



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

Кафедра Гидрологии суши

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(магистерская диссертация)

На тему

**Максимальный сток рек
Донского бассейна**

Исполнитель Мясиченко Алексей Иванович

Руководитель кандидат географических наук, доцент

Сикан Александр Владимирович

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

канд. геогр. наук, доцент Сикан Александр Владимирович

«7» *июня* 2017 г.

Санкт-Петербург
2017

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа посвящена расчету характеристик максимального весеннего стока рек Донского бассейна. Необходимость таких исследований диктуется тем, что проблема расчета максимального стока является не только одной из важнейших, но и наиболее сложных задач гидрологических расчетов. В современных условиях эта задача осложняется тем, что в результате изменений климата и антропогенного воздействия многие ряды максимального стока являются неоднородными и нестационарными.

Основная цель исследования – совершенствование методов расчета максимальных расходов весеннего половодья в специфических условиях Донского района, где ряды весенних максимумов обладают большой изменчивостью.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи.

Сбор анализ и обобщение данных гидрометрических наблюдений.

Приведение коротких рядов наблюдений к многолетнему периоду.

Оценка влияния климатических и антропогенных факторов на основные характеристики весеннего половодья.

Расчет максимальных расходов и слоев весеннего половодья в створах гидрометрической сети с учетом неоднородности и нестационарности гидрологических рядов

Оценка изменений уровенного режима реки Дон после ввода в строй Цимлянского водохранилища.

В качестве исходных данных использовались ряды максимальных расходов и слоев половодья по 126 гидрометрическим постам, расположенным в районе исследований. Короткие ряды были приведены к многолетнему периоду с использованием регрессионных методов. В общей сложности было восстановлено 93 ряда. В качестве тестовых использовались 4 ряда Бассейна Нижнего Дона с диапазоном площадей водосбора от 428 км² до 14600 км².

При решении поставленных задач применялись методы статистического анализа, гидрологической аналогии, пространственной интерполяции, географического районирования.

При обработке и анализе данных использовались компьютерные программы: MS Excel и Statistica.

Работа состоит из 4 разделов, введения и заключения.

В первом разделе дана краткая физико-географическая и климатическая характеристика района исследований.

Во втором разделе анализируются особенности формирования максимального весеннего стока на реках Донского бассейна.

В третьем разделе описываются методы и результаты статистической обработки рядов максимальных расходов и слоев весеннего половодья.

В четвертом разделе представлены результаты расчетов максимальных расходов весеннего половодья в условиях неоднородности и нестационарности гидрологических рядов. Выполнен расчет уровней реки Дон с учетом влияния Цимлянского водохранилища.

В заключении представлены результаты и выводы по проделанной работе.

Диссертация содержит ? приложений и список использованных источников из ? наименований. Общий объем работы ? страниц.

1. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ И КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Дон одна из крупнейших рек на юге Восточно-Европейской равнины. Берёт начало в Тульской области, впадает в Таганрогский залив Азовского моря, образуя дельту. Бассейн реки ограничен Среднерусской возвышенностью на севере, Ставропольским плато на юге, Донецким кряжем на западе и Приволжской и Ергенинской возвышенностями на востоке. Длина реки 1870 км, площадь территории бассейна 425 тысяч км² (часть на Украине). Основные притоки: Сосна, Чёрная Калитва, Северский Донец (правые); Воронеж, Битюг, Хопёр, Медведица, Иловля, Сал (левые). Дон берёт начало из озера, на границе Тульской области. Протекает через Тульскую, Рязанскую, Тамбовскую, Воронежскую, Липецкую области впадает в Азовское море близ города Азова. Общее направление реки — с севера на юг. При весьма значительной величине речной кривизны, речное развитие Дона почти в 2,5 раза превышает кратчайшее расстояние.

В отношении течения Дон по длине своей может быть разделен на три части: верхнее течение — от Ивановского озера до устья реки Воронеж; среднее — до Качалинской станицы, то есть до точки наибольшего сближения Дона с Волгой, и нижнее — остальное течение реки до устья.

Таблица 1.1 Местоположения истока и устья р.Дон

	Местоположение	Высота, м	Координаты
Исток	г.Новомосковск	180	54.0044
			38.1640
Устье	г.Азов	0	47.0511
			39.1419

1.1 РЕЛЬЕФ

По географическому положению, общему характеру рельефа и геологическому строению территорию Донского района, вытянутую в основном в меридиональном направлении, можно разделить на две неравные части: северную и южную. Граница между ними, в восточной левобережной части бассейна Дона проходит по Волго-Донскому каналу, в западной правобережной — опускается несколько южнее до параллели 48° (устье р.Цимлы).

Северная, большая по площади часть района, характеризуется сложным, разнообразным рельефом и геологическим строением. Западная его часть здесь занимает восточные склоны Среднерусской возвышенности, которую в целом можно определить как эрозионную возвышенную равнину с господствующим долинно-балочным рельефом. Имея общий слабый наклон на восток, она крутыми уступами обрывается к долинам рек Воронежа и Дона. Отдельные скалистые участки правобережья Дона известны под местными названиями «гор». Таковы, например, Соколя и Галичья горы в Липецкой области, сложенные известняками, и меловые Дивьи горы между городами Коротожк и Георгиу-Деж. Крутое высокое правобережье Дона между г.Георгиу-Деж и устьем правого притока — р.Черной Калитвы — известно под названием Донского Белогорья.

Наибольшие абсолютные высоты Среднерусской возвышенности в пределах Донского района находятся на западной его границе, на водоразделе с соседними бассейнами Оки и Сейма. К югу возвышенность понижается: в крайней северо-западной части бассейна Дона, близ верховьев р.Красивой Мечи, высота местности достигает 290 м (максимальная высота); в верховьях р.Любовши (бассейн Сосны) составляет 286 м, на водоразделе рек Тим — Тускарь — 267 м, Тим — Рать — 250 м, в верховьях Тихой Сосны — 224 м, в верховьях р. Черной Калитвы — 221 м.

На юго-востоке Среднерусская возвышенность переходит узкую Восточно-Донскую гряду, являющуюся водоразделом между Доном и левыми притоками Северского Донца, а также бассейном р.Чир. Эта гряда проходит от верховьев р. Богучарки (правый приток Дона) к юго-востоку до Цимлянского водохранилища на протяжении 300 км. Высоты ее немного превышают 200 м, но в крайней восточной части доходят до 252 м. По рельефу Восточно-Донская гряда является резко асимметричной. Ее северные склоны, обращенные к долине Дона, короткие и крутые, южные — более пологие.

Относительные высоты на Среднерусской возвышенности, определяемые глубиной вреза речных долин и балок, почти всюду достигают 75-100 м, а в южной ее части (бассейны рек Тихой Сосны и Черной Калитвы) увеличиваются до 125 м и более. Постепенное увеличение относительных высот также происходит от западной границы Донского бассейна в восточном направлении к долине р. Дон.

Между Доном и участком нижнего течения его притока — р.Хопра — находится Калачская возвышенность, в целом представляющая собой плато, высотой в среднем от 200 до 230 м, расчлененное глубокими долинами рек, балками и оврагами. В геологическом и морфологическом отношении Калачская возвышенность является продолжением на восток Среднерусской возвышенности, от которой ее отделяет широкая долина р.Дон. Восточный склон Калачской возвышенности крутым высоким уступом (до 100-120 м) обрывается в долину р.Хопер; северные же, западные и южные ее склоны — пологие, постепенно переходящие в высокие надпойменные террасы Дона (на западе и юге) и поверхность Окско-Донской низменности (на севере). Абсолютные высоты возвышенности на западе в верховьях рек Осереды и Толучеевки составляют 227-230 м, на востоке близ долины р.Хопер доходят до 245 м. Наибольшие относительные высоты также наблюдаются вдоль восточного края возвышенности, достигая на близких расстояниях 100-120 м.

Превышение же высшей точки возвышенности (245 м) над уровнем р.Хопра равно 175 м. Восточная часть бассейна р.Дон (верховья рек Вороны, Хопра, Медведицы и Иловли) располагается в пределах южной половины Приволжской возвышенности и представляет возвышенную, слабонаклоненную на запад равнину с характерным структурно-эрозионным рельефом. На востоке граница бассейна на большом протяжении от верховьев р. Медведицы до г.Волгограда подходит почти вплотную к долине р.Волги. Тут же близ водораздела с Волгой находятся наибольшие абсолютные высоты, понижающиеся с севера на юг и с востока на запад. Наивысшая точка 335 м находится в верховьях р.Карамыш (левый приток р.Медведицы). В верховьях рек Иловли и Карамыша высоты достигают 300 м. На северо-востоке бассейна высоты составляют: в верховьях р.Хопер 282 м, в верховьях р.Сердобы (левый приток Хопра) 263 м, в верховьях р. Баланды 243 м, и, наконец, у г. Волгограда 156 м. Примерно в таком же направлении изменяются и относительные высоты от 200 м в восточной части бассейна (водосборы рек Баланды, Карамыша, Медведицы) до 100-120 м на юге в районе Волгограда.

Между Среднерусской, Калачской и Приволжской возвышенностями расположена Окско-Донская низменность, южная половина которой относится к бассейну Дона. В юго-восточном направлении она продолжается до р.Медведицы под названием Хоперско-Бузулукской равнины. На западе граница низменности со Среднерусской возвышенностью хорошо выражена. В геологическом отношении здесь происходит резкая смена рыхлых песчано-глинистых отложений неогена, характеризующих низменность, девонскими и меловыми отложениями Среднерусской возвышенности. Морфологически эта граница выражена крутым уступом правобережья рек Воронежа и Дона в сторону низменности. Южная граница низменности. С Калачской возвышенностью фиксируется по смене абсолютных высот (более 200 м) и главным образом смене геологического строения. Песчано-глинистые отложения низменности (неогена и четвертичного периода) к югу сменяются

более древними отложениями палеогена и мелового периода. Еще менее определенной является восточная граница низменности с Приволжской возвышенностью. Руководствуясь геологическим признаком, а именно сменой выше упоминавшихся песчано-глинистых отложений неогена и четвертичного периода, характерных для Окско-Донской низменности, более древними отложениями меловой системы, а также возрастанием абсолютных высот, эту границу следует провести от верховьев р.Савалы на г.Балашов и отсюда к югу от р.Медведицы.

В целом Окско-Донская низменность представляет собой плоскую моренную и аллювиальную равнину с незначительным вертикальным расчленением речными долинами и балками (лощинами). Абсолютные высоты водоразделов достигают 150-175 м, а местами (редко) превышают указанную величину. Наибольшие высоты 197-206 м находятся в верховьях рек Матыры и Битюга на водоразделе их с левыми притоками р.Цны (бассейн Оки). Глубина вреза речных долин относительно водоразделов, по данным С. С. Соболева составляет 25-50 м в основной части низменности и 50-75 м в ее южной части.

Абсолютные и относительные высоты Хоперско-Бузулукской равнины также незначительны, за исключением правобережья р.Медведицы (Медведицкие яры), где они возрастают соответственно до 170-180 и 100 м.

Особый геоморфологический район представляют собой Арчединско-Донские пески, расположенные по левобережью Дона между нижним течением рек Медведицы и Арчеды. Их бугристая поверхность, сложенная перевеянными аллювиальными песками, лишена речных долин и балок и поднимается в высших точках до 50-60 м над р.Дон (отметки уровня воды около 40 м). Далее к юго-востоку эти пески, несколько сужаясь, продолжают до низовьев р.Иловли.

В южной части бассейна Дона основная площадь дренируется его левыми притоками, стекающими с западных склонов Ергеней и с северных склонов

Ставропольской возвышенности Ергени, вытянутые меридионально к югу от г.Волгограда, являются непосредственным орографическим продолжением Приволжской возвышенности и восточной границей бассейна Дона. Абсолютные их высоты постепенно повышаются от 160 на севере до 218 м на юге в районе г.Элисты. По общему строению рельефа Ергени представляют собой резко асимметричную возвышенность с пологими западными и крутыми восточными склонами. Долины стекающих с Ергеней левых притоков Дона (рек Мышкова, Есауловский Аксай, Курмоярский Аксай, Сал и Маныч) делят равнину между Ергенями и Доном на несколько плоских водоразделов широтного или близкого к нему направления. Высоты этих водораздельных гряд, так же как и высоты Ергеней, повышаются с севера на юг от 160 до 200 м и понижаются в западном направлении (к долине Дона). Наиболее протяженной и самой приподнятой из них является южная Сальско-Манычская гряда, высоты которой на востоке в районе г.Элисты (214 м) смыкаются с высотами южной части Ергеней. Эти гряды также обладают хорошо выраженной асимметрией склонов: северные длинные и пологие, а южные короткие и крутые.

К югу от Сальско-Манычской гряды, параллельно ей, располагается относительно глубокая и широкая (до 20-30 км) Кумо-Манычская впадина (наибольшая абсолютная отметка ее дна 25 м) в своей основе тектонического происхождения. В течение четвертичного периода она не раз являлась местом морского пролива, соединявшего воды Черноморского бассейна (через Азовское море) с водами Каспийского моря. Поверхность впадины имеет волнистый характер и покрыта большим количеством узких озер, сухих котловин, солончаков, болот и речных протоков. В восточной части впадины находится большое озеро Маныч-Гудило, а в западной ее части протекает р.Маныч.

Кумо-Манычская впадина имеет ассиметричное строение. Ее правый склон, обращенный на юг, крутой, рассеченный короткими балками, левый –

пологий и низменный. На склонах долины отмечаются четыре террасы с высотами 1, 5, 15 и 30 м. Наиболее развита третья терраса.

Крайняя южная часть Донского района располагается на северном склоне Ставропольской возвышенности, здесь в верховьях р.Егорлык в окрестностях г.Ставрополя находится высшая точка бассейна Дона — 650 м над уровнем моря. Склон возвышенности, дренируемый р.Егорлык и ее притоками, полого опускается на север к Манычской впадине. По типу рельефа южная часть рассматриваемой местности является значительно расчлененным эрозией пластовым плато, северная — эрозионной равниной.

На правобережье низовий Дона по рельефу и геологическому строению можно выделить три участка. Северный участок, между реками Цимлой и Аксенец, примыкающий к Цимлянскому водохранилищу, занят крупным песчаным массивом (Цимлянские пески) с бугристым рельефом; высоты до 58 м. Средний участок, располагающийся к западу от Цимлянских песков, представляет склон возвышенности южной экспозиции, расчлененный долинами небольших рек — правых притоков Дона; наибольшая высота (в верховьях р.Кагальник) 188 м. Южный участок находится к юго-западу от низовьев Северского Донца. По рельефу он представляет собой пологий южный склон восточной части Донецкого кряжа, расчлененный долинами р. Тузлов и ее левых притоков; высоты на водоразделе с р.Кундрючья (бассейн р.Северского Донца) достигают 244 м.

1.2 ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ

Рассматриваемая территория располагается в юго-восточной части Руссой платформы, сложенной в основании кристаллическими породами докембрия, прикрытыми толщей осадочных пород палеозоя, мезозоя и кайнозоя. Кристаллические породы докембрия здесь, как на всей Русской платформе, представлены грантами и кристаллическими сланцами. Они находятся на разной глубине от поверхности. По среднему Дону к югу от

г.Павловска (Воронежская область) граниты выходят на поверхность небольшими пятнами по берегам реки. На этом участке Дон пересекает восточный конец подземного поднятия гранитов, известного под названием Воронежского горста, который тянется в виде гряды северо-западном направлении. Отсюда поверхность кристаллического фундамента понижается во всех направлениях более пологого на север и более круто на восток. В верховьях Дона она лежит на глубине около 1000 м (абс. отметка 800 м), а в восточной части вблизи Волги — около 4000 м.

Девонские отложения в виде мощной толщи (свыше 100 м) разнообразных известняков, глинистых сланцев, песчаников прикрывают кристаллические породы на значительной площади северо-западной части бассейна Дона (к северу от параллели г.Богучара) и имеют общий слабый наклон к северу, в сторону Подмосковной котловины.

В верховьях Дона девонские отложения залегают под каменноугольными породами разнообразного литологического состава, также имеющими наклон к северу. Каменноугольные отложения, залегающие на гранитах, известны по буровым скважинам и в южной части Донского бассейна (водосборы р.Чир, районы Цимлянского водохранилища, Ергенинской возвышенности).

В северной части бассейна Дона (к северу от параллели г.Воронежа) девонские и каменноугольные отложения прикрыты юрскими отложениями, представленными внизу песчано-глинистой толщей, вверху — темными вязкими глинами.

Наибольшее распространение в Донском районе, особенно, в средней и северной его частях, получили отложения меловой системы, всюду выходящие на поверхность по склонам речных долин, балок и оврагов. Они представлены как нижним, так и верхним отделами. Литологически в нижнем их отделе преобладают пески с прослоями глин общей мощностью до 40-60 м. Верхний же отдел образован главным образом пясчим мелом и мергелями, относимыми

к туруну и нижнему сенону, и имеет мощность в несколько десятков метров (до 70 м и больше). Песчий мел и мергель подстилаются песками сеномана.

В средней части бассейна Дона (между параллелями городов Георгиу-Деж и Цимлянска), а также в верховье р.Медведицы меловые отложения на водоразделах прикрыты палеогеном. Литологически палеоген представлен серией разнообразных пестроцветных глин, песков, песчаников, мергелей и кремнистых отложений (опок). Мощность их достигает 30 м. Небольшими пятнами эти отложения встречаются на Ергенях и Сальско-Маньчской гряде.

Отложения неогена на территории Донского района имеют наиболее разрозненный ареал. Сплошное распространение они получили на Окско-Донской низменности и по правобережью в низовьях Дона. Ими же слагаются в основном возвышенность Ергеней и Сальско-Маньчская гряда. Отдельные пятна отложений неогена встречаются на юго-западной окраине Приволжской возвышенности. Литологически эти отложения представлены песчано-глинистыми породами преимущественно континентального происхождения (отложения древних речных потоков). Только на небольшом участке правобережья в низовьях Дона (район г.Ростова-на-Дону) указанные породы сменяются известняками и доломитами.

Самые молодые отложения четвертичного периода почти сплошь прикрывают все (названные выше) более ранние и отличаются большим разнообразием как в генетическом, так и в литологическом отношении. Из них,наибольшее распространение имеют элювиально-делювиальные, повсеместно развитые на водоразделах и склонах Среднерусской, Кадачской и Приволжской возвышенностей, а также на значительной части Окско-Донской низменности и в Ергенях. Литологически они представлены лёссовидными суглинками и глинами. Во внеледниковой восточной части Приволжской возвышенности суглинки не имеют лёссовидного облика. Значительные площади главным образом на севере по левобережью рек Воронежа и Дона, а также по левобережью р.Хопер, занимают аллювиально-озерные отложения,

представленные песками и песчано-глинистыми породами (левобережье рек Дона и Воронежа), а также супесями (левобережье р.Хопер). Аллювиальные отложения (пески) распространены по долинам рек в виде то сужающихся, то расширяющихся полос.

В северной части бассейна Дона, а также отдельными пятнами на водосборах рек Вороны и Хопра и на Окско-Донской низменности встречаются ледниковые отложения, представленные слоем валунных суглинков (морена) мощностью до 2-4 м. Сверху они обычно прикрыты безвалунными лёссовидными суглинками.

На Восточно-Донской гряде и южнее по правобережью. Дона развиты лёссы. В долине р.Маныч на отдельных участках сохранились песчано-глинистые породы морского происхождения.

Карст

Широкое распространение в бассейне Дона сравнительно хорошо растворимых и трещиноватых карбонатных пород, является причиной развития здесь карстовых явлений. Процессу закарстовывания способствует также общая приподнятость местности и сильная ее эрозионная расчлененность, с чем связан интенсивный снос покровных некарстующихся пород. Результатом карстовых процессов является возникновение своеобразной подземной морфологии и гидрографии, играющей большую роль в формировании водного режима и стока рек.

На рассматриваемой территории выделяются два карстовых района: Верхне-Донской район известнякового карста и Средне-Донской район мелового карста.

Верхне-Донской район известнякового карста приурочен к южному крылу Московской синеклизы, сложенному верхнедевонскими и нижнекарбовыми известковистыми породами, пласты которых слабо

наклонены на север. Граница его проходит: на востоке — по долине р.Дон, за исключением Лебедянского района, где она отодвигается к востоку; на западе и северо-западе — по водоразделу между бассейнами рек Дона и Оки; на юге — южнее долины Сосны, примерно на широте г.Задонска. (Карстовые явления этого района по существу без изменений продолжается на запад и север в пределы бассейна Оки).

Карстующиеся породы в литологическом отношении отличаются большим разнообразием: то тонкоплитчатые и тонкослоистые, то переслаиваются с мергелистыми глинами и прослойками гипсов, а местами массивные, толстослоистые. Системами трещин известняковые толщи разбиты на крупные блоки. Общая мощность известняков изменяется от нескольких десятков до нескольких сотен метров. Обнажаются они лишь в долинах рек и на склонах крупных балок. На водоразделах же известняки скрыты под толщами рыхлых отложений, но в верховьях балок и ложинообразных понижениях довольно близко подходят к дневной поверхности, где в них легко проникают атмосферные воды. Главными чертами карстовой гидрографии Верхне-Донского района является большая поглощающая способность многих воронок и провалов, существование отдельных мощных трещинно-карстовых источников, наличие исчезающих русел ручьев.

Наблюдения, проведенные Тульской гидрологической экспедицией, показали огромную поглотительную способность многих действующих карстовых воронок. В бассейне р.Красивая Меча после сильных ливней вода с площади в 200 га и более в короткое время поглощалась 6-8 воронками, при этом общий расход стока составлял $14,5 \text{ м}^3/\text{сек}$. Здесь же наблюдался провал в ложине, который поглощал в течение ряда лет талую воду с водосбора примерно в 200 га. По данным упомянутой выше экспедиции, огромные массы талых и дождевых вод, поглощаемых «прожорами», не уходят, как правило, в глубокие слои и далеко за пределы области формирования стока. Накапливаясь в толщах известняков, они образуют местные обильные водоносные горизонты,

выклинивающиеся в речных долинах и питающие реки в межень. Связь поверхностных водных потоков, поглощаемых провалами, с подземными источниками подтверждается тем, что после сильного дождя, породившего мутные потоки мчащихся по оврагам вод, и ключевая вода тотчас же становится мутной.

Гидрологическая роль действующих воронок Верхне-Донского карста не вызывает сомнения. Воронки, поглощая поверхностные воды, концентрируемые в руслах рек и временных водотоков, сокращают их сток и способствуют накоплению грунтовых вод. Они снижают эрозионные процессы. В настоящее время еще очень мало прямых данных о характере и интенсивности закарстовывания внутренних частей известняковых толщ района. Однако большая поглотительная способность известняков является косвенным, но убедительным показателем наличия в их толщах значительных пустот. В районе имеются карстовые пещеры, но число их невелико, а размеры небольшие. Такие пещеры встречаются, в частности, на высоких обрывистых берегах р.Сосны и ее притоков и в некоторых местах на Дону, где береговые уступы сложены толстослоистыми, прочными известняками данковолебедянского и елецкого ярусов.

Подземные пустоты разных размеров обнаруживаются и при бурении, рытье колодцев, в карьерах каменоломней. Обычно это небольшие ниши или расширенные трещины. При положении подземных пустот на уровне или ниже вреза речной сети они являются проводниками и коллекторами подземных вод и открываются многочисленными и сильными источниками по долинам рек Дона, Сосны, Красивой Мечи и их притоков. Неустойчивый режим подземных вод, частые и резкие колебания уровней воды в колодцах и прудах, случаи быстрого исчезновения («ухода») прудов также указывают на широкое распространение в районе трещинно-карстовых вод, на наличие элементов карстовой гидрографии.

Средне-Донской район мелового карста расположен на восточном крыле Воронежской антеклизы, орографически совпадающей с восточным склоном центральной и южной частей Среднерусской возвышенности и Доно-Хоперского плато (Калачской возвышенности), и сложен мезозойскими и третичными отложениями, среди которых развиты толщи карбонатных пород — песчистый мел, мергели и мелоподобные породы, относящиеся к верхнему мелу. Мощность этих пород быстро нарастает с севера на юг от 10-30 до 50-100 м и более.

Район ограничен: на севере водоразделом бассейна р.Ведуги, на юге — линией, расположенной несколько южнее водосбора р.Богучарки, на западе — водоразделом бассейнов рек Дона и Оскола; на востоке его граница сначала проходит по долине Дона, а от устья р.Битюг отклоняется к востоку и огибает Доно-Хоперское плато по нижнему течению долины Хопра. Таким образом, район охватывает правобережную часть бассейна Дона и Доно-Хоперское междуречье. Карстующиеся на этой территории меловые породы в петрографическом отношении весьма неоднородны: то более или менее глинисты, то местами переходят в мелоподобные мергели, кое где кремнисты, переходят иногда в опоку. Наибольшее значение для развития карста здесь имеют сравнительно однородные в литологическом отношении толщи белого песчистого мела туронского, коньякского и реже сенонского отделов верхнего мела. Эти толщи, помимо благоприятных для процессов закарстовывания литологических качеств, обладают хорошо развитой вертикальной и горизонтальной трещиноватостью.

Меловые породы перекрываются песчано-глинистыми отложениями палеогена, сохранившимися на наиболее приподнятых участках междуречий. Речные долины, балки, а иногда и овраги прорезают палеогеновую толщу и врезаются в меловые отложения. На склонах долин и балок повсеместно обнажены меловые породы. На водораздельных плато коренные породы перекрыты плащом покровных лёссовидных суглинков. Последние хорошо

фильтруют атмосферные воды и не создают существенных препятствий для проникновения их в толщи карстующихся пород.

Условия карстования на территории меловых пород Средне-Донского района неоднородны. Установлено, что не все эти породы одинаково хорошо карстуются. Сильно глинистые и особенно кремнистые разности мела почти не подвержены растворению и карст в них не наблюдается. Немаловажное значение имеют также степень и характер трещиноватости меловых толщ. Их трещиноватость имеет место везде, но наиболее сильно она развита в осевых зонах локальных тектонических структур, где и создаются наиболее благоприятные условия для циркуляции подземных вод и следовательно для закарстовывания.

Фильтрация поверхностных вод в карстующиеся толщи в связи с разнообразием кроющих пород происходит неодинаково. Песчаные отложения полтавского и бучакского ярусов палеогена хорошо фильтруют воды, в то время как многометровые слои глин киевского и каневского ярусов являются хорошими водоупорами; последнее относится и к плащу покровных суглинков.

Большое разнообразие условий карстования в Средне-Донском районе является причиной наиболее характерной черты карста района — крайне спорадическое распространение карстовых явлений по территории района, большая их изреженность. Даже в местах, где более или менее развит карст, его формы встречаются единичными образованиями или, реже, небольшими группами. В силу этого в районе почти нет типичных карстовых ландшафтов, со всеми присущими им формами и явлениями.

Чередование в пределах района отдельных закарстованных участков с обширными территориями, где нет видимых признаков карста, приводит к тому, что карст в Средне-Донском районе играет еще меньшую роль в общей морфологии, чем это отмечалось для верхнего Дона. Однако и малое число карстовых форм, маскирующихся современными элювиально-делювиальными

отложениями и не выраженных в рельефе, особенно опасно при строительстве гидротехнических сооружений. Пруды и водоемы, построенные без достаточно тщательного геолого-морфологического анализа створов плотин и чаши водоема, нередко остаются сухими, так как при увеличении гидростатического давления в водоемах может произойти прорыв воды в замаскированные воронки.

Процесс закарстовывания мела мало чем отличается от этого же процесса в других карбонатных породах. Лишь в отличие, от известняков в мелу большую роль играет механическое разрушение и вынос породы вдоль трещин. Последнее обусловлено тем, что влажный и водонасыщенный мел представляет собой рыхлую, легко разрушающуюся породу, и он свободно выносится потоками воды, циркулирующей по трещинам.

Подземные формы мелового карста изучены очень слабо. В районе нет типичных карстовых пещер. Но при бурении меловых пород, а местами и в обнажениях мела, обнаруживаются крупные полости. Ряд косвенных данных также дает основание предполагать о наличии в меловых толщах значительных подземных пустот. На это, в частности, указывает большая водопоглощающая способность меловых отложений.

Меловые водораздельные плато отличаются бедностью поверхностных вод, а иногда и полным их отсутствием. Подземные воды здесь, как правило, залегают глубоко. О наличии в меловых толщах значительных запасов карстово-трещинных вод указывают мощные источники, нередко открывающиеся у подошвы склонов долин и балок. Например, в долине р.Тихая Сосна у с.Большое Чесночное у основания склона из небольшого цирка, диаметром около 3 м, выходит восемь мощных ключей, дающих начало ручью. Ключевые воды образуют также и некоторые мелкие притоки Потудани, Криуши и других рек.

Интересные источники («воклюзы») встречаются в долине р.Дон. Так, в одном километре от с.Колодежного в основании высокого правого склона долины, сложенного мелом, на уровне поймы открывается из полуцирка диаметром 5 м девять ключей, питающих ручей, на котором работает водяная мельница. Источники с достаточно большим дебитом имеются и у села Белогорье.

В рассматриваемом районе широко распространен древний (допалеогеновый), в настоящее время ископаемый карст. Он представлен всевозможными замкнутыми углублениями на поверхности меловой толщи, которые заполнены палеогеновыми и четвертичными отложениями.

Современный период характеризуется некоторым ослаблением карстовых процессов. Лишь в речных долинах и балках, где меловые породы лежат вблизи от поверхности и могут поглощать большие массы вод поверхностного стока, наблюдаются и сейчас активные формы карста, представленные водопоглощающими воронками.

Оценивая гидрологическую роль карста в условиях Донского бассейна, еще раз отметим, что карст способствует переводу поверхностного стока в подземный, и следовательно, увеличивает запасы подземных вод. Последнее благоприятно сказывается на питании рек в меженный период. Вместе с тем повышенная фильтрационная способность меловых толщ значительно осложняет устройство небольших водохранилищ в балках. Только в одной Воронежской области более 100 прудов не держат воду, она «уходит», фильтруясь через трещины и воронки на дне и в бортах балок.

1.3 ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ

Обширная территория Донского района неоднородна по своему почвенному покрову и характеризуется ясно выраженной зональностью почв,

которая прослеживается в последовательной смене почвенных типов в направлении с северо-запада на юго-восток. Река Дон пересекает три почвенно-географических зоны: лесостепную зону оподзоленных, выщелоченных и типичных черноземов, степную зону обыкновенных и южных черноземов и сухостепную зону темно-каштановых и каштановых почв (рис. 1.2).

Кроме того, наблюдаются различия в особенностях почвенного покрова при переходе с запада на восток, а также разница в распределении почв в зависимости от местных условий. Эти местные условия проявляются в различии почв высоких водораздельных участков и пониженных равнин. На высоких водораздельных участках Среднерусской и Приволжской возвышенностей распространены в основном серые лесные почвы оподзоленные и выщелоченные черноземы. Окско-Донская низменность характеризуется развитием выщелоченных, типичных, обыкновенных и южных черноземов и лугово-черноземных почв. Для низменности свойственны большая постепенность перехода между указанными подтипами черноземов и комплексность почвенного покрова, связанная с сильно развитым микрорельефом. Многочисленные степные западины и плоские ложбины имеют почвенный покров, представленный корковыми, средне и глубокостолбчатыми солонцами, солодями и серыми осолоделыми лесными почвами. Долины рек в поймах отличаются сложным почвенным покровом из аллювиально-луговых и луговых почв; на речных террасах располагаются полосы песчаных и супесчаных почв.

Учитывая большое разнообразие почв, в пределах каждой почвенной зоны выделяется ряд крупных почвенных районов, по которым и приводится характеристика почвенного покрова.

Лесостепная зона оподзоленных, выщелоченных и типичных черноземов. Эта зона занимает большую площадь бассейна Дона от его северных границ до линии Валуйки — Острогожск — Георгиу-Деж —

Новохоперск — Борисоглебск — Балашов — Аткарск на юге. По почвенно-геоморфологическим условиям здесь выделяются три района:

- район оподзоленных, выщелоченных и типичных средне-гумусных мощных черноземов и серых лесных почв Среднерусской возвышенности;
- район типичных тучных мощных черноземов Окско-Донской низменности;
- район выщелоченных и типичных тучных мощных черноземов Приволжской возвышенности.

Степная зона обыкновенных и южных черноземов. Занимаемая этой зоной территория располагается по среднему и нижнему течению р.Дон. С северо-запада на юго-восток она пересекается долиной Дона, по левобережью которого простирается широкая полоса песков.

- В рассматриваемой зоне выделяются следующие почвенные районы: расчлененный район обыкновенных, среднегумусных среднемоощных черноземов и южных малогумусных среднемоощных черноземов водоразделов рек Дона и Чира и Дона и Хопра;
- волнисто-равнинный район обыкновенных и южных черноземов междуречья Хопра и Медведицы;
- район обыкновенных и южных черноземов Приволжской возвышенности;
- район мицелярно и глубокомицелярно-карбонатных мало и среднегумусных мощных черноземов низовьев Дона.

Все обыкновенные и южные черноземы рассматриваемой части бассейна Дона относятся к Среднерусской провинции черноземной степной зоны.

Сухостепная зона каштановых почв. Эта зона охватывает значительную часть Волгоградской, области и восток Ростовской области в пределах Донского бассейна. Каштановые почвы по сравнению с черноземными имеют значительно меньшую глубину почвенного профиля и менее глубокое промачивание, в ряде мест они солонцеваты.

Профиль каштановых почв всех подтипов (темно-каштановых, каштановых и светло-каштановых) ясно дифференцирован. Темно-каштановые почвы характеризуются темно-каштановым гумусовым горизонтом мелкокомковатой структуры, постепенно переходящим в материнскую породу.

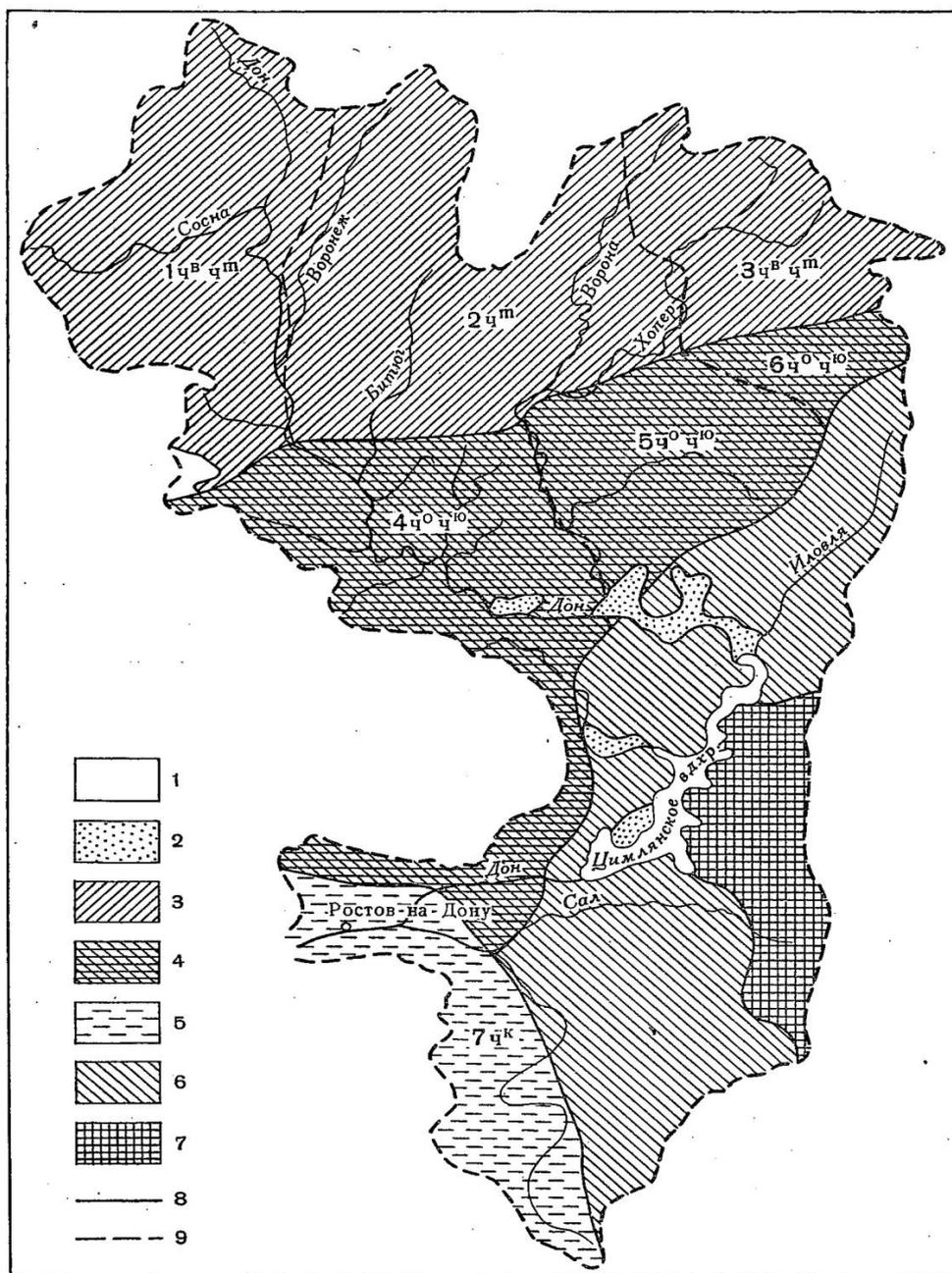


Рис. 1.2. Схематическая почвенная карта Донского района

Механический состав почв: 1 – глинистые и суглинистые; 2 – песчаные и супесчаные; Почвы Донского бассейна: 3 – черноземы оподзоленные, выщелоченные и типичные; 4 – черноземы обыкновенные и южные; 5 – черноземы мицелярно-карбонатные; 6 – темно-каштановые и каштановые; 7 – светло-каштановые солонцеватые; 8 – границы почвенных зон; 9 – границы почвенных районов.

2ч^т – район типичных тучных черноземов Окско-Донской низменности; 3ч^вч^т – район типичных тучных и выщелоченных тучных черноземов Приволжской возвышенности; 4ч^оч^ю – расчлененный район обыкновенных среднегумусных среднemosных черноземов и южных малогумусных среднemosных и маломощных черноземов Доно-Чирского и Доно-Хоперского водоразделов; 5ч^оч^ю – волнисто-равнинный район обыкновенных и южных черноземов Хопер-Медведицкого междуречья; 6ч^оч^ю – район обыкновенных и южных

черноземов Приволжской возвышенности; 7ч^к – район мицелярных и глубоко-мицелярно-карбонатных мало и среднегумусных мощных черноземов низовьев Дона.

1.4 ГИДРОГРАФИЧЕСКАЯ СЕТЬ И ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ВОДНОМ РЕЖИМЕ

Донской район обладает довольно развитой речной сетью, принадлежащей к бассейну Азовского моря.

Основной его водной артерией служит р.Дон; к значительным рекам относятся также Воронеж, Хопер, Медведица, Сал.

Всего на рассматриваемой территории имеется около 9900 водотоков общей протяженностью 68826 км. Однако на долю рек длиной 500-1000 км и более приходится всего 0,05%, преобладающими же здесь являются малые водотоки длиной менее 10 км (87%).

Степень развития и основные черты гидрографической сети в пределах бассейна Дона (исключая р.Северский Донец) в основном обусловлены различиями в строении его поверхности — рельефа.

Правобережная часть бассейна отличается от его левобережной части меньшей длиной притоков и относительно меньшими размерами их водосборных площадей. Здесь водосборы рек Красивая Меча, Сосна, Девица располагаются на восточных склонах Среднерусской возвышенности, представляющих довольно сильно расчлененную местность.

В левобережье же бассейна водосборы рек Медведицы и Хопра (в верхнем и среднем течении) находятся на западных склонах Приволжской возвышенности с глубокой, но сравнительно редкой расчлененностью.

В междуречье рек Воронежа, Дона и Вороны водотоки протекают по очень плоской Окско-Донской равнине, пересеченной лишь на водоразделах.

Реки юго-восточной части бассейна, и в частности Сал и Аксай Курмоярский, начинаются на западном склоне Ергеней, представляющем собой равнину с общим слабым наклоном в сторону Дона.

Река Егорлык, относящаяся к крайней южной части бассейна, берет начало на северном склоне Ставропольской возвышенности (плато).

Истоки основных рек Донского района лежат на высоте 115-300 м над уровнем моря. Густота речной сети на территории Донского района (рис. 1.3) составляет преимущественно 1-0,6 км/км². Наибольшие ее значения приурочены к бассейнам рек Красивой Мечи, Сосны, верхней и средней частям водосбора р.Хопер и средней части водосбора р. Сала (0,3-0,4 км/км²), также к верховьям водосборов рек Тузлова и Егорлыка (0,5-0,6 км/км²).

Реки, берущие начало среди возвышенностей холмов, вначале имеют ясно выраженные узкие долины со склонами, изрезанными овражно-балочной сетью. Поймы здесь неширокие, часто переходящие с берега на берег, русла глубоко врезаемые, умеренно извилистые или мало извилистые, прямые.

Выйдя на равнину долины рек расширяются, приобретают ящикообразную или неясно выраженную форму. Поймы, как правило, становятся двухсторонними широкими, изрезанными староречьями, озерами, русла слабо разработанными.

Уклоны больших рек составляют 0,15-0,5 ‰, средних рек — 0,5-1,5 ‰ (на коротких верхних участках до 2,0-3,0 ‰, редко 5,0 ‰), а малых балок и логов от 10 до 30-50 ‰, на отдельных из них до 90 ‰.

Кроме естественных водотоков, в районе и особенно в южной его части существует ирригационная сеть, представленная рядом оросительно-обводнительных систем и каналов.

Река Дон начинается на окраине Среднерусской возвышенности на абсолютной высоте 179 м. Течение реки в общем направлено с севера на юг, о

местами изменяется. В районе г.Коротояк и ниже впадения р.Тихой Сосны, где Дон огибает так называемое Дивогорье, оно становится восточным, а на участке от впадения р.Черной Калитвы до устья р.Иловли, окаймляя здесь правобережную Восточно-Донскую возвышенную гряду, — восточно-юго-восточным. Между станицами Клетской и Островянской река, уклоняясь к северу, пересекает Доно-Медведицкую складчатую возвышенную гряду, а за р.Иловлей достигает Волго-Донской перемычки. У станицы Верхне-Курмоярской Дон поворачивает на запад и сохраняет это направление до устья.Общее падение р. Дона от истока до впадения р.Воронеж составляет 94 м, ниже до г. Калача — 56 м, а далее до устья — 28,4 м.

Участок Верхнего Дона (от истока до станицы Казанской). Долина реки в истоке узкая, V-образная, шириной 0,5-0,8 км, редко до 2,0 км. По мере продвижения вниз по течению она постепенно расширяется, у устья р.Воронежа достигая 2-3 км, но в отдельных местах (у г.Георгиу-Деж, с.Колыбелька, с.Костомаровка, х.Крутовской) не превышает 1-1,5 км. Затем ширина ее, особенно у впадения притоков увеличивается до 6-7 км, а кое-где до 8-9 км. Правый склон долины почти везде возвышенный (высотой-до 90 м над меженным уровнем воды), крутой, расчленен оврагами и балками, а левый, начиная от г.Задонска, пологий, слабо пересеченный балками.

Пойма преимущественно двухсторонняя, на участке от с. Нижняя Павловка до д.Бугровка односторонняя, луговая, открытая, умеренно пересеченная. Преобладающая ширина ее у истоков около 200 м, от с.Никитское до с.Нижняя Павловка — значительно меньше, затем до д.Бугровка— около 150 м; ниже она изменяется от 0,6 до 4 км, местами доходит до 7 км. В половодье пойма обычно заливается слоем воды от 1 до 3 м, при высокой весенней воде на некоторых участках до 3-5 м.

Русло от истока до с.Дубовое прямое, далее умеренно извилистое, а после впадения р.Верейки частично сильно извилистое, почти повсеместно

устойчивое, неразветвленное, у с.Никитского и на расстоянии между устьями рек Верейка и Битюг в русле имеются небольшие острова.

Ширина русла от истока до устья р.Воронежа от 25-40 до 100-150 м, по мере впадения притоков постепенно увеличивается, достигая в некоторых местах 400 и 600 м.

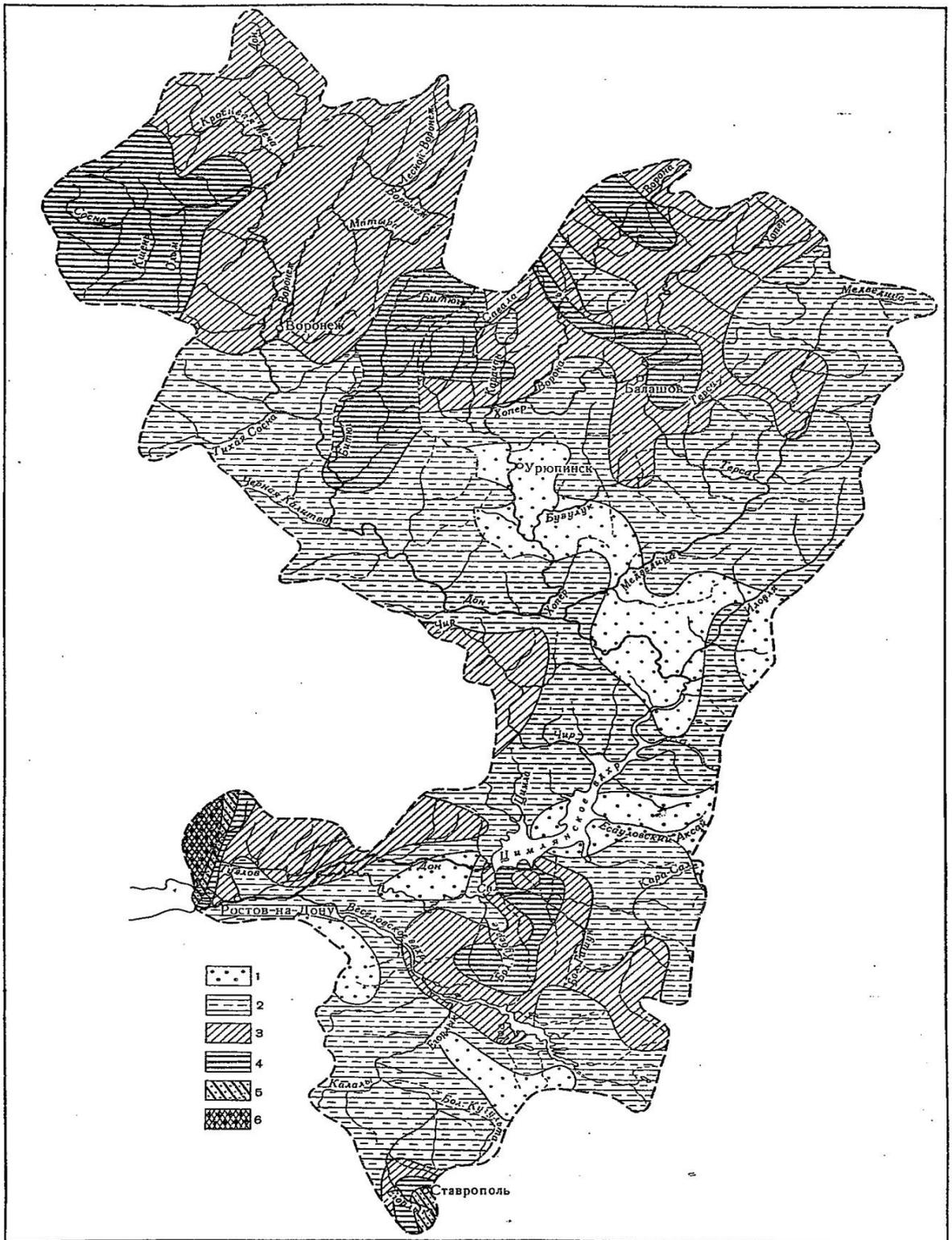


Рис. 1.3 Карта густоты речной сети Донского бассейна

1 – 0,0-0,1 км/км²; 2 – 0,1-0,2 км/км²; 3 – 0,2-0,3 км/км²; 4 – 0,3-0,4 км/км²; 5 – 0,4-0,5 км/км²; 6 – 0,5-0,6 км/км².

Преобладающая глубина реки в межень вблизи истока 1-1,5 м, у станицы Казанской 2-3,5 м. Скорость течения при низкой воде 0,3-0,5 м/сек.

Характерными для Верхнего Дона являются перекаты, образованные выносами наносов из его притоков и балок (из последних при ливнях).

Участок Среднего Дона (от станицы Казанской до г.Калач). На этом участке река течет в ящикообразной долине, преимущественно вдоль правого ее склона, этот склон долины крутой или даже обрывистый, высотой до 60-100 м, сильно пересечен балками и оврагами, а. левый — лишь вначале крутой, затем пологий, слаборассеченный. Ширина долины до впадения р.Медведицы в среднем составляет 5-7 км, далее расширяется до 8- 9 км. У станицы Казанской долина узкая — 1-1,8 км, но ниже устья р.Хопра ширина ее увеличивается до 15 км.

Вдоль склонов прослеживаются три песчаные террасы. Правобережная терраса на участке от устья р.Иловли до г.Калача имеет ширину 0,5-2 км.

Пойма широкая и очень широкая (6-7 км), пересеченная ериками и старицами, частично (в малой степени) заболочена. В весеннее половодье затопляется, в некоторых местах от устья р. Медведицы до впадения р.Иловли слоем воды 5-6 м на срок до 40 дней. После спада на пойме остается много озер.

Русло значительно меандрирует, легко размывая наносный песчаный грунт поймы; вдоль него тянутся песчаные косы и отмели. От впадения р.Иловли до г.Калач река иногда делится на два почти равных по водности рукава. Ширина русла изменяется в основном от 150 до 350 м, в верхней части участка Среднего Дона,уменьшаясь до 55 м, в конце его местами увеличивается до 400-700 м. Преобладающая глубина реки в межень 2-2,5 м, а на мелких перекатах она уменьшается до 0,4 м. Скорость течения в этот период 0,5-0,6 м/сек. Против устья балок в русле, реки обычны большие выносы наносов.

Участок Нижнего Дона (от г.Калач до устья). Долина широкая, меандрирующая. Ширина ее в начале участка составляет 11-12 км, на отдельных участках — у х.Потапов, устье р.Маныч и у истока рукава Мертвый Донец

увеличивается. до 22-25 км, а у х.Вислый сужается до 5 км. Склоны долины высотой 20-30 м, местами 50-100 м пологие. Левый склон, как правило, незаметно сливается с прилегающей местностью.

Пойма обычно левобережная, местами двухсторонняя. Ширина ее 10-12 км, в начале участка, а от впадения р.Северский Донец почти повсеместно имеет ту же ширину, что и долина. Сильно изрезана ериками, староречьями и озерами, многие из которых имеют, питание грунтовыми водами.

Русло в пределах Нижнего Дона обладает большей подвижностью, чем на Верхнем и Среднем Дону, с частыми изгибами. Перекатов здесь меньше, они имеют преимущественно перевалочный тип и образуются главным образом вследствие несоответствия основного направления потока в весеннее половодье с направлением меженного русла. Ширина русла от 400 до 600 м. Глубина рек в межень на плёсах в среднем 4-6 м, на перекатах падает до 0,7 м.

Ниже г.Ростова начинается донская дельта площадью 340 км² с большим количеством рукавов и проток, основными из которых являются Мертвый Донец, Каланча, Дон.

Притоки Верхнего Дона. Правобережье. Северные притоки Дона — реки Красивая Меча и Сосна — имеют в основном долину U-образной, местами ящикообразной формы, шириной от 0,2 до 2,0 км, редко до 4,0 км и слабо выраженные надпойменные террасы.

Поймы большей частью узкие (0,2-0,4 км, редко до 3,0 км), преимущественно односторонние. Реки, впадающие в Дон южнее, — Девица, Потудань, Тихая Сосна, Черная Калитва, Богучарка — обладают более широкими и сильнее разработанными долинами и более выраженной асимметрией склонов.

Правые склоны долин крутые, левые чаще всего пологие, с явно проявляющимися надпойменными террасами. Поймы хорошо развиты, шириной 0,8-1,2 км, с наличием озер.

Русла правых притоков Дона извилистые, не разветвленные, шириной от 4-20 до 50-70 м, на отдельных участках достигают 600-700 м. Глубины рек в межень невелики. Скорости течения 0,2-0,5 м/сек. Средние уклоны водной поверхности колеблются от 2,2-5,0 ‰ в верховьях рек до 0,17-2,2 ‰ в их средних и нижних течениях.

Левобережье. Левые притоки Дона — реки Воронеж, Икорец, Битюг — текут в широких, относительно неглубоко врезанных ящикообразных долинах шириной от 2-4 до 5-6 км. Правые их склоны почти на всем протяжении потоков, за исключением их верховьев, крутые, левые — пологие. Ширина пойм на отдельных участках достигает 3 км и более. Русла указанных выше рек извилистые и очень извилистые, иногда разветвленные, шириной от 40 до 200 м, преимущественно 60-70 м. Глубины водотоков в межень на перекатах 0,1-0,6 м, на плёсах 3-4 м. Средние уклоны рек от 0,17 до 2,7‰.

Притоки Среднего Дона. Наиболее крупными притоками в среднем течении Дона являются Хопер, Медведица и Иловля. Долины их хорошо разработаны, меандрирующие, преимущественно трапецеидальной, местами ящикообразной формы. Правый склон долины, как правило, высокий (40-80 м), местами до 120 м (р. Хопер), крутой, обрывистый, сильно рассечен, левый — ниже, лишь кое-где повышается до 40-50 м, пологий и умеренно крутой, с наличием надпойменных террас. Ширина долин в верхних течениях рек 0,3-1,0 км, в нижних — до 10-12 км. Для малых водотоков бассейнов этих рек в их истоках характерны долины U-образной, а в низовьях ящикообразной формы. Склоны долин рассечены балками, правый — крутой, левый — пологий.

Поймы притоков Среднего Дона двухсторонние, редко односторонние (реки Аткара, Карамыш), шириной от 0,4-1,0 до 11-12 км.

Русла рек умеренно извилистые и извилистые, с большим количеством перекатов и отложений, образовавшихся в результате выноса наносов из балок. Ширина от 20-30 м в верхнем течении и увеличивается до 100-300 м в нижнем. Глубины на больших реках на плесах достигают 1,5-2,0 м, уменьшаясь до 0,3-1,0 м на перекатах, скорости течения на плесах незначительные, на перекатах иногда достигают 0,9-1,0 м/сек. Преобладающие скорости 0,15-0,40 м/сек.

Средние уклоны рек на этом участке колеблются от 0,17 ‰ в их нижнем течении до 3,8 ‰ в верховьях.

Реки Медведица и Иловля в верховьях близко подходят к р.Волге и здесь наблюдается перехват водотоков донской системы реками бассейна Волги, что приводит к передвижению линии водораздела с востока на запад.

Притоки Нижнего Дона. В нижнем течении Дон принимает справа р.Северский Донец (находится вне рассматриваемой территории), слева — реки Сал и Маныч. Долины рек системы Сала широкие, от 5-6 до 10-12 км, по форме трапецеидальные и ящикообразные. Склоны долин пологие, непересеченные. Долина р.Сал имеет резко выраженную асимметрию склонов: правый склон возвышенный, крутой, особенно в среднем течении, левый — пологий и низкий, постепенно переходящий в плоскую поверхность водораздела. Вдоль склонов наблюдаются две террасы. Речные поймы двухсторонние, шириной от 0,2-0,3 до 3,0-4,0 км, плоские непересеченные, часто понижающиеся от русла к склонам долины. Русла рек извилистые, неразветвленные, шириной от 5-10 до 60-70 м. Средние уклоны притоков Нижнего Дона составляют 2,2 ‰ в приустьевых участках и 4,9 ‰ в верхнем течении.

Озера

В пределах Донского района находится около 8900 озер. Несмотря на значительное их количество, озерность территории невелика, так как

преобладающими (около 8000) здесь являются малые озера площадью до 0,1 км².

Озера района можно разделить на водоемы, располагающиеся в хорошо разработанных речных долинах, в истоках рек и на водораздельных пространствах. Основная масса озер залегает в поймах водотоков и главным образом больших рек — Дона, Хопра и Медведицы. Однако в долинах отдельных рек и их участков озера отсутствуют, что связано с характером почвогрунтов. Нет озер, например, в пойме верхнего течения Дона, на участке между впадениями рек Осереды и Песковатки, а также в поймах его притоков — рек Красивой Мечи, Сосны, Подгорной, Черной Калитвы, Иловли. По рекам Хопру и Медведице озера располагаются более или менее равномерно, несколько увеличиваясь в верхнем и среднем течении р.Хопра и в среднем течении р.Медведицы.

Большинство пойменных озер в половодье сообщается с речными руслами, в летнюю же межень из них происходит сток в реки; некоторые озера в этот период пересыхают. Используются озерные водоемы преимущественно для рыбной ловли, а оз.Богатое у г.Георгиу-Деж для водоснабжения.

На рассматриваемой территории имеется ряд водохранилищ и много прудов. Самое крупное Цимлянское водохранилище образовано подпором стока р.Дона у г.Цимлянска. Длина этого водохранилища 186 км, средняя ширина 15 км, наибольшая— 38 км (на приплотинном участке), площадь водного зеркала при нормальном подпорном горизонте 36,0 м абс. 2702 км², емкость — 23,86 км³.

На трассе Волго-Донского канала создано три основных водохранилища: Варваровское площадью 16 км² и объемом 124 км³, Береславское — соответственно 14 км³ и 48 км³ и самое большое Кардовское — 44 км² и 155 км³.

Цимлянское водохранилище регулирует сток Дона и обеспечивает нормированные судоходные глубины на участке его нижнего течения. Кроме

того, водохранилище является источником питания оросительных систем через Донской магистральный канал.

Запасы воды в Карповском, Береславском и Варваровском водохранилищах обеспечивают уровни воды, требуемые при проходе судов по каналу через камеры шлюзов.

Река Западный Маныч в настоящее время превращена в систему водохранилищ: Усть-Манычское, простирающееся на протяжении 55 км (до х.Веселого), Веселовское длиной 100 км, площадью водного зеркала 246 км² и объемом 0,893 км³, Пролетарское, питающиеся стоком рек Среднего Егорлыка и Большого Егорлыка, а также малых притоков Гудило и сбросами вод из рек Дона и Кубани.

Гидрологические наблюдения на озерах и прудах Донского района почти не производились. Режим указанных водохранилищ в настоящей монографии не рассматривается, сведения о нем будут приведены в специальной монографии по Цимлянскому водохранилищу.

1.5 ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

При анализе особенностей формирования водного режима и водных ресурсов речных водосборов особый интерес представляют подземные воды зоны свободного водообмена, сток которых формирует подземное питание рек.

По условиям формирования подземного стока большая часть территории Донского района относится к мегарегиону «Русская плита» («регион бассейна Дона») и только небольшой его участок на юго-западе — к мегарегиону «Донецкий кряж». Поэтому в пределах района прослеживаются основные черты особенностей формирования подземного стока, характерные для платформы, где широкое распространение получают пластовые, порово-пластовые и трещино-пластовые воды.

Наличие в рассматриваемом районе осадочной толщи значительной мощности (более 1000 м) позднекембрийских, палеозойских и мезозойских отложений обуславливает развитие подземного стока в трех основных вертикальных зонах (ярусах).

Зона интенсивного подземного стока образующегося под дренирующим воздействием преимущественно местной гидрографической сети и неглубоких озер, получает развитие в верхней части этой толщи.

Зона замедленного подземного стока, связанного с дренирующим влиянием крупных рек и морских впадин, находится в среднем ярусе толщи. Зона весьма замедленного подземного стока формируется в наиболее глубоких слоях толщи осадочных пород.

Вследствие большой протяженности Донецкого района в меридиональном направлении формирование подземных вод в его северной и южной частях происходит в различных условиях увлажнения. Индекс сухости (по М. И. Будыко), характеризующий степень увлажненности здесь увеличивается с северо-запада на юго-восток от 1 до 2.

Основным источником питания подземных вод в пределах района являются талые воды и в меньшей степени атмосферные осадки теплого периода года. Наилучшие условия питания подземных вод отмечаются в северной и северо-западной частях бассейна Дона, находящихся в пределах Среднерусской возвышенности, где благоприятные климатические условия в сочетании с хорошей проницаемостью пород зоны аэрации обеспечивают значительное инфильтрационное питание грунтовых вод. В южной и юго-восточной частях территории вследствие сухости климата (при меньшем количестве осадков и большем испарении), а также широкого развития с поверхности плохопроницаемых пород условия питания подземных вод заметно ухудшаются.

Основные особенности формирования подземных вод и их связи, с реками приведены ниже по отдельным гидрогеологическим районам, выделенным с учетом условий дренирования водоносных слоев различного возраста.

Район I дренирования преимущественно девонских, в меньшей степени нижнемеловых и каменноугольных отложений. Этот район расположен в северо-западной части бассейна Дона и характеризуется развитием известняков верхнего девона, нижнемеловых песчано-глинистых пород на водоразделах, с прослоями песчаников. В северной части территории выделяется подрайон, в котором при преимущественном распространении известняков девона нижнемеловые отложения замещены известняками карбона. Общая мощность отложений, дренируемых главными реками района, достигает 100-150 м.

Наиболее обводненной является верхняя трещиноватая известняково-доломитовая толща верхов франского и фаменского ярусов. Нижняя часть толщи девона, относящаяся к низам франского яруса, менее обводнена, так как в ней развиты песчано-глинистые отложения с преобладанием глинистых фаций. В толще пород девона прослеживается ряд гидравлически связанных водоносных слоев, образующих единый водоносный комплекс, воды которого дают основное питание рекам на северо-западе района (в бассейнах рек Зуши, Красивой Мечи, Жиздры, Плавы, верховьев Дона, Сосны, Ведуги, Олыма). В трещиноватых известняках воды безнапорные или с местным напором. Известны родники с дебитом от 0,01 до 12 л/сек., в среднем 1,5 л/сек. Район I, особенно его северная часть, характеризуется развитием карстовых явлений. Небольшие доданы, дно которых лежит выше уровня карстовых вод, обычно сухие. Через поглощающие воронки и трещины атмосферные воды поступают к руслам крупных рек.

Район II дренирования преимущественно меловых, частично палеогеновых отложений. В районе выделяются два участка: Па — центральный, а Пб — северо-восточный.

В пределах района наиболее широкое развитие и участие в формировании подземного стока в реки имеют воды, содержащиеся в мергельно-меловых трещиноватых, местами закарстованных породах верхнего мела («мергельно-меловая толща») и в меньшей степени в песчаных отложениях верхнего и нижнего мела («сеноман-альбская толща»).

Воды мергельно-меловой толщи развиты в южной половине района, в долинах рек залегают на глубинах 0,5-15 м, на водоразделах — до 120 м. Это безнапорные или с местным напором воды, с дебитами родников 0,5-7-9 л/сек. Химический состав вод гидрокарбонатно-кальциевый или гидрокарбонатно-натриевый. Воды этой толщи на всей территории распространения имеют гидравлическую связь с дренирующими ее водотоками и формируют основное подземное питание рек. Общая минерализация вод 0,5-0,7 г/л.

На водоразделах мергельно-меловая толща перекрыта отложениями палеогена, представленного песками, мергелями и глинами, за счет вод которых формируется подчиненное подземное питание рек (главным образом в южной части района).

Воды сеноман-альбского водоносного горизонта широко развиты в северной половине района II, однако основным этот горизонт, гидравлически связанный с водотоками, является только в верховьях рек Вороны и Хопра. На остальной территории района сеноман-альбский водоносный горизонт гидравлически не связан с поверхностными водами, имеет подчиненное значение в подземном питании рек. На севере района подземные воды, безнапорные, местами со слабым напором; залегают близко к поверхности, на водоразделах — на глубине 10-20 м. В направлении к югу сеноман-альбский водоносный горизонт погружается под мергельно-меловую толщу, и воды приобретают напорный характер. Химический состав вод гидрокарбонатно-кальциевый.

Район III дренирования каменноугольных отложений. Район подразделяется на два небольших участка: Ша — расположенный на крайнем северо-западе бассейна Дона и Шб — находящийся в пределах Донецкого кряжа. Подземные воды каменноугольных отложений этого района развиты в толще песчаников и известняков, чередующихся со сланцами, глинами и другими породами, разделены невыдержанными водоупорами на ряд гидравлически связанных водоносных горизонтов, в зоне свободного водообмена образующих единый водоносный комплекс. Трещиноватость пород прослеживается на глубину до 90-100 м. Обводненность пород неравномерная, особенно в границах Донецкого кряжа. Дебиты родников изменяются от долей литра до 15 л/сек. и более.

Район IV дренирования палеогеновых отложений. Район находится в верховьях р.Медведицы. Воды палеогена содержатся преимущественно в терригенных, слабосцементированных отложениях. Водоупорными являются глины харьковского яруса. В местах выхода их на поверхности по склонам речных долин и балок часто образуются оползни. Глубина залегания подземных вод на территории района IV изменяется от 1-10 до 45-80 м. Химический состав вод гидрокарбонатно-кальциевый, иногда с повышенным содержанием сульфатов; минерализация — от 0,3 до 0,7 г/л.

Район V дренирования преимущественно неогеновых, частично четвертичных (флювиогляциальных) отложений. Район объединяет два участка: северный Va (Окско-Донская низменность) и южный Vб (левобережье низовий Дона).

К отложениям неогена, залегающим на уровне рек, относится толща ергенинских отложений, представляющая сложный комплекс сменяющихся в горизонтальном и вертикальном направлении песчано-глинистых пород различного механического состава — от грубозернистых песков до тонких глин. Водоносный горизонт, развитый в этих отложениях, безнапорный, залегает на глубинах от 0-10 м в речных долинах, до нескольких десятков

метров на водоразделах. Воды преимущественно гидрокарбонатно-кальциевые; минерализация от 0,2 до 1,4 г/л.

Водоносный горизонт гидравлически связан с реками и его воды являются основными в формировании подземного питания рек. Подчиненное подземное питание рек в пределах этого района осуществляется слабоминерализованными водами четвертичных отложений.

Район VI дренирования четвертичных отложений. Район расположен по левобережью Хопра и Дона и характеризуется мощной толщей четвертичных отложений, подошва которых лежит значительно ниже вреза речных русел. Древнечетвертичные отложения перекрыты флювиогляциальными песками, моренными и покровными- суглинками. Водоносный комплекс в четвертичных отложениях залегает на глубине 10-20 м, а в долинах рек — менее 10 м. Минерализация вод пестрая, обычно 0,5-0,7 г/л, но встречаются воды с сухим остатком от 1 до 3 г/л.

В Донском районе питание водотоков подземными водами осуществляется преимущественно из водоносных горизонтов, гидравлически связанных с реками. В период половодья и высоких паводков развивается процесс берегового регулирования, при котором грунтовые воды находятся в подпоре. Однако полного прекращения питания рек подземными водами во время половодья и паводков большей частью не происходит. При подъеме и высоком положении уровней воды в реках поступление в них грунтовых вод через русло временно прекращается, но нередко продолжается с повышенных участков склонов долины за счет стока вод многочисленных родников. В верховьях многие реки района имеют и нисходящий тип питания грунтовыми водами, благодаря чему в данном случае водотоки обладают увеличенным подземным притоком при снеготаянии. В целом же в период весеннего половодья преобладает подпорный тип режима грунтового стока и происходит трансформация подземного притока. Наибольшее подземное питание рек отмечается в конце половодья, а наименьшее — в конце зимней и летней

межени, когда основным источником формирования речного стока являются преимущественно подземные воды.

В северо-западной части Донского района условие питания рек подземными водами наиболее благоприятны. Здесь, как было уже сказано, достаточное количество атмосферных осадков и распространение хорошо проницаемых известняков девона обуславливают при умеренном испарении значительное инфильтрационное питание грунтовых вод. Этому же способствует большая густота речной сети (0,7-0,9 км/км²) и глубокие эрозионные врезы речных русел, достигающие 200 м и более. Величина подземного стока в реки в этой части рассматриваемой территории достигает 30—50% общего речного стока (бассейны рек Красивой Мечи, Сосны). Коэффициент подземного стока также значителен — 8-10%. Модуль подземного стока изменяется от 1,5 до 2,5 л/сек*км².

К югу и юго-востоку подземное питание рек ослабевает. На Тамбовской равнине осадки уменьшаются до 500 мм, густота речной сети — до 0,6-0,4 км/км², глубина эрозионного вреза достигает 75-50 м. Распространенные здесь слабоводоносные четвертичные отложения также ухудшают условия формирования подземного стока. Поэтому доля подземного питания в речном стоке на Тамбовской равнине составляет уже 20-30%, коэффициент подземного стока равен 5%, а модули этого стока изменяются от 1 до 0,3 л/сек*км².

В юго-восточной и южной частях бассейна Дона условия формирования подземного стока неблагоприятны. Многие реки с площадями водосборов: менее 2000 км², как правило, пересыхают. Доля подземного стока в общем речном стоке не превышает 10-20%, коэффициент подземного стока составляет всего 1-2%, модули подземного стока 0,1-0,3 л/сек. км². Только в районе Донецкого кряжа вследствие увеличения атмосферных осадков, большой густоты гидрографической сети и глубины эрозионного вреза, значительной трещиноватости и обводненности каменноугольных отложений доля

подземного стока возрастает до 20-30%, а модуль подземного стока — до 0,5 л/сек*км² и более.

Распределение величин модулей подземного стока в реки по территории Донского района или построится рис. 1.4. Общее изменение модулей подземного стока в пределах района характеризуется закономерным их уменьшением в южном направлении от 2,5 до 0,1 л/сек*км².

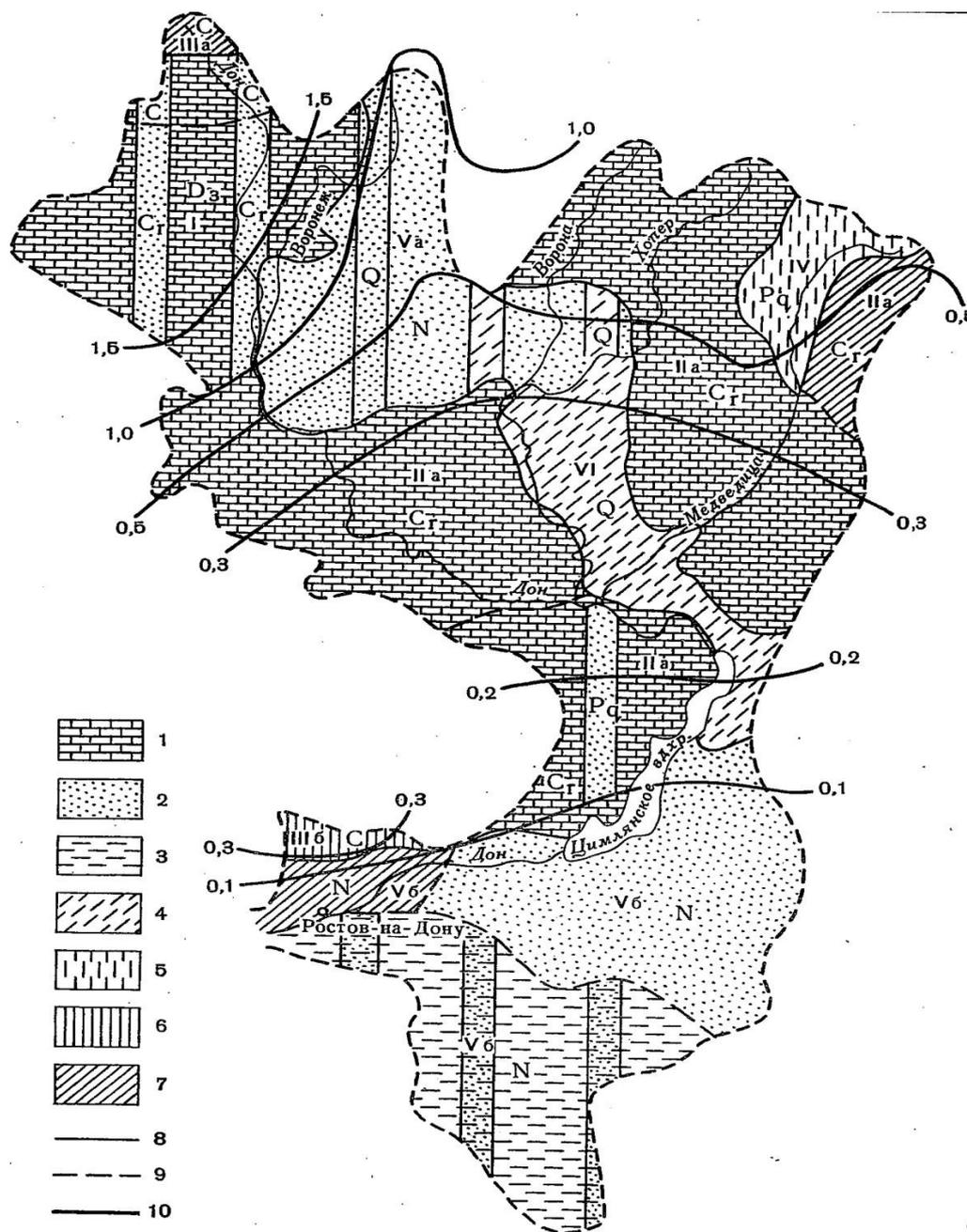


Рис. 1.4 Карта подземного стока в реки Донской район

Породы: 1 – преимущественно карбонатные; 2 – преимущественно песчаные, несцементированные и слабосцементированные; 3 – песчано-глинистые с подчиненным количеством обломочных отложений; 4 – преимущественно терригенные, слабосцементированные, слабодислоцированные; 5 – преимущественно терригенные, слабосцементированные; 6 – преимущественно терригенные, сильнодислоцированные и метаморфизированные; 7 – карбонатные и терригенные; 8 – изолинии модулей подземного стока (л/сек*км²); 9 – граница подрайонов; 10 – граница гидрологических районов.

Римские цифры с буквенными обозначениями – гидрогеологические районы и подрайоны. Геологическим индексом возраста и условным знаком пород указаны водоносные горизонты, принимающие основное (более 50 %) участие в подземном питании рек (D₃ – верхнедевонские; Cr – меловые; C – каменноугольные; P_q –

палеогеновые; N – неогеновые; Q – четвертичные отложения). Узкой полосой с теми же знаками обозначены водоносные горизонты, принимающие подчиненные (менее 20 %) участие в подземном питании рек.

1.6 КЛИМАТ

1.6.1 Общая характеристика

Климат Донского района формируется под влиянием радиации, циркуляции и подстилающей поверхности.

Радиационные факторы в основном определяют, радиационный баланс, циркуляционные — увлажнение. Циркуляция оказывает также влияние на температуру воздуха, особенно в зимнее время года, когда влияние радиации значительно ослаблено в силу малой продолжительности солнечного сияния.

По географическому положению рассматриваемая территория находится под воздействием различных по физическим свойствам и происхождению воздушных масс: холодных из Арктики, морских с Атлантики, сухих из Казахстана, тропических со Средиземного бассейна.

Начало зимних синоптических процессов связано с вторжением воздуха из Арктики. Увеличивающаяся повторяемость этих вторжений вызывает резкие похолодания и морозы. С установлением зимы преобладает влияние западного отрога сибирского антициклона, который обеспечивает в бассейне Дона интенсивное выхолаживание, низкие температуры и холодные ветры восточной составляющей. Сибирский антициклон нередко пополняется антициклонами, продвигающимися главным образом из Арктики.

Затоки воздуха из Атлантики, Средиземного и Черного морей приносят на территорию бассейна оттепели, значительные осадки, гололеды и метели.

Циклоническая деятельность в зимний период обуславливает облачность и значительные осадки, снег. Атлантический воздух охлаждается над снежным покровом и теряет часть своей влаги, Арктический воздух прогревается и становится более влажным,

Трансформация относительно теплых морских воздушных масс протекает медленно, так как в результате охлаждения над снежным покровом они приобретают устойчивую стратификацию, препятствующую вертикальному обмену. Кроме того, в процессе циркуляции воздушных масс над материком морской воздух обычно оттесняется холодным континентальным воздухом в более высокие слои стратосферы, где дальнейшее его изменение происходит под воздействием излучения. Основная масса атлантического воздуха трансформируется в пределах бассейна в континентальный.

В весенний период характерной чертой циркуляции является меридиональный перенос, ослабление азиатского термического максимума. Над Атлантикой усиливается азорский антициклон. Средиземноморские циклоны получают возможность продвигаться к северо-востоку. Связанные с ними выносы теплых воздушных масс с юга и юго-запада способствуют быстрому росту температуры воздуха, оттаиванию и прогреванию почвы. Повышению температуры воздуха способствуют в значительной степени процессы трансформации воздушных масс, хотя в начале весны они играют меньшую роль, чем процессы адвекции. Адвекция арктического воздуха, возникающая в тылу проходящих циклонов и распространяющаяся далеко на юг, обуславливает также возвраты холодов. Вообще отличительной чертой весенней циркуляции является большая изменчивость синоптических процессов и быстрая смена воздушных масс.

Летом повышается роль радиационного фактора и подстилающей поверхности. Циркуляция ослабевает. Непосредственные вторжения арктического воздуха почти прекращаются и усиливается влияние азорского антициклона. Отрог азорского антициклона складывается в результате продвижения ядер высокого давления из области азорского антициклона, а также арктических антициклонов, смещающихся над ЕТС (Русской равниной) с севера на юг и главным образом на юго-восток.

В Донском районе ядра высокого давления обычно разрушаются и образуются слабоградиентные поля. Поступающий в отрогах азорского антициклона атлантический воздух сюда приходит значительно трансформированным.

Трансформации активно способствуют высокие значения радиационного баланса, обеспечивающие большой вертикальный градиент температуры и конвективный перенос тепла и влаги в верхние слои. Атлантический воздух поступает на территорию района также в тылу атлантических циклонов.

Летние процессы, как правило, продолжаются до середины августа, после чего влияние азорского максимума и его отрогов ослабевает и начинают усиливаться потоки холодного арктического воздуха.

В начале осени с ослаблением притока радиации уменьшается прогревание почвы и нижних слоев воздуха; постепенно оно сменяется выхолаживанием. В ходе осени все чаще наблюдается переход к зимним типам циркуляции. Для поздней осени характерно усиление циклонической деятельности. Антициклоны, приходящие осенью обычно с севера и северо-запада, являются причиной первых заморозков.

1.6.2 Климатическая характеристика бассейна Нижнего Дона

Оценка основных элементов климата выполнена на основании климатических характеристик по метеостанциям Волгоградской области (Котельниково) и Ростовской области (Островянский, Сальск). Многолетние колебания метеорологических характеристик выполнены по метеостанции Гигант (Ростовская область).

Схема расположения метеостанций представлена на рисунке 1.5



Рисунок 1.5. Схема расположения метеостанций и гидрологических постов

ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА

Таблица 1.2. Средняя месячная и годовая температура воздуха, °С

Метеостанция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Котельниково	-7,4	-6,8	-0,8	9,5	17,0	21,2	24	22,7	16,2	8,3	1,9	-3,7	8,5
Островянский	-6,4	-6,0	-0,6	8,2	15,5	20,1	23,3	22,2	16,0	8,7	1,3	-3,8	8,2
Сальск	-4,9	-4,2	1,0	9,7	16,9	20,7	23,8	23,0	16,8	9,7	2,8	-2,3	9,4

Таблица 1.3. Абсолютный максимум температуры воздуха, °С

Метеостанция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Котельниково	13	17	21	32	36	40	42	42	38	31	24	15	42
Островянский	13	17	27	32	34	38	40	40	37	32	25	15	40
Сальск	16	20	30	35	36	40	41	42	38	34	27	18	42

Таблица 1.4. Абсолютный минимум температуры воздуха, °С

Метеостанция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
--------------	---	----	-----	----	---	----	-----	------	----	---	----	-----	-----

Котельниково	-38	-37	-29	-12	-4	3	7	4	-5	-12	-32	-32	-38
Островянский	-34	-33	-30	-10	-3	1	8	5	-4	-10	-29	-31	-34
Сальск	-32	-34	-28	-11	-3	0	8	4	-5	-11	-29	-29	-34

Таблица 1.5. Дата первого и последнего заморозка и продолжительность безморозного периода

Метеостанция	Дата заморозка						Продолжительность		
	Последнего			Первого			Безморозного периода, дни		
	Средняя	Самая ранняя	Самая поздняя	Средняя	Самая ранняя	Самая поздняя	Средняя	Наименьшая	Наибольшая
Котельниково	18.03	13.03	14.05	8.10	13.09	11.11	172	125	204
Островянский	20.04			15.10			177		
Сальск	14.04	24.03	10.05	11.10	19.09	04.11	179	155	208

ОСАДКИ

Таблица 1.6. Среднее количество осадков, мм

Метеостанция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XI-III	IV-X	Год
Котельниково	50	48	46	39	42	55	48	44	30	44	45	48	237	302	539
Островянский	47	47	41	37	45	63	54	36	36	41	44	55	234	312	546
Сальск	47	46	41	42	50	58	53	39	36	41	40	60	234	329	563

Таблица 1.7. Месячное и годовое количество жидких (ж), твердых (т), и смешанных (с) осадков, мм

Метеостанция	Вид	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Котельниково	Ж	13	13	12	25	37	46	46	35	28	30	5	24	314
	Т	8	7	5	1							25	5	51
	С	7	6	12	7					1	5	7	12	57

СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ

Снежный покров появляется в середине ноября, разрушение снежного покрова происходит в середине марта. В среднем, суммарно за год наблюдается 65 дней со снежным покровом.

Средняя дата появления снежного покрова 29 ноября, образования устойчивого снежного покрова – 30 декабря, средняя дата разрушения снежного покрова 2 марта, схода 22 марта.

Таблица 1.8. Средняя декадная высота снежного покрова по постоянной рейке, см

Метеостанция	Мест ност	XI		XII			I			II			III			IV		Наибольшая		
		2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	ср.	макс	мин
Котельниково	Откр.	•	•	•	2	3	4	5	7	8	6	5	4	•	•	•	•	12	28	2
	Защ.	•	•	3	4	9	9	12	12	13	17	17	12	3	•	•	•	20	28	10

Примечание – Точка (•) обозначает, что снежный покров наблюдался менее чем в 50% зим.

Таблица 1.9. Даты появления и схода снежного покрова, образования и разрушения устойчивого снежного покрова

Метеостанция	Число дней со снежн. покр.	% зим с отсутств. устойчив. снеж. покр	Дата появления снежного покрова			Дата образования устойчивого снежного покрова			Дата разрушения устойчивого снежного покрова			Дата схода снежного покрова		
			средняя	ранняя	поздняя	средняя	ранняя	поздняя	средняя	ранняя	поздняя	средняя	ранняя	поздняя
Котельниково	76	20	25.11	11.10	29.12	25.12	16.11	-	4.03	-	4.04	23.03	26.02	13.04
Сальск	65	41	01.12	14.10	15.01	28.12	28.11	-	04.03	-	02.04	16.03	11.02	13.04

ВЕТЕР

Ветровой режим формируется под воздействием широтной циркуляции и местных физико-географических особенностей. В районе исследований

преобладающими являются ветры восточного направления. Повторяемость направлений ветра и штилей (%) приведены в таблице 1.10; розы ветров представлена на рисунках 1.6-1.8.

Таблица 1.10. Повторяемость направления ветра и штилей, %

МС Котельниково									
Месяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
I	4	8	28	20	6	12	14	8	2
II	3	7	31	20	8	11	12	8	2
III	5	9	28	18	6	11	13	10	2
IV	4	10	27	20	6	11	12	10	3
V	6	11	25	16	5	11	15	11	3
VI	9	10	17	12	5	12	19	16	5
VII	9	10	15	10	4	11	20	21	5
VIII	9	11	22	15	5	9	13	16	6
IX	7	9	22	16	5	11	15	15	7
X	6	7	20	18	6	13	17	13	5
XI	5	7	28	20	7	12	13	8	2
XII	3	6	27	21	8	13	14	8	2
Год	6	9	24	17	6	11	15	12	4

МС Островянский									
Месяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
I	4	6	28	21	5	9	24	3	1
II	5	7	24	19	7	7	24	7	2
III	6	11	25	12	5	11	20	9	2
IV	7	8	37	16	4	8	14	6	2
V	7	6	29	11	3	11	24	9	2
VI	9	10	19	15	4	11	20	12	3
VII	14	10	16	12	5	12	20	11	2
VIII	13	9	16	15	4	10	18	15	3
IX	12	8	16	18	5	10	20	11	2
X	6	8	23	19	3	12	22	7	2
XI	8	7	37	16	4	9	14	5	2
XII	3	5	27	29	11	7	14	4	1
Год	8	8	25	17	5	10	19	8	2

Сальск									
Месяц	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
I	5	13	34	11	4	15	15	3	10
II	4	13	37	12	5	11	15	3	10
III	8	16	30	9	4	12	15	6	10
IV	8	19	36	9	3	9	11	5	11
V	8	13	29	8	4	15	17	6	12
VI	12	14	22	9	5	13	16	9	14
VII	11	17	17	7	5	16	17	10	16
VIII	12	16	20	8	4	14	18	8	15
IX	12	14	26	9	4	13	14	8	21
X	8	13	29	11	4	12	16	7	18
XI	5	13	43	9	4	11	11	4	12
XII	6	12	36	13	5	12	13	3	12
Год	10	10	29	13	3	9	17	9	10

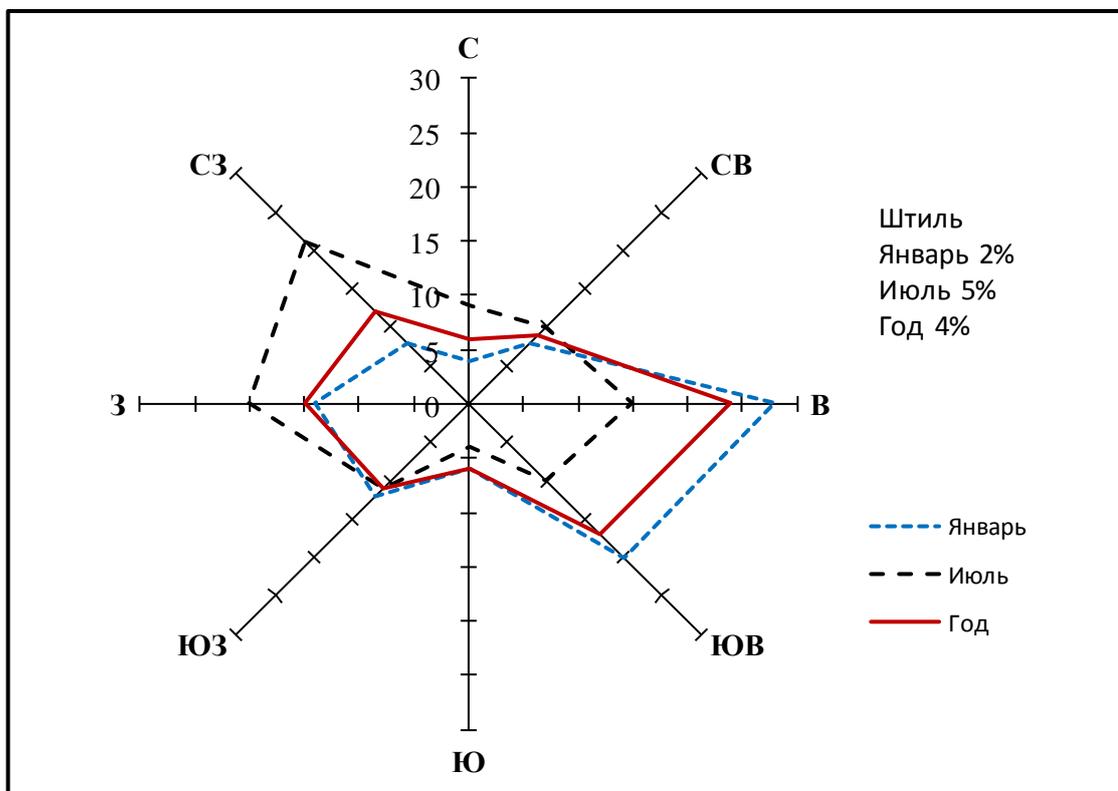


Рисунок 1.6 – Годовая и месячные розы ветров по МС Котельниково.

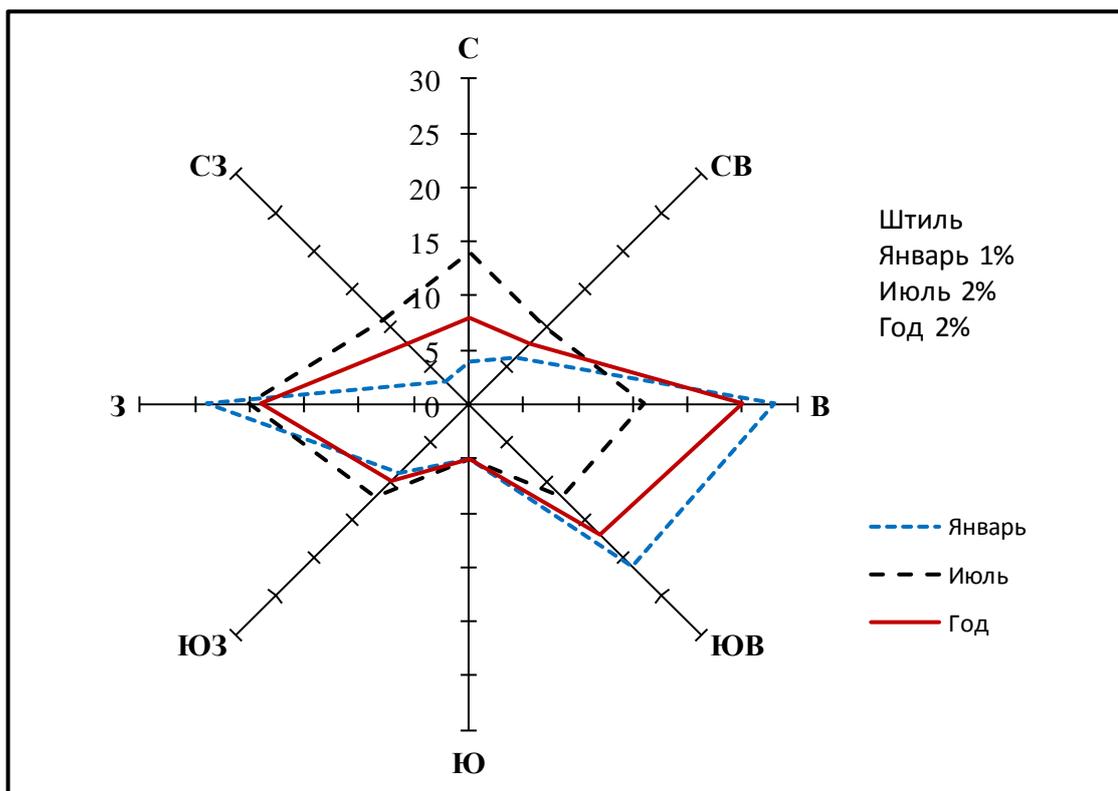


Рисунок 1.7 – Годовая и месячные розы ветров по МС Островянский.

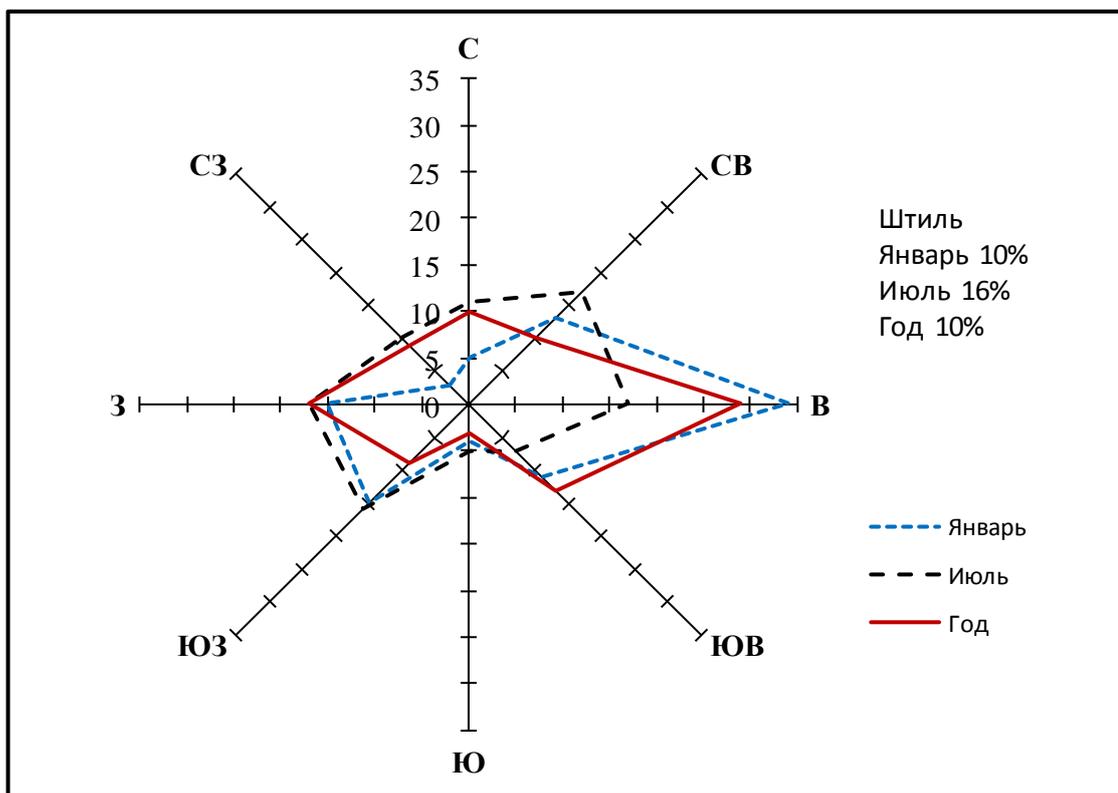


Рисунок 1.8 – Годовая и месячные розы ветров по МС Сальск.

Таблица 1.11. Средняя месячная и годовая скорость ветра, м/с

Метеостанция	Выс.фл.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Котельниково	8,6	4,2	4,5	4,3	4,1	3,7	3,3	3,1	3,0	3,0	3,4	4,0	4,3	3,7
Островянский	11	5,4	5,9	5,5	5,4	4,7	3,9	4,0	3,9	4,0	4,6	5,9	5,2	4,9
Сальск	13	4,2	4,9	4,6	4,3	3,5	3,0	2,9	2,9	2,8	3,2	4,7	4,0	3,8

Таблица 1.12. Среднее число дней с сильным ветром (≥ 15 м/с)

Метеостанция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
Котельниково	1,1	8,5	9,7	10,5	8,6	6,4	5,6	5,6	5,7	7,4	7,2	8,1	9,1
Сальск	1,4	2,8	2,4	2,2	1,4	1,1	0,9	1,3	0,9	0,6	1,7	1,2	18

2. ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МАКСИМАЛЬНОГО ВЕСЕННЕГО СТОКА НА РЕКАХ ДОНСКОГО БАССЕЙНА

2.1 Основные черты водного режима рек.

В условиях Донского района источником питания рек в основном являются талые снеговые воды, несмотря на то, что наибольшее количество осадков выпадает летом. Однако последние не оказывают, существенного влияния на поверхностный сток вследствие большой сухости почв в летнее время и значительного испарения, особенно в юго-восточной части Донского района.

Зимнее снегонакопление обеспечивает обильную отдачу воды, формирующую в случае достаточно сильного промерзания почвы (закупорки ее пор льдом) достаточно высокое и продолжительное весеннее половодье, в течение которого проходит преобладающая часть годового стока. В отдельные же теплые зимы со слабым промерзанием (льдистостью) почвы объем стока весеннего половодья значительно, уменьшается. Иногда (1955, 1957, 1966, 1969, 1970 гг.) сток талых вод происходит, преимущественно в период оттепелей.

Сроки прохождения наибольшего стока в одни и те же годы на разных реках рассматриваемой территории сдвигаются с февраля на март и апрель в зависимости от широтной зональности. Подъем уровня на реках обычно начинается за 5—10 дней до момента вскрытия. Начало половодья на реках южной части района в среднем относится ко второй половине февраля, на северных реках — к третьей декаде марта.

Максимальные уровни чаще всего наблюдаются в конце марта — начале апреля и на больших реках (Дону, Воронеже, Хопре, Медведице) превышают предпаводочный уровень на 4,0-7,0 м, а на средних и малых водотоках на 2,0-

6,0 м. В годы с исключительно высоким половодьем подъемы уровня воды достигают 9,0-10 м (на больших) и 3,0-4,5 м (на средних и малых реках).

Спад половодья на средних и малых реках обычно заканчивается в южной части территорий в конце марта, первой — второй декадах апреля, в северной же ее части — в третьей декаде апреля. На больших реках он отодвигается соответственно на середину (на юге) и конец мая, иногда начало июня (на севере).

Интенсивность спада половодья значительно меньше интенсивности его подъема и в среднем составляет 5-10 см. в сутки, и только в отдельные годы 20-25 см в сутки.

Летом, чаще всего к июню, на реках устанавливается устойчивая межень с низкими уровнями воды. В годы с дружным половодьем межень может наступить в начале мая, а в годы с очень затяжным половодьем — в июле. На Дону и его крупных притоках — Хопре, Медведице — начало летней межени обычно сдвигается на конец июня — начало июля. Общий фон межени изредка нарушается 2-3 небольшими и кратковременными (2-5 дней) дождливыми паводками, наблюдающимися в июне — июле. Но при сильных ливневых дождях паводки могут достигать высоты 1-2 м над предпаводочным уровнем воды, на р. Дон (до впадения р. Воронежа) даже 2,5-3,5 м.

Наиболее низкие уровни во время летней межени приходятся на август — сентябрь, а на некоторых реках — на июль. Отдельные водотоки, врезы русел которых не достигают уровня грунтовых вод, летом нередко пересыхают.

Продолжительность межени теплой части года на средних и малых водотоках составляет от 90-100 до 175-180 дней, на крупных реках — Хопре, Медведице — 80-120 дней (с небольшими перерывами во время дождевых паводков). На реках южной, юго-восточной частях территории эта межень длится 200-250 дней.

В октябре, реже ноябре на реках начинается плавный и медленный подъем уровня с максимумом до 0,3-0,5 м над предшествующим низким уровнем, наблюдающимся в конце осени — начале зимы

Зимняя межень на малых водотоках устанавливается в конце ноября — начале декабря, на Дону и его крупных притоках — Хопре, Медведице — в первой декаде декабря. Продолжительность ее от 60-70 до 120-130 дней (с перерывами в периоды оттепелей).

После образования ледостава уровни воды на реках опять начинают спадать до минимума в конце декабря — начале января. Однако зимние низкие уровни обычно выше предельно низких летних. Некоторые водотоки зимой промерзают.

Ледостав на малых и средних реках западной части территории обычно устанавливается в третьей декаде ноября, в восточной части — во второй декаде этого месяца, а на юге — в первой декаде декабря. Продолжительность периода ледостава увеличивается с юго-запада на северо-восток и, кроме того, зависит от характера зимы. В среднем она составляет 47-150 дней, в наиболее суровые зимы увеличивается до 180 дней, а в теплые зимы сокращается до 20 дней; некоторые реки, в такие зимы совсем не замерзают.

Средний годовой сток на рассматриваемой территории изменяется в основном в широтном направлении, значительно уменьшаясь с севера на юг, хотя в отдельных ее частях отмечаются повышения или понижения его значений, обусловленные характером форм рельефа.

Распределение стока рек по сезонам года в пределах Донского района почти повсеместно крайне неравномерно. Доля годового стока в весенний период составляет 70-90% и только в бассейне р.Тузлов — около 50%, в летне-осенний и зимний периоды большей частью 10-20%, кроме указанного выше водосбора р.Тузлов.

Месяцем с наибольшим объемом стока в северной части района является апрель, в южной части — март, а месяцем с наименьшим стоком — соответственно сентябрь и декабрь.

2.2 Характер весеннего половодья

На реках рассматриваемого района характер половодья весьма различен. Вследствие своего географического положения и распределения зимних и весенних температур воздуха, реки бассейна Дона протекают в условиях неустойчивого зимнего режима, со свойственными для него неоднократными оттепелями, что приводит к таянию снега и формированию отдельных волн половодья различной высоты и интенсивности. Благодаря такому периодическому зимнему стаиванию снега весной нередко формируется относительно невысокое половодье, которое по величине максимального расхода может значительно уступать февральской и даже январской волнам половодья.

Зимние волны половодья, как правило, обуславливаются преимущественно снеготаянием и по своему генезису вряд ли могут отличаться от собственно весенней, мартовской, волны половодья. Доля жидких осадков в формировании отдельных волн половодья в большинстве случаев незначительна.

Области распространения зимних оттепелей могут быть различными по территории и колебаться в весьма широких пределах во времени. В соответствии с этим от года к году изменяется характер половодья, его расчлененность, число отдельных изолированных волн и приуроченность максимального расхода к тому или иному календарному месяцу. Так, например, в 1955 году, как январское, так и февральское потепления охватили почти весь бассейн Дона, исключая его незначительную северную часть, а в 1960 году январское потепление распространилось только на самую южную, февральское же — на юго-западную части бассейна. В соответствии с этим в 1955 году в южной части района максимальный расход воды наблюдался в январе (р.Чир), в средней — январский максимальный расход значительно уступает, февральскому (р. Подгорная), в северо-западной — январские и февральские волны значительно меньше мартовской. В самой северной части бассейна, не охваченной январскими и февральскими оттепелями, половодье имеет

стройную одновершинную форму и приурочено к концу марта — началу апреля (р.Красивая Меча).

Верховья Дона, левобережные притоки рек, Сосны, Воронежа, верховья рек Хопра и Вороны находятся в условиях относительно устойчивого, лишь иногда прерываемого кратковременными оттепелями зимнего режима, но эти потепления, как правило, не приводят к значительному поверхностному стоку. Твердые зимние, осадки в указанных частях территории постепенно накапливаются вплоть до весны, а снеготаяние начинается лишь с устойчивым весенним переходом отрицательных температур к положительным температурам воздуха. Половодье здесь выражено обычно одной мартовской или апрельской волной.

Средние сроки начала половодья в пределах Донского района колеблются в широких пределах. На юге района половодье обычно наступает во второй половине февраля, в средней его части — в первой половине марта, в северной — в конце марта. В отдельные годы оно может начаться в январе текущего и даже в декабре предыдущего года, либо запоздать вплоть до середины апреля.

Конец половодья на реках южной части района, наблюдается в среднем в конце марта — начале апреля, а на средних и малых водотоках северной его части — во второй половине апреля. На крупных реках, в частности на Дону, половодье может затянуться в среднем до середины мая и даже до начала июня. В отдельные годы ранние сроки окончания половодья на южных реках отмечены в феврале, на северных — в конце марта. Поздние сроки окончания половодья на средних и малых реках относятся к концу апреля, началу мая, а на Дону — даже к концу июня.

На режим половодья Дона большое влияние оказывают его значительные притоки, особенно реки Воронеж и Хопер, отличающиеся большой водностью. Объем воды за половодье р. Воронежа составляет в среднем 72% соответствующего объема стока Дона у г.Задонск (до впадения р. Воронежа), а в отдельные годы 100% (1948, 63, 68 гг.) и даже 155% (1961 г.). Водность р.Хопер в период половодья по отношению к водности Дона у станицы

Казанской (до впадения р.Хопра) в среднем равна 67% при ее колебаниях от 25% (1952 г.) до 178% (1963 г.). Меньшим объемом стока обладает р.Медведица. Ее относительная водность в период половодья изменяется от 4% (1954,1969 гг.) до 25% (1955 г.), составляя в среднем 12% объема воды за половодье р. Дона у х. Хованского.

Наибольшие расходы воды р.Дона резко возрастают при слиянии с первым большим притоком — р.Воронежом; затем происходит небольшое снижение максимальных расходов Дона вследствие трансформации и распластывания волны половодья.

За последние 100 лет на реках бассейна р.Дона наблюдался ряд очень высоких половодий. На Дону у г.Георгиу-Деж наиболее высоким было половодье, отмеченное в 1888 г., вероятность превышения (обеспеченность) которого составила 0,8%. В верховьях Дона, на р.Сосне и ее левобережных притоках очень большим было также половодье 1970 г., тогда как на правобережных притоках). Сосны за последние 40 лет наибольший расход воды наблюдался в 1953 г. Вообще же распределение наибольших расходов высоких половодий и их обеспеченностей в пределах рассматриваемой территории весьма разнообразно.

3. СБОР, АНАЛИЗ И СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

В качестве исходных данных использовались ряды максимальных срочных расходов воды весеннего половодья по 126 постам рек Донского района. Ряды представлены до 1980 года включительно. Так же отмечу, что для трех из четырех тестовых бассейнов имеется данные и за современный период (р.Ташла – наблюдения до 2010 г., р.Средний Егорлык – наблюдения до 2010 г., река Аксай Есауловский – наблюдения до 2004 г.). Распределение рядов по продолжительности представлено в таблице 3.1.

Схема расположения гидрологических постов представлена на рисунке 3.1.

Таблица 3.1 – Распределение постов по продолжительности рядов наблюдений

Продолжительность рядов, лет	$n \leq 60$	$60 < n \leq 70$	$70 < n \leq 80$	$80 < n \leq 90$	$n > 90$	всего
Количество	90	17	5	1	3	126

Таблица 3.2 – Распределение постов по градациям площадей водосборов

Диапазон площадей водосборов, км ²	$F \leq 200$	$200 < F \leq 1000$	$1000 < F \leq 5000$	$5000 < F \leq 10000$	$F > 10000$
Количество	5	31	17	7	9

3.1 ПРИВЕДЕНИЕ КОРОТКИХ РЯДОВ К МНОГОЛЕТНЕМУ ПЕРИОДУ

На первом этапе работ проводилось приведение коротких рядов наблюдений к многолетнему периоду с использованием продолжительных рядов по рекам-аналогам. Выбор рек аналогов осуществлялся в соответствии с требованиями СП 33-101-2003.

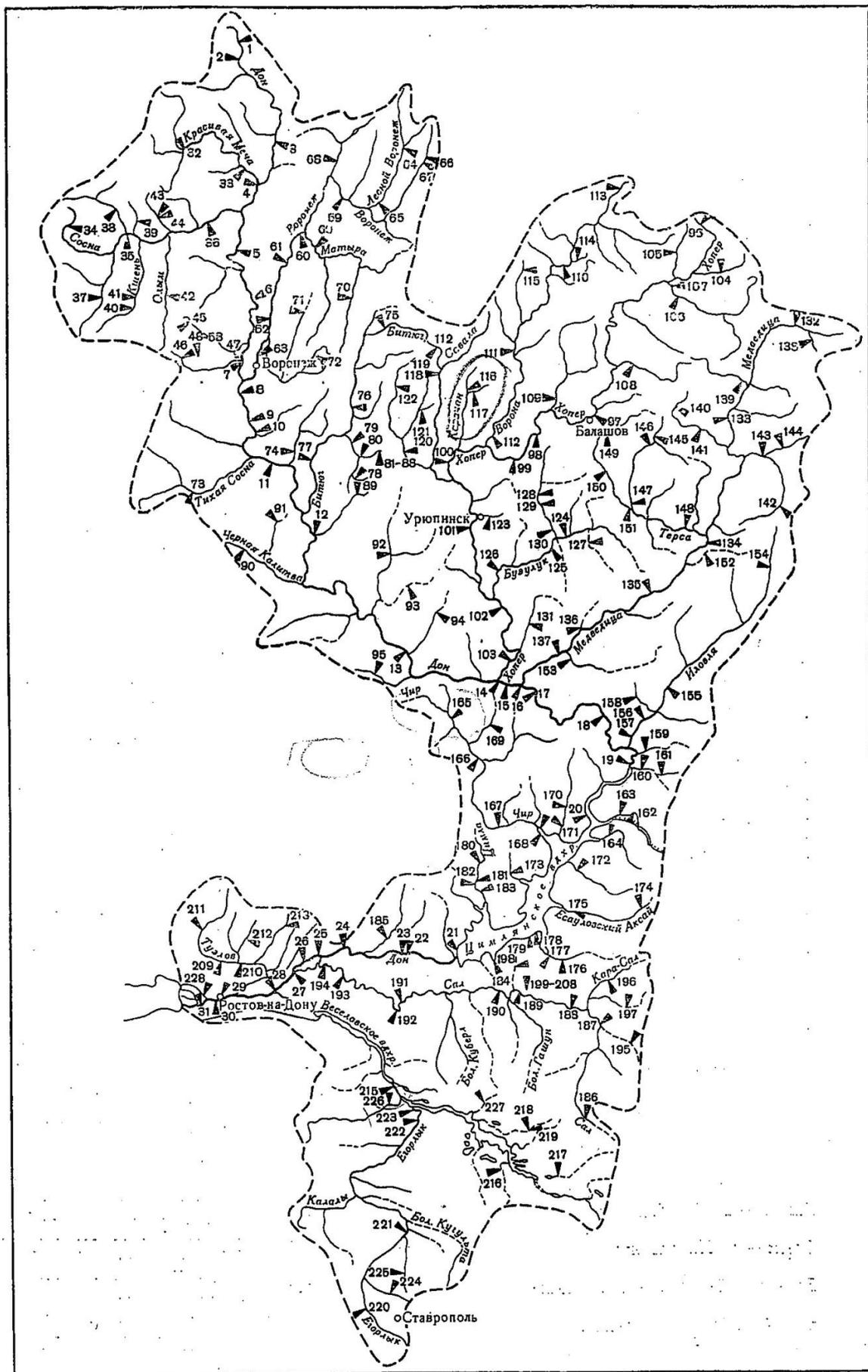


Рис. 3.1 Схема расположения гидрологических постов Донского района

Уравнение регрессии принималось в качестве расчетного если выполнялись следующие условия:

$$n \geq 6; \quad |R| \geq 0,7; \quad \frac{R}{\sigma_R} \geq 2; \quad \frac{a}{\sigma_a} \geq 2, \quad (3.1)$$

где n – длина совместного периода наблюдений на расчетной реке и реке-аналоге;

R – коэффициент корреляции;

σ_R – среднеквадратическая погрешность коэффициента корреляции;

σ_a – среднеквадратическая погрешность коэффициента регрессии.

Для погодичного восстановления рядов в случае одного аналога использовались следующие формулы:

$$\tilde{Q}_i = a Q_{i,a} + b \quad (3.2)$$

$$Q_i = \frac{\tilde{Q}_i - \bar{Q}_n}{R} + \bar{Q}_n \quad (3.3)$$

где \tilde{Q}_i – значения максимальных расходов весеннего половодья расчетной реки, полученные по уравнению регрессии;

Q_i – значения максимальных расходов весеннего половодья, с поправкой на систематическое преуменьшение дисперсии у восстановленной части ряда;

$Q_{i,a}$ – значения максимальных расходов весеннего половодья реки-аналога;

a – коэффициент регрессии расчетного уравнения;

b – свободный член расчетного уравнения;

R – коэффициент корреляции.

Дополнялись и приводились к многолетнему периоду в общей сложности 93 ряда. Ниже приведу два ярких примера графиков связи с хорошей корреляцией. Уравнения связи гидрологических рядов и величины достоверности аппроксимации помещены в Приложении В.

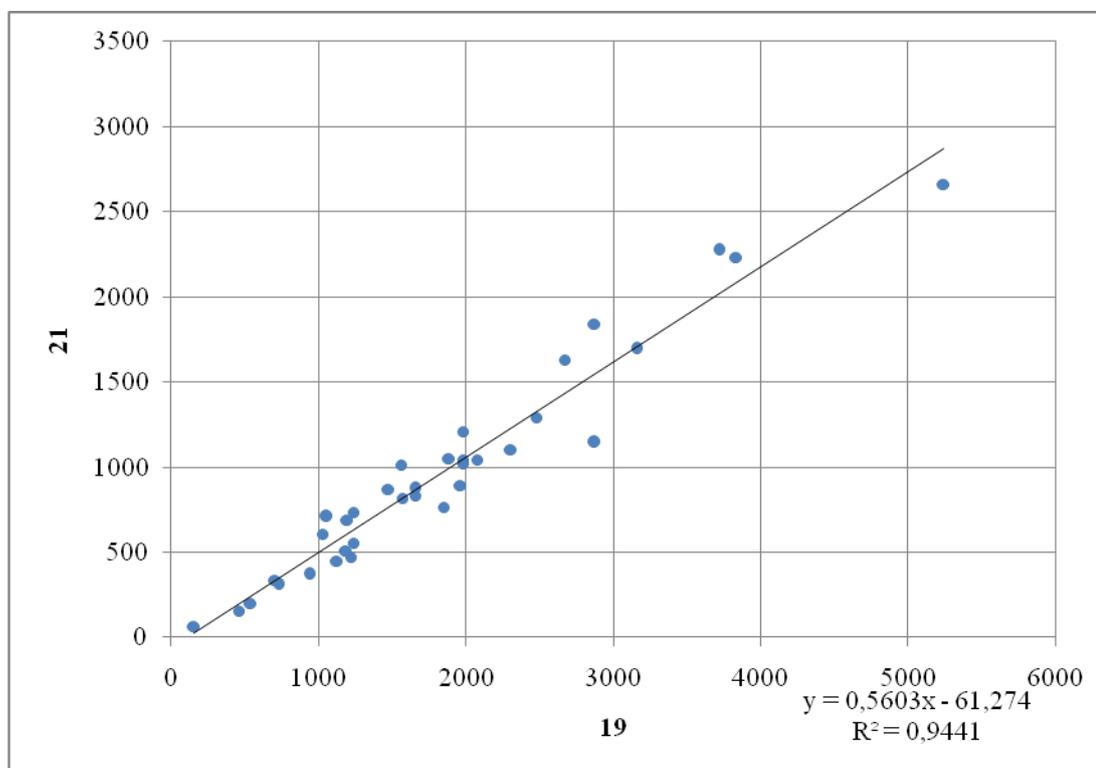


Рис. 3.2. График связи максимальных расходов весеннего половодья расчетной реки (р.Сосна – слобода Беломестная) и реки аналога (р.Сосна – г.Елец)

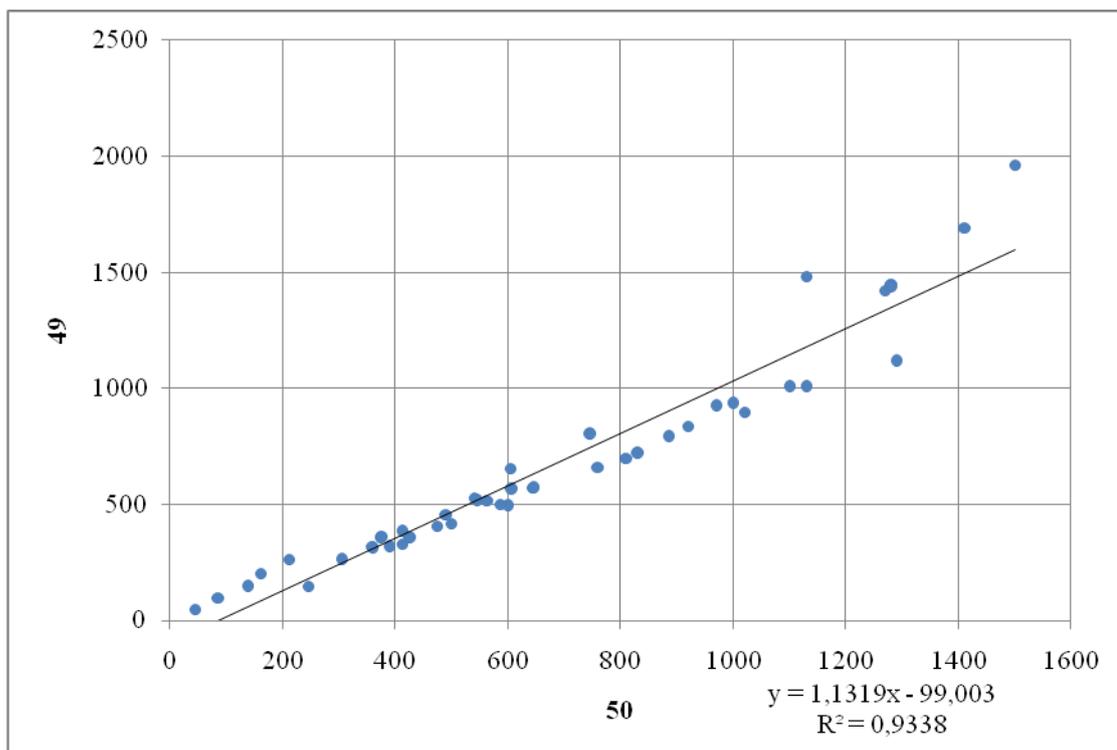


Рис. 3.3. График связи максимальных расходов весеннего половодья расчетной реки (р.Медведица – станция Арчединская) и реки аналога (р.Медведица – хутор Красный)

3.2 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:

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

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 [5], 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 выполнялись условие:

$$F^* < F_{2\alpha}, \quad (3.5)$$

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

$$t^* = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S} \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}} \quad (3.6)$$

где \bar{x}_1, \bar{x}_2 – средние значения по первой и второй частям анализируемого ряда;

σ_1, σ_2 – среднеквадратические отклонения по первой и второй частям ряда;

S – стандартное отклонение разности $(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)$, определяемое по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \quad (3.7)$$

Критическое значение статистики Стьюдента определялось по таблицам, опубликованным в [5], 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 выполнялись условие:

$$|t^*| < t_{2\alpha}, \quad (3.8)$$

Результаты проверки рядов на однородности помещены в Приложение Г.

Проверка рядов показала, что значимое число выборок имеет неоднородность. Генетическую – связанную с потеплением климата. Для разных частей региона переломный момент в условиях формирования стока наступает в разное время. Вторая причина – это антропогенное воздействие (регулирование и переброска стока), так как на вторую половину 20 века пришелся «бум» гидротехнического строительства.

Таблица 3.3 Результаты проверки на однородность рядов максимальных расходов весеннего половодья рек Донского Района

Общее число случаев	Число случаев опровержения гипотезы об однородности			
	по критерию Фишера		по критерию Стьюдента	
	абсолютное	относительное, %	абсолютное	относительное, %

109	55	50	29	27
-----	----	----	----	----

3.3 РАСЧЕТ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ И МОДУЛЕЙ СТОКА ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ

Расчет оценок параметров распределения производился методом моментов. Ниже представлены основные расчетные формулы.

Среднее значение

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad (3.11)$$

коэффициент вариации

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n - 1}} \quad (3.12)$$

коэффициент асимметрии

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (k_i - 1)^3}{(n - 1)(n - 2)C_v^3} \quad (3.13)$$

относительная погрешность среднего значения

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{1+r}{1-r}} 100\% \quad (3.14)$$

относительная погрешность коэффициента вариации

$$\sigma_{C_v} = \frac{1}{n + 4C_v^2} \sqrt{\frac{n(1 + C_v^2)}{2} \left(1 + \frac{3C_v r^2}{1+r}\right)} 100\% \quad (3.15)$$

относительная погрешность коэффициента асимметрии

$$\varepsilon_{c_s} = \frac{1}{C_s} \sqrt{(6/n)(1 + 6C_v^2 + 5C_v^4)} \cdot 100\% \quad (3.16)$$

Основные статистические характеристики рядов максимальных расходов и модулей стока весеннего половодья представлены в Приложении Б.

Таблица 3.4 Средние и характерные значения статистических характеристик максимальных модулей стока весеннего половодья для Донского района.

Количество рядов	Средний расход, л/с км ²			Коэффициент вариации			Cs/Cv
	max	min	среднее	max	min	среднее	среднее
109	166,5	14,3	78,9	0,97	0,18	0,40	2,14

Как видно из таблицы 3.3 значение среднего модуля максимального стока талых вод колеблется в пределах исследуемой территории от 15 до 40 л/с км² на реках, имеющих площадь водосбора в несколько десятков тысяч квадратных километров до 100 - 150 л/с км² - на некоторых малых реках.

Значение коэффициента вариации (Cv) изменяется от 0,18 - 0,22 (на наиболее крупных реках) до 0,6 (руч. Рая-оя – пос. Дружноселье) и в среднем по территории составляет 0,40.

Среднее значение Cs/Cv для исследуемого района равно 2,14.

4. РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК МАКСИМАЛЬНОГО ВЕСЕННЕГО СТОКА РЕК БАССЕЙНА НИЖНЕГО ДОНА

4.1 Особенности гидрометеорологических условий в бассейне Нижнего Дона

Отработка методики расчета максимального стока весеннего половодья выполнена на примере рек бассейна Нижнего Дона. В качестве тестовых створов выбраны четыре поста, данные о которых представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Основные характеристики гидрологических постов

Река	Створ	$F, 2$ км	$f_{оз},$ %	$f_{лес},$ %	$f_{бол},$ %	Открыт	Закрыт
Сал	х. Моисеев	10600	1	2	0	01.08.1950	15.12.1976
Аксай Есауловский	х. Водянский	2110	0	3	0	27.10.1925	Действует
Ташла	с. Донское	428	1	4	0	01.12.1938	Действует
Егорлык	с. Новый Егорлык	14600	0	3	0	01.08.1978	Действует

Оценка основных элементов климата выполнена на основании климатических характеристик по метеостанциям Волгоградской области (Котельниково) и Ростовской области (Островянский, Сальск).

Оценка многолетних колебаний метеорологических характеристик выполнена по метеостанции Гигант (Ростовская область).

Схема расположения метеостанций представлена на рисунке 4.1.



Рисунок 4.1. Схема расположения метеостанций и гидрологических постов.

Особенностью рассматриваемой территории является большая изменчивость температуры и осадков. Так например, по метеостанции Котельниково среднемесячная температура воздуха за ноябрь равна $+1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$, при этом абсолютный максимум равен $+24\text{ }^{\circ}\text{C}$, а абсолютный минимум $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рисунок 4.2).

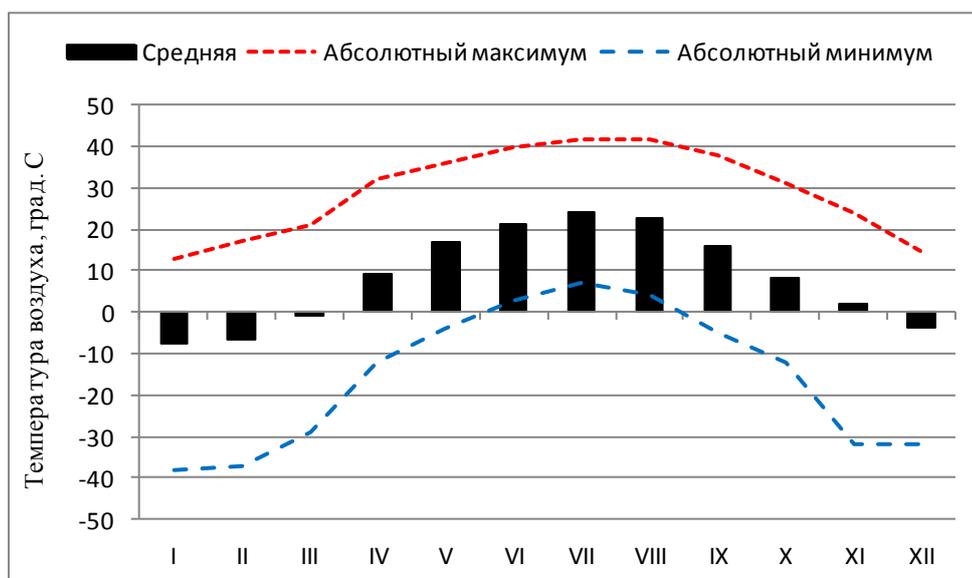


Рисунок 4.2 – Месячные температуры воздуха м/с Котельниково.

Доля твердых осадков от годовой суммы не велика и в среднем составляет около 15%, доля смешанных осадков – около 25% (рисунок 4.3). Однако в отдельные годы эти величины могут быть в два раза больше или наоборот существенно меньше нормы.

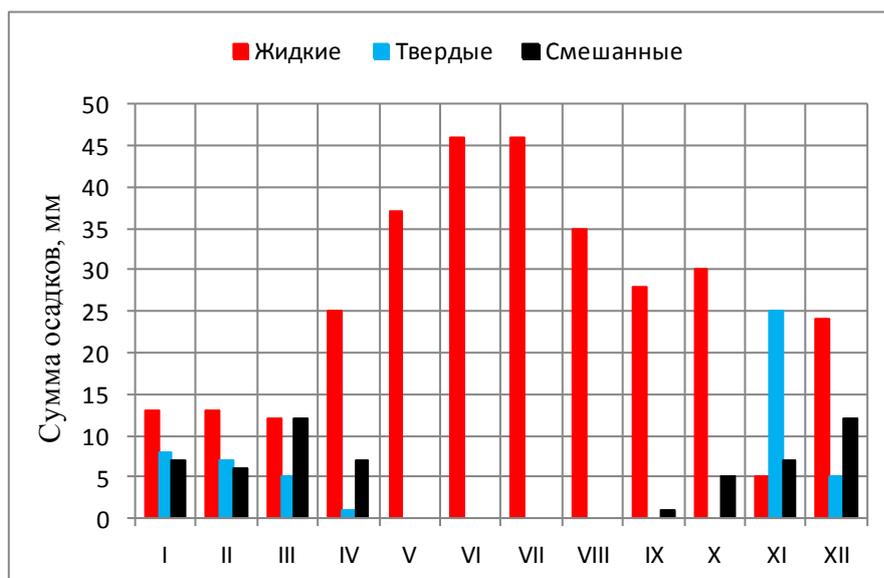


Рисунок 4.3 – Среднемесячные суммы осадков м/с Котельниково.

Большая изменчивость метеоэлементов порождает высокую изменчивость максимальных расходов и слоев половодья. Поэтому для района исследований характерна высокая вариация этих характеристик, которая является следствием генетической неоднородности рядов. Максимумы половодья за отдельные годы могут различаться в сотни раз.

Анализ многолетних колебаний среднегодовых температур воздуха показал, что в рядах всех метеостанций присутствует значимый тренд на повышение (рисунки 4.4-4.5). При этом наиболее интенсивный рост прослеживается, начиная с середины 90-х годов XX века.

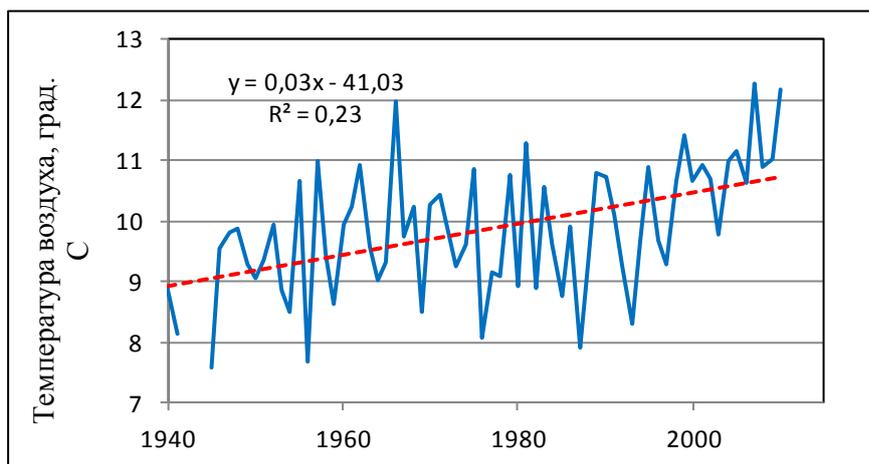


Рисунок 4.4 – Среднегодовая температура воздуха; м/с Гигант; пунктир – линейный тренд.

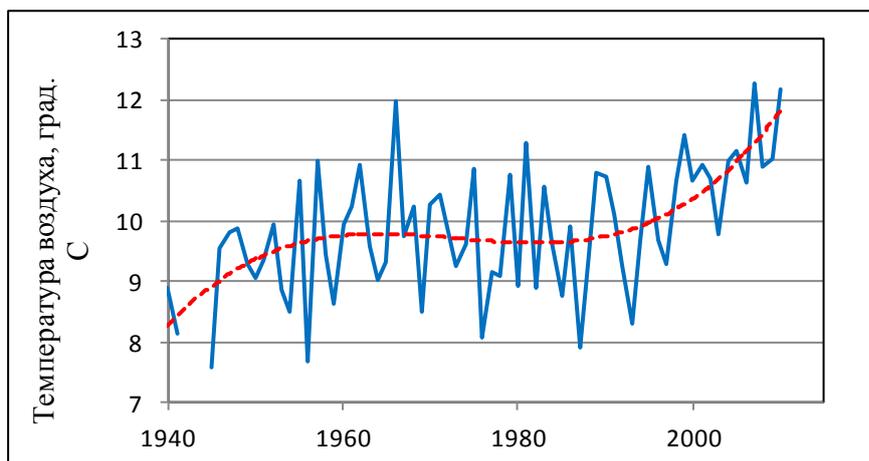


Рисунок 4.5 – Среднегодовая температура воздуха; м/с Гигант; пунктир – аппроксимация тренда кубическим сплайном.

Как видно на разностной интегральной кривой, дата перелома приходится примерно на 1997 год (рисунок 4.6).

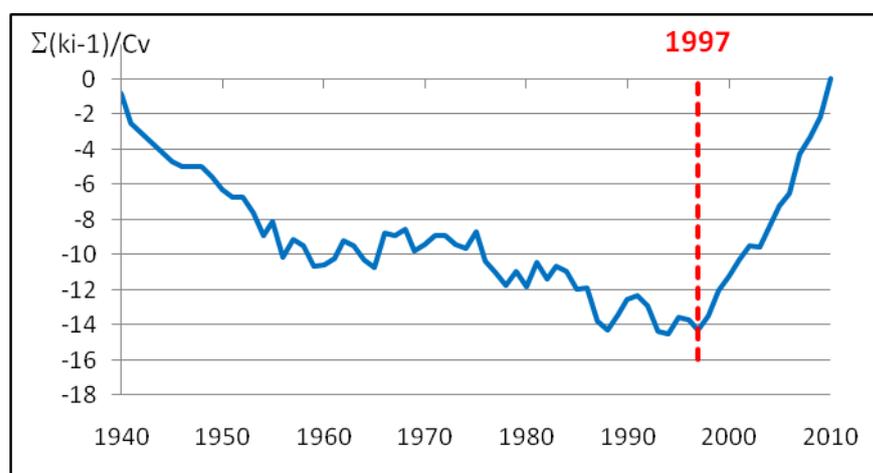


Рисунок 4.6 – Разностная интегральная кривая среднегодовой температуры воздуха; м/с Гигант.

Увеличение среднегодовых температур произошло главным образом за счет потепления зим. Что в свою очередь повлекло увеличение оттепелей и снижению весеннего стока.

В рядах годовых сумм осадков тренд выражен слабо, но начиная с середины 90-х годов, наблюдается их небольшое понижение (рисунок 4.7).

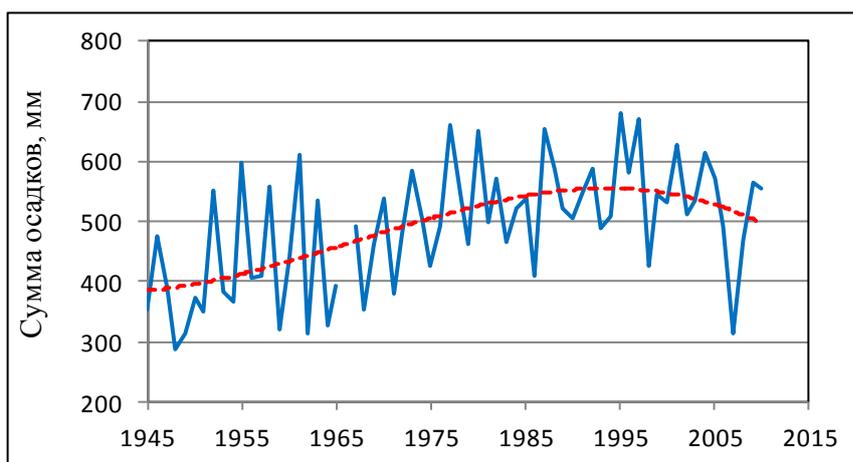


Рисунок 4.7 – Годовые суммы осадков; м/с Гигант; пунктир – аппроксимация тренда кубическим сплайном.

4.2 Расчет максимальных расходов при неоднородности гидрологических рядов

Как показал анализ, ряды максимальных расходов весеннего половодья многих рек исследуемого региона являются генетически неоднородными. Дополнительная причина неоднородности наличие климатических трендов. В этом случае СП 33-101-2003 допускает использовать усеченные кривые обеспеченностей. Свод правил рекомендует использовать усеченную кривую двухпараметрического гамма-распределения.

В настоящей работе помимо гамма-распределения при построении усеченных кривых использовалось распределение Гумбеля.

В рамках этого подхода верхняя часть кривой обеспеченностей аппроксимируется распределением Гумбеля, функция обеспеченностей которого определяется выражением:

$$P(x) = 1 - \exp[-\exp(-y)] \quad (4.1)$$

где $y = (x - \mu)/\lambda$; – мода случайной величины X ; λ – параметр масштаба.

Из (4.1) следует:

$$x_p = \lambda g_p + \mu \quad (4.2)$$

где $g_p = -\ln[-\ln(1 - P)]$; P – обеспеченность в долях единицы.

Таким образом, если выборка описывается распределением Гумбеля, то зависимость между x_p и g_p является линейной и параметры λ и μ легко находятся методом наименьших квадратов.

Выполненный анализ показал, что для створов р. Аксай Есауловский – х.Водянский и р.Ташла – с.Донское наилучшее соответствие с эмпирическими точками имеет усеченная кривая гамма-распределения (рисунки 4.8 - 4.9), а для створов Егорлык – с. Новый Егорлык и р.Сал – х.Моисеев – усеченная кривая Гумбеля (рисунки 4.10-4.11).

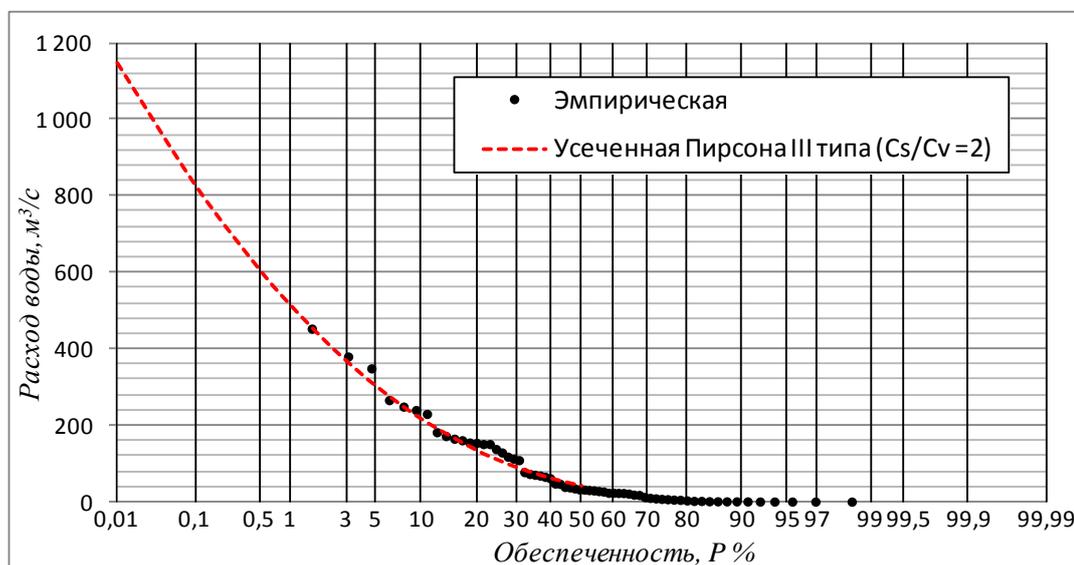


Рисунок 4.8 – Эмпирическая и аналитическая кривые обеспеченностей р. Аксай Есауловский – х. Водянский.

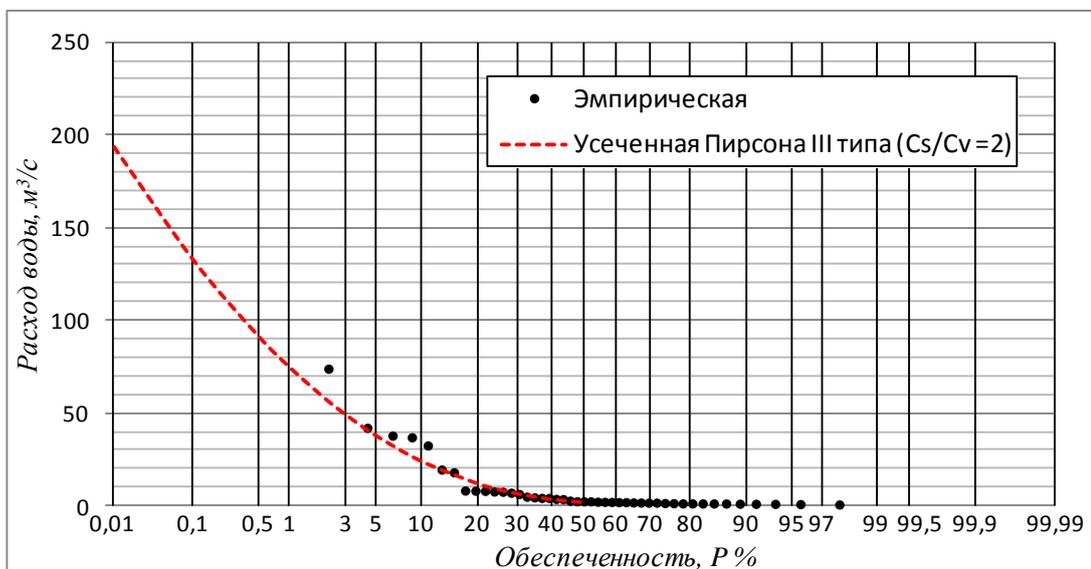


Рис. 4.9. Эмпирическая и аналитическая кривые обеспеченностей р.Ташла – с.Донское

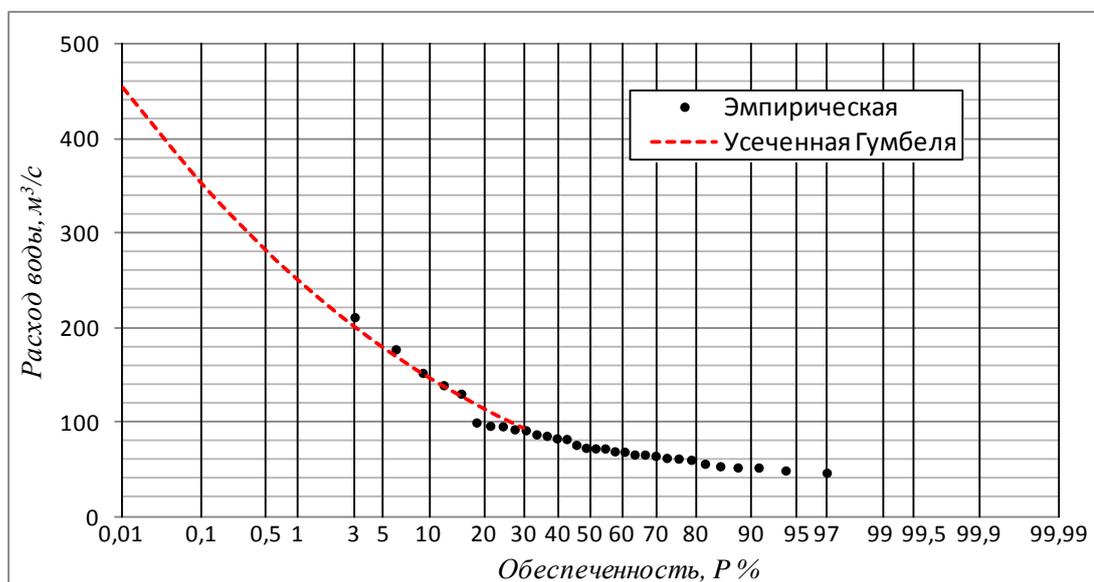


Рис. 4.10. Эмпирическая и аналитическая кривые обеспеченностей р.Средний Егорлык – с.Новый Егорлык

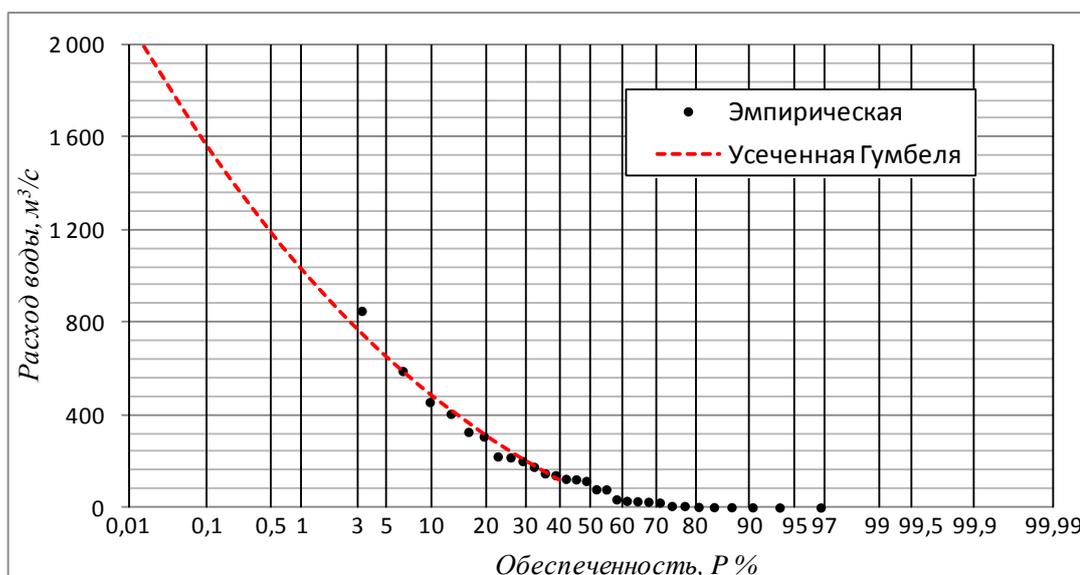


Рисунок 4.11 Эмпирическая и аналитическая кривые обеспеченностей р.Сал – станица Батлаевская

4.3 Оценка коэффициентов, характеризующих дружность весеннего половодья.

С использованием полученных статистических характеристик были рассчитаны коэффициенты редуцированной формулы K_0 :

$$k_0 = \frac{q_{1\%} (F + F_1)^n}{h_{1\%} \delta \delta_1 \delta_2} \quad (4.3)$$

Таблица 4.2 – Расчет параметра K_0

Река - створ	$F, \text{ км}^2$	$Q_{1\%}, \text{ м}^3/\text{с}$	$h_{1\%}, \text{ мм}$	$\frac{q_{1\%}}{\text{м}^3/\text{с км}^2}$	δ	δ_1	δ_2	K_0
Аксай Есауловский – х. Водянский	2110	511	125	0,242	1	1	1	0,028
Ташла – с. Донское	428	74,7	43	0,175	1	0,80	1	0,043
Егорлык – с. Новый Егорлык	14600	250	38	0,017	1	0,77	1	0,017
Сал – х. Моисеев	10600	1031	67	0,097	1	0,80	1	0,046

Среднее 0,133 0,034

Максимум 0,242 0,046

Минимум

0,017

0,017

5. ИЗМЕНЕНИЕ РЕЖИМА РЕКИ ДОН ПОД ВЛИЯНИЕМ ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

5.1 Влияние Цимлянского водохранилища на уровенный режим реки Дон

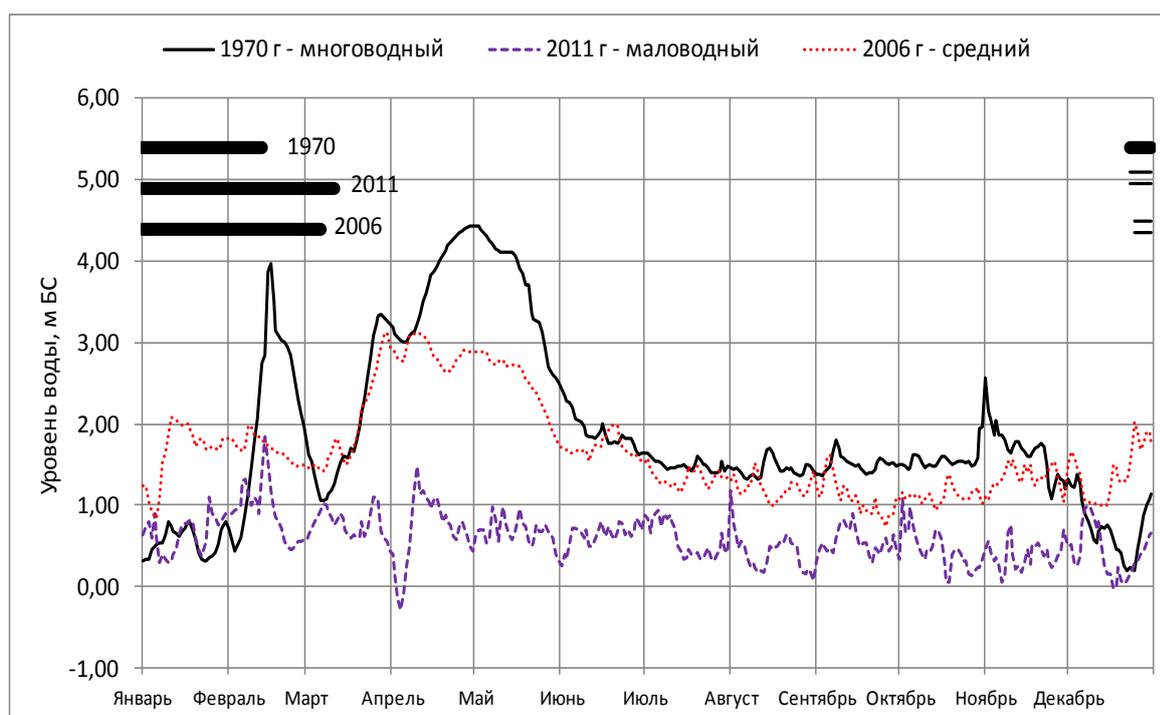


Рисунок 5.12. График хода уровней воды на реке Дон – пост пгт Багаевский Для маловодного (2011), многоводного (1970) и среднего по водности (2006) лет.

Для оценки влияния Цимлянского водохранилища на режим реки Дон использовались ряды максимальных уровней воды за весь период наблюдений по трем водомерным постам (таблица 5.1).

Таблица 5.1 – Основные гидрографические характеристики в расчетных створах реки Дон

№ по МДС	Название водного объекта	Название (местоположение) поста	A км ²	Расстояние от устья до поста, км	$f_{оз}$, %	f_b , %	f_l , %	Дата открытия поста	Дата закрытия поста
20	р. Дон	ст-ца Мелиховская	372000	140			<5	13.08.1881	1.04.98
21	р. Дон	х. Багаевский	378000	112			<5	14.10.1904	Действ.
22	р. Дон	ст-ца	416000	76			<5	19.10.1904	Действ.

Водомерные посты станица Мелиховская и х Багаевский расположены выше проектируемого створа 51,6 км и 23,6 км соответственно, а водомерный пост станица Старочеркасская – ниже проектируемого створа 12,4 км.

Учитывая, что в 1952 году, после пуска в эксплуатацию Цимлянского водохранилища гидрологический режим в нижней части реки Дон претерпел серьёзные изменения, выполнен анализ однородности рядов. Анализ показал, что ряды уровней являются неоднородными.

Дата нарушения условий однородности была определена с использованием интегральных кривых представленных на рисунках 5.1 - 5.3.

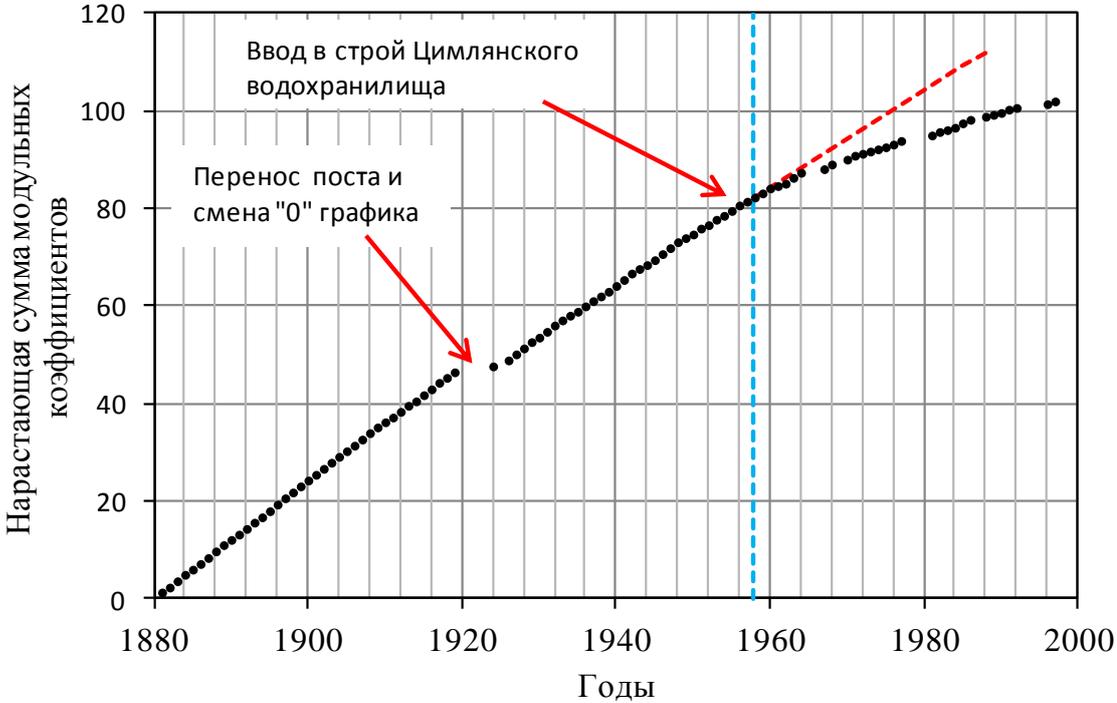


Рис.5.1 Интегральная кривая максимальных уровней воды; р. Дон – с. Мелиховская

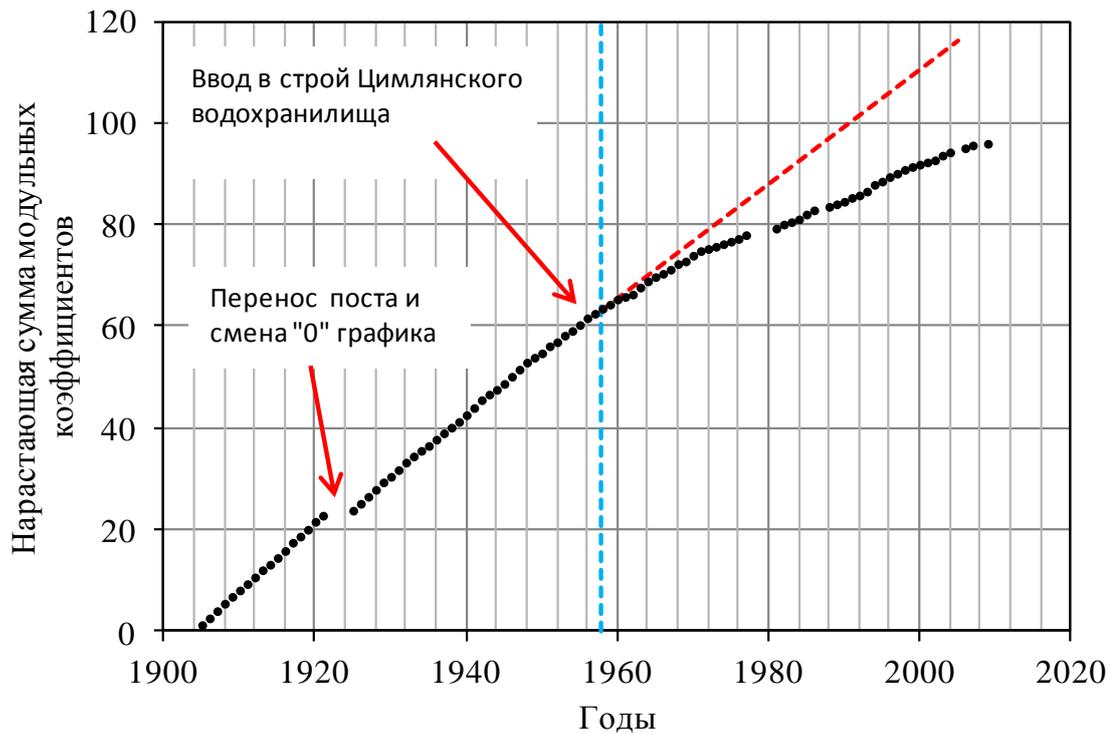


Рис 5.2 Интегральная кривая максимальных уровней воды р.Дон – х.Багаевский

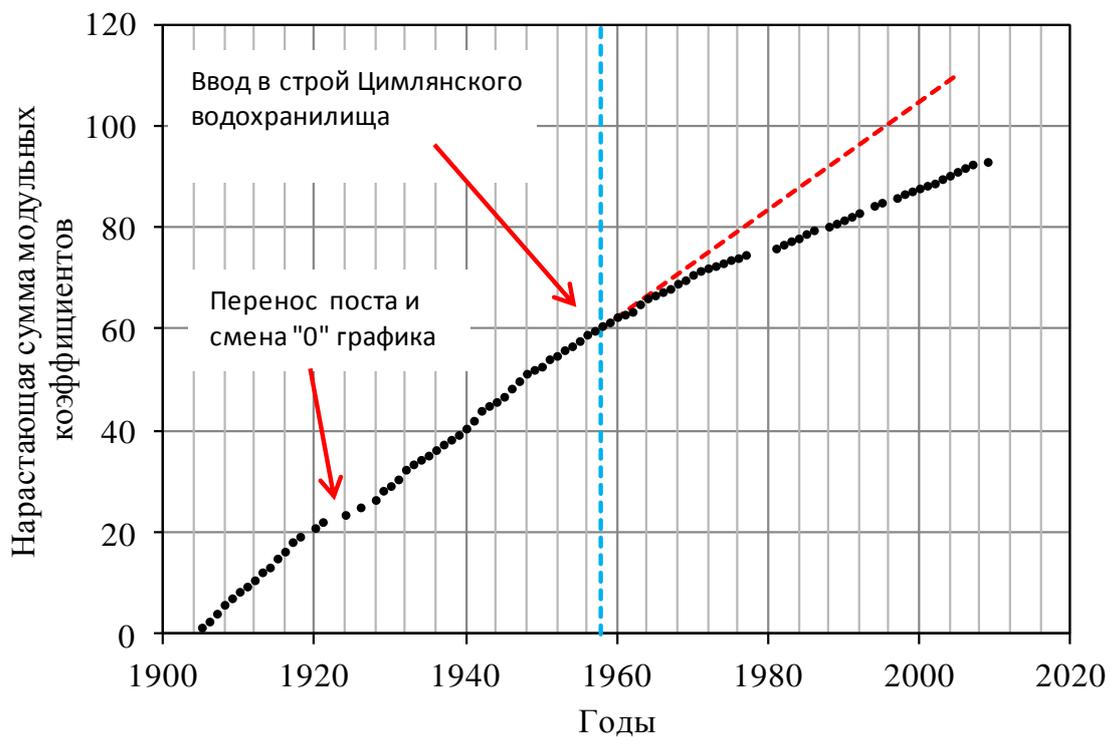


Рис. 5.3 Интегральная кривая максимальных уровней воды р.Дон – станица Старочеркасская

Как видно на рисунках, для всех трех створов за дату нарушения условий формирования стока можно принять 1958 год.

На рисунках 5.4 – 5.6 показаны хронологические графики максимальных уровней воды для исследуемых створов за период с 1958 по настоящее время.

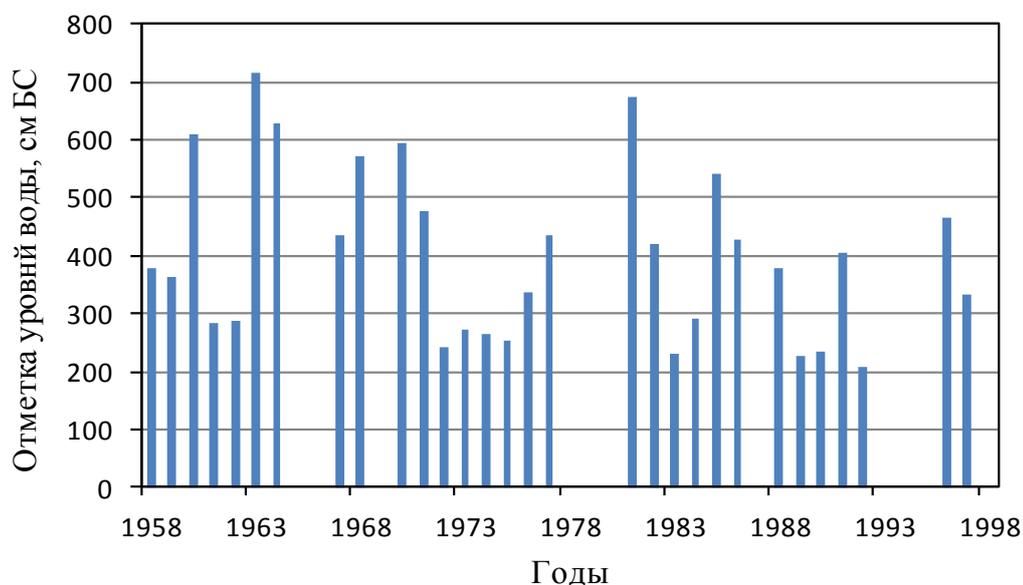


Рис.5.4 Хронологический график максимальных уровней воды р.Дон – с.Мелиховская

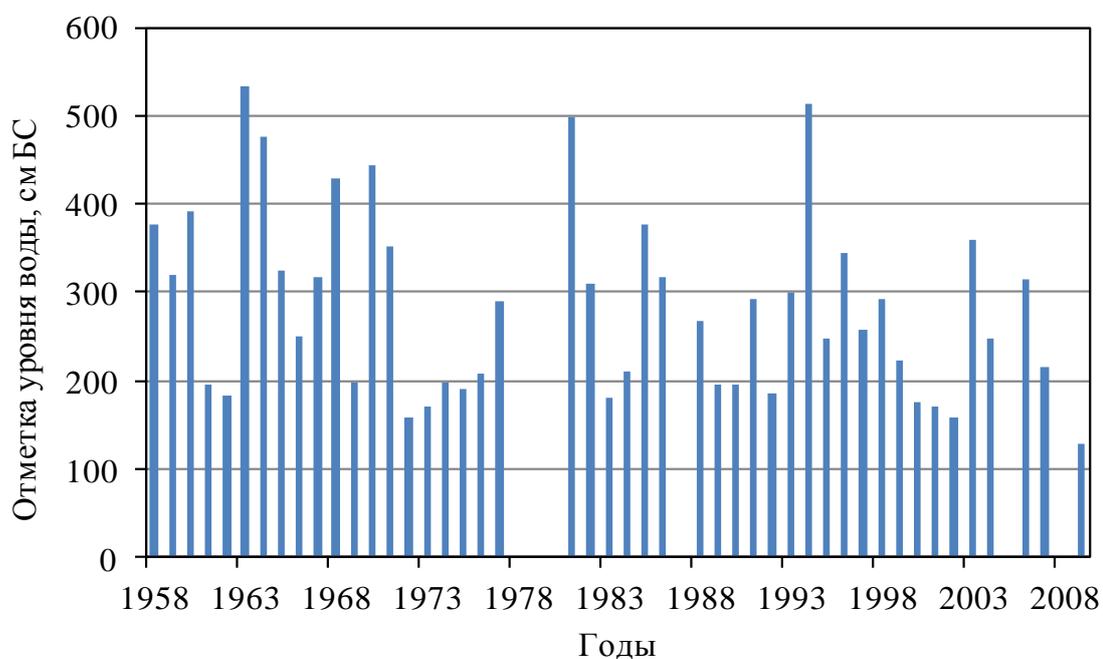
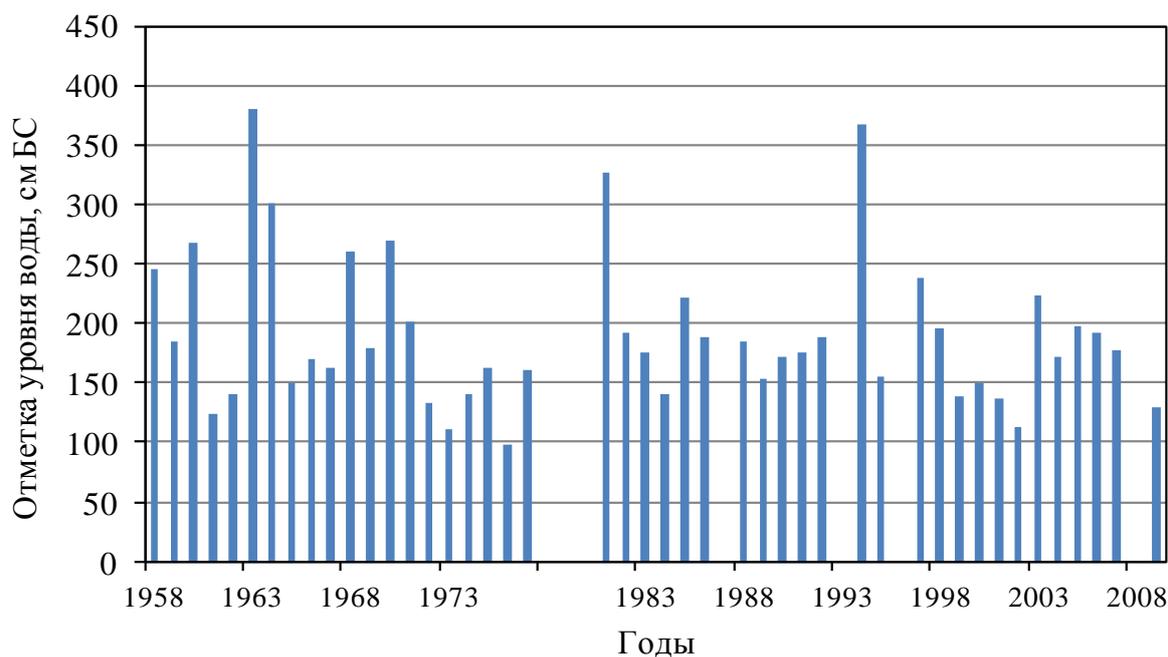


Рис. 5.5 – Хронологический график максимальных уровней воды р.Дон – х.Багаевский.



Ри

с. 5.6 Хронологический график максимальных уровней воды р.Дон – станция Старочеркасская.

Проверка показала, что ряды за период после 1958 года являются однородными. Результаты проверки представлены в таблице 5.2.

В дальнейшем для расчета максимальных уровней использовались ряды за период с 1958 года. В качестве аналитической кривой обеспеченностей применялась кривая Пирсона III типа.

Эмпирические и аналитические кривые обеспеченностей представлены на рисунках 7-9. Расчетные уровни воды приводятся в таблице 5.3.

Таблица 5.2 Результаты проверки на однородность рядов максимальных уровней воды за период после 1958 года

№ п/п	Река, пункт	n	Критерий Стьюдента			Критерий Фишера		
			t^*	$t_{5\%}$	$H_0: Q_1 = Q_2$	F^*	$F_{5\%}$	$H_0: D_1 = D_2$

№ п/п	Река, пункт	n	Критерий Стьюдента			Критерий Фишера		
			t^*	$t_{5\%}$	$H_0: Q_1 = Q_2$	F^*	$F_{5\%}$	$H_0: D_1 = D_2$
1	Дон – ст-ца Мелиховская	30	0,96	2,05	+	1,57	2,98	+
2	Дон – х. Багаевский	46	1,44	2,02	+	1,79	2,36	+
3	Дон – ст-ца Старочеркасская	45	0,85	2,02	+	2,15	2,37	+

+ гипотеза об однородности не опровергается

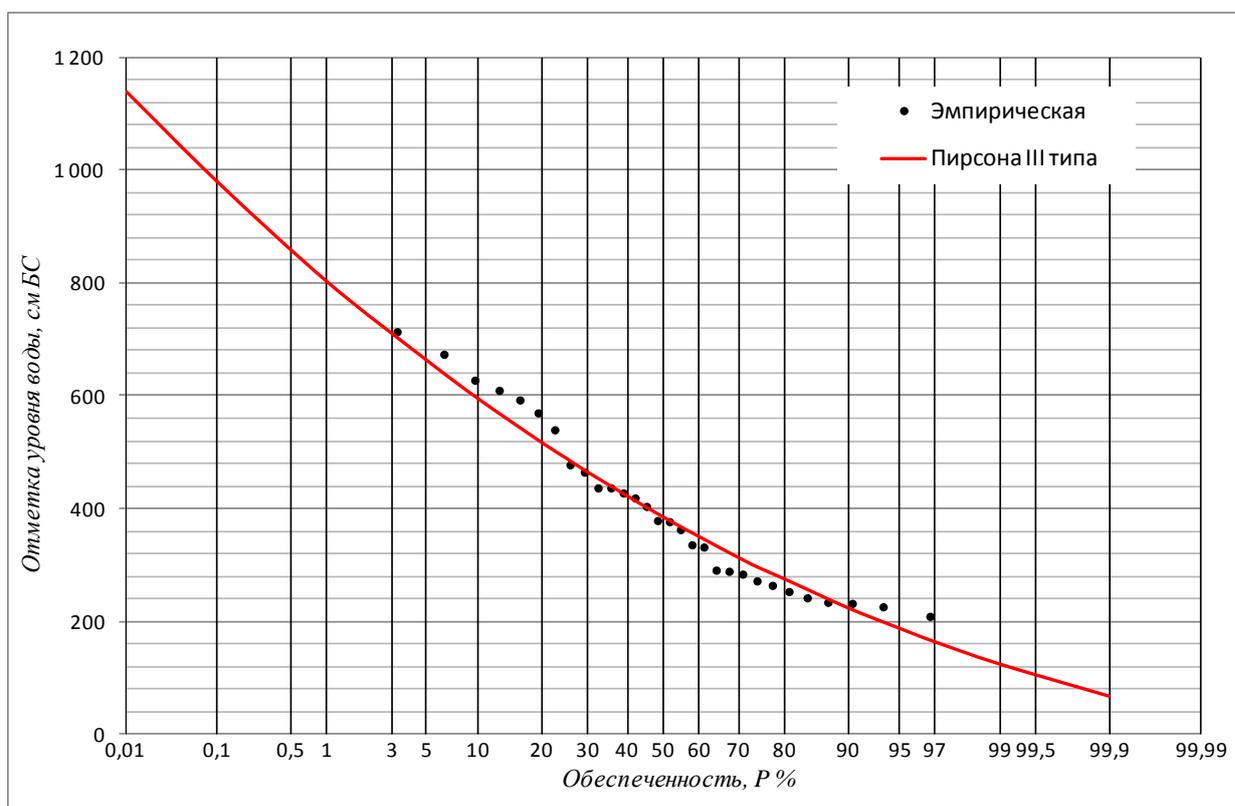


Рис. 6.7 Эмпирическая и аналитические кривые обеспеченностей максимальных уровней воды р.Дон – станица Мелиховская

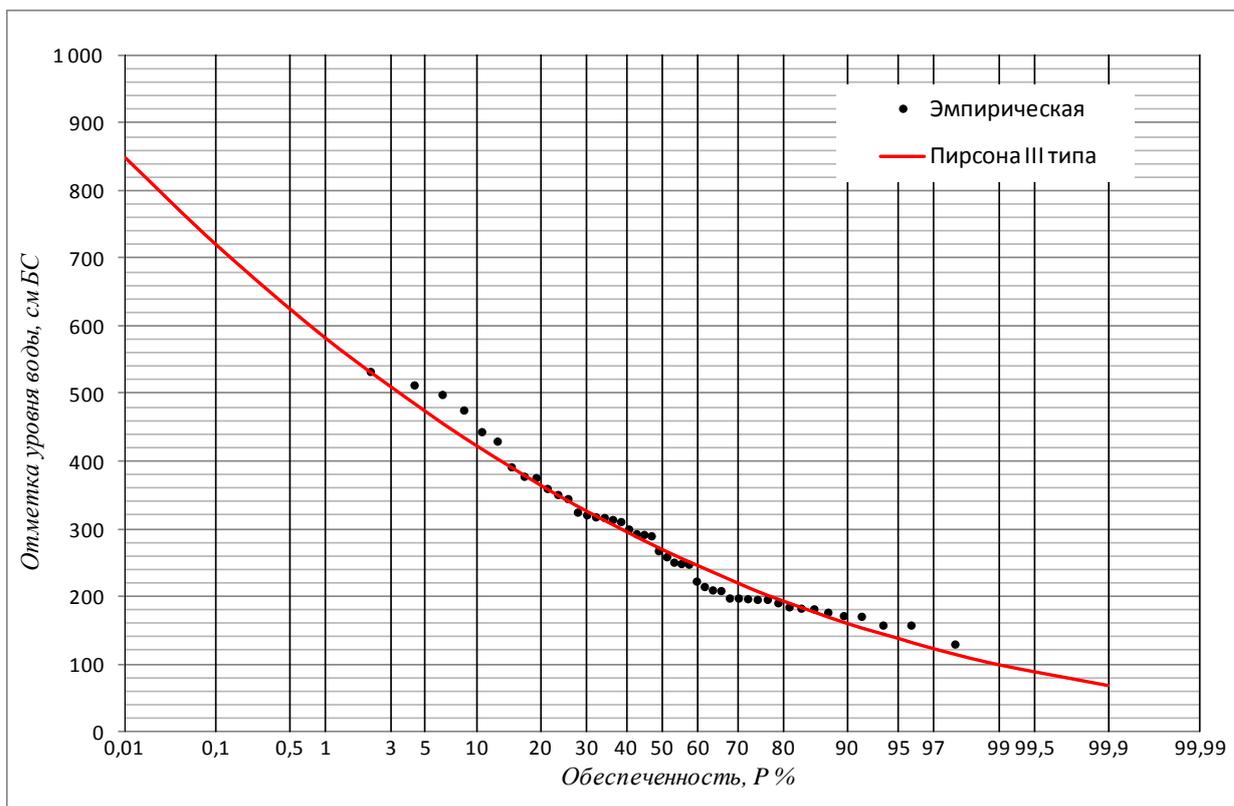


Рис. 5.8 Эмпирическая и аналитические кривые обеспеченностей максимальных уровней воды р.Дон – х.Багаевский.

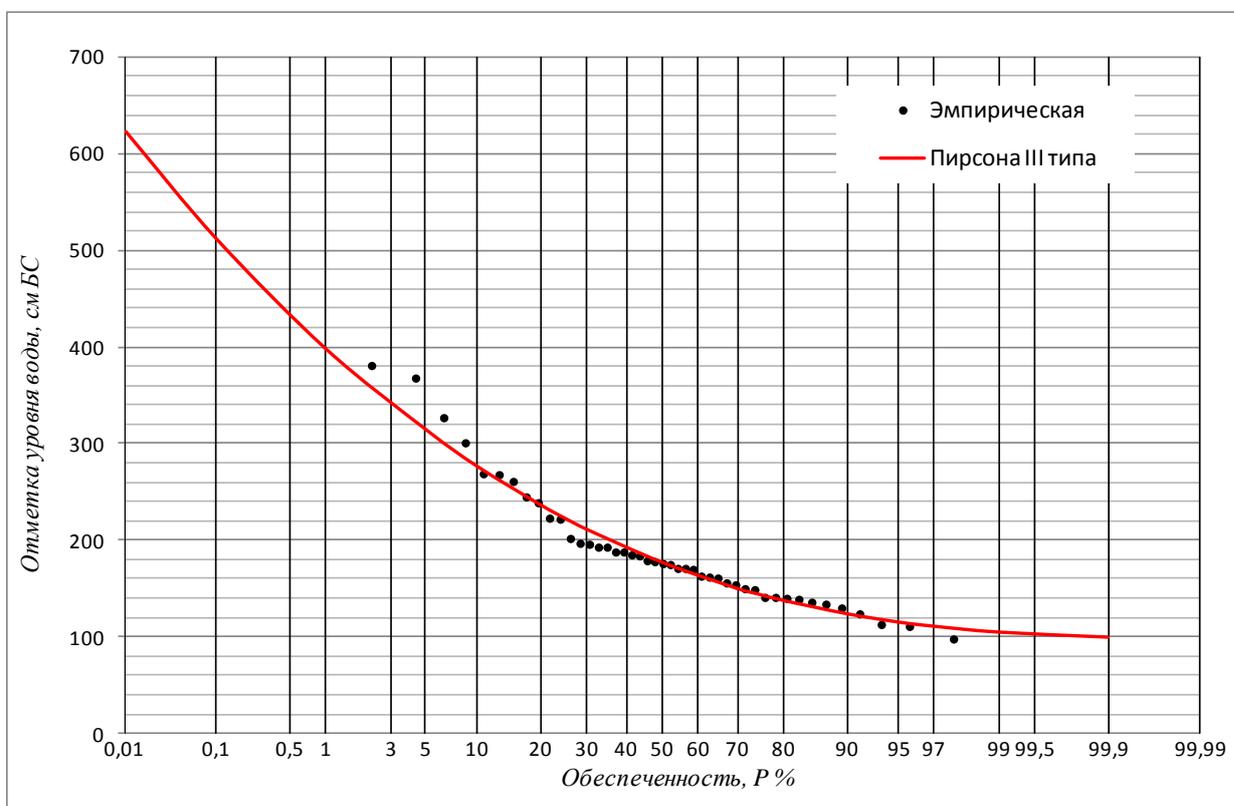


Рис. 5.9 Эмпирическая и аналитические кривые обеспеченностей максимальных уровней воды р. Дон – станица Старочеркасская.

Таблица 5.3 Расчетные максимальные уровни воды в см. БС

Река – створ	Обеспеченность, P%									
	0,1	1	2	3	5	10	20	25	30	50
Дон – с. Мелиховская	979	802	745	710	663	594	517	489	464	385
Дон – х. Багаевский	720	581	535	509	474	422	364	344	326	270
Дон – с-ца Старочеркасская.	511	397	360	340	314	275	236	222	210	176

Расчет максимальных уровней воды 10%-ной обеспеченности продолжительностью стояния 20 суток

Так как сток реки Дон в районе изысканий зарегулирован, для оценки максимального расхода 10%-ной обеспеченности продолжительностью стояния 20 суток был построен типовой гидрограф половодья. Для построения использовались данные гидрометрического поста р. Дон - ст-ца Раздорская (табл.5.4).

В створе этого поста площадь водосбора такая же как у поста р. Дон - пгт Багаевский ($F = 378000$). При построении типового гидрографа в качестве базисного расхода принят средний минимальный расход зимнего периода. В качестве максимального расхода принят средний максимальный расход воды.

Таблица 5.4 р.Дон - станица Раздорская 1952-1980 (сток зарегулирован)

Площадь водосбора, км ²	378000
Средний многолетний расход воды, м ³ /с	680
Средний многолетний модуль стока, л/с км ²	1,8
Средний многолетний слой годового стока, мм	57
Средний наименьший зимний, м ³ /с	205
Средний наибольший, м ³ /с	1850
Средняя продолжительность половодья, сут.	75
Средняя продолжительность подъема половодья, сут	30
Слой базисного стока за половодье, мм	3,5
Слой за половодье без базисного стока, мм	14,1
Суммарный слой за половодье, мм	17,6
λ	2,07
a	6,18
$t_{п}$	78

В качестве максимального расхода расчетного гидрографа принято превышение максимального расхода над базисным (1850-205 = 1645). Слой за половодье без учета базисного стока определен как слой треугольного гидрографа с заданной продолжительностью половодья.

Коэффициент формы гидрографа и условная продолжительность подъема половодья определены по формулам 1-2.

$$\lambda = \frac{q_{\max} t_{\Pi}}{0,0116 h} , \quad (5.1)$$

$$t_{\Pi} = \frac{0,0116 h_p \lambda}{q_{\max\%}} , \quad (5.2)$$

Типовой гидрограф строился по методике Г.А. Алексеева. Коэффициент a определен по таблице 5.4.

Таблица 5.4 – зависимость $a = f(\lambda)$ и $a = f(K_s)$

K_s	0,19	0,23	0,26	0,29	0,31	0,33	0,34	0,36	0,38	0,4	0,42	0,44
λ	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,3	1,5	1,9	2,6
a	0,21	0,32	0,46	0,62	0,8	1,01	1,24	1,52	2,11	3,22	5,11	9,41

Расчетный гидрограф над базисным стоком строился по формуле 5.3:

$$Q_i = Q_{\max} 10^{-a \frac{(1-x)^2}{x}} \quad (5.3)$$

Для перехода от расходов к уровням использовались данные таблицы 5 (характерные уровни - по посту Багаевский, характерные расходы - по посту Раздорская).

По таблице 5 построена осредненная кривая $Q=f(H)$. Аналитическое выражение кривой аппроксимировано выражением:

$$H = 132 \ln(Q) - 665 . \quad (5.4)$$

Таблица 5.5 Характерные уровни и расходы воды р.Дон – х.Багаевский

Характеристика расходов и уровней воды		Уровень над «0» поста, см	Уровень, см БС	Расход воды, м ³ /с
высший	средий	249	333	1850
	наибольший	449	533	6320
	наименьший	74	158	640
низший зимний	средий	-52	32	205
	наибольший	102	186	534
	наименьший	-131	-47	64
низший летний	средий	-31	53	358
	наибольший	66	150	663
	наименьший	-129	-45	121

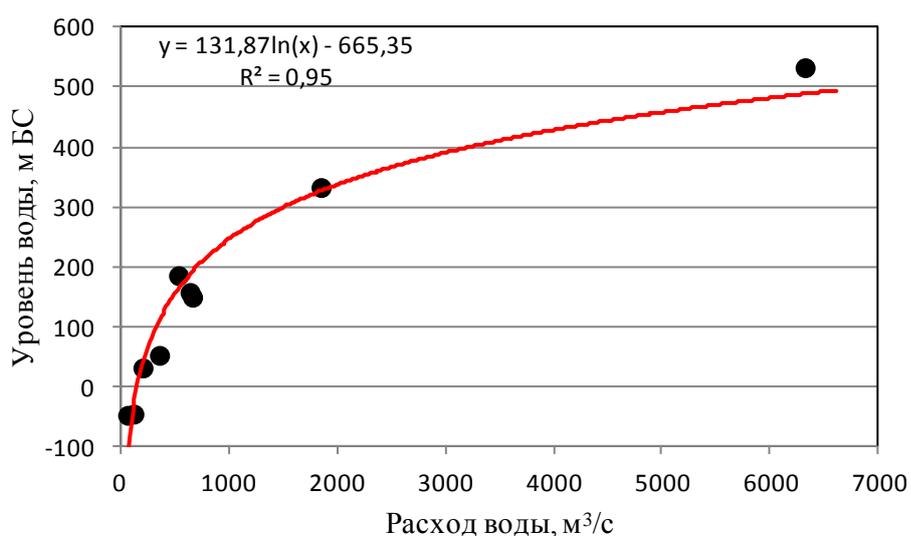


Рис. 5.10 Кривая зависимости $Q = f(H)$ для створа р. Дон – пгт Багаевский, построенная по характерным расходам и уровням воды.

Расчетный гидрограф представлен на рисунке 11. Ординаты гидрографа даны в таблице 6. Максимальный уровень типового гидрографа определен по формуле (4). Переход от типового гидрографа к 10%-му осуществлен с помощью переходного коэффициента

$$K = \frac{H_{10\%}}{H_{\max}} = \frac{422}{327} = 1,29 . \quad (5.5)$$

Таблица 5.6 Ординаты расчетного гидрографа

t	t/t _п	Расход над базисным стоком	Суммарный расход типового гидрографа	Уровенный типовой гидрограф, см БС	Расчетный гидрограф 10%-ной обеспеченности, Н см БС	Время от реального начала подъема
1	0,013	0	205	37	48	
2	0,026	0	205	37	48	
3	0,038	0	205	37	48	
4	0,051	0	205	37	48	
5	0,064	0	205	37	48	
6	0,077	0	205	37	48	
7	0,090	0	205	37	48	
8	0,103	0	205	37	48	
9	0,115	0	205	37	48	
10	0,128	0	205	37	48	
11	0,141	0	205	37	48	
12	0,154	0	205	37	48	

t	t/t _п	Расход над базисным стоком	Суммарный расход типового гидрографа	Уровенный типовой гидрограф, см БС	Расчетный гидрограф 10%-ной обеспеченности, Н см БС	Время от реального начала подъема
13	0,167	0	205	37	48	
14	0,180	0	205	37	48	
15	0,192	0	205	37	48	
16	0,205	0	205	37	48	
17	0,218	0	205	37	48	
18	0,231	0	205	37	48	
19	0,244	0	205	37	48	
20	0,257	0	205	37	48	
21	0,269	0	205	37	48	
22	0,282	0	205	37	48	
23	0,295	0	205	37	48	
24	0,308	0	205	37	48	
25	0,321	0	205	37	48	
26	0,334	0	205	37	48	
27	0,346	0	205	37	48	
28	0,359	0	205	37	48	
29	0,372	0	205	37	48	
30	0,385	0	205	37	48	
31	0,398	0	205	37	48	
32	0,410	0	205	37	48	
33	0,423	0	205	37	48	
34	0,436	0	205	37	48	
35	0,449	0	205	37	48	
36	0,462	0	205	37	48	
37	0,475	0	205	37	48	0
38	0,487	1	206	37	48	1

t	t/t _п	Расход над базисным стоком	Суммарный расход типового гидрографа	Уровенный типовой гидрограф, см БС	Расчетный гидрограф 10%-ной обеспеченности, Н см БС	Время от реального начала подъема
39	0,500	1	206	38	49	2
40	0,513	2	207	38	50	3
41	0,526	4	209	39	51	4
42	0,539	6	211	41	53	5
43	0,552	9	214	43	55	6
44	0,564	14	219	46	59	7
45	0,577	20	225	49	64	8
46	0,590	29	234	54	70	9
47	0,603	40	245	60	78	10
48	0,616	54	259	68	88	11
49	0,629	72	277	77	99	12
50	0,641	95	300	87	112	13
51	0,654	122	327	99	127	14
52	0,667	155	360	111	143	15
53	0,680	193	398	124	160	16
54	0,693	236	441	138	178	17
55	0,706	286	491	152	196	18
56	0,718	342	547	166	215	19
57	0,731	403	608	180	233	20
58	0,744	470	675	194	250	21
59	0,757	541	746	207	267	22
60	0,770	617	822	220	284	23
61	0,782	696	901	232	299	24
62	0,795	777	982	244	314	25
63	0,808	860	1065	254	328	26
64	0,821	944	1149	264	341	27

t	t/t _п	Расход над базисным стоком	Суммарный расход типового гидрографа	Уровенный типовой гидрограф, см БС	Расчетный гидрограф 10%-ной обеспеченности, Н см БС	Время от реального начала подъема
65	0,834	1027	1232	273	353	28
66	0,847	1108	1313	282	364	29
67	0,859	1186	1391	289	373	30
68	0,872	1261	1466	296	382	31
69	0,885	1330	1535	302	390	32
70	0,898	1395	1600	308	397	33
71	0,911	1453	1658	313	403	34
72	0,924	1503	1708	317	408	35
73	0,936	1547	1752	320	413	36
74	0,949	1583	1788	323	416	37
75	0,962	1610	1815	325	419	38
76	0,975	1630	1835	326	421	39
77	0,988	1641	1846	327	422	40
78	1,001	1645	1850	327	422	41
79	1,013	1641	1846	327	422	42
80	1,026	1629	1834	326	420	43
81	1,039	1611	1816	325	419	44
82	1,052	1586	1791	323	416	45
83	1,065	1556	1761	321	413	46
84	1,078	1520	1725	318	410	47
85	1,090	1479	1684	315	406	48
86	1,103	1434	1639	311	401	49
87	1,116	1386	1591	307	396	50
88	1,129	1334	1539	303	391	51
89	1,142	1281	1486	298	385	52
90	1,154	1226	1431	293	378	53

t	t/t _п	Расход над базисным стоком	Суммарный расход типового гидрографа	Уровенный типовой гидрограф, см БС	Расчетный гидрограф 10%-ной обеспеченности, Н см БС	Время от реального начала подъема
91	1,167	1169	1374	288	371	54
92	1,180	1112	1317	282	364	55
93	1,193	1055	1260	276	357	56
94	1,206	998	1203	270	349	57
95	1,219	941	1146	264	340	58
96	1,231	886	1091	257	332	59
97	1,244	831	1036	251	323	60
98	1,257	778	983	244	314	61
99	1,270	727	932	237	305	62
100	1,283	678	883	229	296	63
101	1,296	630	835	222	287	64
102	1,308	585	790	215	277	65
103	1,321	541	746	207	267	66
104	1,334	500	705	200	258	67
105	1,347	461	666	192	248	68
106	1,360	425	630	185	239	69
107	1,373	390	595	177	229	70
108	1,385	358	563	170	219	71
109	1,398	328	533	163	210	72
110	1,411	299	504	156	201	73
111	1,424	273	478	149	192	74
112	1,437	249	454	142	183	75
113	1,450	226	431	135	174	76
114	1,462	205	410	129	166	77
115	1,475	186	391	122	158	78
116	1,488	169	374	116	150	79

t	t/t _п	Расход над базисным стоком	Суммарный расход типового гидрографа	Уровенный типовой гидрограф, см БС	Расчетный гидрограф 10%-ной обеспеченности, Н см БС	Время от реального начала подъема
117	1,501	153	358	110	142	80
118	1,514	138	343	105	135	81
119	1,526	124	329	99	128	82
120	1,539	112	317	94	122	83
121	1,552	101	306	90	116	84
122	1,565	90	295	85	110	85
123	1,578	81	286	81	104	86
124	1,591	73	278	77	99	87
125	1,603	65	270	73	94	88
126	1,616	58	263	70	90	89
127	1,629	52	257	67	86	90
128	1,642	46	251	64	82	91
129	1,655	41	246	61	79	92
130	1,668	37	242	59	76	93
131	1,680	33	238	56	73	94
132	1,693	29	234	54	70	95
133	1,706	26	231	53	68	96
134	1,719	23	228	51	66	97
135	1,732	20	225	49	64	98
136	1,745	18	223	48	62	99
137	1,757	16	221	47	60	100
138	1,770	14	219	46	59	101
139	1,783	12	217	45	58	102
140	1,796	11	216	44	56	103
141	1,809	10	215	43	55	104
142	1,822	8	213	42	55	105

t	t/t _п	Расход над базисным стоком	Суммарный расход типового гидрографа	Уровенный типовой гидрограф, см БС	Расчетный гидрограф 10%-ной обеспеченности, Н см БС	Время от реального начала подъема
143	1,834	7	212	42	54	106
144	1,847	7	212	41	53	107
145	1,860	6	211	41	52	108
146	1,873	5	210	40	52	109
147	1,886	4	209	40	51	110
148	1,898	4	209	39	51	
149	1,911	3	208	39	50	
150	1,924	3	208	39	50	
151	1,937	3	208	39	50	
152	1,950	2	207	38	50	
153	1,963	2	207	38	49	
154	1,975	2	207	38	49	
155	1,988	2	207	38	49	
156	2,001	1	206	38	49	
157	2,014	1	206	38	49	
158	2,027	1	206	38	48	
159	2,040	1	206	38	48	
160	2,052	1	206	37	48	
161	2,065	1	206	37	48	
162	2,078	1	206	37	48	
163	2,091	0	205	37	48	
164	2,104	0	205	37	48	
165	2,117	0	205	37	48	
166	2,129	0	205	37	48	
167	2,142	0	205	37	48	
168	2,155	0	205	37	48	

t	t/t _п	Расход над базисным стоком	Суммарный расход типового гидрографа	Уровненный типовой гидрограф, см БС	Расчетный гидрограф 10%-ной обеспеченности, Н см БС	Время от реального начала подъема
169	2,168	0	205	37	48	
170	2,181	0	205	37	48	
171	2,194	0	205	37	48	
172	2,206	0	205	37	48	
173	2,219	0	205	37	48	
174	2,232	0	205	37	48	
175	2,245	0	205	37	48	

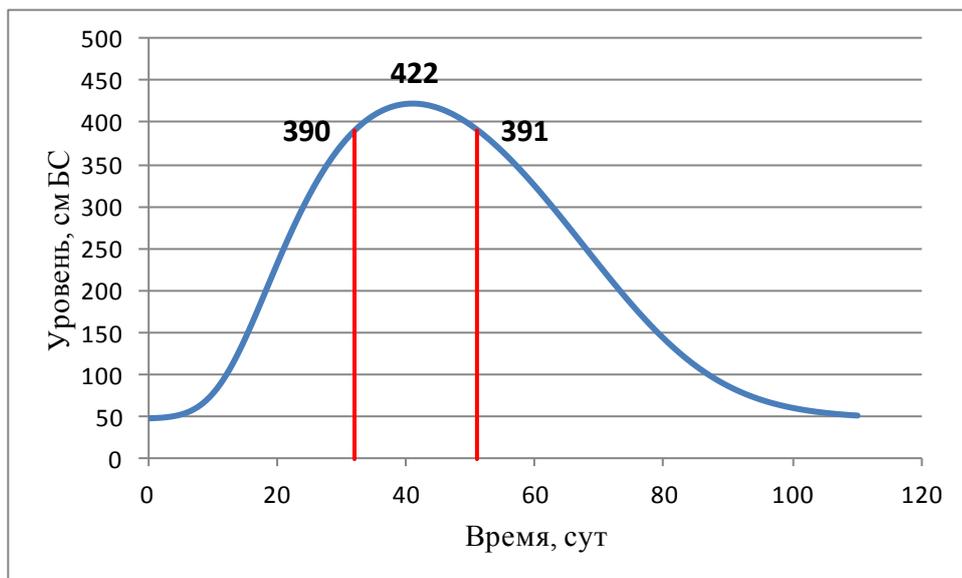


Рис. 5.11 Расчетный типовой гидрограф обеспеченностью 10% для створа р.Дон – пгт Багаевский

Как видно на рисунке расчетный уровень 10%-ной обеспеченности продолжительностью стояния 20 суток на 32 см ниже максимального уровня

10%-ной обеспеченности. Значение $\Delta H = -32$ см принято для всех опорных створов.

Расчетные уровни 10%-ной обеспеченности продолжительностью стояния 20 суток для опорных створов представлены в таблице 5.7.

Таблица 5.7 Расчетные максимальные уровни воды в см БС

Река – створ	$H_{10\%}$	Уровень 10%-ной обеспеченности продолжительностью стояния 20 суток
Дон – с. Мелиховская	594	562
Дон – х. Багаевский	422	390
Дон – с-ца Старочеркасская.	275	243

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы сформирована база данных максимального весеннего стока рек Донского бассейна.

Поведено приведение рядов к многолетнему периоду. В общей сложности восстановлено 93 ряда.

Выполнена проверка рядов на однородность. Установлено, что многие гидрологические ряды района исследований являются генетически неоднородными. Кроме того, неоднородность рядов может являться следствием климатических трендов и антропогенной деятельности, которая наиболее заметно проявляется в бассейне Нижнего Дона.

Рассчитаны основные статистические характеристики рядов максимальных расходов и слоев половодья. Отмечено, что для рядов максимального весеннего стока характерна высокая изменчивость. Коэффициенты вариации по отдельным гидрометрическим постам превышают единицу.

Показано, что для расчета максимальных расходов и слоев половодья целесообразно использовать усеченные кривые обеспеченностей, которые в большинстве случаев позволяют добиться хорошего согласия эмпирических и аналитических кривых в их верхней части.

Рассчитаны обеспеченные уровни реки Дон с учетом влияния Цимлянского водохранилища.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Владимиров А.М. Гидрологические расчёты. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 368 с.
- 2 Определение основных расчетных гидрологических характеристик. СП 33-101-2003. – М.: Стройиздат, 2004. – 72 с.
- 3 Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л., Гидрометеиздат, 1984, 448 с.
- 4 Ресурсы поверхностных вод СССР. Гидрологическая изученность. Т. 7. Донской район. – Л.: Гидрометеиздат, 1965.
- 5 Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 7. Донской район. Приложения. – Л.: Гидрометеиздат, 1972.
- 6 Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 7. Карелия и Северо-Запад. Основные гидрологические характеристики (до 1962 г., за 1963-70 гг., за 1970-72 гг.) – Л.: Гидрометеиздат, 1966, 1974, 1978.
- 7 Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. – СПб.: изд. РГГМУ, 2007. – 279 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Сведение о гидрологических постах по которым проводились расчеты в
настоящей работе.

Таблица 1. Река Дон

№	Название водного объекта и пункта наблюдений	Код пункта наблюдений	Код водного объекта	Расстояние (км) от		F водосбора км ²	Период действия		Отметка нуля поста		Координаты	
				Источника	Устья		Открыт	Закрыт	Высота, м	Система высот	Широта	Долгота
1	р.Дон - г.Данков	78002	107000001	162	1708	5020	12.04.1942	Действ.	123.18	БС	53.15	39.09
2	р.Дон - г.Задонск	78004	107000001	301	1568	31100	14.01.1890	Действ.	98.09	БС	52.24	38.55
3	р.Дон - пос.Подпольный	78007	107000001	448	1422	37800	17.08.1932	31.03.1942	32.85	абс.		
4	р.Дон - пгт Нововоронежский	78009	107000001	513	1357	60500	01.01.1957		80.00	БС		
5	р.Дон - г.Георгиу-Деж	78011	107000001	588	1282	69500	23.06.1878	Действ.	77.36	БС	51.00	39.30
6	р.Дон - ст-ца Казанская	78013	107000001	915	955	102000	06.07.1877	Действ.	57.98	абс.	49.48	41.08
7	р.Дон - х.Хованский	78016	107000001	1066	804	169000	02.07.1931	Действ.	48.03	БС	49.35	42.34
8	р.Дон - х.Беляевский	78018	107000001	1096	774	204000	08.02.1951	Действ.	44.20	БС	49.32	42.47
9	р.Дон - ст-ца Новогригорьевская	78021	107000001	1212	658	208000	10.07.1959	Действ.	36.95	(БС77)	49.25	43.39
10	р.Дон - г.Калач-на-Дону	78024	107000001	1368	502	222000	13.01.1876	01.07.1985	28.00	(БС77)	48.42	43.29
11	р.Дон - Цимлянская ГЭС	78039	107000001	1537	333	255000	01.03.1952	31.12.1983	28.00	БС		
12	р.Дон - ст-ца Николаевская	78044	107000001	1617	253	257000	23.07.1913	23.02.1984	6.34	БС		
13	р.Дон - ст-ца Раздорская	78801	107000001	1719	151	378000	27.10.1916	Действ.	1.21	БС	47.31	40.39

Таблица 2. Правые притоки

№	Название водного объекта и пункта наблюдений	Код пункта наблюдений	Код водного объекта	Расстояние (км) от		F водосбора км ²	Период действия		Отметка нуля поста		Координаты	
				Источника	Устья		Открыт	Закрыт	Высота, м	Система высот	Широта	Долгота
1	р.Аксенец - х.Тормосин	78259	107001016	47.0	15.0	501	01.07.1952	30.06.1986	41.63	БС	48.10	42.40
2	р.Большая Чернава - д.Бережки	78061	107000178	37.0	17.0	523	15.07.1949	01.06.1986	132.96	БС	52.32	37.55
3	р.Большой Несветай - с.Гребцово	78569	106301616	58.0	16.0	872	16.10.1944	01.02.1967	7.64	БС		
4	р.Ведуга - с.Акулово	78063	107000219	9.00	85.0	180	01.07.1945	31.12.1978	145.99	БС		
5	р.Грушевка - г.Шахты	78570	106301619	21.0	61.0	127	25.05.1957	01.01.1966	23.40	усл.		
6	р.Грушевка - г.Шахты	78570	106301619	21.0	61.0	127	25.05.1957	01.01.1966	23.40	усл.		
7	р.Девица - с.Нижедевицк	78064	107000231	15.0	74.0	76.0	19.11.1947	31.12.1977	140.16	БС		
8	р.Девица - с.Девица	78078	107000231	77.0	12.0	1490	15.09.1955	Действ.	92.38	БС	51.38	38.57
9	р.Девица - с.Товарная	78077	107000231	17.0	72.0	103	15.11.1969	01.01.1992	135.00	БС	51.32	38.23
11	р.Красивая Меча - г.Ефремов	78050	107000053	111	133	3240	01.08.1944	Действ.	143.33	БС	53.16	37.42
12	р.Красивая Меча - с.Сергиевское 1-е	78051	107000053	222	22.0	5790	20.06.1932	01.01.1992	117.64	абс.	53.02	38.51
13	р.Крепкая - сл.Большекрепинская	78568	107001610	74.0	4.00	568	06.06.1941	Действ.	28.80	БС	47.36	39.23
14	р.Кшень - д.Серебряковка	78059	107000143	52.0	83.0	1160	26.06.1948	15.03.1991	154.06	БС	51.53	37.44
15	р.Ливенка - с.Воротынск	78057	107000140	20.0	12.0	131	18.08.1945	31.12.1988	172.46	БС	52.29	37.37
1	р.Олым -	78060	10700	88.0		1940	06.08.	31.12.	141.3	БС	52.06	38.04

7	с.Никольское		0157		63.0		1948	1987	3			
18	р.Росошь - пгт Подгоренский	78125	107000442	34.0	36.0	452	01.11.1952	Действ.	87.67	БС	50.24	39.38
19	р.Сосна - г.Елец	78054	107000084	259	37.0	16300	14.03.1927	Действ.	106.93	БС	52.38	38.31
20	р.Сосна - д.Ивань 2-я	78052	107000084	28.0	268	276	14.07.1949	Действ.	173.78	БС	52.23	36.42
21	р.Сосна - сл.Беломестная	78053	107000084	160	136	7650	23.06.1932	Действ.	125.90	БС	52.27	37.36
23	р.Тим - с.Новые Савины	78055	107000105	68.0	52.0	909	01.09.1927	Действ.	154.57	БС	51.58	37.18
24	р.Тихая - х.Верхняковский	78133	107000504	26.0	50.0	310	01.07.1950	01.01.1962	7.00	усл.		
25	р.Тихая Сосна - г.Алексеевка	78106	107000353	74.0	87.0	2060	15.07.1941	Действ.	89.93	БС	50.38	38.42
26	р.Труды - д.Стрелка	78056	107000123	59.0	30.0	1130	08.08.1948	01.01.1992	139.64	БС	52.34	37.17
27	р.Тузлов - х.Несветай	78563	107001604	112	70.0	1910	09.07.1932	Действ.	7.69	(БС77)	47.28	39.40
28	р.Цимла - ст-ца Ново-Цимлянская	78268	107001025		27.0	2740	13.07.1932	15.06.1950	23.64	абс.		
29	р.Цимла - х.Нижне-Гнутов	78267	107001025			1650	24.05.1950	19.05.1955	29.32	абс.		
30	р.Цимла - х.Сизов	78265	107001025	146	40.0	1420	11.12.1958	31.12.1973	35.83	БС		
31	р.Цуцкан - х.Пронин	78255	107000973	58.0	29.0	772	27.12.1950	01.03.1965	87.00	БС		
32	р.Черная Калитва - пгт Ольховатка	78124	107000435	78.0	84.0	1440	01.03.1952	01.01.1994	77.50	БС	50.16	39.18
33	р.Чир - ст-ца Боковская	78249	107000960	103	258	1500	01.05.1949	31.12.1988	81.13	БС	49.14	41.50
34	р.Чир - ст-ца Обливская	78252	107000960	307	54.0	8470	17.06.1923	Действ.	39.15	(БС77)	48.32	42.31
35	р.Чир - ст-ца Советская	78250	107000960	157	204	3910	01.09.1952	01.03.1964	66.69	БС		
36	р.Чир - х.Свиридов	78253	107000960	329	32.0	10500	01.10.1928	31.12.1955	28.03	БС		
37	руч.Ясенок - ГМП Нижнедевицкой ВБС	78066	107001777	6.30		21.7	03.1948	01.01.1992				

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Основные статистические характеристики рядов максимальных расходов весеннего половодья рек Донского района. Отмечу что для ряда «n» в таблице указана уже с учетом приведения рядов к длинному периоду при помощи рек аналогов.

Таблица 1. Река Дон

№	Код поста	Река – створ	F, км ²	n	Средний		Cv	Cs
					Расход, м ³ /с	Модуль, л/с км ²		
1	78002	р.Дон - г.Данков	5020	100	484	97	0,32	0,72
2	78004	р.Дон - г.Задонск	31100	100	2827	91	0,48	0,60
3	78007	р.Дон - пос.Подпольный	37800	100	3284	87	0,48	0,95
4	78009	р.Дон - пгт Нововоронежский(х.Духовское)	60500	100	3676	61	0,63	1,14
5	78011	р.Дон - г.Георгиу-Деж	69500	100	3642	52	0,59	1,11
6	78013	р.Дон - ст-ца Казанская	102000	100	3085	30	0,52	0,87
7	78016	р.Дон - х.Хованский	169000	100	4443	26	0,54	0,64
8	78018	р.Дон - х.Беляевский	204000	30	3895	19	0,57	0,67
9	78021	р.Дон - ст-ца Новогригорьевская	208000	100	3867	19	0,49	1,01
10	78024	р.Дон - г.Калач-на-Дону	222000	105	5062	23	0,57	0,75
11	78039	р.Дон - Цимлянская ГЭС	255000	18	1238	5	0,96	3,54
12	78044	р.Дон - ст-ца Николаевская	257000	18	1536	6	0,69	2,20
13	78801	р.Дон - ст-ца Раздорская	378000	90	4868	13	0,67	0,91

Таблица 2. Правые притоки

№	Код	Река – створ	F, км ²	n	Средний	Cv	Cs
---	-----	--------------	--------------------	---	---------	----	----

	поста				Расход, м ³ /с	Модуль, л/с км ²		
1	78259	р.Аксенец - х.Тормосин	501	27	46,1	92	1,20	1,60
2	78061	р.Большая Чернава - д.Бережки	523	53	136	259	0,58	0,30
3	78569	р.Большой Несветай - с.Гребцово	872	50	25,4	29	0,93	2,09
4	78063	р.Ведуга - с.Акулово	180	33	34,9	194	0,71	1,37
5	78570	р.Грушевка - г.Шахты	127	34	12,4	98	2,30	4,87
5	78570	р.Грушевка - г.Шахты	127	33	13,2	104	1,98	4,77
7	78064	р.Девица - с.Нижнедевицк	76,0	33	17,4	229	0,87	1,58
8	78078	р.Девица - с.Девица	1490	33	190	128	0,73	1,18
9	78077	р.Девица - с.Товарная	103	52	19,4	188	0,67	1,84
1	78050	р.Красивая Меча - г.Ефремов	3240	53	441	136	0,58	0,77
2	78051	р.Красивая Меча - с.Сергиевское 1-е	5790	53	712	123	0,46	0,57
3	78568	р.Крепкая - сл.Большекрепинская	568	30	33,0	58	1,37	2,43
4	78059	р.Кшень - д.Серебряковка	1160	53	153	132	0,51	0,33
5	78057	р.Ливенка - с.Воротынк	131	34	45,9	351	0,54	0,11
7	78060	р.Олым - с.Никольское	1940	53	380	196	0,65	0,66
8	78125	р.Россошь - пгт Подгоренский	452	34	47,6	105	0,83	1,24
9	78054	р.Сосна - г.Елец	16300	53	1955	120	0,54	0,85
0	78052	р.Сосна - д.Ивань 2-я	276	27	56,2	203	0,57	-0,10
1	78053	р.Сосна - сл.Беломестная	7650	53	1034	135	0,58	0,77
3	78055	р.Тим - с.Новые Савины	909	43	120	132	0,62	0,92
4	78133	р.Тихая - х.Верхняковский	310	30	31,9	103	0,84	1,30
5	78106	р.Тихая Сосна - г.Алексеевка	2060	34	191	93	0,96	1,36
6	78056	р.Труды - д.Стрелка	1130	32	197	174	0,51	0,20
7	78563	р.Тузлов - х.Несветай	1910	30	55,2	29	1,42	3,61
8	78268	р.Цимла - ст-ца Ново-Цимлянская	2740	17	77,4	28	0,83	0,19

9	78267	р.Цимла - х.Нижне-Гнутов	1650	4	140	85	1,02	1,20
0	78265	р.Цимла - х.Сизов	1420	15	34,5	24	0,71	0,31
1	78255	р.Цуцкан - х.Пронин	772	11	62,5	81	1,12	2,19
2	78124	р.Черная Калитва - пгт Ольховатка	1440	30	122	85	0,92	1,26
3	78249	р.Чир - ст-ца Боковская	1500	26	90,7	60	0,61	0,27
4	78252	р.Чир - ст-ца Обливская	8470	50	367	43	1,35	4,11
5	78250	р.Чир - ст-ца Советская	3910	5	253	65	0,70	-0,25
6	78253	р.Чир - х.Свиридов	10500	53	384	37	1,03	3,92
7	78066	руч.Ясенок - ГМП Нижнедевицкой ВБС	21,7	33	6,91	318	0,85	1,38

Таблица 3. Левые притоки

№	Код поста	Река – створ	F, км ²	n	Средний		Cv	Cs
					Расход, м ³ /с	Модуль, л/с км ²		
1	78260	р.Аксай Есауловский - с.Абганерово	245	40	29,6	121	0,82	1,73
2	78261	р.Аксай Есауловский - х.Водянский	2110	40	79,6	38	1,27	1,78
3	78263	р.Аксай Курмоярский - ст.Котельниково	1810	41	110	61	0,76	0,89
4	78262	р.Аксай Курмоярский - клх.Им.Ленина	1180	40	59,7	51	0,85	0,83
5	78205	р.Аткара - г.Аткарск	1030	45	168	163	0,77	1,14
5	78157	р.Аркадак - с.Крутец	1330	45	317	238	0,80	1,30
7	78152	р.Арчада - с.Кошкаровка	528	44	147	278	0,78	0,87
8	78224	р.Арчеда - х.Нижнянский	2050	53	61,1	30	0,93	0,96
9	78212	р.Баланда - г.Калининск	1280	50	145	113	0,56	0,17
0	78209	р.Баланда - с.Белые ключи	660	50	167	252	0,57	0,10
1	78111	р.Битюг - г.Бобров	7340	47	491	67	0,75	1,01
2	78109	р.Битюг - пгт Мордово	903	47	159	176	0,68	0,70
3	78110	р.Битюг - с.Бродовое	3970	48	398	100	0,70	0,89

4	78182	р.Бузулук - пгт Киквидзе	3460	53	289	84	0,94	1,19
6	78185	р.Бузулук - х.Большой Лукьяновский	9220	47	393	43	1,02	1,28
7	78165	р.Ворона - г.Борисоглебск	13200	63	605	46	0,68	1,17
8	78164	р.Ворона - г.Уварово	9890	63	514	52	0,55	1,02
9	78163	р.Ворона - с.Чутановка	5560	63	555	100	0,69	1,20
0	78088	р.Воронеж - г.Воронеж	21100	49	1220	58	0,71	0,95
1	78081	р.Воронеж - г.Липецк	15300	48	1044	68	0,66	1,01
3	78080	р.Воронеж - с.Чертовицкое	10200	49	1095	107	0,69	1,03
6	78177	р.Елань - пгт Елань-Коленовский	3230	53	305	95	0,64	0,59
7	78221	р.Елань - с.Воронино	1800	53	213	118	0,75	0,84
8	78220	р.Елань - с.Устиновка	398	53	71,3	179	0,63	0,85
0	78229	р.Иловля - с.Александровка	6520	49	101	15	0,83	1,58
1	78231	р.Иловля - с.Боровки	8730	48	198	23	0,94	1,54
2	78225	р.Иловля - с.Гвардейское	344	49	53,9	157	0,93	1,49
3	78232	р.Иловля - ст-ца Иловлинская	9110	34	113	12	0,68	1,33
4	78160	р.Карай - с.Подгорное	2620	51	281	107	0,70	0,62
6	78171	р.Карачан - с.Алешки	549	51	112	204	0,72	0,82
7	78188	р.Кардаил - х.Андреевский	1310	51	154	118	0,70	1,14
8	78237	р.Карповка - с.Карповка		30	62,1		1,49	2,49
0	78175	р.Клешня - с.Ракитно	58	32	15,6	269	0,77	1,13
1	78131	р.Криуша - с.Старая Криуша	668	37	93,5	140	1,24	2,45
2	78191	р.Кумылга - х.Ярской	1220	41	81,5	67	1,30	2,39
3	78091	р.Лесной Воронеж - с.Подгорное	770	49	110	143	0,55	0,88
4	78092	р.Лесной Воронеж - сл.Заворонежская	2000	49	298	149	0,74	1,00
6	78096	р.Матыра - г.Грязи(с.Сеченовка)	4400	48	484	110	0,75	0,90
7	78201	р.Медведица - г.Михайловка	31100	90	898	29	0,59	0,48
8	78196	р.Медведица - пгт Лысье Горы	7610	87	453	60	0,53	0,56

9	78202	р.Медведица - ст-ца Арчединская	33700	87	844	25	0,59	0,58
0	78200	р.Медведица - х.Красный	26800	87	818	31	0,51	0,32
2	78170	р.Мокрая Панда - с.Курдюки	73,3	58	28,7	392	0,71	1,06
3	78258	р.Мышкова - х.Черноморов	1190	40	73,1	61	1,00	0,92
4	78181	р.Ольшанка - х.Креповский	126	34	13,0	103	0,94	1,51
5	78123	р.Осередь - г.Бутурлиновка	581	34	104	179	0,86	1,04
6	78235	р.Паньшинка - х.Паньшино	965	32	71,8	74	1,04	1,29
7	78132	р.Песковатка - ст-ца Шумилинская	572	41	72,5	127	1,26	1,88
8	78098	р.Плавица - с.Богородицкое	782	48	192	245	0,82	1,00
9	78130	р.Подгорная - г.Калач	1790	42	158	88	0,80	1,01
0	78166	р.Поим - с.Поим	312	66	87,6	281	0,68	1,18
1	78093	р.Плльной Воронеж - д.Знаменка	790	27	92,1	117	0,46	0,42
2	78636	р.Польной Воронеж - с.Скобелевка	1200	48	225	188	0,64	0,96
3	78173	р.Савала - г.Жердевка	1790	24	221	124	0,99	1,38
5	78530	р.Сал - ст-ца Батлаевская	19500	31	142	7	1,24	2,21
6	78526	р.Сал - х.Моисеев	10600	30	157	15	0,59	0,58
7	78590	р.Средний Егорлык - с.Новый Егорлык	14600	49	85,5	6	0,45	1,82
0	78154	р.Сердоба - г.Сердобск	3780	85	424	112	0,43	0,25
1	78094	р.Становая Ряса - г.Чаплыгин	1630	48	274	168	0,64	0,96
2	78204	р.Таволожка - с.Кутьино	196	63	68,8	351	0,52	0,99
3	78236	р.Таловая - х.Фастов	188	32	35,8	190	1,13	1,30
4	78596	р.Ташла - с.Донское	428	32	8,52	20	1,70	2,96
5	78218	р.Терса - пгт Елань	2860	47	209	73	0,62	0,50
6	78216	р.Терса - пос.Горный	335	49	67,4	201	0,81	1,89
7	78234	р.Тишанка - х.Кузнецов	795	32	49,8	63	0,99	1,25
8	78179	р.Токай - с.Ростоши	620	47	107	173	0,69	0,91
9	78101	р.Усмань - г.Усмань	277	48	46,2	167	0,82	0,88

1	78104	р.Хава - с.Ильиновка	426	47	72,8	171	0,69	0,99
2	78138	р.Хопер - г.Балашов	14300	90	951	67	0,61	0,62
3	78142	р.Хопер - г.Новохоперск	34800	90	1425	41	0,59	0,58
4	78135	р.Хопер - пос.Пановка	1120	58	212	190	0,93	1,72
5	78141	р.Хопер - г.Поворино	19100	90	968	51	0,59	0,54
6	78146	р.Хопер - х.Барминский	57300	51	1015	18	0,62	0,88
7	78144	р.Хопер - х.Бесплемяновский	44900	51	1119	25	0,64	0,63
8	78149	р.Хопер - х.Дундуковский	60600	51	1043	17	0,62	0,74
9	78595	р.Чибрик - ст-ца Рождественская	25	21	0,29	12	1,70	2,78
0	78112	р.Чигла - пос.Первомайский	508	33	71,9	142	0,81	0,77
2	78169	руч.Без названия - с.Чутановка	41,4	29	20,6	497	0,74	1,02
3	78233	р.Ширяй - х.Ширяевский	328	44	21,6	66	0,97	1,33

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Уравнения связи для приведения рядов к многолетнему периоду и значения величины достоверности аппроксимации. Таблицы будут представлены для главной реки Дон и ее притоков (правых и левых). Номера рядов указаны согласно Приложению А.

Таблица 1. Река Дон

№	Уравнение связи	R ²
4 и 5	$y = 1,0822x - 247,45$	0,99
9 и 8	$y = 1,1287x - 280,62$	0,97
10 и 8	$y = 0,9189x + 30,555$	0,97
6 и 5	$y = 0,7007x + 530,35$	0,87
5 и 6	$y = 1,245x - 195,35$	0,87
7 и 10	$y = 0,7467x + 615,82$	0,88
3 и 2	$y = 1,0298x + 265,71$	0,93
1 и 2	$y = 0,1134x + 163,77$	0,85
3 и 5	$y = 0,8538x + 281,63$	0,99
2 и 5	$y = 3,4363x^{0,8215}$	0,93
1 и 5	$y = 0,0704x + 224,95$	0,91
4 и 6	$y = 1,1206x - 190,04$	0,89
3 и 7	$y = 0,8549x + 179,51$	0,90
1 и 6	$y = 0,1184x + 171,08$	0,89
2 и 7	$y = 0,5615x + 676,68$	0,75
9 и 5	$y = 0,7451x + 932,7$	0,60
9 и 6	$y = 1,1055x + 532,51$	0,62
12 и 13	$y = 0,717x - 4,5133$	0,87

Таблица 2. Правые и левые притоки

Правые притоки	Левые притоки
----------------	---------------

№	Уравнение связи	R ²	№	Уравнение связи	R ²
2 и 15	$y = 3,247x - 25,371$		1 и 2	$y = 0,2117x + 9,2705$	0,63
2 и 19	$y = 0,0666x + 9,2457$		3 и 2	$y = 0,8152x + 30,866$	
3 и 27	$y = 0,3085x + 7,8562$		4 и 2	$y = 0,478x + 13,461$	
3 и 34	$y = 0,0395x + 11,095$		5 и 6	$y = 0,4354x + 29,522$	
4 и 7	$y = 1,4419x + 9,3227$		5 и 48	$y = 0,5429x - 37,12$	
4 и 14	$y = 0,2244x + 5,3238$		6 и 5	$y = 1,8623x - 4,6506$	
5 и 13	$y = 0,2094x + 0,9463$		6 и 48	$y = 0,9703x - 37,695$	
6 и 5	$y = 0,9013x + 1,4419$		7 и 34	$y = 0,4891x + 12,2$	
6 и 14	$y = 0,0516x + 0,8741$		8 и 49	$y = 0,0957x - 8,256$	
7 и 9	$y = 0,96x - 2,1058$		9 и 10	$y = 0,5068x + 52,133$	
8 и 7	$y = 7,2975x + 68,824$		10 и 9	$y = 0,9676x + 33,6$	
9 и 7	$y = 1,0288x + 2,3316$		11 и 12	$y = 2,354x + 101,84$	
9 и 19	$y = 0,0075x + 1,5864$		12 и 11	$y = 0,2408x + 40,1$	
11 и 12	$y = 0,7506x - 89,969$		13 и 11	$y = 0,7445x + 23,985$	
11 и 19	$y = 0,2087x + 21,202$		13 и 21	$y = 0,3627x - 11,86$	
12 и 19	$y = 0,28x + 164,9$		14 и 16	$y = 0,5238x + 38,927$	
14 и 19	$y = 0,0631x + 29,871$		14 и 49	$y = 0,4795x - 59,596$	
15 и 2	$y = 0,2618x + 13,002$		14 и 50	$y = 0,5067x - 89,752$	
17 и 23	$y = 3,1757x - 14,501$		16 и 50	$y = 0,919x - 218,45$	
17 и 19	$y = 0,1716x - 3,4944$		17 и 19	$y = 1,0149x + 41,453$	
18 и 25	$y = 0,1985x + 9,609$		18 и 19	$y = 0,7244x + 111,72$	
21 и 19	$y = 0,5603x - 61,274$		20 и 21	$y = 1,2153x - 75,882$	
23 и 14	$y = 0,6873x + 3,8318$		23 и 21	$y = 1,0266x - 16,579$	
24 и 32	$y = 0,2241x + 3,8217$		26 и 11	$y = 0,4536x + 50,89$	
32 и 25	$y = 0,5681x + 9,9552$		27 и 11	$y = 0,3327x + 15,609$	
36 и 34	$y = 0,8063x + 81,873$		28 и 34	$y = 0,1841x + 14,07$	
			26 и 49	$y = 0,3292x + 46,851$	
			27 и 49	$y = 0,3036x - 9,9292$	

			28 и 49	$y = 0,0857x + 11,441$	
			30 и 32	$y = 1,2902x + 22,507$	
			31 и 30	$y = 2,2279x - 29,711$	
			31 и 32	$y = 3,2311x + 10,204$	
			32 и 30	$y = 0,5919x - 5,6787$	
			33 и 77	$y = 1,4069x + 38,885$	
			34 и 87	$y = 0,2427x + 9,5225$	
			36 и 50	$y = 0,1794x - 12,401$	
			37 и 50	$y = 0,2453x - 17,943$	
			37 и 36	$y = 1,2305x + 22,719$	
			36 и 49	$y = 0,1819x - 7,6087$	
			37 и 49	$y = 0,2684x - 21,487$	
			38 и 65	$y = 0,4312x - 1,0173$	
			40 и 12	$y = 0,0912x + 1,3732$	
			41 и 16	$y = 0,2598x - 10,075$	
			43 и 44	$y = 0,2982x + 27,271$	
			43 и 19	$y = 0,1694x + 16,493$	
			44 и 21	$y = 0,3087x - 22,832$	
			43 и 21	$y = 0,0857x + 21,067$	
			44 и 19	$y = 0,4651x + 26,411$	
			46 и 21	$y = 0,4822x - 19,89$	
			47 и 49	$y = 0,9158x + 44,992$	
			47 и 85	$y = 0,9844x - 15,595$	
			48 и 49	$y = 0,4635x + 62,527$	
			48 и 85	$y = 0,3995x + 68,188$	
			49 и 50	$y = 1,1319x - 99,003$	
			49 и 85	$y = 0,8497x + 27,906$	
			50 и 49	$y = 0,825x + 126,43$	
			50 и 85	$y = 0,6896x + 151,44$	

			52 и 19	$y = 0,0535x + 0,2905$	
			53 и 2	$y = 0,6659x + 8,6329$	
			54 и 55	$y = 0,1226x + 0,0605$	
			55 и 54	$y = 6,362x + 24,727$	
			57 и 42	$y = 0,7984x + 7,4429$	
			58 и 21	$y = 0,2124x - 30,259$	
			60 и 19	$y = 0,1486x + 8,8151$	
			61 и 44	$y = 0,202x + 41,805$	
			62 и 21	$y = 0,2041x + 11,933$	
			70 и 85	$y = 0,3293x + 115,72$	
			71 и 21	$y = 0,2549x + 15,558$	
			72 и 19	$y = 0,0883x + 19,757$	
			73 и 56	$y = 0,5021x - 1,0788$	
			73 и 77	$y = 0,7266x + 3,7933$	
			75 и 50	$y = 0,3106x + 1,9955$	
			76 и 75	$y = 0,2426x + 6,2341$	
			76 и 30	$y = 0,8077x - 4,2787$	
			77 и 56	$y = 0,5162x + 12,732$	
			78 и 26	$y = 0,3727x + 2,1656$	
			78 и 11	$y = 0,1886x + 15,552$	
			79 и 21	$y = 0,0474x - 2,3136$	
			79 и 11	$y = 0,0946x - 2,0263$	
			81 и 11	$y = 0,1255x + 11,232$	
			82 и 85	$y = 0,9875x - 10,125$	
			83 и 82	$y = 1,4241x + 71,527$	
			83 и 85	$y = 1,4677x - 5,8693$	
			84 и 19	$y = 0,433x - 18,012$	
			85 и 82	$y = 0,9672x + 44,211$	
			86 и 87	$y = 0,8632x + 48,731$	

			88 и 87	$y = 0,8823x + 55,894$	
			90 и 55	$y = 0,596x + 12,641$	
			93 и 8	$y = 0,387x + 0,1547$	