки километров дорог, защитных валов и дамб, разрушены жилые дома, мосты, хозяйственные постройки, выведены из оборота тысячи гектаров сельскохозяйственных земель, заилены рыбоходные и ирригационные каналы.

Масштабы этих природных процессов показали насущную необходимость изучения современного состояния дельты Терека и тенденций ее развития.

В силу объективных причин систематические исследования гидрологического режима дельты Терека, начатые Терско-Сулакской устьевой станцией в 1950-х гг. под методическим руководством ГОИНа, в начале 1990-х гг. были приостановлены.

Частично стандартные наблюдения были возобновлены силами Дагестанского части бассейна и в период формирования паводков в результате увеличения повторяемости экстремальных ливневых явлений.

Общее повышение увлажненности в бассейне Терека, основная водосборная территория которого расположена на северных склонах Большого Кавказа, вызывает активизацию эрозионных процессов и, как следствие этого, увеличение твердого стока, поступающего в русло Терека в период летних паводков ЦГМС лишь в 1998-1999гг., но специализированные тематические исследования были полностью прекращены. Поэтому к началу XXI в. данные о современном состоянии дельты Терека и ее магистрального рукава Новый Терек на всем протяжении от Каргалинского гидроузла до впадения в Каспийское море практически полностью отсутствовали. Дельта Терека – одна из наиболее динамичных дельт на морском побережье Юга России. Исследования показали, что развитие дельты происходило циклически, продолжительность каждого полного цикла дельтообразования составляла в среднем 50-70 лет.

Столь высокая интенсивность процессов дельтообразования, сохраняющаяся и в настоящее время, обусловлена уникальным сочетанием естественных и антропогенных факторов, определяющих тенденции развития гидролого-морфологических процессов в дельте Терека.

Терек – единственная крупная река на Северном Кавказе, сток которой практически не зарегулирован. На Тереке и на его основных притоках – реках Малке и Сунже, нет водохранилищ или других резервных емкостей для сброса экстремальных объемов стока воды и наносов в период паводков, аналогичных каскаду водохранилищ на реке Сулак. Это обусловливает максимальный для рек России среднегодовой сток наносов, поступающих в вершину магистрального рукава дельты Терека, за период 1965-2005 гг. он составил 12,2 млн.т/год, при среднегодовом стоке воды – 5,98 км3/год.

Анализ данных наблюдений на сети станций и постов Росгидромета в бассейне Терека за последние 50 лет показал, что на фоне общей тенденции

повышения среднегодовых температур воздуха происходит увеличение годовых сумм осадков на северных склонах Большого Кавказского хребта.

В среднем в 2000-2005 гг. по данным ДагЦГМС зафиксировано превышение годовых норм осадков в 1,2 – 1,5 раза, а в отдельные годы в 1,8 – 2,0 раза. Причем, что основное увеличение происходит в зимний период за счет повышения снегозапаса в горной части бассейна и в период формирования паводков в результате увеличения повторяемости экстремальных ливневых явлений. Общее повышение увлажненности в бассейне Терека, основная водосборная территория которого расположена на северных склонах Большого Кавказа, вызывает активизацию эрозионных процессов и, как следствие этого, увеличение тведого стока, поступающего в русло Терека в период летних паводков.

В сложившихся критических для естественного развития дельты Терека условиях первый катастрофический паводок прошел в июне-июле 2002 г. В период паводка наблюдательная сеть ДагЦГМС зафиксировала колоссальный сток наносов (более 50 млн.т). В результате прорыва защитных валов было затоплено более 40 тыс.га сельскохозяйственных земель на левобережье магистрального рукава. После прохождения пика паводка площади затопления не сокращались вплоть до перекрытия основного прорана в октябре 2002 г. и в дальнейшем обширные территории оставались под водой еще несколько месяцев. Сток воды с затопленных территорий дельты происходил в направлении Кизлярского залива и зал. Северный Аграхан по системе естественных и искусственных водотоков практически до наступления зимы. По данным экспедиционных работ ГОИНа в период паводка часть наносов отложилась в русле и на пойменных территориях, где слой ила после спада воды достигал 0,7–1,0 м.

Около 25 млн.т наносов по оценкам ДагЦГМС было вынесено в устье Терека, где образовался мощный подводный конус выноса, положивший начало быстрому формированию устьевого. Второй катастрофический паводок,

вызвавший затопление 30 тыс.га на правобережье магистрального рукава дельты Терека, прошел в мае 2005г.

Объем стока воды в период паводка был практически в два раза ниже, чем в 2002 г., но масштабы ущерба, нанесенного народному хозяйству дельты Терека, были значительны. В период паводка 2005г. были затоплены населенные пункты, разрушены дома, дороги и защитные дамбы, выведены из сельскохозяйственного оборота земли пастбищ отгонного животноводства. Через проран, образовавшийся в 146 защитных валах 6 мая 2005 г., терские воды более пяти месяцев поступали на правобережье и скатывались в направлении зал. Южный Аграхан.

Для снижения опасности подтопления населенных пунктов на побережье Южного Аграхана по рекомендациям ГОИНа и ДагЦГМС силами Западно-Каспийского БВУ был проведен ряд гидротехнических мероприятий, позволивших сбрасывать паводковые воды из залива как в северном направлении в русло Терека, так и в южном направлении в русло Юзбаш-коллектора.
Исследования 2002-2006 гг. показали, что одним из наиболее эффективных решений проблемы пропуска паводковых вод в низовьях дельты Терека может быть разгрузка русла магистрального рукава на участке от Шавинского о-ва до устья путем создания новых искусственных трактов для сброса вод и использования естественной сети дельтовых водотоков. Снижение рисков прорывов и затопления территорий в дельте Терека в краткосрочной и среднесрочной перспективе можно. Экстремальные гидрологические события в Арало-Каспийском регионе.

Труды международной научной конференции Москва, 19-20 октября 2006 г. обеспечить, осуществляя оперативное перераспределение стока по всей территории дельты с целью снижения расходов воды и наносов по основному рукаву. Использование регулирующих емкостей Северного и Южного Аграхана позволяет срезать пики паводка, в то же время эти пути пропуска вод имеют важнейшее экологическое значение для дельты Терека. В период паводка 2005 г. в результате сброса вод на правый берег произошло

опреснение дренажных вод Дзержинского коллектора, была осуществлена промывка Южного Аграхана, уменьшилось осолонение его вод и вод рыбоходного канала. Сброс осветленных вод из зал. Южный Аграхан в течение 4-5 месяцев обеспечил промывку русла Терека на участке ниже г/п Дамба и значительное (до 0,3-0,5 м) снижение отметок дна на закрепленных поперечниках в русле Прорези. Увеличение стока воды в залив Северный Аграхан положительно влияет на условия воспроизводства ценных пород рыб в этом районе.

Учет складывающихся современных гидрологических условий естественного регулирования водного режима и тенденций развития гидрологоморфологических процессов в низовьях дельты Терека при проведении гидротехнических и мелиоративных работ позволит значительно повысить эффективность инженерных мероприятий, направленных на защиту народнохозяйственного комплекса региона от вредного воздействия вод, сохранение уникальной экосистемы западного побережья Каспийского моря и устойчивое воспроизводство ее биоресурсов.

2 КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

2.1 Условия циркуляции атмосферы

Важным фактором, влияющим на климат Северного Кавказа, является циркуляция атмосферы. Проникающий сюда арктический воздух сменяется морскими воздушными массами, холодные вторжения из Казахстана– выносами тропического воздуха из Средиземного моря и Ирана.

Предкавказская восточная климатическая область

Эта область охватывает равнины и предгорья до высоты 1 км Ставропольского края, Кабардино-Балкарской и Северо-Осетинской АССР. Климат области довольно разнообразен: жаркий, засушливый на равнине, в предгорьях он сменяется более прохладным и влажным. Заморозки в предгорьях начинаются в первой половине октября, на равнине – во второй. Зима неустойчивая, часто выпадают моросящие дожди, резко увеличена пасмурность. Особенно большой повторяемостью гололедов, туманов, штормов отличается район Ставропольского плато. Средняя температура в январе в предгорьях составляет 4 – 5°. Весной заморозки прекращаются на равнине в середине, в предгорьях — во второй половине апреля. В это же время температура воздуха переходит через 10°. На равнинах лето сухое и жаркое с температурой воздуха в июле 23–24°, в предгорьях — несколько прохладнее. Средняя температура июля здесь 18–22°, с высотой на каждые 100 м подъема она понижается на 0,5°. На равнине, относящейся к полузасушливой зоне, количество осадков составляет 200–320 мм, причем почти все выпавшие осадки испаряются. Ставропольское плато и склоны предгорий Большого Кавказа до высоты 500–600 м относятся к зоне неустойчивого увлажнения.

Сумма осадков здесь за теплый период составляет 300—600 мм, постепенно повышаясь с подъемом в горы. Повторяемость гроз меньше, чем в западном Предкавказье, в восточных районах грозы бывают 15—20 раз в году, на Ставропольском плато 20–25, в предгорьях 25–30.

Горная область Кавказа (выше 1 км). В горной области отчетливо прослеживается различие в климате западной и восточной частей, обусловленное в основном общим уменьшением количества выпадающих осадков с запада на восток. Климат Западного Кавказа влажный, относительно теплый, с большим количеством осадков, сумма которых на высоте 2 км составляет 2600 мм за год. При продвижении на восток климат становится более сухим, континентальным, годовое количество осадков в высокогорной зоне достигает 900–1000 мм; уменьшаясь в замкнутых горных долинах и котловинах между Главным и Скалистым хребтами до 300–400 мм. Максимум осадков приходится на лето. Для климата горной зоны характерна вертикальная зональность и вместе с тем ему присущи черты климата прилежащих равнин. Зима более или менее устойчивая наблюдается лишь с высоты 500–600 м. На Восточном Предкавказье на высоте 1,5–2,0 км продолжительность залегания снежного покрова составляет 3 месяца, на высоте 2–3 км возрастает до 6–7,5 месяцев. Снежный покров на Западном Кавказе удерживается до конца июня, а высота его к концу зимы составляет 4–5 м, а в горных долинах в отдельные зимы 10–12 м; в высокогорной зоне Центрального Кавказа она не превышает 1 м. Температура января на западе составляет –5–7°, на востоке 7–9°. Лето в горах короткое, холодное, пасмурное и дождливое. Температура воздуха с высотой понижается на 0,5° на 100 м подъема, и на высоте 2–3 км в июле она менее 12°. Высокогорный Кавказ отличается большим количеством опасных атмосферных явлений. Число дней со штормами здесь составляет 60–100, с грозами 40–60, с туманами 200, с изморозью 60–100. Гололеды отсутствуют. Особенно увеличена повторяемость туманов, низкой облачности, гроз и ливней в теплый период. В горах Западного Кавказа ливни отличаются большой интенсивностью, что является причиной высоких паводков на реках бассейна Кубани. Максимум их приходится на май–июнь.

В зоне вечных снегов климат очень суров. Средняя месячная температура января на Эльбрусе –18°, июля около 0°. Осадки в течение всего года выпадают только в твердом виде.

Очень часты ветры, достигающие ураганной скорости. Число дней с туманами 220, а с метелями 130 в году.

2.2 Температура воздуха

Для большей части территории наиболее вероятны морозы малой продолжительности –10 дней). Для равнинной части повторяемость их достигает 95%, для горной 500 м) 80–85%, и лишь в отдельные суровые зимы непрерывные морозные периоды на равнинах Предкавказья составляют 20–30 дней. Если на равнинах Предкавказья устойчивых морозов не бывает, то по мере приближения к горам продолжительность их на высоте 2500 м возрастает до 100 дней, а на Эльбрусе 250 м) до 273 дней. В высокогорных районах зима очень суровая. Средняя месячная температура воздуха в январе на отдельно стоящих вершинах на высоте 2500–3000 м составляет —9, —13°, а на Эльбрусе –19°. Абсолютный минимум в горной зоне на высоте 2000 м достигает –30°, на высоте 3000 м –39°, на Эльбрусе –44° на равнинах и в предгорье –30°–36°. Частая смена в течение зимы воздушных масс при активно развитых процессах циркуляции является причиной большой изменчивости температуры. Для зимы характерны частые оттепели, при которых температура в отдельные годы в некоторых районах повышается от 10 до 25°. В горах повышение температуры на высоте 1500 м достигает 17–18°, на высотах 2500—3000 м –10° и даже на Эльбрусе наблюдается повышение до 1°. Средняя продолжительность оттепелей составляет 4–10 дней. В особо теплые годы они могут наблюдаться в течение всей зимы. На равнинах Западного Предкавказья переход температуры через 0° происходит во второй-третьей декаде февраля, а в Восточном Предкавказье – в начале марта.

Осенью наблюдается обратный ход. Переход температуры через 0° на высоте 3000 м происходит во второй декаде октября, в горных и высокогорных зонах – в первую, вторую декаду ноября, в Восточном Предкавказье – в последней декаде ноября, а в Западном Предкавказье – во второй третьей декаде декабря.

Для весны, начало которой на юго-западе приходится на вторую-третью декаду февраля, а на северо-востоке – на начало марта, характерна смена периодов интенсивного потепления, связанных с деятельностью южных циклонов, периодами резкого похолодания, вызванных затоками холодных масс воздуха с северо-запада в тылу таких циклонов. С переходом средней суточной температуры через 15° в первой половине мая начинается жаркое, сухое и пыльное лето. Сроки наступления и продолжительность периода со средними температурами выше 15° на Западном и Восточном Предкавказье различны. В предгорной и горной зонах установление температур выше 15° отодвигается на более поздние сроки. Так, на высоте 600–700 м эта дата приходится на 1 июня, а начиная с высот 1600–1900 м вообще не бывает периода с устойчивыми средними суточными температурами выше 15°. На Восточном Предкавказье, где континентальный воздух умеренных широт, проходя над засушливыми степями юго-востока и Прикаспия, сильно прогревается и трансформируется в тропический, а из среднеазиатских пустынь происходит интенсивный вынос сухого и перегретого воздуха, лето очень жаркое и сухое. Средняя месячная температура самого жаркого месяца (июля) в Прикаспии превышает 25°. Отмечается 90–100 дней со средней суточной температурой выше 20° и 15–20 дней – превышающей 25°. Максимальная температура воздуха здесь достигает 40–45°, а поверхность почвы нагревается до 60–70°. На остальной части равнинной территории Восточного Предкавказья средняя температура июля 21–23°. На Западном Предкавказье, находящемся под влиянием Черного моря, лето мягче, средние месячные температуры июля 22,5–23,5°. На Ставропольском плато температура июля не превышает 20,5–22,0°.

На рисунках 2.1 и 2.2 представлены графики хода температуры по станции Буденовск. Как видно на рисунке 2.2 ряд среднегодовых температур имеет значимый тренд на повышение.

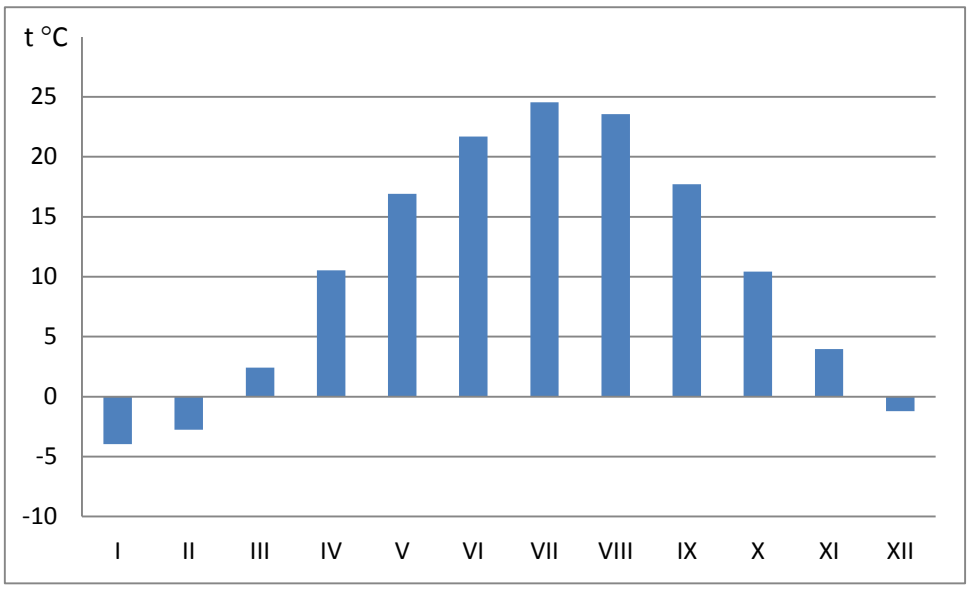


Рисунок 2.1 – Среднее многолетнее месячные температуры воздуха; м/с Буденовск.

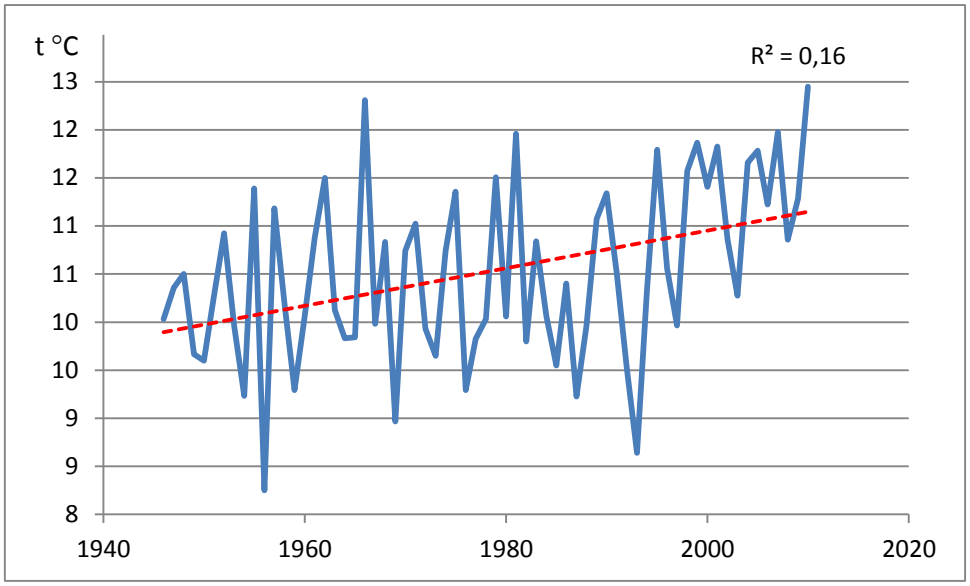


Рисунок 2.2 – Хронологический график среднегодовых температур воздуха; м/с Буденовск.

2.3 Осадки

На рисунке 2.3 представлен график средних многолетних сумм месячных осадков по м/с Буденовск.

Рисунок 2.3 – Среднее многолетнее месячное количество осадков (мм).

Как видно на рисунке, из годового количества осадков на холодный период (ноябрь-март) приходится лишь 30 %. Основное количество осадков выпадает с мая по октябрь (70 %). Годовой максимум осадков приходится на июнь (53 мм). Средняя многолетняя сумма осадков в районе метеостанции составляет 396 (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Средние многолетние суммы осадков за год, холодный и теплый периоды

Метеорологическая станция	Сумма осадков, мм		
	Год	Холодный период (XI-III)	Теплый период (IV-X)
Буденновск	396	120 (30 %)	276 (70 %)

Анализ хронологического графика годовых сумм осадков (рисунок 2.4) показал, что в ряду наблюдается тренд на повышение, при этом приращение произошло главным образом за счет увеличения осадков за холодный период года, где коэффициент корреляции равен 0,57. За теплый период года тренд тоже значим, но коэффициент корреляции значительно ниже (R = 0,32) (рисунок 2.5).

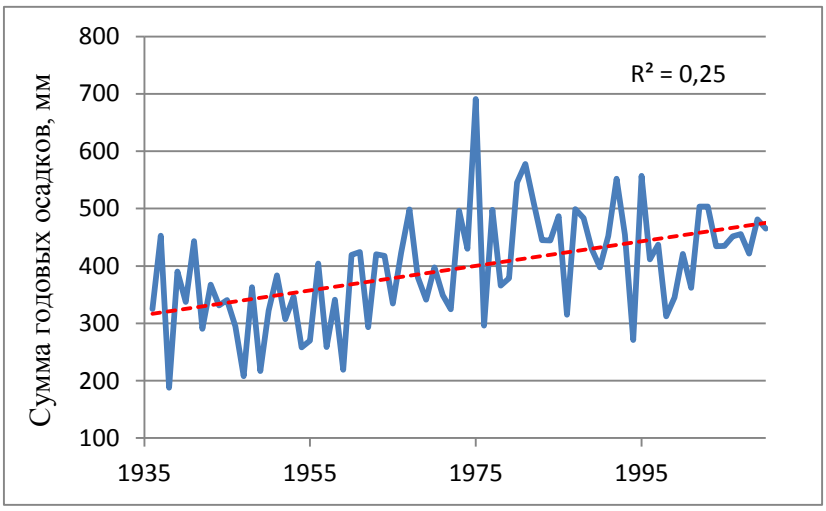


Рисунок 2.4 – Хронологические графики годовых сумм осадков по м/с Буденовск.

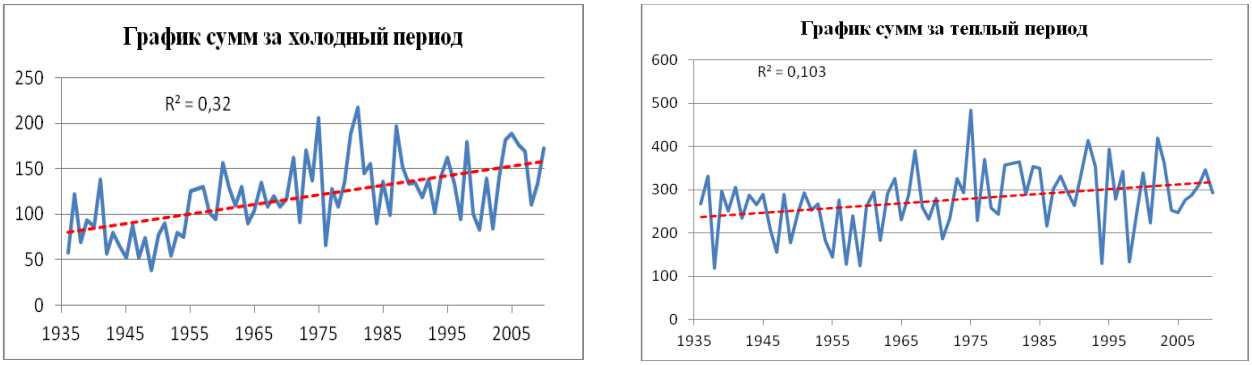


Рисунок 2.5 – Хронологические графики сумм осадков за теплый и холодный период года; м/с Буденновск.

Оценка значимости трендов приводится в таблице 2.2. Тренд считался незначимым, если выполнялось условие:

$$|R| < t_{2\alpha}\sigma_R \ , \qquad (2.1)$$

где R – коэффициент корреляции для зависимости $H_t = f(t)$;

H_t – сумма осадков за заданный интервал времени (год, теплый период, холодный период);

$t_{2\alpha}$ – нормированная ордината распределения Стьюдента при уровне значимости 2α.

σ_R – стандартная ошибка коэффициента корреляции, определяемая по формуле:

$$\sigma_R = \frac{\sqrt{1-R^2}}{\sqrt{n-2}} \qquad (2.2)$$

Таблица 2.2 – Оценка значимости линейных трендов в рядах сумм осадков (при 2α = 5%)

Метеорологическая станция	Интервал	R	σ_R	$t_{2\alpha}\sigma_R$	Значимость тренда
Буденновск	год (I - XII)	0,50	0,11	0,23	+
	холодный период (XI - III)	0,57	0,11	0,22	+
	теплый период (IV - X)	0,32	0,11	0,23	+
Примечание: «+» – *тренд значим.*					

2.4 Снежный покров

Снежный покров бывает ежегодно, но отличается неустойчивостью, за исключением горных районов. Кроме того, сложность и большая изрезанность рельефа определяет пестроту в сроках появления и распределения снежного покрова. Так, на Азово-Кубанской равнине, в Прикаспии первое появление снега отмечается в первой–второй декаде декабря, на Ставропольской возвышенности – во второй декаде ноября. Образование снежного покрова даже на незначительных возвышенностях наблюдается раньше, чем на равнинах и в долинах рек. Особенно большая разница в сроках появления снежного покрова в горной зоне, где на вершинах (Ачишхо, Бермамыт, Шаджатмаз) нежный покров появляется в середине октября, а в горных долинах и котловинах – в первой–второй декаде ноября (Зеленчукская – 12/XI, Архыз – 4/XI). Средняя дата появления снежного покрова близка к средней дате перехода температуры через 0°. В аномальные годы даты появления снежного покрова могут отличаться от средних на 1 – 1,5 месяца. Как правило, на всей территории, исключая ее горную часть, первый снег под влиянием оттепелей и жидких осадков стаивает и установление устойчивого снежного покрова на большей части равнинной территории относится к третьей декаде декабря. В горной и высокогорной (выше 2000 м) зонах устойчивый снежный покров наблюдается в первой половине ноября, а на Ачишхо 880 м)

– с начала ноября. В горных долинах и котловинах устойчивый снежный покров образуется лишь в середине декабря.

Сроки образования устойчивого снежного покрова, как и сроки его появления, колеблются из года в год в широких пределах. Наиболее интенсивный рост высоты снежного покрова наблюдается от декабря к январю; в первой декаде февраля снежный покров на большей части территории достигает максимальной величины и лишь в горах (Ачишхо, Бермамыт) максимум приходится на вторую-третью декаду марта. Максимальная высота снежного покрова неодинакова для различных районов: на севере равнинной территории она составляет 15–20 см, на равнинах Западного Предкавказья 15–20 см, на равнинах Восточного Предкавказья 10–15 см. Наибольшая высота снежного покрова наблюдается на ст. Ачишхо – 482 см. Станции, расположенные в одной и той же высотной зоне, но в замкнутых долинах Архыз и Нижний Заромаг, вследствие различия в режиме осадков и температуры воздуха характеризуется меньшей высотой снежного покрова. Разрушение устойчивого снежного покрова на большей части равнинной территории, в Восточном Предкавказье и на Ставропольской возвышенности наблюдается в конце февраля – начале марта. В горах наступление этой даты сильно меняется в зависимости от высоты, формы рельефа, экспозиции склонов. В среднем разрушение устойчивого снежного покрова наблюдается на Шаджатмазе в конце марта, Клухорском перевале в начале мая, Ачишхо в начале июня.

3 ВОДНЫЙ РЕЖИМ РЕК

Водный режим большинства рек определяется особенностями половодья – временем его прохождения, продолжительностью, что в свою очередь, обусловлено преобладанием того или иного типа питания в каждом из районов. Питание рек, как правило, смешанное. Поверхностный сток равнинной и предгорной частей территории формируется за счет талых снеговых, дождевых и грунтовых вод, причем, доля дождевой составляющей увеличивается на реках предгорья, а доля снеговой – на реках равнины.

На реках горной и высокогорной частей территории с водосборами выше 1500 м существенную роль играет ледниковое питание, составляющее для водотоков, берущих начало из ледников, 30–45% годового стока.

Отдельную группу составляют реки – притоки рек Терека – неледникового питания с небольшими средневзвешенными высотами водосборов, составляющими годового стока которых являются грунтовое, дождевое и снеговое питание.

Бассейн р. Терека – является одним из наиболее больших по площади 26% всей территории и более водным. Значительную роль здесь в питании рек играют воды, образующиеся от таяния ледников и снежников высокогорной зоны, обусловливающие высокое и продолжительное летнее половодье, сток которого составляет 50–80% годового. Кратковременные дождевые паводки придают волне половодья гребенчатый вид.

По мере удаления от снеговой линии волна половодья распластывается, однако и по выходе на равнину летнее половодье отчетливо выражено, что характерно рек бассейна Терека ледникового питания. Начало подъема уровня летнего половодья в высокогорной части (выше 2800 м) в среднем относится к первой декаде мая, редко – к середине апреля или последней декаде мая.

С понижением средней высоты водосборов сроки подъема сдвинуты на конец марта-начало апреля, когда ледниковое питание еще отсутствует, и

подъем марта–начало апреля, когда ледниковое питание еще отсутствует, и подъем обусловлен весенним таянием снегозапасов, аккумулирующихся за зиму в предгорной зоне. На всех реках ледникового питания этого района наивысшие уровни половодья превышают наивысшие уровни осенне-зимних паводков и только на реках неледникового питания, где половодье не выражено, наивысшие уровни приходятся на паводки, наблюдающиеся в основном в июне–июле, иногда в мае или в августе. Обусловлен весенним таянием снегозапасов, аккумулирующихся за зиму в предгорной зоне. На всех реках ледникового питания этого района наивысшие уровни половодья превышают наивысшие уровни осенне-зимних паводков и только на реках неледникового питания, где половодье не выражено, наивысшие уровни приходятся на паводки, наблюдающиеся в основном в июне-июле, иногда в мае или в августе.

На реках бассейна р. Терека ледникового питания наиболее интенсивный сток приходится на период летнего половодья (май–август), в течение которого стекает 60–65% годового объема стока. Меженный сток (сентябрь–апрель) составляет 25–30%. На притоках р. Терека неледникового питания основной сток проходит с марта по июнь-июль.В соответствии с изменением по территории сроков интенсивного увеличения стока перемещается и месяц с наибольшим его значением от июня–июля в высокогорных притоках бассейна р. Терека. На реках бассейна Терека с небольшими средневзвешенными высотами водосбора и паводочным режимом наибольший сток проходит в мае, июне.

4 ОЦЕНКА ОДНОРОДНОСТИ И СТАЦИОНАРНОСТИ РЯДОВ МАКСИМАЛЬНОГО СТОКА

4.1 Исходные данные

В качестве исходных данных использовались ряды максимальных расходов 17 постам рек бассейна р. Терека (рисунок 4.1). Сведения о продолжительности рядов наблюдений приведены в таблице 4.1. Использовались посты с диапазоном площадей водосборов от 70 до 35400 км^2, сводные данные по ним приведены в таблице 4.2

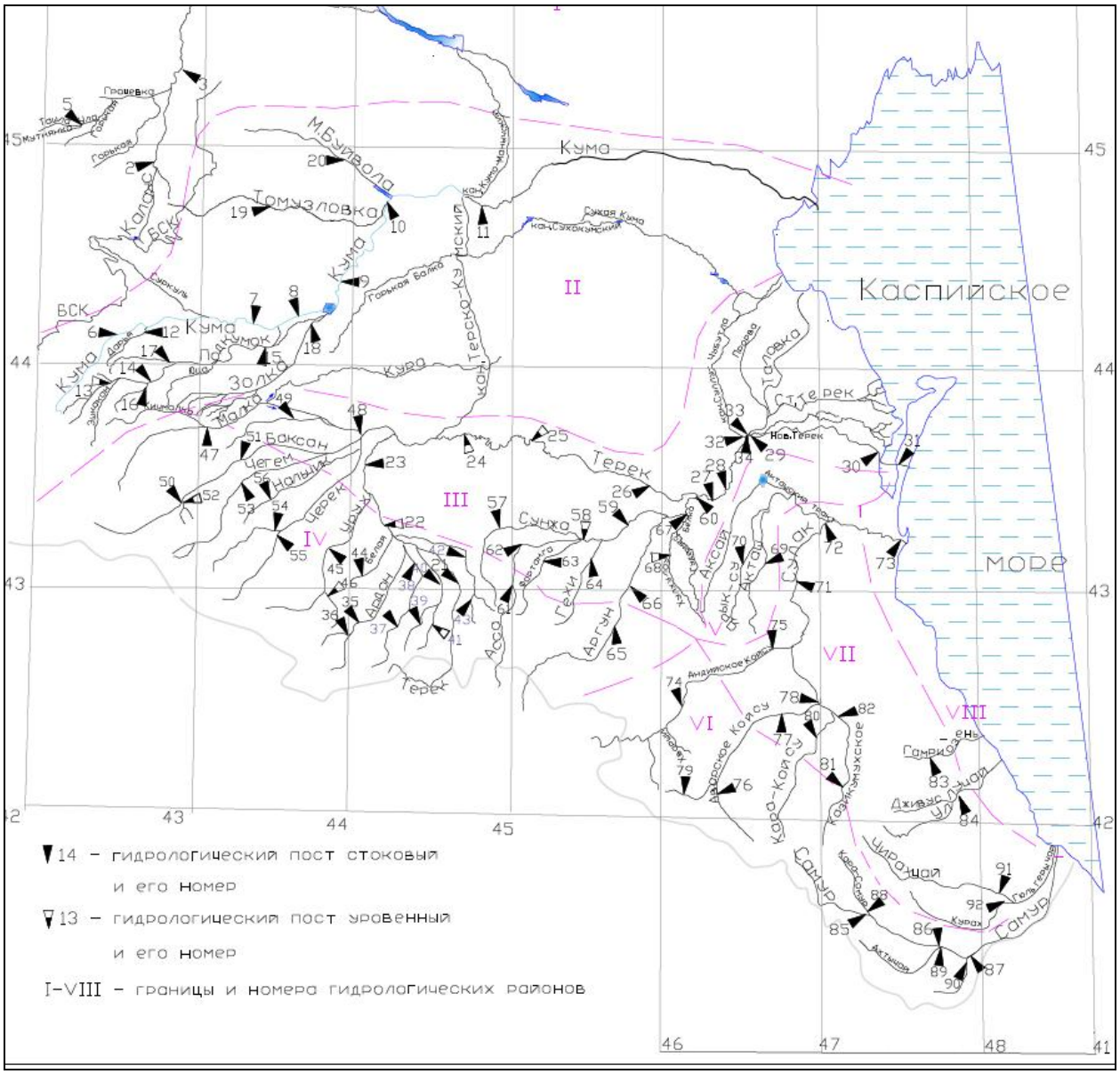


Рисунок 4.1 – Схема расположения гидрометрических постов в бассейне реки Терек.

Основные гидрографические характеристики исследуемых рек в створах гидрологических постов приводятся в приложении А.

Таблица 4.1 – Распределение постов по продолжительности рядов наблюдений

Продолжительность рядов, лет	$30 < n \leq 40$	$40 < n \leq 50$	$50 < n \leq 60$	$n > 60$	Всего
Количество лет, ряды максимальных расходов	1	6	0	10	17

Таблица 4.2 – Распределение постов по градациям площадей водосборов

Диапазон площадей-водосборов, км^2	$A \leq 200$	$200<A\leq1000$	$1000<A \leq5000$	$5000<A\leq10000$	$10000<A\leq50000$
Количество	4	4	5	2	2

4.2 Проверка рядов на однородность

Проверка рядов на однородность проводилась с использованием критериев Фишера и Стьюдента.

Критерий Фишера позволяет оценить однородность ряда по дисперсии. Эмпирическое значение Статистика Фишера рассчитывалось по формуле:

$$F^* = \frac{D_1^*}{D_2^*} \tag{4.1}$$

где D_1^* и D_2^* – дисперсии по первой и второй частям анализируемого ряда, при этом в качестве первой дисперсии обычно рассматривают ту, которая больше ($D_1^* > D_2^*$).

Критическое значение статистики Фишера определялось по таблицам, опубликованным в [9], в зависимости от числа степеней свободы $\nu_1 = n_1 - 1$, $\nu_2 = n_2 - 1$ при уровне значимости $2\alpha = 5$ % (n_1 и n_2 – длина первой и второй частей ряда).

Гипотеза об однородности рядов не опровергалась, если выполнялось условие:

$$F^* < F_{2\alpha}, \tag{4.2}$$

Критерий Стьюдента позволяет оценить однородность ряда по среднему значению. Эмпирическое значение Статистика Стьюдента рассчитывалось по формуле:

$$t^* = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S}\sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}}, \tag{4.3}$$

$$S = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}, \tag{4.4}$$

Критическое значение статистики Стьюдента определялось по таблицам, опубликованным в [9], в зависимости от числа степеней свободы $\nu = n_1 + n_2 - 2$ при уровне значимости $2\alpha = 5$ %.

Гипотеза об однородности рядов не опровергалась, если выполнялось условие:

$$|t^*| < t_{2\alpha} \ . \tag{4.5}$$

Результаты проверки рядов на однородность показаны в таблице 4.3 и в обобщенном виде в таблице 4.4.

Таблица 4.3 – Результаты проверки на однородность рядов максимальных расходов половодья рек бассейна р. Терека (« – » гипотезе не опровергается, « + » гипотеза опровергается) ; 2а = 5%

№ п/п	Река - створ	F, км^2	n	t*	$t_{2\alpha}$	H_0:Q_1=Q_2	F*	$F_{2\alpha}$	H_0:D_1=D_2
1	Ардон – г. Тамиск	1080	73	0,89	1,99	-	1,99	1,95	+
2	Геналдон–г. Кармадон	70	39	-0,03	2,03	-	8,19	2,58	+
3	Гизельдон – г. Даргавс	129	64	-0,83	2,00	-	3,6	2,04	+
4	Камбилеевка – с. Ольгинское	359	75	1,01	1,99	-	1,66	1,93	-
5	Малка – с. Каменномосткое	1540	82	-0,58	1,99	-	1,58	1,88	-
6	Малка – с. Прохладная	9820	84	1,22	1,99	-	2,17	2,00	+

7	Сунжа – г. Грозный	609	67	-0,65	2,00	-	2,46	2,02	+
8	Сунжа – г. Карабулак	4820	44	1,29	2,02	-	1,24	2,41	-
9	Терек – г. Владикавказ	1490	92	-0,2	2,02	-	2,90	2,45	+
10	Терек – г. Моздок	20600	44	0,56	2,02	-	1,4	2,41	-
11	Терчек – с. Тарское	98,9	37	-1,8	2,03	-	8,96	2,62	+
12	Урух – г. Хазнидон	1150	47	-2,31	2,01	+	3,90	2,33	+
13	Фиагдон – с. Мичурино	410	36	0,59	2,01	-	1,04	2,37	-
14	Фиагдон – г. Тагардон	74	45	0,87	2,01	-	2,18	2,26	-
15	Терек – с. Ханга-Юрт	35400	68	1,39	2,00	-	2,15	2,00	+
16	Цея – с. Бурон	100	64	2,07	2,00	+	10,92	2,05	+
17	Терек – ст-ца. Котляревская	8920	88	1,52	1,99	-	2,16	1,85	+

Таблица 4.4 – Сводная таблица проверки однородности рядов максимальных расходов половодья для рек бассейна р. Терек

Вид стока	Общее число случаев	Число случаев опровержения гипотезы об однородности			
		по критерию Фишера		по критерию Стьюдента	
		абсолютное	относительное, %	абсолютное	относительное, %
Максимальные расходы весеннего половодья	17	11	64	1	5,9

Как видно из таблицы 4.4, гипотеза об однородности рядов расходов половодья опровергается только в 64% случаев по критерию Фишера и в 5,9% случаев по критерию Стьюдента, следовательно, большинство рядов максимальных расходов половодья для рек бассейна р. Терека являются неоднородными по дисперсии.

4.3 Оценка временных трендов

Для оценки линейных трендов использовался критерий значимости выборочного коэффициента корреляции (R) для зависимости $Q_{max} = f(t)$.

Гипотеза об отсутствии тренда не опровергалась, если выполнялось условие

$$|R| < t_{2\alpha}\sigma_R \qquad (4.6)$$

где $t_{2\alpha}$ - теоретическое значение статистики Стьюдента при уровне значимости 2α = 5%;

σ_R - стандартная ошибка коэффициента корреляции, определяемая по формуле:

$$\sigma_R = \left(1 - R^2\right) \Big/ \sqrt{n-1} \qquad (4.7)$$

Результаты проверки рядов на наличие линейного тренда представлены в таблицах 4.5-4.6.

Таблица 4.5 - Результаты проверки рядов на наличие линейного тренда

№ п/п	Река - створ	Площадь водосбора, км^2	Длина ряда, n	Параметры тренда			Значимость тренда при 2a=5%
				R	σ_R	$t_{2\alpha}*\sigma_R$	
1	Ардон-г. Тамиск	1080	73	0,03	0,119	0,24	-
2	Геналдон – г. Кармадон	70	39	0,08	0,164	0,33	-
3	Гизельдон – г. Даргавс	129	64	0,13	0,127	0,25	-
4	Камбилеевка – с. Ольгинское	359	75	0,14	0,117	0,23	-
5	Малка – с. Каменномосткое	1540	82	0,01	0,112	0,22	-
6	Малка – с. Прохладная	9820	84	0,15	0,110	0,22	-
7	Сунжа – г. Грозный	609	67	0,01	0,124	0,25	-
8	Сунжа – г. Карабулак	4820	44	0,15	0,154	0,31	-
9	Терек – г. Владикавказ	1490	92	0,18	0,10	0,20	-
10	Терек – г. Моздок	20600	44	0,06	0,154	0,31	-
11	Терчек – с. Тарское	98,9	37	0,27	0,169	0,34	-
12	Урух – г. Хазнидон	1150	47	0,32	0,148	0,30	+
13	Фиагдон – с. Мичурино	410	36	0,01	0,171	0,34	-
14	Фиагдон – г. Тагардон	74	45	0,15	0,152	0,30	-
15	Терек – с. Хангаш-Юрт	35400	68	0,26	0,123	0,25	+
16	Цея – с. Бурон	100	64	0,33	0,126	0,25	+
17	Терек – ст-ца. Котляревская	8920	88	0,17	0,108	0,31	-

Таблица 4.6 - Результаты проверки на значимость тренда в рядах максимальных расходов воды рек бассейна Терека

Вид стока	общее число случаев	Число случаев со значимостью трендов	
		абсолютное, %	относительное, %
Максимальные расходы весеннего половодья	17	3	17

Как видно из таблицы 4.6, число рядов со значимыми трендами фиксируется только в 17% случаев. Проведенный анализ показал, что выявленные тренды, по всей видимости, связаны с антропогенной деятельностью.

5 РАСЧЕТ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ В ПУНКТАХ НАБЛЮДЕНИЙ ГИДРОМЕТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Расчет основных статистических характеристик рядов максимальных расходов бассейна р. Терек выполнялся методом моментов, для построения эмпирических и аналитических кривых обеспеченностей максимальных расходов половодья различной вероятности ежегодного превышения принята кривая Крицкого-Менкеля.

Среднее значение ряда максимальных расходов весеннего половодья определялось по формуле:

$$\overline{Q} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Q_i}{n} \tag{5.1}$$

Среднее значение ряда слоя весеннего половодья определялось по формуле:

$$\overline{h} = \frac{\sum_{i=1}^{n} h_i}{n} \tag{5.2}$$

Коэффициент вариации:

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (k_i - 1)^2}{n-1}} \tag{5.3}$$

где k_i - модульный коэффициент, который определяется по формуле:

для максимальных расходов весеннего половодья:

$$k_i = \frac{Q_i}{\overline{Q}} \tag{5.4}$$

для слоя весеннего половодья:

$$k_i = \frac{h_i}{\overline{h}} \tag{5.5}$$

Коэффициент асимметрии определялся по формуле:

$$C_s = \frac{n\sum_{i=1}^{n}(k_i - 1)^3}{(n-1)(n-2)C_v^3} \quad (5.6)$$

Среднеквадратичное отклонение:

для максимальных расходов весеннего половодья:

$$\sigma = C_v \overline{Q} \quad (5.7)$$

для слоя весеннего половодья:

$$\sigma = C_v \overline{h} \quad (5.8)$$

Относительные погрешности рассчитывались по формулам:

для среднего значения:

$$\varepsilon_{\overline{Q}} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} 100\,\% \quad (5.9)$$

для коэффициента вариации:

$$\varepsilon_{Cv\,\%} = \frac{1}{n + 4C_v^2}\sqrt{\frac{n(1 + C_v^2)}{2}}\,100\% \quad (5.10)$$

Результаты расчета основных статистических характеристик рядов максимальных расходов половодья рек бассейна Терека приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Основные статистические характеристики рядов максимальных расходов половодья рек бассейна р. Терек

№ п/п	Река - створ	Площадь водосбора, км^2	Средний расход, м^3/с	Коэфф. вариации, C_v	Коэфф. асимметрии, C_s	C_s/C_v	Относительная погрешность, %	
							среднего	C_v
1	Ардон – г. Тамиск	1080	122	0,67	4,79	3,40	3,8	8,6
2	Геналдон – г. Кармадон	70	17	0,76	4,78	6,33	12,1	13,4
3	Гизельдон – г. Даргавс	129	22	0,67	4,79	7,18	8,3	10,3

№ п/п	Река - створ	Площадь водосбора, км^2	Средний расход, м^3/с	Коэфф. вариации, C_v	Коэфф. асимметрии, C_s	C_s/C_v	Относительная погрешность, %	
							среднего	C_v
4	Камбилеевка-с. Ольгинское	359	46,5	0,67	1,82	2,73	7,7	9,6
5	Малка – с. Каменномосткое	1540	69	0,51	1,72	3,41	5,6	8,6
6	Малка – с. Прохладная	9820	412	0,36	2,74	7,50	4,0	8,2
7	Сунжа –г. Грозный	609	266	0,48	1,12	2,32	5,9	9,5
8	Сунжа – г. Карабулак	4820	71	0,73	1,52	2,09	11,0	12,6
9	Терек – г. Владикавказ	1490	152	0,41	1,88	4,55	4,3	7,9
10	Терек – г. Моздок	20600	820	0,31	0,69	2,23	4,6	11,1
11	Терчек – с. Тарское	98,9	14,6	0,76	3,33	4,37	12,5	13,8
12	Урух – г. Хазнидон	1150	155	0,34	1,72	5,10	4,9	10,8
13	Фиагдон – с. Мичурино	410	34,4	0,57	1,43	2,52	8,4	11,8
14	Фиагдон – г. Тагардон	474	32,6	0,49	1,94	3,92	7,0	10,9
15	Терек – с. Хангаш-Юрт	35400	970	0,28	1,55	5,46	3,4	8,9
16	Цея – с. Бурон	100	22	0,88	5,09	5,79	11,0	11,2
17	Терек – ст-ца. Котляревская	8920	549	0,37	1,47	3,93	4,0	8,0

5.1 Расчет максимальных расходов половодья различной обеспеченности.

С использованием полученных статистических параметров были построены эмпирические и аналитические кривые обеспеченностей в программе HydroStat и рассчитаны максимальные расходы половодья различной обеспеченности. В качестве аналитической кривой во всех случаях использо-

валась кривая обеспеченностей Крицкого-Менкеля, расчет выполнялся методом моментов. Примеры кривых обеспеченностей представлены на рисунках 5.2-5.3 и в приложении Б.

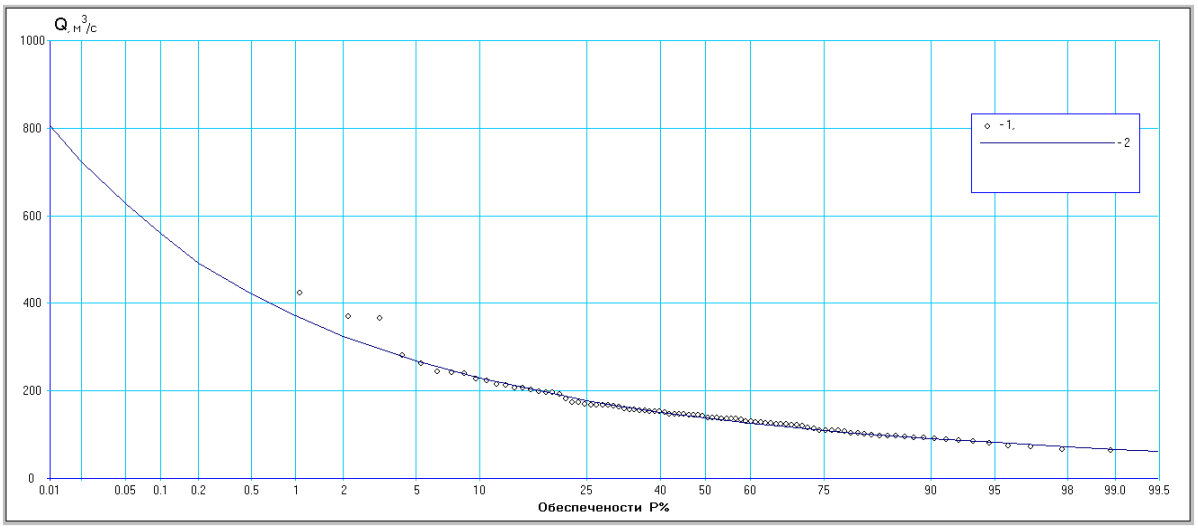


Рисунок 5.2 - Кривая обеспеченностей максимальных расходов Крицкого-Менкеля р.Терек-г.Владикавказ

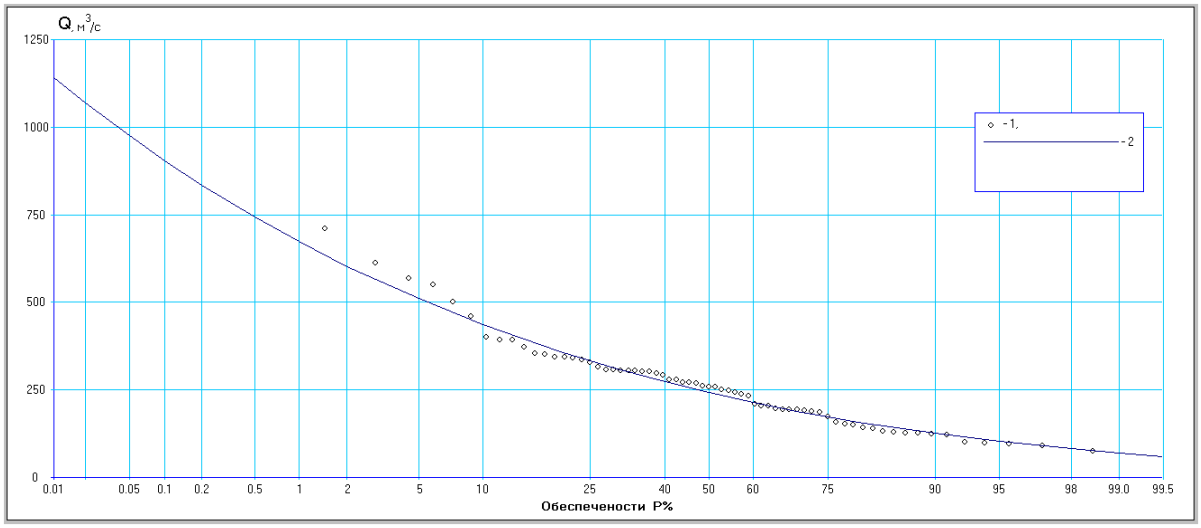


Рисунок 5.3 - Кривая обеспеченностей максимальных расходов Крицкого-Менкеля р.Сунжа- г. Грозный

6 УТОЧНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАЙОННОЙ РЕДУКЦИОННОЙ ФОРМУЛЫ

В соответствии с СП 33-101-2003 [16] расчет максимальных расходов весеннего половодья $Q_{P\%}$ (м^3/с) заданной ежегодной вероятностью превышения $P\%$ при отсутствии данных гидрометрических наблюдений производится по формуле:

$$Q_{p\%} = K_0 h_{p\%} \mu \delta \delta_1 \delta_2 A/(A + A_1)^n \qquad (6.1)$$

где K_0 – параметр, характеризующий дружность весеннего половодья; рассчитывают как среднее из значений, определенных по данным нескольких рек-аналогов обратным путем из формулы (6.1);

$h_{p\%}$ – расчетный слой суммарного весеннего стока (без срезки грунтового питания), мм, ежегодной вероятности превышения $P_{\%}$; определяют в зависимости от коэффициента вариации C_v и отношения C_s/C_v, а также среднего многолетнего слоя стока h_0;

μ – коэффициент, учитывающий неравенство статистических параметров кривых распределения слоев стока и максимальных расходов воды;

δ, δ_1, δ_2 – коэффициенты, учитывающие влияние водохранилищ, прудов и проточных озер (δ), залесенности (δ_1) и заболоченности речных водосборов (δ_2) на максимальные расходы воды;

A – площадь водосбора исследуемой реки до расчетного створа, км^2;

A_1 – дополнительная площадь, учитывающая снижение интенсивности редукции модуля максимального стока с уменьшением площади водосбора, км^2;

n – показатель степени редукции.

Коэффициент δ, учитывающий снижение максимального расхода воды весеннего половодья на реках, зарегулированных проточными озерами, определяется по формуле:

$$\delta = 1/(1 + C A_{оз}) \qquad (6.2)$$

где C – коэффициент, принимаемый равным 0,2 для лесной и лесостепной зон и 0,4 для степной зоны.

Коэффициент δ_1, учитывающий снижение максимальных расходов воды в залесенных бассейнах, определяется по формуле:

$$\delta_1 = \alpha/(Aл+1)^{n`} \qquad (6.3)$$

где n' – коэффициент редукции; устанавливают по зависимости $q_{max} = f(A_л)$ с учетом преобладающих на водосборе почвогрунтов;

α – коэффициент, учитывающий расположение леса на водосборе (в верхней или нижней части водосбора), а также природную зону (лесная или лесостепная).

Коэффициент δ_2, учитывающий снижение максимальных расходов воды с заболоченных водосборов, определяется по формуле:

$$\delta_2 = 1 - \beta\, lg(0{,}1A_б + 1) \qquad (6.4)$$

где β – коэффициент, определяемый в зависимости от типа болот и механического состава почвогрунтов вокруг болот и заболоченных земель (со слоем торфа не менее 30 см);

$A_б$ – относительная площадь болот, заболоченных лесов и лугов в бассейне реки, %.

При заболоченности менее 3% или проточной средневзвешенной озерности более 6% коэффициент δ_2 принимают равным единице.

Для горных рек коэффициенты δ_1 и δ_2 равны единице.

Поскольку в районе исследований половодье на многих реках имеет снеголедниковое происхождение, в настоящей работе для расчета максимальных расходов использовалась формула вида:

$$Q_p = \lambda_p AF/(F+1)^n\delta \qquad (6.5)$$

где, A – элементарный модуль стока

Для оценки параметров редукционной формулы были использованы результаты расчетов, выполненных в разделе 5 (таблица 6.1).

Исходные данные для построения редукционной зависимости приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.1 - Максимальные расходы воды половодья различной обеспеченности

№ по НДС	Река – створ	F, км^2	Обеспеченность, P %								
			0,1	1	3	5	10	25	50	75	95
84424	Ардон – г. Тамиск	1080	340	255	221	195	173	144	120	98	73
84170	Геналдон – г. Кармадон	70	167	89,5	73	44,3	33,7	24,8	11	9,85	5,67
84165	Гизельдон – г. Даргавс	129	155	80,4	61,7	50,0	41,3	25,2	22,0	16,8	11,4
84173	Камбилеевка – с. Ольгинское	359	250	167	135	107	88,8	62,3	37,6	24,1	16,7
84192	Малка – с. Каменномосткое	1540	288	197	158	141	112	87,3	73,6	50,1	39,7
84200	Малка – с. Прохладная	9820	1380	989	868	693	599	498	395	310	267
84256	Сунжа – г. Грозный	609	910	739	623	510	485	437	248	223	195
84251	Сунжа – г. Карабулак	4820	488	255	206	177	148	97,8	65,7	42,3	25,5
84108	Терек – г. Владикавказ	1490	585	388	367	250	234	189	165	110	88
84122	Терек – г. Моздок	20600	1910	1565	1400	1320	1150	990	760	620	468
84397	Терчек – с. Тарское	98,9	133	78	40	33	27	16	12,8	10,1	6,22
84185	Урух – г. Хазнидон	1150	430	330	275	259	210	190	161	110	98,4
84398	Фиагдон – с. Мичурино	410	148	101	77,3	73	60	42	30	23	18
84162	Фиагдон – г. Тагардон	74	144	89,8	75	61	52	41	38	25	19
84801	Терек – с. Хангаш-Юрт	35400	2600	1920	1698	1500	1116	1095	910	800	690
84157	Цея – с. Бурон	100	234	109	85	72	49,7	26,6	24	12,9	5,83
84119	Терек – ст-ца. Котляревская	8920	1750	1250	1050	951	850	650	500	450	250

Таблица 6.2 - Исходные данные для построения редукционной зависимости

№ п/п	Река – створ	F,км2	Q1%	q1%
1	Ардон – г. Тамиск	1080	255	236
2	Геналдон – г. Кармадон	70	89,5	1279
3	Гизельдон – г. Даргавс	129	80,4	623
4	Камбилеевка – с. Ольгинское	359	167	465
5	Малка – с. Каменномосткое	1540	197	128
6	Малка – с. Прохладная	9820	989	101
7	Сунжа – г. Грозный	609	739	1213
8	Сунжа – г. Карабулак	4820	255	53

№ п/п	Река – створ	F,км2	Q1%	q1%
9	Терек – г. Владикавказ	1490	388	260
10	Терек – г. Моздок	20600	1565	76,0
11	Терчек – с. Тарское	98,9	78	789
12	Урух – г. Хазнидон	1150	330	287
13	Фиагдон – с. Мичурино	410	101	246
14	Фиагдон – г. Тагардон	74	89,8	1214
15	Терек – с. Хангаш-Юрт	35400	1920	54,2
16	Цея – с. Бурон	100	109	1090
17	Терек – ст-ца. Котляревская	8920	1250	140

График редукционной зависимости представлен на рисунке 6.1.

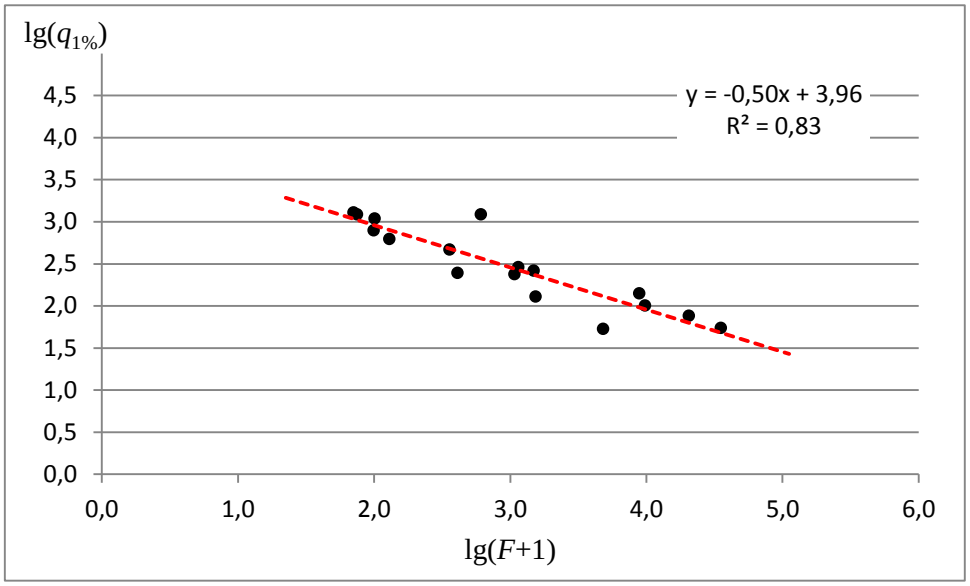


Рисунок 6.1 – Редукционная зависимость для рек бассейна р. Терека

Как видно на рисунке, показатель редукции для рек бассейна Терека равен 0,50. С использованием этого показателя для каждого поста был рассчитан элементарный модуль стока A однопроцентной обеспеченности по формуле:

$$A_{1\%} = q_{1\%}(F+1)^{0,5} \qquad (6.2)$$

Результаты расчета приводятся в таблице 6.3

Таблица 6.3 – Расчет элементарного модуля стока, $м^3/с\ км^2$

Код поста	Река – створ	F, $км^2$	$q_{1\%}$, $л/с\ км^2$	A, $м^3/с\ км^2$
84424	Ардон – г. Тамиск	1080	236	7,76
84170	Геналдон – г. Кармадон	70	1279	10,8
84165	Гизельдон – г. Даргавс	129	623	7,11
84173	Камбилеевка – с. Ольгинское	359	465	8,83
84192	Малка – с. Каменномосткое	1540	128	5,02
84200	Малка – с. Прохладная	9820	101	10,0
84256	Сунжа – г. Грозный	609	1213	30,0
84251	Сунжа – г. Карабулак	4820	52,9	3,67
84108	Терек – г. Владикавказ	1490	260	10,1
84122	Терек – г. Моздок	20600	76,0	10,9
84397	р.Терчек - Тарское	98,9	789	7,88
84185	Урух – г. Хазнидон	1150	287	9,74
84398	Фиагдон – с. Мичурино	410	246	4,99
84162	Фиагдон – г. Тагардон	74	1214	10,5
84801	Терек – с. Хангаш-Юрт	35400	54,2	10,2
84157	Цея – с. Бурон	100	1090	11,0
84119	Терек – ст-ца Котляревская	8920	140	13,2
	Среднее			10,1
	Максимальное			30,0
	Минимальное			3,67

Параметр $\lambda_{p\%}$, рассчитывался по формуле $\lambda_{p\%} = Q_{p\%}/Q_{1\%}$. Результаты расчета приведены в таблице 6.4. Значения $\lambda_{p\%}$ допустипо принимать постоянными для всего района исследований.

Таблица 6.4 – Расчет переходных коэффициентов $\lambda_{p\%}$ для перехода от расходов обеспеченностью 1% к расходам других обеспеченностей

Код поста	Река – створ	Обеспеченность P%						
		0,1	1	3	5	10	25	50
84424	Ардон – г. Тамиск	1080	340	255	221	195	173	144
84170	Геналдон – г. Кармадон	70	167	89,5	73	44,3	33,7	24,8
84165	Гизельдон – г. Даргавс	129	155	80,4	61,7	50	41,3	25,2
84173	Камбилеевка – с. Ольгинское	359	250	167	135	107	88,8	62,3
84192	Малка – с. Каменномосткое	1540	288	197	158	141	112	87,3
84200	Малка – с. Прохладная	9820	1380	989	868	693	599	498
84256	Сунжа – г. Грозный	609	910	739	623	510	485	437

Код поста	Река – створ	Обеспеченность *P*%						
		0,1	1	3	5	10	25	50
84251	Сунжа – г. Карабулак	4820	488	255	206	177	148	97,8
84108	Терек – г. Владикавказ	1490	585	388	367	250	234	189
84122	Терек – г. Моздок	20600	1910	1565	1400	1320	1150	990
84397	Терчек – с. Тарское	98,9	133	78	40	33	27	16
84185	Урух – г. Хазнидон	1150	430	330	275	259	210	190
84398	Фиагдон – с. Мичурино	410	148	101	77,3	73	60	42
84162	Фиагдон – г. Тагардон	74	144	89,8	75	61	52	41
84801	Терек – с. Хангаш-Юрт	35400	2600	1920	1698	1500	1116	1095
84157	Цея – с. Бурон	100	234	109	85	72	49,7	26,6
84119	Терек – ст-ца Котляревская	8920	1750	1250	1050	951	850	650
	Среднее	1,55	1,00	0,82	0,68	0,57	0,44	0,34

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе подготовки ВКР получены следующие результаты.

– Представлена физико-географическая и климатическая характеристика района исследования.
– Показано, что в рядах температур воздуха и слоев осадков имеется значимый тренд на повышение. Однако в рядах максимальных расходов половодья значимые тренды в большинстве случаев отсутсвуют.
– Для рек бассейна Терека рассчитаны параметры районной редукционой формулы. Коэффициент редукции для района исследований равен 0,5. Элементарный модуль стока по территории меняется от 3,7 $м^3/с\ км^2$ до 13,2 $м^3/с\ км^2$ и только по реке Сунжа в створе г. Грозный он составил 30 $м^3/с\ км^2$.
– Рассчитаны переходные коэффициенты λ_p для перехода от расходов 1%-ной обеспеченностью к расходам другой обеспеченности. Коэффициенты λ_p допустимо принимать постоянными в пределах всего исследуемого района.

– Список использованной литературы

1. Владимиров А.М. Гидрологические расчёты. – Л.: Гидрометидат,1990. – 368 с.
2. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. СП 33-101-2003. – М.: Стройиздат, 2004. – 72 с.
3. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при наличии данных гидрометрических наблюдений. – Нижний Новгород: Вектор-ТиС, 2007. – 134 с.
4. Методические указания по дисциплине «Гидрологические расчеты». Часть I. – СПб.: изд. РГГМУ, 2012. – 52 с.
5. Методические указания по дисциплине «Гидрологические расчеты». Часть II. – СПб.: изд. РГГМУ, 2012. – 33 с.
6. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л., Гидрометеоиздат, 1984, 444 с.
7. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 8 Северный Кавказ
8. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. – СПб.: изд. РГГМУ, 2007. – 279 с.
9. Сикан А. В., Малышева Н. Г., Винокуров И.О. Статистические методы анализа гидрометеорологической информации. Лабораторный практикум. – СПб.: изд. РГГМУ, 2014. – 76 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

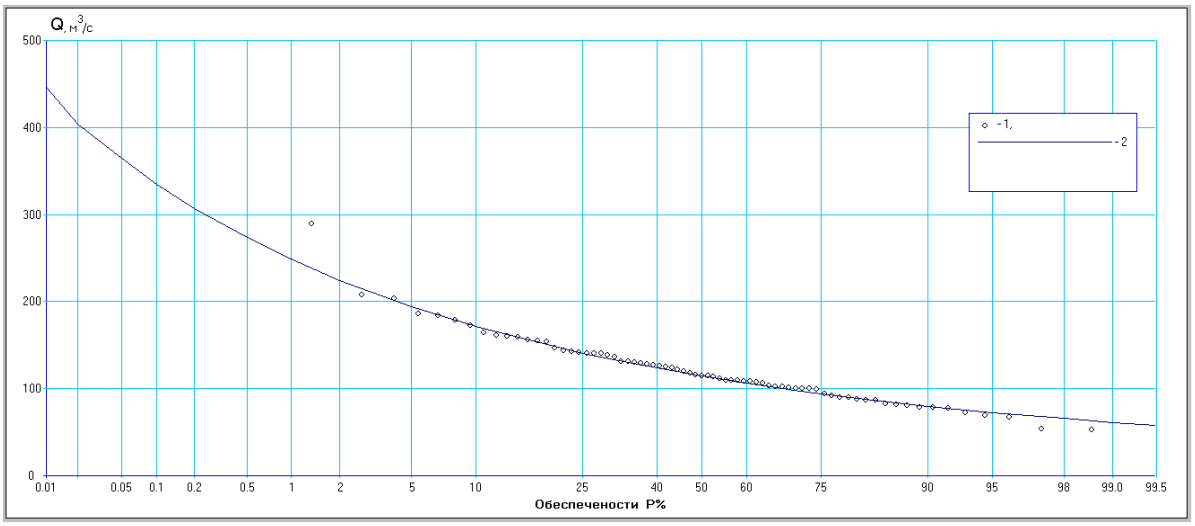
Основные гидрографические характеристики водосборов рек бассейна реки Терек

Номер по списку наблюдений	Река (временный водоток) - пункт	Расстояние, км		Уклон реки ‰		Площадь водосбора, км^2	Средняя высота водосбора, м	Средний уклон водосбора ‰	Озерность %	Лесистость %	Распаханность %	Ледники %
		от истока	от наиболее удаленной точки вечной системы	средний	средневзвешенный							
218	Ардон-Тамиск	67	73	33	25	1080	2490	-	0,1	10	-	4,26
221	Геналдон-Кармадон	15	15	170	120	70	3200	490	-	5	-	19,7
220	Гизельдон-Даргавс	18	18	110	81	129	2670	340	-	5	-	15,8
225	Камбилеевка-Ольгинское	45	45	37	13	359	1260	180	-	40	5	-
231	Малка-Каменномосткое	81	81	32	23	1540	2000	-	<0,01	10	-	4,05
233	Малка-Прохладная	192	192	16	11	9820	1900	-	0,01	15	5	5,35
202	Терек-Владикавказ	93	93	26	21	1490	2540	-	0,01	10	-	5,10
375	Сунжа-Грозный	179	179	6,2	35	4820	860	-	<0.01	35	5	0.22
364	Сунжа-Карабулак	55	55	15	11	609	840	110	-	35	10	-
250	Терек-Моздок	264	264	11	7,3	20600	-	-	0,01	15	5	3,81
282	Фиагдон-Мичурино	65	65	42	31	474	1950	390	-	20	<5	2,47

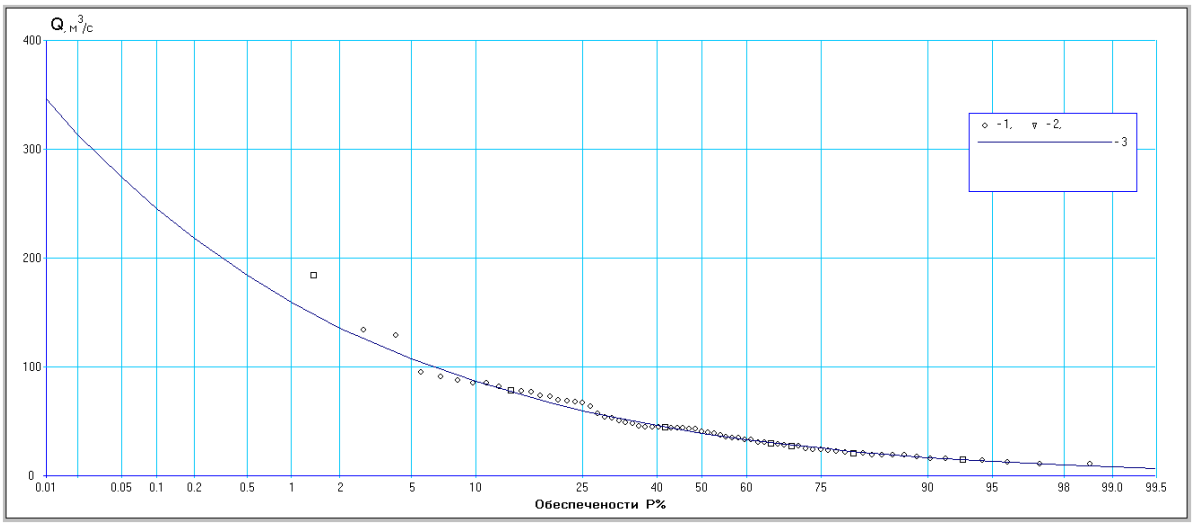
Номер по списку наблюдений	Река (временный водоток) - пункт	Расстояние, км		Уклон реки ‰		Площадь водосбора, км^2	Средняя высота водосбора, м	Средний уклон водосбора ‰	Озерность %	Лесистость %	Распаханность %	Ледники %
		от истока	от наиболее удаленной точки вечной системы	средний	средневзвешенный							
281	Фиагдон-Тагардон	42	42	56	48	410	2170	440	-	15	-	2,85
253	Терек-Хангаш-Юрт	458	458	6,8	2,6	35400	-	-	<0,01	15	5	2,34
267	Цея-Бурон	14,3	14,3	120	80	10	2820	550	-	15	-	15,1
247	Терек-Котляревская	186	186	16	13	8920	1800	-	<0,01	15	5	2,59

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

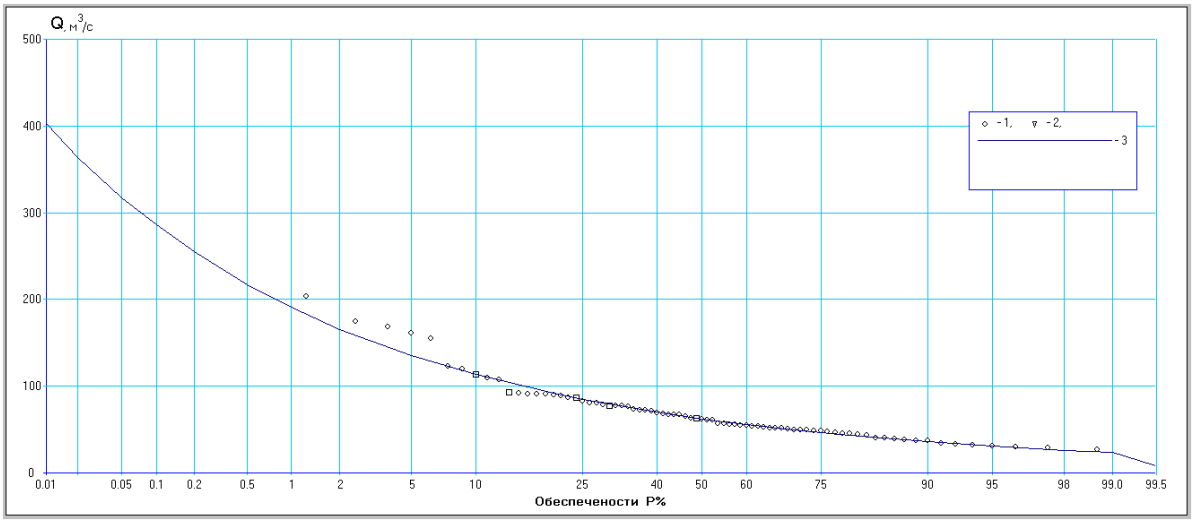
Кривые обеспеченности максимальных расходов рек бассейна Терека



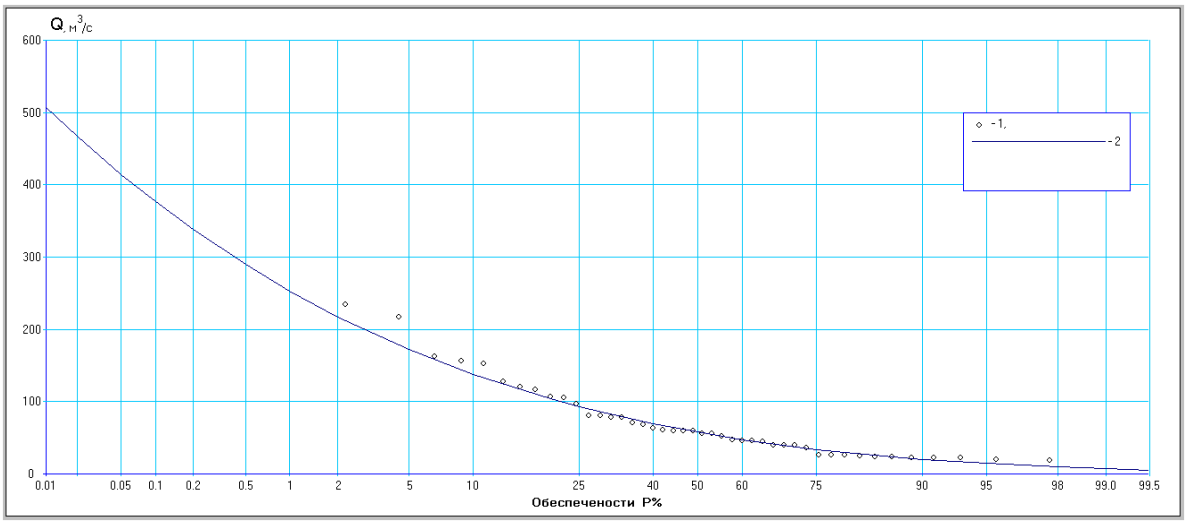
Р. Ардон – г. Тамиск



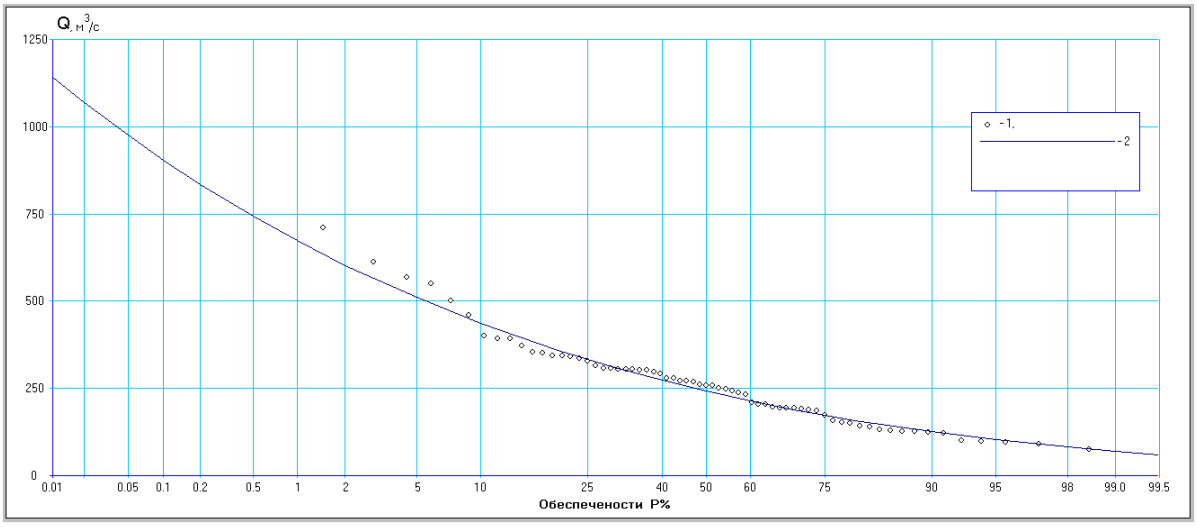
Р. Камбилеевка – с.Ольгинское



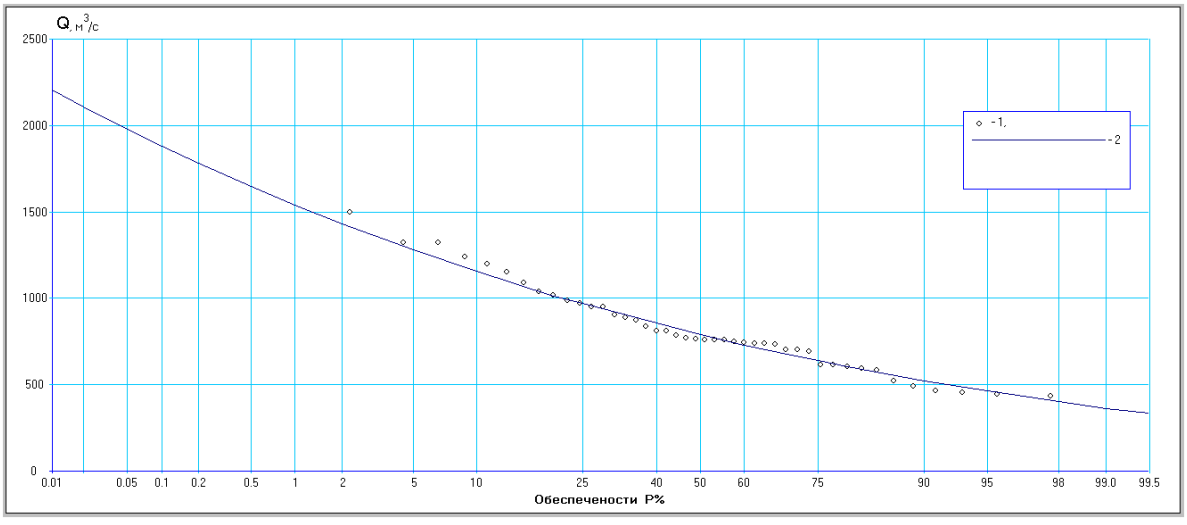
Р. Малка – с. Каменномосткое



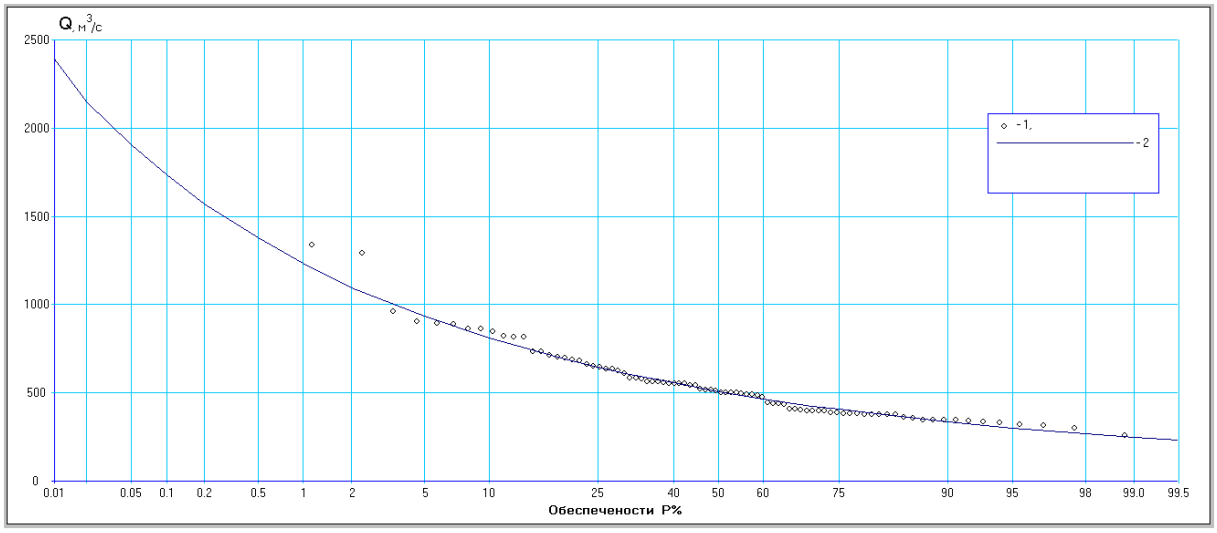
р.Сунжа-г.Карабулак



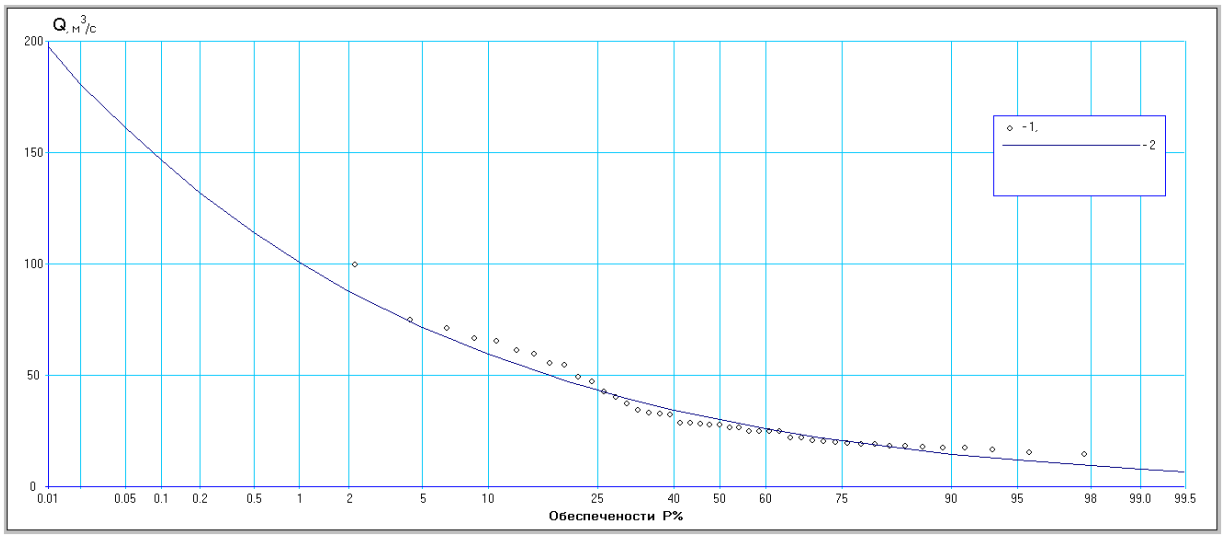
р.Сунжа-г.Грозный



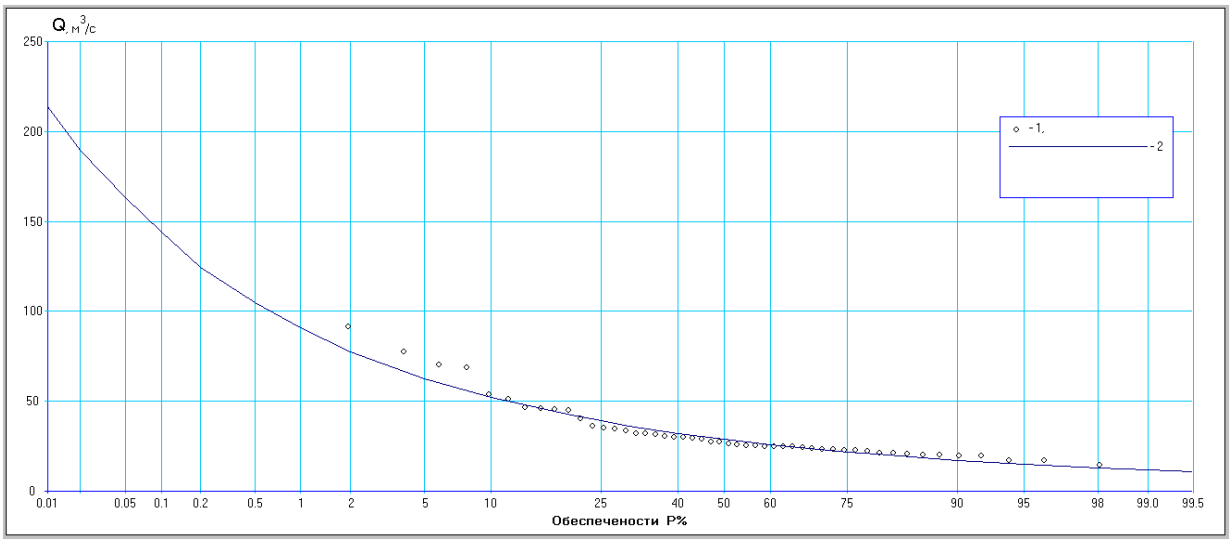
р.Терек-г.Моздок



р.Терек-ст-ца Котляревская



р.Фиагдон-с.Мичурино



р.Фиагдон-г.Тагардон