



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

Кафедра инженерной гидрологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему **Моделирование зон затопления
на малых и средних реках России**

Исполнитель Круглова Екатерина Николаевна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель К.Т.Н., доцент
(ученая степень, ученое звание)

Девятков Владимир Сергеевич
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой

(подпись)

К.Т.Н., доцент
(ученая степень, ученое звание)

Гайдукова Екатерина Владимировна
(фамилия, имя, отчество)

«27» нояб 2024г.

Санкт-Петербург
2025

Оглавление

Введение	3
1. Физико-географическое описание района	4
1.1 Географическое положение	4
1.2 Рельеф	4
1.3 Климат	6
1.4 Почвы	9
1.5 Гидрография.....	10
2. Методики	13
2.1 Долгосрочный прогноз среднемесячных расходов воды в весеннее половодье	13
2.2 Расчет обеспеченных значений уровней воды	16
2.3 Построение границ зон затопления	20
3. Расчетная часть.....	22
3.1 Составление прогноза	22
3.2 Расчет обеспеченных максимальных уровней воды в весенний период ...	25
3.3 Построение границ зон затопления	29
Заключение	34
Литература и источники.....	35
Приложения	37

Введение

Малые и средние реки подвержены наводнениям. В условиях изменяющегося климата важно предсказывать и предотвращать негативные последствия, которые могут быть вызваны наводнениями в населенных пунктах, расположенных на таких реках.

Современные методы позволяют спрогнозировать значения уровней воды и по заранее построенным границам зон затопления оценить возможные риски наводнения.

Целью работы является:

- Моделирование зон затопления на малых и средних реках России.

Задачами работы являются:

- Составление физико-географического описания района исследования;
- Сбор и обработка гидрологических и метеорологических данных;
- Нахождение наилучшего уравнения регрессии для прогноза;
- Расчет обеспеченных значений максимальных уровней воды в весенний период и построение усеченной кривой;
- Нанесение на карту границ зон затопления различной обеспеченности максимальных уровней воды за весенний период.

Объектом исследования выбрана река Адагум, находящаяся в Краснодарском крае. Ее длина составляет 29 км, а площадь водосбора 179 км².

В первой главе работы составлено физико-географическое описание объекта исследования. Во второй главе описаны используемые в ходе работ методики. В третьей главе представлены все результаты расчетов и построений. В заключение сформулированы выводы по проделанной работе.

1. Физико-географическое описание района

1.1 Географическое положение

Река Адагум находится в южной части России, в пределах Краснодарского края. Географические координаты реки составляют приблизительно $44,5^{\circ}$ северной широты и $39,5^{\circ}$ восточной долготы (Рисунок 1).

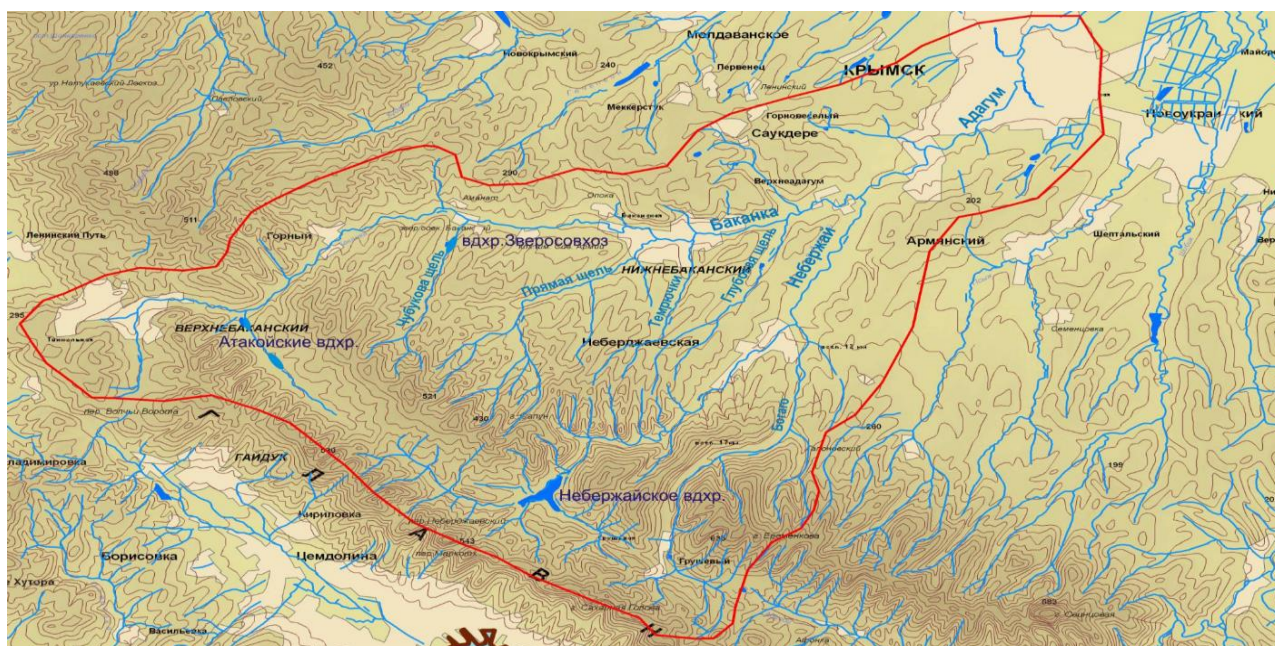


Рисунок 1 – Бассейн реки Адагум [5]

Речные воды простираются по территории с такими крупными населенными пунктами как Новороссийск и Геленджик на берегу Черного моря и селом Адагум в непосредственной близости от реки. Новороссийск является ключевым портом и экономическим центром региона на юге России; Геленджик славится своими курортами и привлекает туристов со всего мира; Адагум играет значительную роль в местной культуре и аграрном секторе области.

1.2 Рельеф

Исследуемая территория расположена на Азово-Кубанской равнине. Она представляет собой низкую, почти плоскую, слабонаклоненную к северо-западу, аккумулятивную равнину. Большая часть ее поверхности имеет

абсолютные отметки ниже 100 м и лишь на юго-востоке она очень полого поднимается до 200 м, постепенно переходя в склон Ставропольского плато. На востоке Азово-Кубанская равнина, сильно сужаясь, переходит в Манычскую впадину («Манычскую долину»), представляющую собой узкую (30-100 км) и низкую (в осевой части не более 25 м) ложбину между бассейнами Азовского и Каспийского морей, обрамленную на юге Ставропольским плато, на севере Сальско-Манычской грядой южных Ергеней.

В геологическом отношении равнина не отличается сложностью. Побережье Азовского моря состоит из почти горизонтальных слоев верхнетретичных и четвертичных отложений, а от г. Ейска до г. Темрюка - дельтовых отложений р. Кубани. На остальном протяжении развиты лёссовидные суглинки и речные наносы.

Из континентальных отложений большое распространение в равнинной части получили песчано-глинистые флювиогляциальные отложения, заполняющие всю Азово-Кубанскую равнину (Предкавказская синклиналь). Отложения представлены галечниками, песками - плавунами и глинами. С поверхности отложения прикрыты желто-бурыми и красноватыми суглинками лёссовидного характера в верхней части, грубыми суглинками и песком с галькой в нижней. В суглинках на всей территории их распространения встречаются известковые конкреции и гипсы, оказывающие влияние на качество грунтовых вод.

К юго-западу от Азово-Кубанской равнины расположены холмистые возвышенности и грязевые сопки Таманского полуострова. Тектонически и геоморфологически он более связан с предкавказским краевым прогибом (Индо-Кубанской впадины) и Керченским полуостровом Крыма, чем с Большим Кавказом.

Азово-Кубанская равнина дренируется р. Кубанью и ее многочисленными короткими левобережными притоками, а также участками нижнего течения рек, стекающих с северного склона Большого Кавказа (Лабы, Белой, Пшиша, Псекупса и др.). Севернее бассейна Кубани по равнине протекает в северо-западном направлении ряд рек (Ёя, Бейсуг, Челбас, Кирпили), берущих начало в пределах равнины и в большинстве своем не достигающих побережья Азовского моря. [8]

1.3 Климат

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

Весьма существенное влияние на общую циркуляцию оказывает система хребтов Большого Кавказа, пересекающая всю территорию почти в широтном направлении. Задержка холодных масс при подходе их к хребту, замедление движения фронтов, их орографически обусловленное обострение, феновые эффекты процессы, влияющие на климат не только горных районов, но и прилежащих равнин Предкавказья. Близость двух больших незамерзающих морей, омывающих территорию Кавказа, также имеет большое значение.

Приходящие извне воздушные массы морского и арктического происхождения на территорию Северного Кавказа поступают обычно в значительной мере трансформированными и под влиянием подстилающей поверхности в довольно короткие сроки окончательно перерождаются в континентальные. Повторяемость континентального воздуха в южной половине Европейской территории России составляет летом 60-70%, зимой - 80% и более.

Особенно сильно процессы трансформации развиты летом и в первую половину осени, когда арктический воздух в течение нескольких дней над

рассматриваемой территорией перерождается в континентальный и даже тропический. Наиболее интенсивно трансформация воздушных масс происходит в восточных районах, над Прикаспийской полупустыней и прилегающими степями.

Зимой процессы трансформации выражены слабее вследствие уменьшения притока солнечной энергии, а также неустойчивого залегания в этих районах снежного покрова. Весной преобладает адвекция, и трансформация играет подчиненную роль.

Зимняя циркуляция над Северным Кавказом определяется в значительной степени взаимодействием между гребнем азиатского антициклона и черноморской депрессией. Зимой наиболее часты вторжения холодных воздушных масс из Казахстана. Возникающий азиатский антициклон является устойчивым барическим образованием, гребень которого в середине зимы наблюдается на широте Волгограда.

Высокая температура Черного моря, лежащего на пути средиземноморских циклонов, способствует возникновению над ним пониженного давления. При взаимодействии холодных тыловых потоков движущихся средиземноморских циклонов с теплыми воздушными массами передней их части создаются резкие контрасты температуры, что приводит к возникновению циклонических возмущений, регенерации затухающих циклонов и выходу их на юго-восточные районы.

Исследуемая территория относится к Кубано-Приазовской климатической области. Она включает южные районы Ростовской области и равнинные районы Краснодарского края. Климат этой области значительно мягче. Безморозный период длительный. Заморозки начинаются лишь во второй половине октября, тогда же средняя суточная температура воздуха устойчиво переходит через 10° . В первой половине ноября происходит устойчивый переход ее через 5° , а через 0° только в первой половине декабря.

И уже во второй половине февраля - начале марта средние суточные температуры становятся выше 0°. Средняя температура июля 22-23°, абсолютный максимум достигает 38-40°.

Таблица 1 – Средние многолетние значения месячной и годовой температуры воздуха (°C) по данным метеостанции г. Крымск [6]

Станция	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
г. Крымск	1.8	2.6	6.3	11.7	17.0	21.6	24.2	24.1	18.9	12.6	7.2	3.6	12.6

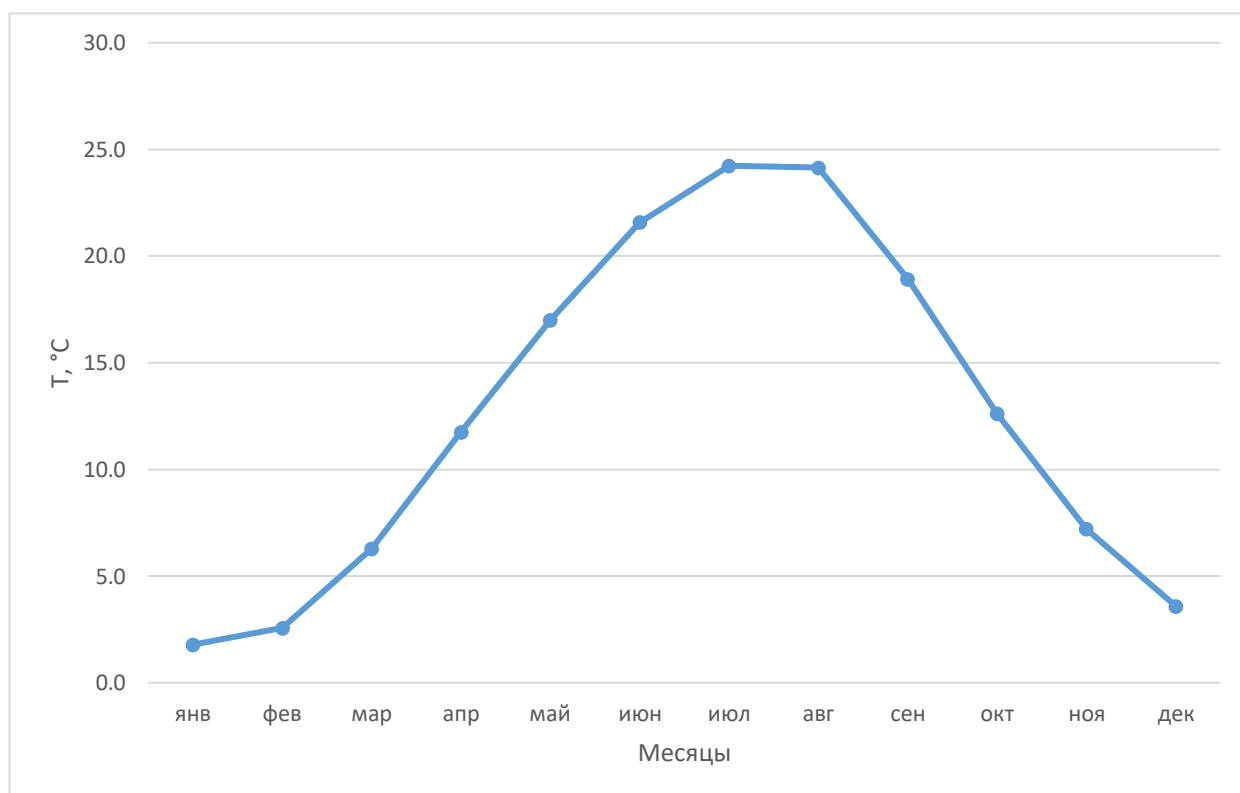


Рисунок 2 – Многолетний ход среднемесячных температур г. Крымск

Число дней с сильными ветрами составляет 35 на севере и 20-30 на юге, максимум их наступления относится к концу зимы. Суховой здесь редки: 20-25 дней за теплый период в восточных районах, и менее 15 дней в Приазовье.

Таблица 2 – Средние многолетние значения месячных и годовых сумм осадков (мм) по данным метеостанции г. Крымск [6]

Станция	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
г. Крымск	81	54	53	47	58	64	58	52	55	58	69	77	725

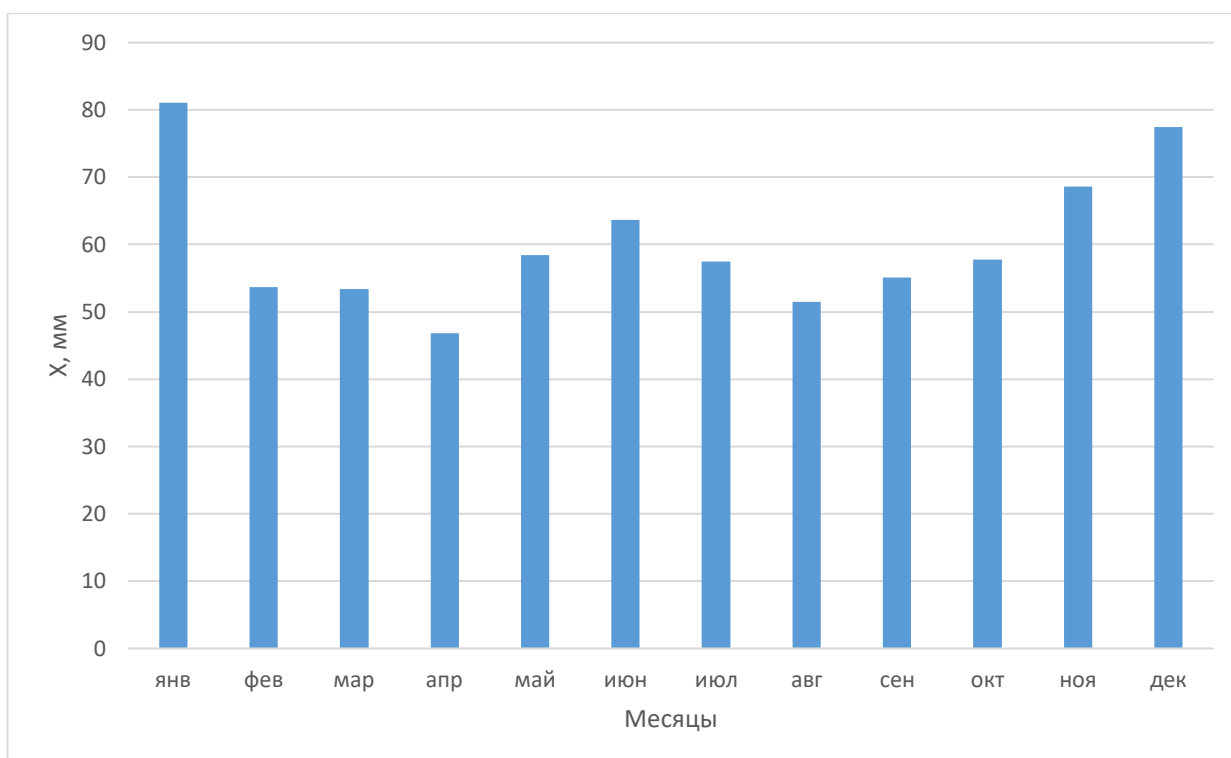


Рисунок 3 – Многолетнее месячное распределение сумм осадков г. Крымск

Количество осадков в теплый период составляет 300-360 мм. Максимум осадков (60-80 мм в месяц) приходится на июнь-июль. Выпадающие за год осадки превышают испарение на 25-50 мм в северных районах и на 50-75 мм в низовьях Кубани. Наиболее увлажнены южные районы, что в сочетании с большим притоком тепла благоприятно сказывается на сельскохозяйственном производстве. В течение летних месяцев часто наблюдаются ливни и град. Грозы наблюдаются с мая по сентябрь- октябрь, повторяемость их 25-30 дней за год в северных районах и 30-35 дней в районах нижней Кубани. В северных районах весной возможны сильные ветры и пыльные бури. [8]

1.4 Почвы

Южный Кубанский район выщелоченных черноземов, мало- и среднегумусных, мощных и сверхмощных, на лёссовидных породах занимает большую территорию Прикубанской наклонной равнины вдоль среднего течения р. Кубани, южнее р. Бейсуг. В зависимости от характера почвенного покрова район выщелоченных черноземов разделяется на следующие

подрайоны: Кубанский правобережный, Кубанский левобережный, Закубанский предгорно- равнинный.

а) В Кубанском правобережном подрайоне формируются выщелоченные среднегумусные мощные и сверхмощные черноземы. По механическому составу большинство их относится к тяжелосуглинистым. Количество гумуса в выщелоченных черноземах меньше, чем в карбонатных.

б) Кубанский левобережный подрайон тянется полосой от Армавира до Краснодара. Здесь залегают долинные черноземы, лугово- черноземные почвы и плавнево-болотные почвы (от устья Лабы до устья Афипса).

в) Закубанский предгорно-равнинный подрайон выщелоченных и слитых черноземов занимает широкую предгорную северо-западную равнину на левобережье Кубани между предгорьями и средним ее течением. Слитые черноземы большей частью распаханы, но пятна дубовых и дубово-ясеневых лесов свидетельствуют об их лесном прошлом. Эти почвы имеют мощный имеют мощный (до 120- 150 см) гумусовый горизонт, содержание гумуса в верхней части профиля составляет 4-7%. Важнейшим их свойством является очень высокая плотность, что обуславливает низкую водопроницаемость, бесструктурность и склонность к переувлажнению. Слитый горизонт залегает обычно на глубине 40-50 см, а иногда с поверхности. Неблагоприятные физические свойства слитых черноземов (слабая водопроницаемость, бесструктурность, липкость во влажном состоянии) очень сокращают весенний и осенний периоды их обработки.

Степень выщелоченности черноземов возрастает в южном направлении, т. е. по мере повышения местности, но она различна в зависимости от характера рельефа, наличия сточных и бессточных понижений. [8]

1.5 Гидрография

Река Адагум – левый приток р. Кубани. В настоящее время впадает в Варнавинское водохранилище. Верхняя и средняя часть бассейна р. Адагум

расположена на северном склоне Маркхотского хребта (Большой Кавказ). Нижняя часть бассейна расположена на предгорной наклонной равнине с общим наклоном на север. Р. Адагум образуется при слиянии рек Баканка (левый исток) и Неберджай (правый исток):

– река Баканка – левый приток реки Адагум. Берёт начало в 8 км юго-восточней пос. Верхнебаканского и впадает в Адагум, ниже пос. Нижнебаканского. Длина реки 29 км, площадь водосбора 179 км².

– река Неберджай – правый приток р. Адагум. Берёт начало на северо-восточных склонах хребта Маркотх, из-под одноименного перевала. В верхнем течении реки сооружено одноименное водохранилище (длина водохранилища – 9 км, ширина – 1 км, водоем сооружен для снабжения питьевой водой жителей г. Новороссийска). Длина реки около 30 км, площадь водосбора 111,1 км².

Средняя высота водосбора р. Адагум 220 м. Форма речной сети близка к перистой. Притоки отличаются небольшой длиной. В верхней и средней части бассейна густота речной сети составляет 0,5-0,6 км/км², а в нижней – 0,1-0,2 км/км². На водосборе расположено 17 озёр общей площадью 6,21 км². Вблизи водораздела территория представляет собой типичный низкогорный ландшафт. Высоты местности здесь изменяются от 100 до 150 м на западе и до 600—800 м в восточной части. Склоны гор, покрытые густым лиственным лесом, пересечены долинами многочисленных горных рек. Лесистость водосбора составляет 70 %, распаханность – 5 %. Долины рек в верховьях имеют характер ущелий с крутыми, обрывистыми склонами. По выходе на равнину долины рек значительно расширяются, водоразделы сглаживаются и постепенно сливаются с окружающей низменностью.

Долина реки Адагум до г. Крымска имеет ящикообразную форму при ширине дна около 1,2 км. Склоны на преобладающем протяжении умеренно крутые высотой около 40 м. Пойма двухсторонняя, неровная, у истоков реки

шириною 200-250 м, высотой 1,0-1,2 м, сложенная галечником, поросшая кустарником. В верхней части г. Крымска пойма сужается до 30-40 м и понижается до 0,8 м. Ниже города и до устья ширина поймы 15-50 м и высота 0,4-0,8 м. Поверхность ее изрезана староречьями, которые действуют при высоких горизонтах (более 3,0 м над меженным). Пойма часто затопливается при дождевых паводках.

Русло реки извилистое, слабо разветвленное, хорошо выраженное. Берега на преобладающем протяжении на верхнем и среднем участках (до г. Крымска) крутые, местами отвесные. На нижнем участке высота берегов преимущественно составляет 0,4-0,5 м. Средневзвешенный уклон реки – 5,1 ‰.

Вдоль берегов реки в пределах г. Крымска, проходят дамбы обвалования.

В г. Крымске в 40 м выше проезжего моста расположен реперный гидрологический пост первого разряда (ГП1) р. Адагум – г. Крымск. Расстояние от ГП до Варнавинского водохранилища составляет 12 км, до истока (места слияния рек Баканка и Неберджай) - 10 км, площадь водосбора 328 км². [5]

Таблица 3 – Среднемноголетнее распределение стока (м³/с) по месяцам на посту р. Адагум – г. Крымск [1]

Пост	Месяц												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
г. Крымск	5.45	5.11	4.74	3.29	1.54	1.09	1.96	0.39	0.19	0.20	0.79	3.32	2.34

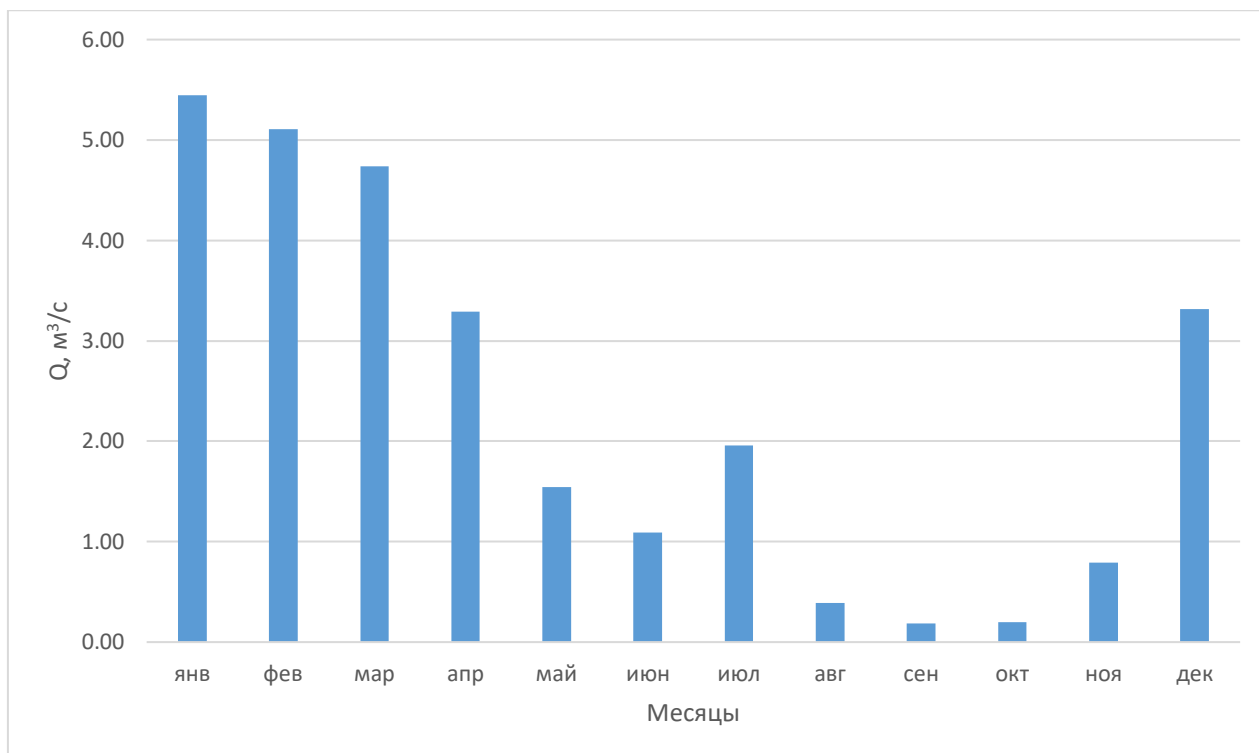


Рисунок 4 – Месячное распределение стока на посту р. Адагум – г. Крымск

2. Методики

2.1 Долгосрочный прогноз среднемесячных расходов воды в весеннее половодье

Построение долгосрочного прогноза среднемесячных расходов воды основывается на физико-статистическом подходе с использованием уравнения регрессии.

Физико-статистические зависимости стока основаны на учете двух главных составляющих: количества поступившей воды и показателя водопоглотительной способности бассейна, характеризующего потери стока. При разработке методики используются данные многолетних наблюдений за стоком в половодье, средних снегозапасов к началу таяния, количества осадков, выпавших за время снеготаяния и на спаде половодья. Водопоглотительную способность бассейна характеризуют наблюдаемые данные о влажности, температуре почвы на разных глубинах или глубине промерзания. Исходные данные проверяются в отношении их однородности, оценивается точность определения стока, снегозапасов и осадков.

На первом этапе осуществляется графическое построение зависимости $Y = f(X, U)$. При данном показателе увлажнения бассейна положение точек в корреляционном поле анализируется с учетом глубины промерзания почвы, продолжительности снеготаяния, количестве весенних осадков. На основе анализа определяется правильность выбора показателя увлажнения бассейна, выявляются возможные погрешности в исходных данных.

Методы статистических прогнозов предполагают возможность оценки будущего значения процесса по результатам наблюдений прошлых и текущих значений как самого процесса, так и определяющих его факторов. Экстраполяция на будущее информации о связях между стоком и составляющими процесса стокообразования возможны, если за последние 30 - 40 лет ландшафтные и климатические условия существенно не менялись. Исследование взаимосвязей природных процессов, оценка одновременного влияния нескольких факторов на данный процесс осуществляются с помощью широко распространенного метода - метода множественной регрессии. В общем виде задача заключается в установлении взаимосвязи исследуемого процесса Y (предиктант) с факторами, влияющими или определяющими этот процесс X_1, X_2, \dots, X_m (предикторы).

Практика использования множественной корреляции свидетельствует о том, что получаемые результаты не всегда удовлетворительны. Это связано с несоблюдением ряда требований. Сопоставляемые переменные должны подчиняться нормальному закону распределения, а связи рассматриваемых переменных должны быть линейными. Нередко не выполняется условие отсутствия или незначительной корреляции между рядами переменных (предикторов), а также условие необходимости значительного превышения объема выборки над числом независимых переменных.

Несмотря на отмеченные недостатки, статистические методы не потеряли своего значения в прогнозах весеннего стока и в настоящее время. Эти методы наиболее часто применяются при ограниченности данных наблюдений за

гидрометеорологическими величинами и невысокой их точности, когда невозможен водно-балансовый расчет. В таких случаях прогнозирование осуществляется на основе регрессионного или дискриминантного анализа. Отметим, что еще довольно часто основным приемом выпуска прогнозов является использование эмпирических зависимостей, представленных, как правило, в графическом виде. Построение подобных зависимостей необходимо с целью контроля и оценки репрезентативности исходных данных. Тщательный анализ и правильная обработка материалов наблюдений - одно из основных условий обеспечения объективности методики прогноза стока.

Сравнительно новым направлением является разработка методики территориальных прогнозов стока. Регрессионные способы расчета среднего для района значения стока и перехода от него к стоку отдельных бассейнов пока еще не получили широкого распространения. Подобные разработки требуют более тщательных исследований и проверки с целью объективной оценки результатов прогнозирования. Указанные статистические методы не исчерпывают всех приемов многомерного и корреляционного анализов. Однако, математическая сторона некоторых предлагаемых способов прогнозирования иногда является достаточно формальной, так как не всегда раскрывается физическая сущность устанавливаемых зависимостей. Так, для долгосрочного прогнозирования сезонного стока с большой заблаговременностью предложен метод, базирующийся на отыскании внутрирядной корреляции и цикличности во временных рядах стока. [4]

Оценка методики прогноза:

Оценка производилась по методу ГМЦ. Методика может использоваться на практике, если она достаточно точна. Мерой ее точности служит среднеквадратическая погрешность поверочных прогнозов S :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_{\phi} - Y_{\text{пр}})^2}{n-m}} \quad (1)$$

где Y_{ϕ} – фактическое значение величины; $Y_{\text{пр}}$ – предсказанное значение; n – число членов ряда; m – число параметров в прогностическом уравнении, при использовании линейной зависимости (вида $y = ax + b$) $m = 2$.

За критерий применимости и качества методики принимается отношение S/σ т. е. отношение среднеквадратической погрешности поверочных прогнозов к среднеквадратическому отклонению предсказываемой величины от среднего значения

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}{n-1}} \quad (2)$$

Методика прогноза считается практически приемлемой, если обеспеченность допустимой погрешности поверочных прогнозов не менее чем на 10 % превышает обеспеченность вероятного отклонения предсказываемой величины от среднего. Это означает, что:

при $n \leq 15$ должно быть $S/\sigma \leq 0,70$;

при $15 < n \leq 25$ должно быть $S/\sigma \leq 0,75$;

при $n > 25$ должно быть $S/\sigma \leq 0,80$. [3]

2.2 Расчет обеспеченных значений уровней воды

Исходный ряд проверяется на однородность. Гидрологический ряд считается однородным, если в течение всего рассматриваемого периода условия формирования стока оставались неизменными. Антропогенное воздействие и природные катаклизмы могут привести к изменению условий формирования стока и нарушить однородность ряда. Например, в результате землетрясения могут измениться границы водосбора, а работа водохранилища сезонного регулирования приводит к перераспределению стока внутри года и увеличению

суммарного испарения. В этом случае без предварительной корректировки ряда нельзя применять стандартные методы статистической обработки.

В рамках модели случайной величины для проверки гидрологических рядов на однородность используются стандартные статистические критерии Фишера и Стьюдента.

Ряд по критерию Стьюдента считается однородным, если выполняется условие:

$$t_{\text{крит}} > |t| \quad (3)$$

По Фишеру:

$$F_{\text{крит}} > F \quad (4)$$

Расчет параметров распределения производится методом моментов. Метод основан на использовании моментов эмпирического распределения, которые являются состоятельными оценками соответствующих теоретических моментов.

Рассчитываются среднее значение (5), коэффициент вариации (6), коэффициент асимметрии (7) и соотношение коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации.

$$m_x = \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (5)$$

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{n - 1}} \quad (6)$$

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (7)$$

Расчет считается надежным, если ошибки среднего значения и коэффициента вариации не превышают 5 — 10 %. При расчетах максимального стока удовлетворительной считается ошибка до 20 %.

Построение эмпирической и аналитической кривой.

Для построения эмпирической кривой обеспеченностей значения исходного ряда ранжируются (располагаются в убывающем порядке). Затем для каждого члена ранжированного ряда рассчитывается эмпирическая обеспеченность по формуле (8).

$$P_m = \frac{m}{n+1} 100\% \quad (8)$$

Эмпирическая кривая обеспеченностей строится на специальной клетчатке вероятностей в виде последовательности точек с координатами (p_m, x_m) .

Для объективного сглаживания эмпирической кривой обеспеченностей и экстраполяции ее в область больших и малых значений используются специальные аналитические кривые. В России для этой цели используется кривая Крицкого-Менкеля (трехпараметрическое гамма-распределение). [9]

При неоднородности максимальных значений допускается также применение усеченных распределений, которые разработаны для частного случая, – разделение на две однородные совокупности по медианному значению. Сущность усечения кривой распределения состоит в том, что рассматривают только верхнюю часть кривой распределения максимальных расходов воды.

Основное расчетное выражение для оценки среднего значения x_0 по методу приближенно наибольшего правдоподобия имеет следующий вид:

$$x_0 = \bar{x}_{n/2} \varphi(C_v) \quad (9)$$

$$\bar{x}_{n/2} = \frac{\sum_1^{n/2} x_i}{n/2} \quad (10)$$

где $x_{n/2}$ – среднее арифметическое значение верхней половины ранжированного ряда;

$$\varphi(C_v) = \left[1 + \frac{2}{\gamma} \left(\frac{x_{me}}{x_0} \right) p \left(\frac{x_{me}}{x_0} \right)^{-1} \right] \quad (11)$$

здесь значения функции $\varphi(C_v)$ приведены в приложении А: $\gamma = 1/C_v^2$.

Оценку максимального правдоподобия коэффициента изменчивости C_v определяют через статистику $\lambda_{2_{n/2}}$ с помощью табулированной зависимости (Приложение Б), где $\lambda_{2_{n/2}}$ – статистика, вычисляемая по верхней половине ранжированного ряда (аналогично полному распределению):

$$\lambda_{2_{n/2}} = \frac{\sum_1^{n/2} \lg \frac{x_i}{\bar{x}_{n/2}}}{n/2} \quad (12)$$

Порядок расчетов при использовании усеченного гамма-распределения следующий:

- исходный ряд располагается по убыванию;
- по выражению (10) находят среднее значение верхней половины ранжированного ряда $x_{n/2}$;
- по выражению (12) вычисляют статистику $\lambda_{2_{n/2}}$;
- по полученному значению $\lambda_{2_{n/2}}$ находят значение коэффициента C_v ;
- по выражению (9) находят оценку x_0 ;
- отношение C_s/C_v принимать как среднее из значений, установленных по данным группы рек с наиболее продолжительными наблюдениями за рассматриваемой гидрологической характеристикой в гидрологически однородном районе с учетом площадей водосборов и других азональных факторов. [10]

2.3 Построение границ зон затопления

Зоны затопления рек – это территории, подверженные затоплению в результате повышения уровня воды при меньшей пропускной способности русла. Повышение уровня может быть вызвано следующими явлениями:

Половодье – это период сезонного повышения уровня воды в реках, которое происходит в результате таяния снега и льда, а также интенсивных дождей. Обычно половодье наблюдается весной, когда происходит активное таяние снегов, и может продолжаться до начала лета.

Паводок – это внезапное и кратковременное повышение уровня воды в реках и водоемах, вызванное факторами, такими как интенсивные дожди, таяние снега, ледяные заторы или сильные ветры.

Затор — это скопление льда, образующееся во время ледохода, которое создает препятствие в русле реки на определенном участке и приводит к изменению уровня воды. При вскрытии южные участки могут запруживаться льдом, находящимся в северных районах, что часто вызывает значительное повышение уровня воды. Заторные наводнения отличаются высоким и относительно кратковременным подъемом уровня воды в реке.

Зажор — это явление, связанное с образованием скоплений льда и снега на реках, которое происходит в результате их замерзания и последующего таяния. Это явление может возникать, когда ледяные массы, образовавшиеся в верховьях реки, начинают двигаться вниз по течению и сталкиваются с участками, где уровень воды ниже, что приводит к образованию заторов.

Зоны затопления устанавливаются в отношении:

а) территорий, которые прилегают к незарегулированным водотокам, затапливаемых при половодьях и паводках однопроцентной обеспеченности (повторяемость один раз в 100 лет) с учетом фактически затапливаемых территорий за предыдущие 100 лет наблюдений;

б) территорий, прилегающих к устьевым участкам водотоков, затапливаемых в результате нагонных явлений однопроцентной расчетной обеспеченности;

в) территорий, прилегающих к естественным водоемам, затапливаемых при уровнях воды однопроцентной обеспеченности;

г) территорий, прилегающих к водохранилищам, затапливаемых при уровнях воды, соответствующих подпорному уровню воды водохранилища при пропуске паводка однопроцентной обеспеченности;

д) территорий, прилегающих к зарегулированным водотокам в нижних бьефах гидроузлов, затапливаемых при пропуске гидроузлами паводков однопроцентной расчетной обеспеченности;

е) территорий, прилегающих к участкам водотоков, затапливаемых в результате заторных явлений однопроцентной расчетной обеспеченности.

Для построения зон затопления необходимы следующие данные:

а) материалы, полученные в результате геодезических и картографических работ, выполненных в соответствии с законодательством Российской Федерации о геодезии и картографии, а также данные обследований по выявлению паводкоопасных территорий;

б) данные об отметках характерных уровней воды расчетной обеспеченности на пунктах государственной наблюдательной сети;

в) данные об отметках характерных уровней воды расчетной обеспеченности из фондовых материалов гидрологических и гидрогеологических изысканий под размещение населенных пунктов, мелиоративных систем, линейных объектов инфраструктуры, переходов трубопроводов, мостов;

г) данные проектных материалов, подготовленные в целях создания водохранилищ;

д) сведения, содержащиеся в правилах использования водохранилищ;

е) расчетные параметры границ затоплений пойм рек, определенные на основе инженерно-гидрологических расчетов; [7]

3. Расчетная часть

3.1 Составление прогноза

В качестве исходных данных были использованы среднемесячный сток с поста р. Адагум - г. Крымск [1], среднемесячные температуры и осадки с метеостанций Крымск, Новороссийск [6] и Анапа [2]. Для лучшего описания температурного режима и количества осадков бассейна, были составлены сводные таблицы, рассчитанные как среднемесячное значение с трех метеостанций. Исходные данные и сводные таблицы представлены в приложении В-М.

После составления сводных таблиц были рассчитаны температурный режим и осеннее увлажнение как доля каждого месяца от нормы месяца. Результаты расчетов представлены в приложении Н-П. Увлажнение для расчетов принимается за последний месяц с положительными температурами (ноябрь). Температурный режим принимается за месяц до подачи прогноза, заблаговременность такого прогноза – 1 месяц.

Расчет прогноза расходов воды происходит для марта. Было рассмотрено 7 различных вариантов построения регрессионной зависимости для нахождения наилучшей зависимости. Для всех подходов использовались среднемесячные расходы воды за март за разные года. Осеннее увлажнение для всех подходов, кроме последних двух принималось за ноябрь, для последних двух – за декабрь.

Уравнение регрессии в общем виде:

$$Q_{\text{март}} = a \cdot T_p + b \cdot X + c \cdot U + d \quad (13)$$

Где $Q_{\text{март}}$ – прогнозируемый среднемесячный расход на март; T_p – температурный режим; X – сумма осадков, U – осеннее увлажнение; a, b, c, d – эмпирические коэффициенты.

Подходы построения уравнения регрессии и что в них использовалось:

Первый подход: температурный режим за январь, сумма осадков за январь и февраль.

Второй подход: температурный режим за февраль, сумма осадков за декабрь, январь и февраль.

Третий подход: температурный режим за январь, сумма осадков за декабрь, январь и февраль.

Четвертый подход: температурный режим за март, сумма осадков за декабрь, январь и февраль.

Пятый подход: температурный режим за февраль, сумма осадков за декабрь, январь, февраль и март.

Шестой подход: температурный режим за февраль, сумма осадков за декабрь, январь, февраль и март, осеннее увлажнение за декабрь.

Седьмой подход: температурный режим за февраль, сумма осадков за декабрь, январь и февраль, осеннее увлажнение за декабрь.

Результаты подходов и их оценка представлены в

Таблица 4.

Таблица 4 – Сравнения подходов построения уравнения регрессии

подход	Уравнение регрессии	R	S/σ
1	$0,05Tr+0,004X+0,25U+3,29$	0,14	0,99
2	$0,75Tr+0,009X+0,18U+1,58$	0,40	0,92
3	$-0,13Tr+0,01X+0,40U+1,77$	0,26	0,97
4	$-1,14Tr+0,008X+0,35U+3,53$	0,28	0,96
5	$0,66Tr+0,01X+0,36U-0,01$	0,53	0,85
6	$0,19Tr+0,02X+2,21U-4,01$	0,78	0,63
7	$0,23Tr+0,03X+2,63U-4,27$	0,71	0,71

Лучший результат по корреляции и критерию S/σ показал 6 подход, но использовать его не рекомендуется по причине использования «прогностических» значений сумм осадков за март при построении уравнения. Для избежания погрешностей, которые возникнут при прогнозе сумм осадков, для прогноза среднемесячного расхода воды за март рекомендуется использовать 7 подход, для которого корреляция и критерий S/σ являются допустимыми.

Графический результат прогнозов представлен на

Рисунок 5.



Рисунок 5 – Результаты прогнозов (по оси абсцисс – порядковый номер прогноза, по оси ординат – среднеемесячный расход воды за март; фактические значения отмечены зеленым цветом, спрогнозированные – синим)

Из-за недостатка суточных данных по стоку с поста р. Адагум - г. Крымск, прогноз производился по среднеемесячным значениям расхода воды. Заблаговременность такого прогноза составляет 1 месяц. Из-за этого, перейти от спрогнозированных значений расхода воды к значениям уровня для построения границ зон затопления не получится.

3.2 Расчет обеспеченных максимальных уровней воды в весенний период

В качестве исходных данных выступают максимальные уровни воды в весенний период. Был построен хронологический график максимальных уровней воды (Рисунок 6).

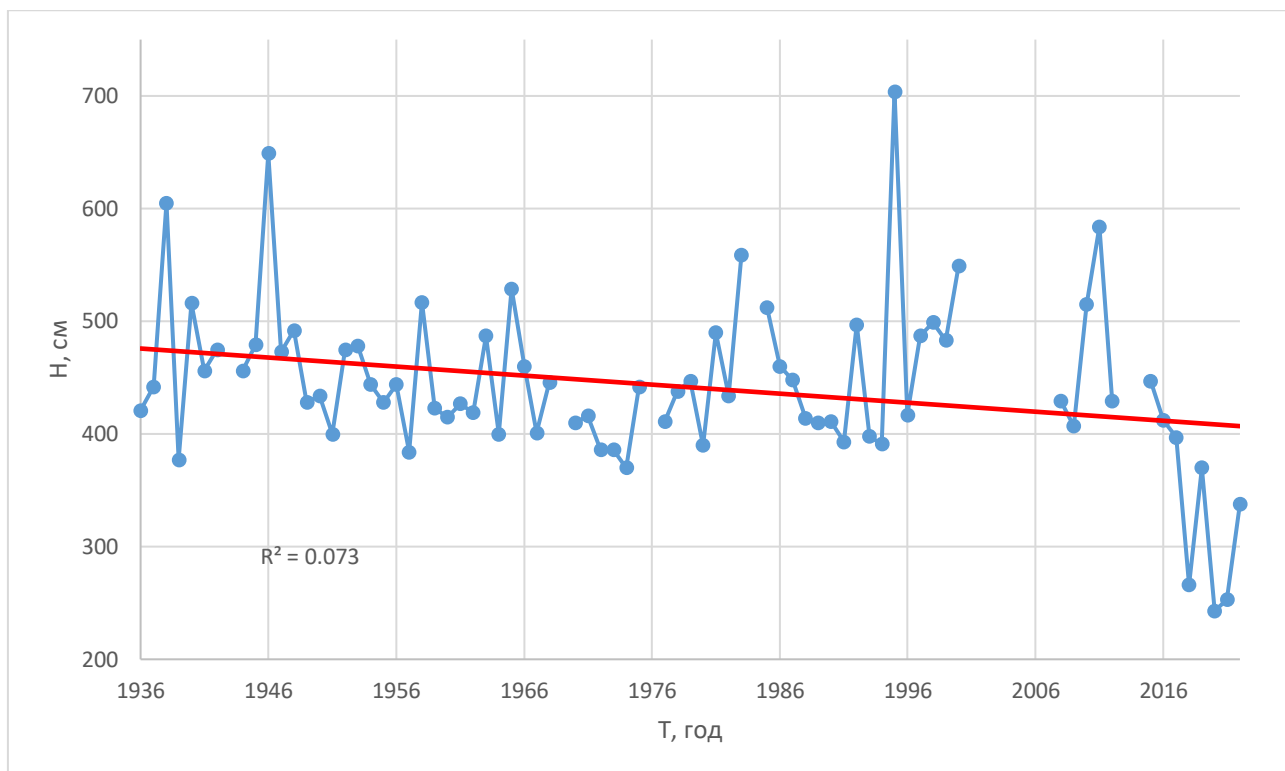


Рисунок 6 – Хронологический график максимальных уровней воды р. Адагум г. Крымск

Ряд проверялся на значимость тренда классическими статистическими формулами.

Тренд считается значимым, если выполняется условие:

$$R/\sigma_R > t_{2\alpha} \quad (14)$$

где $t_{2\alpha}$ – стандартное значение статистики Стьюдента при уровне значимости $2\alpha=5\%$ и числе степеней свободы $(n-2)$; R – коэффициент корреляции; σ_R – стандартная ошибка, определяемая по формуле:

$$\sigma_R = \sqrt{(1 - R^2)/(n - 2)} \quad (15)$$

Результат проверки представлен в

Таблица 5. Выявлен тренд на уменьшение максимальных уровней.

Таблица 5 – Оценка значимости тренда ряда максимальных уровней воды р.

Адагум г. Крымск

n	R^2	R	σ_R	R/σ_R	$t_{2\alpha}$	Результат
74	0,073	0,27	0,113	2,38	1,99	значим

Была произведена проверка ряда на однородность. Результат проверки представлен в Таблица 6. Ряд является однородным по критерию Стьюдента и неоднородным по критерию Фишера.

Таблица 6 – Проверка ряда максимальных уровней воды р. Адагум г. Крымск на однородность по критерию Стьюдента и Фишера

t^*	$t_{2\alpha}$	$H_0: x_1=x_2$	F^*	$F_{2\alpha}$	$H_0:D_1=D_2$
0,74	1,99	не опр	2,21	1,94	опр

Расчет параметров распределения и построение эмпирической и аналитической кривых обеспеченностей производились в программном обеспечении HydroStatCalc2012 (Таблица 7). В качестве аналитической кривой была выбрана Кривая Крицкого-Менкеля (Рисунок 7), ординаты кривой представлены в Таблица 8.

Таблица 7 – Параметры распределения максимальных уровней воды в весенний период р. Адагум г. Крымск

\bar{H}	C_v	C_s	C_s/C_v
444	0,17	0,49	2,92

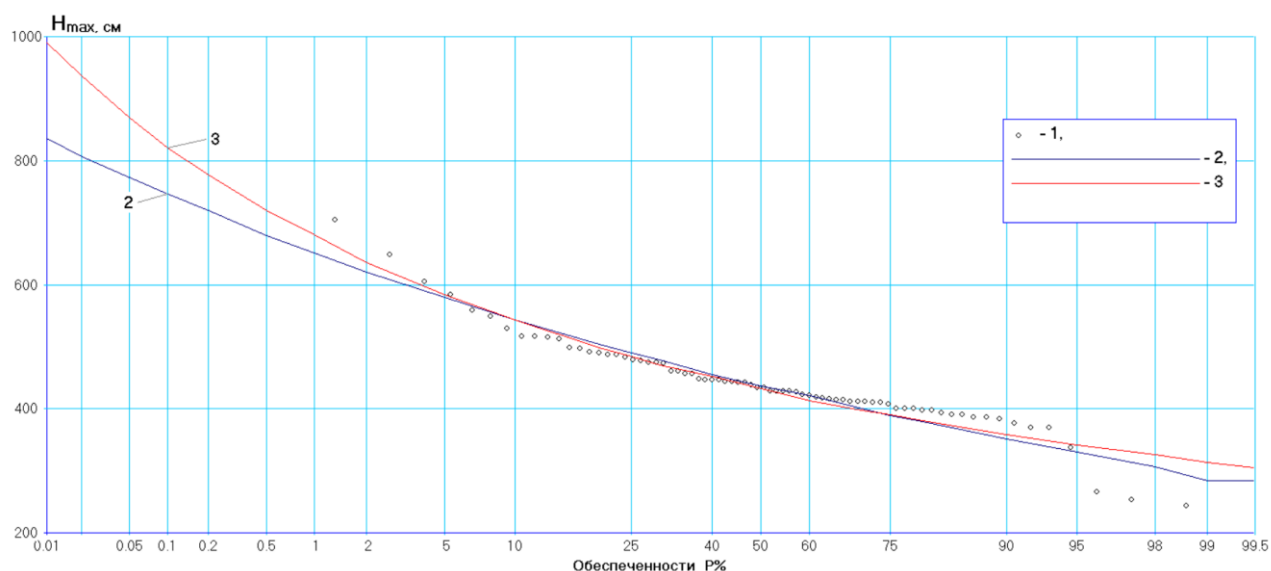


Рисунок 7 – Эмпирическая и аналитическая кривая Крицкого-Менкеля максимальных уровней воды р. Адагум г. Крымск (синим – кривая при $C_s/C_v = 2,92$; красным – при $C_s/C_v = 6,0$)

Таблица 8 – Ординаты кривой обеспеченности Крицкого-Менкеля максимальных уровней воды за весенний период р. Адагум г. Крымск для разных соотношений C_s/C_v

P%		0,01	0,1	1	5	10	20	30	50	70	80	90	95	99	99,9
C_s/C_v	2,92	837	747	651	580	543	505	478	437	400	379	352	331	285	261
	6,00	991	820	681	584	544	498	471	433	398	381	358	342	313	288

Для лучшего описания малой обеспеченности, была построена усеченная кривая по половине ряда (Рисунок 8). Параметры усеченной кривой и ординаты ее аналитической кривой обеспеченности Крицкого-Менкеля представлены в Таблица 9-Таблица 10.

Таблица 9 – Параметры усечённой кривой р. Адагум г. Крымск

λ_2	C_v^*	ϕ	X_0	C_s/C_v
-0,0028	0,21	0,856	451	2

Таблица 10 – Ординаты усечённой аналитической кривой обеспеченности Крицкого-Менкеля максимальных уровней воды за весенний период р. Адагум г. Крымск

P%	0,01	0,1	1	5	10	20	25	30	50
K_p	1,98	1,78	1,55	1,37	1,27	1,168	1,135	1,09	0,98
H_p	892	800	698	617	574	526	511	493	443

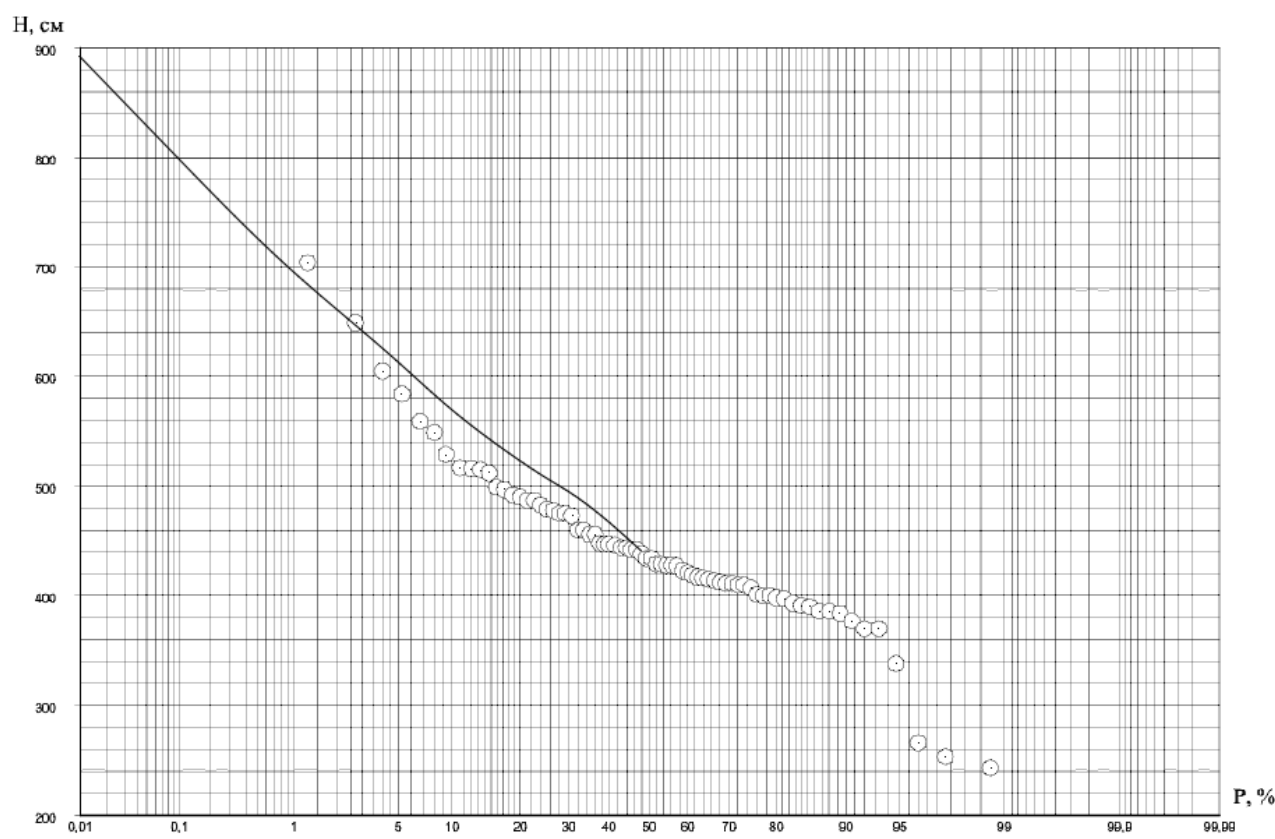


Рисунок 8 – Усечённая эмпирическая и аналитическая кривая Крицкого-Менкеля максимальных уровней воды за весенний период р. Адагум г. Крымск

3.3 Построение границ зон затопления

Для построения зон затопления в качестве исходных данных выступали векторные данные, снятые с топографической карты масштабом 1:25000: горизонтالي рельефа, отдельные отметки высот местности, отметки урезов водоемов, отметки урезов реки, линия реки по тальвегу, береговая линия реки.

Оцифрованные векторные данные стали основой для построения цифровой модели рельефа. Каждая точка на модели имеет свою высоту, что позволяет по заданным высотам построить зоны затопления.

Зоны затопления строились в программном обеспечении ArcMap 10.5 по рассчитанным обеспеченным значениям уровня воды и известной высоте «нуля» поста, для которого рассчитывались обеспеченные уровни. Построения зон производились при помощи инструмента Contour List.

Были построены границы зон затопления для максимальных уровней воды в весенний период для 1, 5, 10 и 25% обеспеченностей. Все границы были нанесены на одну карту (Рисунок 9) и отдельно (Рисунок 10, Рисунок 13):

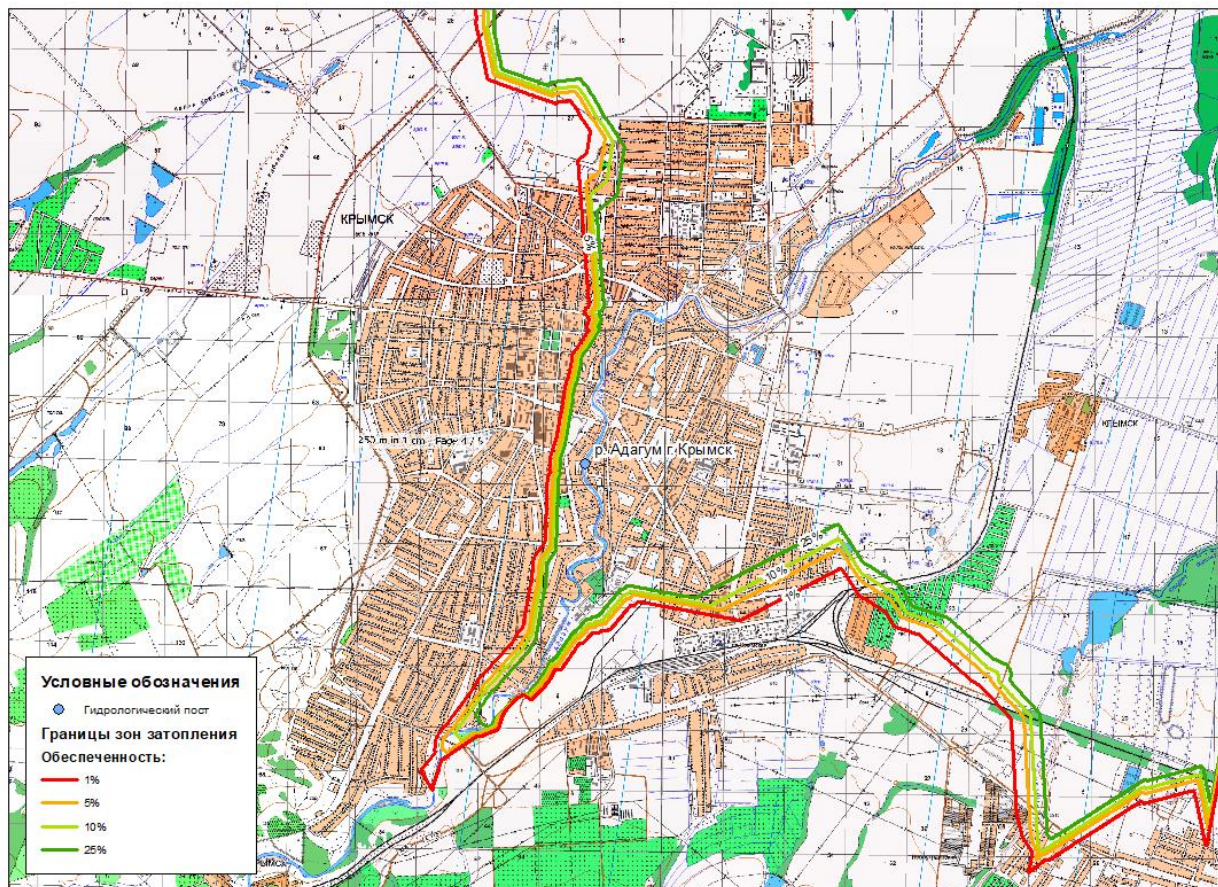


Рисунок 9 – Границы зон затопления для максимальных уровней воды различной обеспеченности

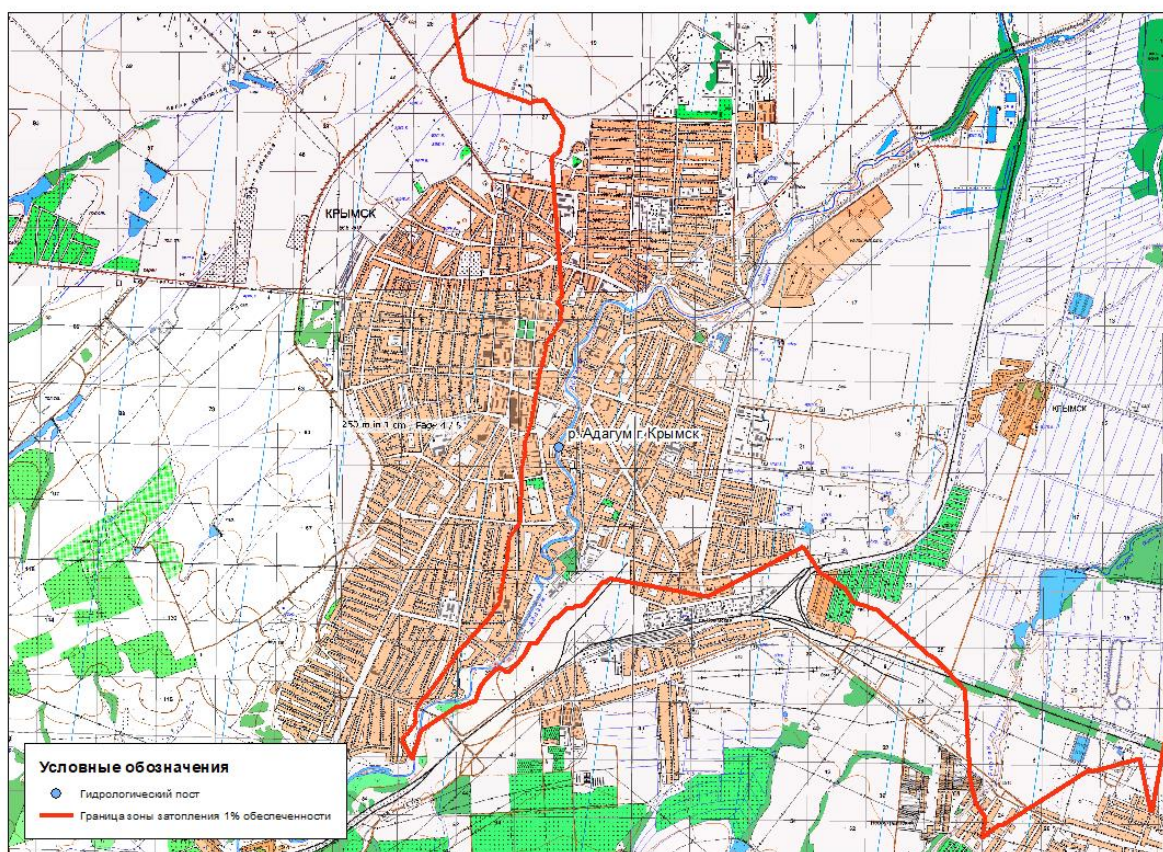


Рисунок 10 – Зоны затопления для максимальных уровней воды 1%
обеспеченности

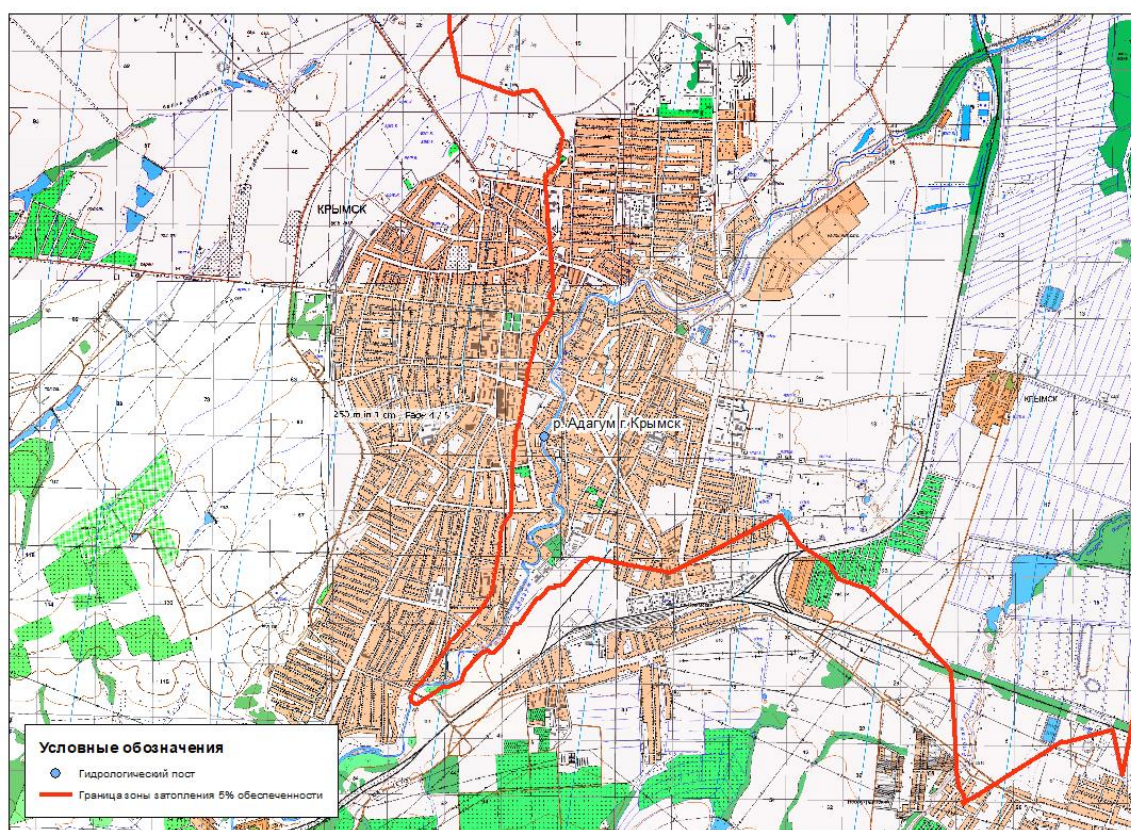


Рисунок 11 – Зоны затопления для максимальных уровней воды 5%
обеспеченности

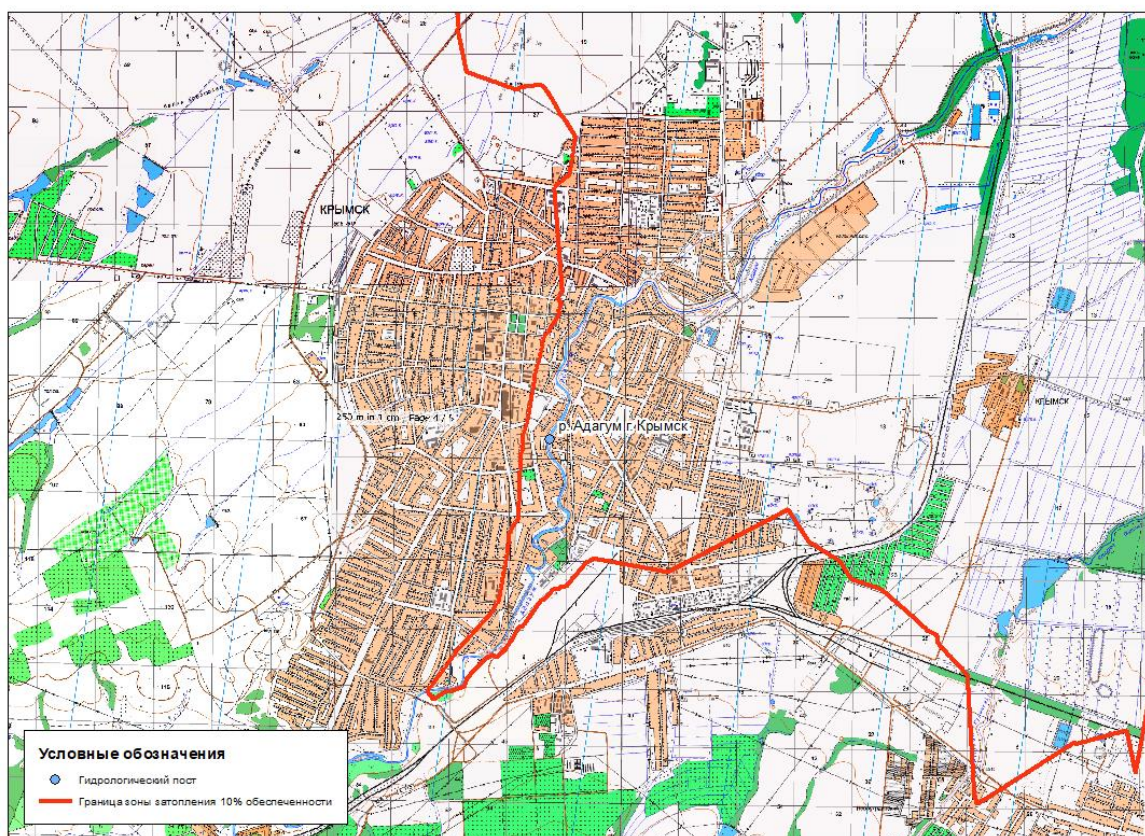


Рисунок 12 – Зоны затопления для максимальных уровней воды 10%
обеспеченности

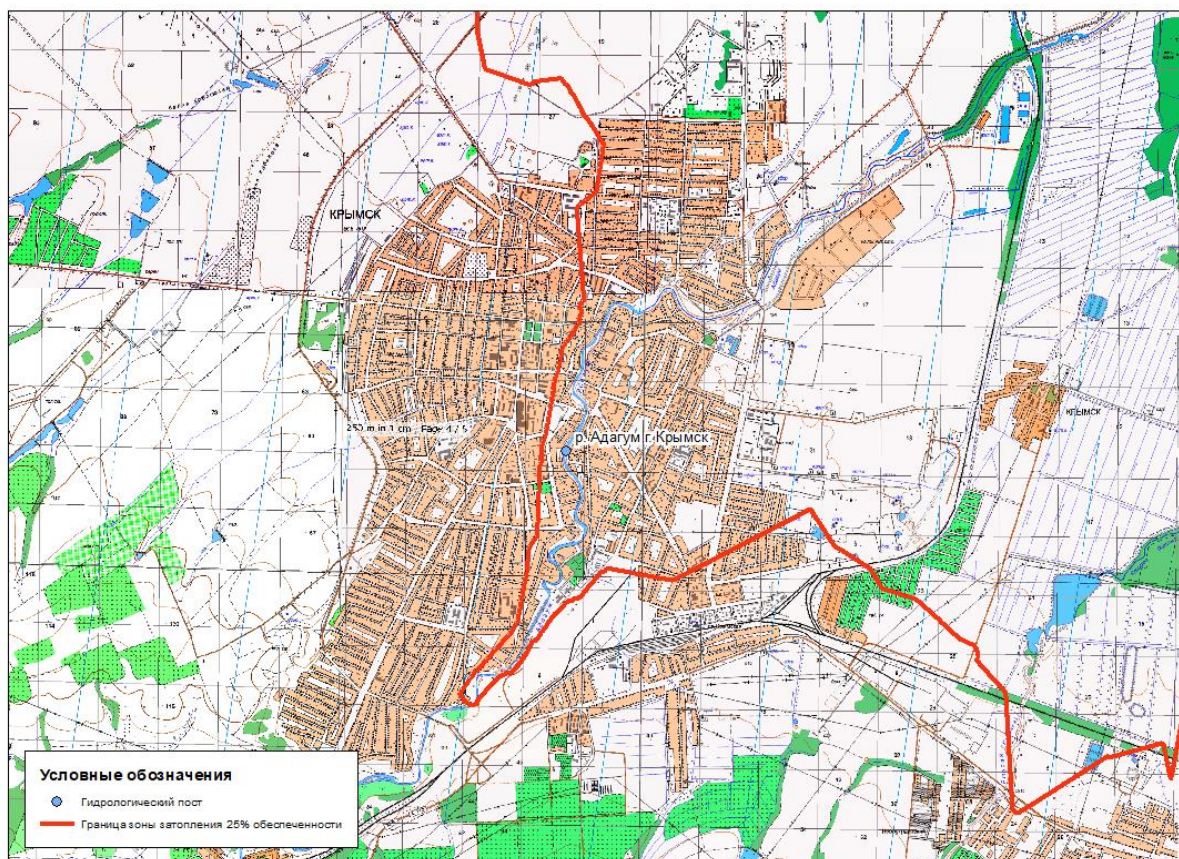


Рисунок 13 – Зоны затопления для максимальных уровней воды 25%
обеспеченности

Понижение высот идет с юго-запада на северо-восток, поэтому под угрозой затопления находятся правобережная и южная части города.

Построении границ зон затопления происходит таким образом, что отсечка территории происходит только по значениям высот, при этом гидравлика не учитывается. Для более точного построения зон необходимо рассмотреть более детальные методы, но для первичной оценки затапливаемой территории данное построение подходит.

Заключение

В результате проведенной работы было получено прогностическое уравнение регрессии для среднемесячных расходов воды. При длине ряда в 18 лет критерий S/σ составляет 0,71, что не превышает допустимое значение в 0,75.

Для ряда максимальных уровней воды за весенний период была проведена проверка на однородность и значимость тренда: по критерию Стьюдента ряд является однородным, а по критерию Фишера – неоднородным, был выявлен значимый тренд на уменьшение максимальных уровней. Были определены параметры распределения: средний максимальный уровень воды – 444 см, коэффициент вариации – 0,17, коэффициент асимметрии – 0,49. Соотношение коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации – 2,92. Были построены эмпирическая и аналитическая кривая Крицкого-Менкеля.

Для лучшего описания максимальных уровней воды в весенний период малой обеспеченности была построена усеченная кривая. С нее были сняты значения максимальных уровней воды в весенний период для 1, 5, 10 и 25% обеспеченности. Для этих обеспеченностей были построены и нанесены на карту границы зоны затопления для города Крымск.

Все поставленные в работе задачи были выполнены:

- Составлено физико-географического описания района исследования;
- Собраны и обработаны гидрологические и метеорологические данные;
- Найдено наиболее эффективное уравнение регрессии для составления прогноза;
- Были рассчитаны обеспеченные значения максимальных уровней воды в весенний период и построена усеченная кривая для лучшего описания уровней с малой обеспеченностью;
- На карту города Крымск были нанесены границы зон затопления максимального уровня воды в весенний период 1, 5, 10 и 25% обеспеченности.

Цель работы достигнута – были смоделированы зоны затопления для малых и средних рек России на примере реки Адагум. Была составлена прогнозная модель для среднемесячных расходов воды. Оценка прогноза показала положительный результат по критерию S/σ , значение критерия составило 0,71 при допустимых 0,75. Но в связи с недостаточностью данных по суточному стоку на посту р. Адагум - г. Крымск, перейти от прогностических значений расходов воды к уровням для построения прогностических границ зон затопления невозможно. Поэтому границы зон затопления были построены для максимальных уровней воды в весенний период для 1, 5, 10 и 25% обеспеченности, снятых с построенной усеченной кривой для максимальных уровней.

Литература и источники

1. АИС ГМВО. [Электронный источник]. Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов. – URL: <https://gmvo.skniivh.ru/>
2. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. [Электронный источник]. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. – URL: <http://meteo.ru/>
3. Гайдукова Е.В., Викторова Н.В. Гидрологические прогнозы. Конспект лекций. / Санкт-Петербург: «РГГМУ», 2021
4. Георгиевский Ю.М., Шаночкин С.В. Гидрологические прогнозы. Учебник. / Санкт-Петербург: «РГГМУ», 2007
5. Катастрофический паводок в бассейне р. Адагум 6-7 июля 2012 г. и его причины: отчет Росгидромета / ФГБУ «ГГИ», ФГБУ «Краснодарский ЦГМС» и департамент Росгидромета по ЮФО и СКФО. Краснодар, 2012. 42 с. №424 от 11.07.2012 г.
6. Погода и климат [Электронный источник]. – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/>
7. Постановление Правительства РФ от 24.05.2024 № 670 «Об определении границ зон затопления, подтопления»
8. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 8. Северный Кавказ. / Ленинград: «Гидрометеиздат», 1973
9. Сикан А.В. Методы статистической обработки гидрометеорологической информации. Учебник. / Санкт-Петербург: «РГГМУ», 2007
10. СП 529.1325800.2023 «Определение основных гидрологических характеристик»

Приложения

Приложение А

Значения функции $\varphi(C_v)$ для вычисления среднего x_0 усеченного гамма-распределения

C_v	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,1	0,925	0,919	0,913	0,906	0,900	0,894	0,887	0,882	0,875	0,869
0,2	0,863	0,856	0,852	0,847	0,841	0,836	0,831	0,825	0,820	0,814
0,3	0,809	0,805	0,800	0,795	0,791	0,787	0,782	0,777	0,773	0,769
0,4	0,764	0,760	0,756	0,751	0,747	0,743	0,739	0,735	0,730	0,726
0,5	0,722	0,719	0,715	0,712	0,708	0,705	0,702	0,698	0,695	0,691
0,6	0,688	0,685	0,681	0,678	0,674	0,671	0,668	0,664	0,661	0,657
0,7	0,654	0,652	0,649	0,647	0,645	0,643	0,640	0,638	0,636	0,633
0,8	0,631	0,629	0,627	0,624	0,622	0,620	0,618	0,616	0,613	0,611
0,9	0,609	0,607	0,605	0,604	0,602	0,600	0,598	0,596	0,595	0,593
1,0	0,591	0,589	0,588	0,586	0,585	0,583	0,581	0,580	0,578	0,577
1,1	0,575	0,574	0,572	0,571	0,569	0,568	0,567	0,565	0,564	0,562
1,2	0,561	0,560	0,559	0,558	0,557	0,556	0,554	0,553	0,552	0,551
1,3	0,550	0,549	0,548	0,547	0,546	0,545	0,544	0,543	0,542	0,541
1,4	0,540	0,539	0,538	0,538	0,537	0,536	0,535	0,534	0,534	0,533
1,5	0,532	0,531	0,530	0,530	0,529	0,528	0,528	0,527	0,526	0,526
1,6	0,526	0,525	0,525	0,524	0,524	0,523	0,522	0,522	0,521	0,521
1,7	0,520	0,520	0,519	0,519	0,518	0,518	0,518	0,517	0,517	0,516
1,8	0,516	0,516	0,155	0,515	0,514	0,514	0,513	0,513	0,513	0,512
1,9	0,512	0,512	0,511	0,511	0,511	0,511	0,510	0,510	0,510	0,509
2,0	0,509	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Значения зависимости $C_v = f(\lambda_{2n/2})$ для вычисления коэффициента

изменчивости C_v усеченного гамма распределения

C_v	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	$\lambda_{2n/2}$ (значения отрицательные)									
0,10	0,00050	0,00070	0,0090	0,00110	0,00130	0,00150	0,00170	0,00190	0,00210	0,00230
0,20	0,00250	0,00281	0,00321	0,0343	0,00374	0,00405	0,00436	0,00467	0,00498	0,00529
0,30	0,00560	0,00608	0,00656	0,00704	0,00752	0,00800	0,00848	0,00896	0,00944	0,00992
0,40	0,0104	0,0109	0,0114	0,0119	0,0124	0,0129	0,0135	0,0142	0,0148	0,0154
0,50	0,0161	0,0168	0,0176	0,0183	0,0191	0,0198	0,0206	0,0231	0,0220	0,0228
0,60	0,0235	0,0243	0,0250	0,0259	0,0267	0,0275	0,0282	0,0290	0,0298	0,0306
0,70	0,0314	0,0324	0,0328	0,0335	0,0342	0,0349	0,0358	0,0366	0,0375	0,0383
0,80	0,0392	0,0400	0,0409	0,0417	0,0426	0,0434	0,0444	0,0453	0,0463	0,0473
0,90	0,0482	0,0493	0,0503	0,0514	0,0524	0,0534	0,0545	0,0556	0,0568	0,0579
1,00	0,0590	0,0601	0,0613	0,0624	0,0636	0,0647	0,0659	0,0670	0,0682	0,0693
1,10	0,0704	0,0718	0,0731	0,0744	0,758	0,0771	0,0785	0,0799	0,0813	0,0828
1,20	0,0842	0,0856	0,0871	0,0886	0,0901	0,0916	0,0932	0,0948	0,0964	0,0980
1,30	0,0995	0,101	0,103	0,105	0,106	0,108	0,110	0,112	0,113	0,115
1,40	0,117	0,119	0,121	0,122	0,124	0,126	0,128	0,130	0,132	0,134
1,50	0,136	0,137	0,139	0,141	0,143	0,145	0,147	0,149	0,151	0,154
1,60	0,156	0,158	0,160	0,162	0,164	0,166	0,168	0,170	0,173	0,175
1,70	0,177	0,180	0,183	0,185	0,188	0,190	0,193	0,195	0,197	0,200
1,80	0,202	0,205	0,207	0,210	0,213	0,215	0,217	0,220	0,222	0,224
1,90	0,227	0,229	0,231	0,234	0,236	0,238	0,241	0,245	0,248	0,251
2,00	0,254	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Среднемесячные расходы воды р. Адагум - г. Крымск

год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1971	4,82	5,82	8,86	1,81	0,84	0,083	0,002	0	0,002	0,049	0,38	6,5
1972	2,15	1,32	1,36	1,18	2,2	0,21	0,37	0,066	0,083	0,36	2,08	1,65
1973	0,65	3,12	3,82	1,76	1,59	2,39	0,58	0,23	0,05	0,085	3,36	10,6
1974	1,95	3,17	3,16	1,6	1,79	0,68	0,26	0,078	0,082	0,36	0,67	5,65
1975	15	7,82	4,04	2,72	3,71	1,21	0,32	0,14	0,033	0,13	0,16	3,8
1976	23,1	3,56	4,88	1,97	0,83	0,33	0,12	0,046	0,2	0,15	0,52	2,45
1977	1,57	5,72	6,12	1,79	0,88	0,3	0,52	0,14	0,79	0,2	0,53	5,03
1978	8,98	3,98	4,93	2,65	1,34	0,56	0,37	0,13	0,093	0,21	0,19	4,58
1979	8,6	10,6	1,65	1,64	0,87	0,26	0,12	0,083	0,051	0,093	0,17	0,9
1980	2,89	4,2	5,27	5,71	2,86	2,46	0,41	0,097	0,17	0,18	3,19	7,27
2008	1,33	1,73	5,66	2,73	2,35	1,73	1,07	0,095	0,29	0,48	1,37	2,03
2009	2,63	5,28	9,49	3,37	1,52	0,72	0,84	0,32	0,22	0,12	0,35	5,18
2010	14,2	6,48	8,98	4,92	1,78	1,33	1,41	0,35	0,12	0,24	0,34	2,45
2011	1,55	11,4	3,35	15	2,38	1,18	0,32	0,13	0,079	0,24	0,32	0,49
2012	0,84	2,54	2,94	2,39	0,36	0,18	32,1	0,68	0,35	0,25	0,23	0,48
2017	9,46	8,34	8,08	3,82	2,36	1,8	0,49	0,14	0,17	0,17	1,21	2,16
2018	3,16	2,81	3,35	1,19	0,27	0,013	0,32	0,002	0,39	0,024	0,48	3,16
2019		0,74	1,55	0,88	0,64	0,15	0,11	0,073	0,024	0,025	0,075	0,081
2020	0,19	0,79	0,38	0,065	0,033	0,026	0,003	0,003	0,006	0,07	0,053	0,088
2021	0,68	1,79	5,2	5,86	0,8	5,98	0,58	4,87	0,29	0,17	0,35	1,78
2022	5,23	16,1	6,42	6,04	2,95	1,27	0,78	0,5	0,43	0,54	0,55	

Среднемесячные температуры воздуха на метеостанции в Крымске

год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2000			5,4	14,3	15,6	19,7	24,2	24,6	18	12,5	7,3	4,5
2001	2,8	3,9	8,4	12,2	15,5	19,7	27	25,8	19,7	12,3	8,7	1,3
2002	0,2	6,6	8,3	10,8	17,1	20,9	26,2	22,4	20,5	14,1	9,6	-2,7
2003	3,1	-0,2	3,3	9,5	18,4	20,1	22,5	23,6	17,8	14	7,4	4,1
2004	5,5	4	7,2	11,1	15,8	18,9	21,6	22,1	18,2	12,1	7,7	3,6
2005	4,4	1,3	2,2	11,5	18,1	19,8	23,7	24,4	19,5	11,9	7,1	5,2
2006	-4,4	-0,2	7	11	15,6	21,7	22,3	25,2	18,8	13,4	6,6	2,7
2007	4,9	0,7	6,5	9,9	19	22,3	24,8	25,6	20,2	14,6	5,2	2,7
2008	-2,3	1,2	8,4	12,9	15,6	20,5	23,3	24,8	18,3	13,2	7,9	1,6
2009	1,1	4,9	6,4	10,2	15,7	22,9	24,5	20,9	18	14,9	7,8	4,4
2010	0,2	3,3	5,3	11,3	17,8	23,1	25,2	25,5	20,2	11	11,6	7,6
2011	-0,2	-1,3	4,2	9,3	16,1	21,3	25,3	22,4	18	10,8	1,1	5,5
2012	0,1	-6,3	2	14,6	19,5	23	23,9	23,5	18,9	15,6	7,7	2,1
2013	4,4	4,8	7	12,6	19,9	21,9	23,2	23,7	16,1	10,5	7,9	0,4
2014	1	1,6	8	11,9	18,7	21	24	24,7	18,4	9,6	3,6	4,1
2015	2,1	2,4	6,6	10	16,9	21,7	23,6	24,1	21,9	10,3	9,7	4,1
2016	0,3	6,4	7,6	13,5	16,5	22	24,2	25	17,3	9,7	6,4	-1
2017	0,6	1,1	8	10,6	16	21	23,8	24,4	20,3	12,3	6,6	7,3
2018	1,9	3,2	6,6	13,6	19,2	23,1	25,4	24,6	19,2	13,5	3,8	3,2
2019	3,6	3,4	6,2	11,1	18,2	24	22,3	22,6	17,6	13,4	6,6	5,4
2020	3	4,5	9,2	9,6	16	22,2	25,1	23,2	20,7	15,2	5,7	1,6
2021	3,9	2,2	4,7	10,5	17	21,4	25,4	24,6	16,5	10	8,3	5,5
2022	2,5	5,8	2,9	13	15,1	22,5	23,3	25,6	18,5	12,9	8,1	5,1
2023	1,3	2,1	8,4	12,1	15,9	21,1	24,2	25,9	19,9	14,6	11,1	7,5
2024	2,9	6,3	7,3	16,6	15,7	23,8	26,9	24,4	20,5	13,1	6,6	3,8

Среднемесячные температуры воздуха на метеостанции в Новороссийске

год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1989	2,3	4,8	8,5	13,7	15,3	20,8	23,3	25,9	19,9	13,9	8,8	5,5
1990	3,3	5,6	7,1	11,4	15,8	20	24,7	23,2	18,8	13,6	11,5	6,2
1991	3,1	1,1	5,7	12,2	15,2	21,7	25,9	24,2	18,3	16,4	9,4	3,9
1992	1,9	1,6	7,5	9,7	15,2	21	22,4	25,6	18,3	14,2	8,8	2,4
1993	1,7	2	6,3	10,5	16	19,8	22,7	24	18,3	13,4	-0,5	5,8
1994	6	1,1	5,5	14,3	15,6	19,4	25,2	24,4	23,4	16,4	6,1	2,2
1995	4,3	6,3	7,9	10,8	16,3	22,5	24,2	24,2	20	13,4	9,9	3,1
1996	0,6	4,2	4,8	10,8	17,8	20,2	26	23,9	18,2	13,7	12,1	6,2
1997	1,7	3,2	4,6	10,1	17,1	21,1	23,6	23,7	16,4	13,8	9,2	5,7
1998	3,7	2,5	6,5	13,7	17,8	22,9	25,5	25,5	20,3	15,5	8,7	2,9
1999	4,7	6,1	8,8	12,6	14,8	23	26,8	25,3	20,1	13,6	7,5	8,8
2000	2,1	4,8	6,2	14,9	16,1	20,1	24,9	25,8	19,1	14,1	10,7	6,9
2001	4,9	5,2	9,1	12,9	16,1	20	28	27	21	13,5	9,7	2,8
2002	1,3	7,2	8,8	11,4	17,8	21,4	27,1	23,4	21,5	15,3	11,2	-0,7
2003	4,6	1,3	4,6	9,7	18,3	20,6	23,4	24,7	18,9	15,1	8,8	5,8
2004	7,6	5,1	7,7	11,3	15,9	19,9	23	24,4	20,4	14,7	10,9	6,5
2005	7,1	3,9	3,5	12,1	18,4	20,9	25,1	26,6	21,8	14,5	10,2	8,1
2006	-1,8	2,4	8,1	11,4	15,6	22,7	23,9	27,3	21,1	15,9	9,4	5,6
2007	7	3,5	7,8	10,4	19,8	23,4	26,5	27,7	22,4	17,9	8,3	5,9
2008	0,9	3,2	9,3	13,6	15,9	21,4	24,4	27	20,7	15,7	11,1	4,7
2009	4,6	7,2	7,6	10,9	16,1	24,2	25,7	23,4	20,4	17,6	11,3	8,9
2010	4,8	7,9	7,2	12,3	18	24,3	26,3	28,3	22,7	13,4	14,4	10,4
2011	4	1,3	5,7	10,4	16,3	22,1	26,1	24,4	20,8	13	4,2	8,1
2012	3,2	-1,6	3,6	13,4	19,1	24,4	26,2	25,6	22,2	19	11,5	5,6
2013	6,4	7,8	8,1	12,7	20,4	22,8	24,7	26	18,1	13,6	11,9	4,9
2014	4,9	6	9,3	13	18,7	22,1	26	27,4	20,8	13,3	8,9	8,7
2015	5,5	5,4	8,9	10,4	17	22,7	24,8	26,9	24,3	13,6	11,7	6,4
2016	3,3	7,8	9,1	13,4	17,5	23,4	26,3	27,4	20,4	12,6	9,3	2
2017	3	3,1	9,7	11,2	16,3	21,4	25,1	27,5	22,4	14,7	10,3	9,7
2018	5,1	6,1	8,5	14,9	20,2	24,3	26,4	27,5	22	17,4	8	6,6
2019	7	6,2	7,5	11,9	18,8	26,3	24	25,6	21	17,1	11,8	9,1
2020	5,4	6,2	9,9	11	16,2	23,4	26,3	26	23,9	19,1	9,4	7
2021	7,2	4,7	6,1	11	16,7	21,3	26,8	26,2	18,8	13,2	11,4	9,3
2022	4,6	7,5	4,2	12,5	15,1	23,9	24,8	27,8	21	15,7	12	8,8
2023	7,2	3,9	9	12,8	16,7	22,9	25,4	28,5	23,1	16,8	13,5	9,7
2024	5,5	8,3	9,9	16,2	17,6	24,5	29,3	26,7	24,2	15,7	9,3	7,5

Среднемесячные температуры воздуха на метеостанции в Анапе

год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1966	6,9	7,2	7,5	12,8	15,8	19,3	24	23,9	17,1	15,3	11,3	7,4
1967	3	0	4	10,3	16,2	18,4	22,4	23,1	18,3	14,4	10,6	6,1
1968	2,9	3	5,8	11,6	18,2	19,6	22,1	22	19,6	12,7	8,5	4,2
1969	-2	0,6	3,9	10,4	15	20,8	21,1	22,6	18	10,8	9,8	5,9
1970	3,7	5,6	7	12,6	16,2	19,3	24,1	21,8	17,6	11,9	9	2,8
1971	4,4	2,8	6,5	10,8	16,1	20,2	23,7	22,3	20,5	11,5	10,2	5,3
1972	-6,3	0,4	3,6	13,3	16,4	22,8	24,4	24,5	19	13,6	9,9	2,2
1973	-1,1	6,9	6,3	11,5	14,8	19,3	22,9	20,7	16,3	13,3	6,6	4,7
1974	-1,5	3,6	6	8,9	15	20	22	22	18,9	17,4	8,4	5,9
1975	2,6	1	6,4	13,5	16,9	23	24,6	22,9	19,5	12,9	6,2	3,4
1976	2,8	-3,6	3,8	12,1	15	19,4	21,7	21,5	17,5	8,5	7,7	5,5
1977	-2,7	7,4	5,8	12,3	15,2	20	22,6	22,2	17,1	9	10,6	0,2
1978	0,5	4,4	8,1	10,6	14,6	18,6	21,9	20,2	18,3	12,6	7,1	3,8
1979	3,9	2,3	7,3	10,6	18,1	21,4	22,3	24	18,9	11,2	8,1	5,6
1980	0	2,6	4	9,7	14	19,7	23,3	21,9	17,1	13,2	9,9	8,1
1981	4,8	4,8	6	9	14	20,7	24,6	22,8	19,3	16,2	9,3	10,1
1982	2,6	-0,6	3,6	10,9	16,4	19,6	21,4	22,3				
1983	2,8	4,2	5,3	11,9	16,9	19,7	22,9	21,6	19	12,6	7,3	4,5
1984	5,8	2,2	6,4	10,6	16,4	19,9	22,3	20,9	19,9	13,6	7,4	0,1
1985	2,7	-3,9	1	10,2	16,9	19,2	20,4	24,3	16,6	11,1	8,2	4,2
1986	5,9	-0,3	4,9	12,2	14,6	20,7	22,8	24	18,1	11,6	4,4	3,4
1987	0,7	2,6	0,4	8,1	13,5	18,7	22,7	20,8	16,7	10,9	8,4	2,7
1988	0,8	1,6	6,9	10,6	14,4	20,2	24,5	23,2	18	12,5	4,7	4
1989	1,5	4,2	7,7	12,6	14,7	19,7	22,4	24,3	18,8	13	7,5	5,2
1990	2,7	4,4	6,9	10,6	14,7	19,1	23,6	21,6	17,7	12,3	10,7	4,5
1991	2,1	-0,6	4,6	11,2	14	20,9	24,9	23,2	17,3	15,4	8	3
1992	1,6	0,7	6,4	8,9	14,4	20,1	21,9	24,4	17,1	13,5	8,3	1,1
1993	0,7	1,2	5,3	9,6	15,3	19,4	21,6	22,7	16,9	12,5	-1,8	4,6
1994	4,9	-0,2	4,4	12,8	14,6	18,8	23,8	23,2	22,3	15,2	5,6	1,7
1995	2,8	5,8	7,1	10	15,4	21,2	23,3	22,9	19	12,6	8,7	1,6
1996	-0,3	3,8	4,4	10	15,7	18,9	24,6	22,5	17,4	12,6	11,6	5,3
1997	0,8	2,1	3,7	9,1	15,5	19,9	23	22,6	15,3	12,4	8,3	4,9
1998	2,7	1,7	5,3	11,8	16,7	21,5	23,9	23,5	19	14,1	7,3	3,3
1999	5,1	5,7	8	11,6	13,8	21,7	25,9	23,7	18,9	13	5,9	8

Продолжение приложения Е

2000	1,1	3,9	5,3	13,6	15,2	19,3	23,8	24,2	17,9	12,6	8,5	5,3
2001	4	4,2	7,8	11,5	15	19	26,5	25,2	19,8	12,6	9,4	1,5
2002	-0,1	6,7	7,8	10,3	16,7	20,7	26,3	22,3	20,6	14,6	10,6	-1,3
2003	3,8	-0,6	3,3	8,8	16,9	19,6	22,1	23,2	17,7	14	7,9	5,1
2004	6,5	4,2	6,8	10,4	14,8	19,1	22,1	23,3	19,2	13,6	9,6	5,2
2005	5,9	2,5	3,4	10,8	17,3	20	24,3	25,5	20,7	13,4	8,8	7,3
2006	-3,6	1,1	7,4	10,7	15	21,5	22,6	25,9	19,7	14,7	8,9	4,8
2007	6,8	2,8	6,8	9,8	18,2	22,9	25,4	26,5	21,2	16,5	7,4	4,6
2008	-0,7	2,7	8,5	12,2	15,1	20,8	24,2	25,9	19,6	14,9	9,7	3,4
2009	3,4	5,9	6,9	10,2	15,5	22,8	25,4	22,5	19,8	16,5	10,6	7,5
2010	3,3	6,3	6,3	11,4	17,3	23,6	25,6	27	21,4	12,4	13,5	9,3
2011	2	0,4	4,7	9,9	15,6	21,7	24,9	24	19,8	12,3	2,8	7,4
2012	2,3	-3,3	3	12,4	18,5	23,5	25,9	24,6	20,8	17,9	9,6	4,2
2013	5,7	6,6	7,2	12	19,5	22,1	24,3	25,3	17,9	12,1	10,8	3,7
2014	3,5	4,1	8,7	11,9	17,8	21,6	25,2	26,1	19,7	12,3	7,3	7
2015	4,3	4,3	7,9	9,8	16,3	22,1	24,3	25,5	22,8	12,3	10,9	5,6
2016	2,1	6,6	8,5	12,6	16,6	23	25,6	26,6	19,5	11,4	7,8	1,1
2017	1,8	2,6	9	10,6	15,7	21,1	24,3	26,1	21,8	14	9,2	9,4
2018	3,8	4,4	7,1	13,9	19,1	23,1	25,8	26,1	20,9	16,4	6,1	5,1
2019	5,8	4,9	7	11,2	17,9	25,3	23,5	24,8	19,8	15,6	10,3	8,1
2020	4,8	5,7	9,3	10,1	15,4	22,3	25,7	25	22,5	18,6	8,7	5,3
2021	6,2	3,8	5,5	10,3	16,3	20,9	26,1	25,4	18,2	12,2	10,6	8,2
2022	4	6,7	3,5	11,6	14,8	23	24,2	27	20,5	15,4	10,8	7,9
2023	5,7	3,3	8,3	12,1	16,1	22,1	24,7	27,2	21,8	16,1	12,9	8,9
2024	4,6	7,8	8,9	15,7	16,7	23,7	28,4	25,8	23,1	15,2	8,6	6,4

Суммы осадков *по месяцам* на метеостанции в Крымске

год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2001	19	120	83	91	104	54	12	66	77	81	113	236
2002	121	53	71	48	25	102	92	159	126	104	92	37
2003	114	41	78	31	9	28	115	39	84	120	78	76
2004	81	140	94	42	64							
2005												
2006												
2007												
2008												
2009										13	71	127
2010	90	48	92	38	56	91	15	8	12	81	28	117
2011	74	42	54	147	63	49	1	27	13	76	10	44
2012	68	99	22	55	102	13	177	36	13	16	24	93
2013	58	49	15	9	12	45	113	35	92	52	42	72
2014	89	6	72	18	45	56	40	0	47	77	11	66
2015	92	38	48	73	54	81	33	7	5	106	51	28
2016	73	52	25	38	84	83	31	119	117	29	139	65
2017	54	28	62	49	99	59	55	23	27	59	70	72
2018	47	41	84	15	12	22	94	0.3	132	24	87	81
2019	130	14	53	36	91	111	51	92	15	40	23	76
2020	26	66	12	3	34	53	32	3	50	39	50	29
2021	93	65	47	121	63	74	61	190	75	67	47	90
2022	196	59	64	39	62	64	64	52	32	43	32	33
2023	32	49	39	44	85	127	17	0.3	8	37	268	78
2024	129	35	36	3	46	34	32	71	67	34	67	51

Суммы осадков по месяцам на метеостанции в Новороссийске

год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1989	12	57	18	14	62	16	67	3	105	23	65	65
1990	115	3	30	15	39	48	2	1	4	34	25	46
1991	28	24	24	16	101	16	1	46	80	32	0	0
1992	0	0	3	38	30	7	20	1	21	47	53	32
1993	28	26	33	27	12	1	15	0.7	13	19	8	28
1994	43	18	35	5	4	1	0	0	6	9	66	31
1995	50	17	35	78	19							
1996												
1997												
1998												
1999												
2000												
2001	12	131	86	74	91	22	0.2	99	57	89	69	268
2002	112	49	56	42	13	81	75	500	101	91	95	14
2003	115	28	76	23	4	14	72	52	34	120	96	77
2004	80	131	101	13	52							
2005											40	55
2006	58	72	43	35	50	46	18	9	59	47	96	37
2007	106	21	113	54	13	27	6	23	23	58	108	96
2008	55	37	115	30	59	40	90	2	32	39	57	70
2009	64	98	113	34	67	3	96	46	12	17	78	158
2010	119	93	72	67	24	193	102	2	6	83	34	96
2011	80	50	52	158	66	47	14	94	21	74	16	55
2012	94	112	47	37	69	13	304	41	8	45	19	67
2013	89	42	82	15	4	59	87	68	145	58	38	69
2014	122	28	88	19	35	69	49	0	163	76	19	71
2015	89	24	33	102	19	92	60	13	2	109	66	47
2016	178	94	53	30	46	119	10	77	220	48	158	115
2017	46	124	119	64	128	20	86	31	13	91	95	91
2018	69	69	106	9	10	62	200	2	133	44	99	139
2019	188	15	86	63	81	8	55	52	5	25	31	76
2020	32	81	6	1	35	19	60	21	165	50	60	57
2021	122	73	77	135	87	123	73	357	111	56	52	148
2022	148	85	44	80	28	45	39	53	27	72	47	81
2023	50	77	73	54	48	14	62	0	3	43	218	85
2024	186	50	44	5	48	27	23	24	83	37	102	78

Суммы осадков по месяцам на метеостанции в Анапе

год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1966	78	56	36	45	69	73	5	138	21	11	34	64
1967	72	23	51	57	34	87	17	40	73	39	118	126
1968	100	34	46	1	32	34	26	16	143	94	9	19
1969	35	31	17	40		21	32	11	85	47	41	77
1970	81	76	37	25	59	85	7	35	32	63	82	83
1971	7	40	48	0	35	21	1	84	15	47	43	98
1972	18	5	13	29	11	19	117	14	40	56	62	5
1973	17	30	35	19	65	10	56	68	10	51	96	66
1974	16	28	19	17	56	20	30	21	34	49	40	95
1975	70	26	51	62	17	16	1	0	26	63	18	114
1976	110	3	47	8	21	50	12	21	106	8	48	56
1977	25	54	41	33	41	24	63	58	30	2	75	55
1978	39	46	22	69	15	87	30	60	52	33	6	104
1979	99	61	19	36	10	29	26	20	10	54	18	64
1980	51	18	69	38	73	36	30	3	38	38	113	88
1981	76	75	41	36	69	33	201	57	52	19	114	79
1982	60	19	34	81	18	16	19	89			3	
1983	50	57	31	27	10	24	73	21	4	9	51	52
1984	31	11	52	71	6	17	5	52	20	58	99	43
1985	63	83	13	43	13	99	24	0	61	38	28	94
1986	79	62	1	37	16	17	6	1	14	29	24	49
1987	76	27	28	65	49	85	6	11	20	9	51	149
1988	8	53	95	23	36	100	21	113	85	27	109	126
1989	34	63	9	16	53	38	48	0	98	35	106	32
1990	45	27	13	63	70	28	5	21	84	51	45	44
1991	41	36	63	31	90	21	28	56	65	48	35	66
1992	86	50	14	74	23	81	72	11	23	48	94	57
1993	29	27	40	39	17	10	10	23	33	12	9	65
1994	59	15	46	27	42	12	0	11	46	28	104	61
1995	81	23	59	93	50	23	59	49	5	10	112	101
1996	9	19	40	26	76	13	24	58	182	40	41	75
1997	30	51	37	88	19	39	9	62	84	81	71	64
1998	85	111	99	20	62	66	8	2	24	26	81	75
1999	22	103	54	15	23	57	19	22	6	133	78	41
2000	87	68	91	18	17	79	4	171	27	102	5	32

Продолжение приложения К

2001	10	92	37	77	48	14	0	27	58	44	51	157
2002	80	27	42	41	2	37	46	245	124	37	61	14
2003	95	20	47	26	14	7	134	12	24	78	40	57
2004	57	113	68	15	32	88	10	65	25	27	38	76
2005	60	36	65	24	54	18	27	0	70	44	51	74
2006	41	59	29	17	35	116	30	4	55	58	78	19
2007	93	15	81	58	10	16	9	10	7	42	80	55
2008	45	28	68	23	75	19	18	0	51	37	25	44
2009	46	62	94	11	51	9	36	0	10	29	52	91
2010	82	31	79	18	28	115	35	11	5	61	29	77
2011	50	33	42	100	67	28	30	7	14	51	17	53
2012	60	67	39	30	55	8	21	37	3	14	10	69
2013	63	57	46	16	30	141	80	11	123	93	26	55
2014	68	14	24	7	41	95	29	11	92	159	8	62
2015	74	22	15	91	27	45	7	14	0	92	62	28
2016	113	47	29	26	55	25	5	55	153	49	64	80
2017	47	54	65	62	65	22	104	18	39	60	57	42
2018	44	51	65	15	15	4	110	1	113	14	47	112
2019	118	10	30	30	58	6	62	10	21	33	32	55
2020	30	61	5	13	27	22	7	8	154	39	42	34
2021	44	41	19	64	30	159	33	346	51	41	68	109
2022	128	66	37	54	13	41	9	9	66	33	28	34
2023	29	34	37	56	36	45	30	0	4	33	223	73
2024	124	23	26	7	23	37	15	104	28	64	51	53

Сводная таблица с среднемесячной температурой воздуха по трем
метеостанциям

год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1966	6,9	7,2	7,5	12,8	15,8	19,3	24,0	23,9	17,1	15,3	11,3	7,4
1967	3,0	0,0	4,0	10,3	16,2	18,4	22,4	23,1	18,3	14,4	10,6	6,1
1968	2,9	3,0	5,8	11,6	18,2	19,6	22,1	22,0	19,6	12,7	8,5	4,2
1969	-2,0	0,6	3,9	10,4	15,0	20,8	21,1	22,6	18,0	10,8	9,8	5,9
1970	3,7	5,6	7,0	12,6	16,2	19,3	24,1	21,8	17,6	11,9	9,0	2,8
1971	4,4	2,8	6,5	10,8	16,1	20,2	23,7	22,3	20,5	11,5	10,2	5,3
1972	-6,3	0,4	3,6	13,3	16,4	22,8	24,4	24,5	19,0	13,6	9,9	2,2
1973	-1,1	6,9	6,3	11,5	14,8	19,3	22,9	20,7	16,3	13,3	6,6	4,7
1974	-1,5	3,6	6,0	8,9	15,0	20,0	22,0	22,0	18,9	17,4	8,4	5,9
1975	2,6	1,0	6,4	13,5	16,9	23,0	24,6	22,9	19,5	12,9	6,2	3,4
1976	2,8	-3,6	3,8	12,1	15,0	19,4	21,7	21,5	17,5	8,5	7,7	5,5
1977	-2,7	7,4	5,8	12,3	15,2	20,0	22,6	22,2	17,1	9,0	10,6	0,2
1978	0,5	4,4	8,1	10,6	14,6	18,6	21,9	20,2	18,3	12,6	7,1	3,8
1979	3,9	2,3	7,3	10,6	18,1	21,4	22,3	24,0	18,9	11,2	8,1	5,6
1980	0,0	2,6	4,0	9,7	14,0	19,7	23,3	21,9	17,1	13,2	9,9	8,1
1981	4,8	4,8	6,0	9,0	14,0	20,7	24,6	22,8	19,3	16,2	9,3	10,1
1982	2,6	-0,6	3,6	10,9	16,4	19,6	21,4	22,3				
1983	2,8	4,2	5,3	11,9	16,9	19,7	22,9	21,6	19,0	12,6	7,3	4,5
1984	5,8	2,2	6,4	10,6	16,4	19,9	22,3	20,9	19,9	13,6	7,4	0,1
1985	2,7	-3,9	1,0	10,2	16,9	19,2	20,4	24,3	16,6	11,1	8,2	4,2
1986	5,9	-0,3	4,9	12,2	14,6	20,7	22,8	24,0	18,1	11,6	4,4	3,4
1987	0,7	2,6	0,4	8,1	13,5	18,7	22,7	20,8	16,7	10,9	8,4	2,7
1988	1,5	2,3	7,3	11,2	14,9	20,4	24,9	23,9	18,6	13,1	5,4	4,6
1989	1,9	4,5	8,1	13,2	15,0	20,3	22,9	25,1	19,4	13,5	8,2	5,4
1990	3,0	5,0	7,0	11,0	15,3	19,6	24,2	22,4	18,3	13,0	11,1	5,4
1991	2,6	0,3	5,2	11,7	14,6	21,3	25,4	23,7	17,8	15,9	8,7	3,5
1992	1,8	1,2	7,0	9,3	14,8	20,6	22,2	25,0	17,7	13,9	8,6	1,8
1993	1,2	1,6	5,8	10,1	15,7	19,6	22,2	23,4	17,6	13,0	-1,2	5,2
1994	5,5	0,5	5,0	13,6	15,1	19,1	24,5	23,8	22,9	15,8	5,9	2,0
1995	3,6	6,1	7,5	10,4	15,9	21,9	23,8	23,6	19,5	13,0	9,3	2,4
1996	0,2	4,0	4,6	10,4	16,8	19,6	25,3	23,2	17,8	13,2	11,9	5,8
1997	1,3	2,7	4,2	9,6	16,3	20,5	23,3	23,2	15,9	13,1	8,8	5,3
1998	3,2	2,1	5,9	12,8	17,3	22,2	24,7	24,5	19,7	14,8	8,0	3,1
1999	4,9	5,9	8,4	12,1	14,3	22,4	26,4	24,5	19,5	13,3	6,7	8,4

Продолжение приложения Л

2000	1,6	4,4	5,6	14,3	15,6	19,7	24,3	24,9	18,3	13,1	8,8	5,6
2001	3,9	4,4	8,4	12,2	15,5	19,6	27,2	26,0	20,2	12,8	9,3	1,9
2002	0,5	6,8	8,3	10,8	17,2	21,0	26,5	22,7	20,9	14,7	10,5	-1,6
2003	3,8	0,2	3,7	9,3	17,9	20,1	22,7	23,8	18,1	14,4	8,0	5,0
2004	6,5	4,4	7,2	10,9	15,5	19,3	22,2	23,3	19,3	13,5	9,4	5,1
2005	5,8	2,6	3,0	11,5	17,9	20,2	24,4	25,5	20,7	13,3	8,7	6,9
2006	-3,3	1,1	7,5	11,0	15,4	22,0	22,9	26,1	19,9	14,7	8,3	4,4
2007	6,2	2,3	7,0	10,0	19,0	22,9	25,6	26,6	21,3	16,3	7,0	4,4
2008	-0,7	2,4	8,7	12,9	15,5	20,9	24,0	25,9	19,5	14,6	9,6	3,2
2009	3,0	6,0	7,0	10,4	15,8	23,3	25,2	22,3	19,4	16,3	9,9	6,9
2010	2,8	5,8	6,3	11,7	17,7	23,7	25,7	26,9	21,4	12,3	13,2	9,1
2011	1,9	0,1	4,9	9,9	16,0	21,7	25,4	23,6	19,5	12,0	2,7	7,0
2012	1,9	-3,7	2,9	13,5	19,0	23,6	25,3	24,6	20,6	17,5	9,6	4,0
2013	5,5	6,4	7,4	12,4	19,9	22,3	24,1	25,0	17,4	12,1	10,2	3,0
2014	3,1	3,9	8,7	12,3	18,4	21,6	25,1	26,1	19,6	11,7	6,6	6,6
2015	4,0	4,0	7,8	10,1	16,7	22,2	24,2	25,5	23,0	12,1	10,8	5,4
2016	1,9	6,9	8,4	13,2	16,9	22,8	25,4	26,3	19,1	11,2	7,8	0,7
2017	1,8	2,3	8,9	10,8	16,0	21,2	24,4	26,0	21,5	13,7	8,7	8,8
2018	3,6	4,6	7,4	14,1	19,5	23,5	25,9	26,1	20,7	15,8	6,0	5,0
2019	5,5	4,8	6,9	11,4	18,3	25,2	23,3	24,3	19,5	15,4	9,6	7,5
2020	4,4	5,5	9,5	10,2	15,9	22,6	25,7	24,7	22,4	17,6	7,9	4,6
2021	5,8	3,6	5,4	10,6	16,7	21,2	26,1	25,4	17,8	11,8	10,1	7,7
2022	3,7	6,7	3,5	12,4	15,0	23,1	24,1	26,8	20,0	14,7	10,3	7,3
2023	4,7	3,1	8,6	12,3	16,2	22,0	24,8	27,2	21,6	15,8	12,5	8,7
2024	4,3	7,5	8,7	16,2	16,7	24,0	28,2	25,6	22,6	14,7	8,2	5,9

Сводная таблица с суммами осадков по месяцам по трем метеостанциям

год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1966	78	56	36	45	69	73	5	138	21	11	34	64
1967	72	23	51	57	34	87	17	40	73	39	118	126
1968	100	34	46	1	32	34	26	16	143	94	9	19
1969	35	31	17	40		21	32	11	85	47	41	77
1970	81	76	37	25	59	85	7	35	32	63	82	83
1971	7	40	48	0	35	21	1	84	15	47	43	98
1972	18	5	13	29	11	19	117	14	40	56	62	5
1973	17	30	35	19	65	10	56	68	10	51	96	66
1974	16	28	19	17	56	20	30	21	34	49	40	95
1975	70	26	51	62	17	16	1	0	26	63	18	114
1976	110	3	47	8	21	50	12	21	106	8	48	56
1977	25	54	41	33	41	24	63	58	30	2	75	55
1978	39	46	22	69	15	87	30	60	52	33	6	104
1979	99	61	19	36	10	29	26	20	10	54	18	64
1980	51	18	69	38	73	36	30	3	38	38	113	88
1981	76	75	41	36	69	33	201	57	52	19	114	79
1982	60	19	34	81	18	16	19	89			3	
1983	50	57	31	27	10	24	73	21	4	9	51	52
1984	31	11	52	71	6	17	5	52	20	58	99	43
1985	63	83	13	43	13	99	24	0	61	38	28	94
1986	79	62	1	37	16	17	6	1	14	29	24	49
1987	76	27	28	65	49	85	6	11	20	9	51	149
1988	16	63	95	59	25	134	44	73	67	26	92	134
1989	23	60	13	15	57	27	58	2	102	29	85	49
1990	80	15	22	39	54	38	4	11	44	42	35	45
1991	35	30	44	24	95	19	15	51	73	40	18	33
1992	43	25	9	56	27	44	46	6	22	47	73	44
1993	29	27	37	33	15	5	13	12	23	15	9	47
1994	51	16	41	16	23	7	0	5	26	18	85	46
1995	66	20	47	86	34	23	59	49	5	10	112	101
1996	9	19	40	26	76	13	24	58	182	40	41	75
1997	30	51	37	88	19	39	9	62	84	81	71	64
1998	85	111	99	20	62	66	8	2	24	26	81	75
1999	22	103	54	15	23	57	19	22	6	133	78	41
2000	87	68	91	18	17	79	4	171	27	102	5	32
2001	14	114	69	81	81	30	4	64	64	71	78	220

Продолжение приложения М

2002	104	43	56	44	13	73	71	301	117	77	83	22
2003	108	30	67	27	9	16	107	34	47	106	71	70
2004	73	128	88	23	49	88	10	65	25	27	38	76
2005	60	36	65	24	54	18	27	0	70	44	45	65
2006	49	66	36	26	43	81	24	6	57	53	87	28
2007	99	18	97	56	11	21	7	16	15	50	94	75
2008	50	32	92	26	67	30	54	1	42	38	41	57
2009	55	80	103	22	59	6	66	23	11	20	67	125
2010	97	57	81	41	36	133	51	7	8	75	30	97
2011	68	42	49	135	65	41	15	43	16	67	14	51
2012	74	93	36	41	75	11	167	38	8	25	18	76
2013	70	49	48	13	15	82	93	38	120	68	35	65
2014	93	16	61	15	40	73	39	4	101	104	13	66
2015	85	28	32	89	33	73	33	11	2	102	60	34
2016	121	64	36	31	62	76	15	84	163	42	120	87
2017	49	69	82	58	97	34	82	24	26	70	74	68
2018	53	54	85	13	12	29	135	1	126	27	78	111
2019	145	13	56	43	77	42	56	51	14	33	29	69
2020	29	69	8	6	32	31	33	11	123	43	51	40
2021	86	60	48	107	60	119	56	298	79	55	56	116
2022	157	70	48	58	34	50	37	38	42	49	36	49
2023	37	53	50	51	56	62	36	0	5	38	236	79
2024	146	36	35	5	39	33	23	66	59	45	73	61

Температурный режим для каждого месяца

1971	2,55	0,89	1,06	0,94	0,99	0,93	0,99	0,94	1,06	0,85	1,18	0,96
1972	-3,65	0,13	0,59	1,16	1,01	1,05	1,02	1,03	0,98	1,00	1,14	0,40
1973	-0,64	2,20	1,02	1,00	0,91	0,89	0,95	0,87	0,84	0,98	0,76	0,85
1974	-0,87	1,15	0,98	0,77	0,92	0,92	0,92	0,93	0,98	1,28	0,97	1,07
1975	1,51	0,32	1,04	1,18	1,04	1,06	1,02	0,96	1,01	0,95	0,71	0,62
1976	1,62	-1,15	0,62	1,05	0,92	0,90	0,90	0,91	0,91	0,63	0,89	1,00
1977	-1,56	2,36	0,94	1,07	0,93	0,92	0,94	0,93	0,89	0,66	1,22	0,04
1978	0,29	1,40	1,32	0,92	0,90	0,86	0,91	0,85	0,95	0,93	0,82	0,69
1979	2,26	0,73	1,19	0,92	1,11	0,99	0,93	1,01	0,98	0,83	0,93	1,02
1980	0,00	0,83	0,65	0,84	0,86	0,91	0,97	0,92	0,89	0,97	1,14	1,47
2008	-0,41	0,76	1,42	1,12	0,96	0,97	1,00	1,09	1,01	1,08	1,10	0,59
2009	1,76	1,92	1,13	0,91	0,97	1,08	1,05	0,94	1,00	1,20	1,14	1,26
2010	1,60	1,86	1,02	1,02	1,09	1,09	1,07	1,13	1,11	0,90	1,52	1,65
2011	1,12	0,04	0,79	0,86	0,98	1,00	1,06	0,99	1,01	0,89	0,31	1,27
2012	1,08	-1,19	0,47	1,17	1,17	1,09	1,05	1,03	1,07	1,29	1,11	0,72
2017	1,04	0,72	1,45	0,94	0,98	0,98	1,02	1,09	1,11	1,01	1,00	1,60
2018	2,09	1,46	1,20	1,23	1,20	1,09	1,08	1,10	1,07	1,16	0,69	0,90
2019	3,17	1,54	1,12	0,99	1,13	1,16	0,97	1,02	1,01	1,13	1,10	1,37
2020	2,55	1,75	1,54	0,89	0,98	1,05	1,07	1,04	1,16	1,30	0,91	0,84
2021	3,34	1,14	0,88	0,92	1,02	0,98	1,09	1,07	0,92	0,87	1,16	1,39
2022	2,14	2,13	0,57	1,08	0,92	1,07	1,00	1,13	1,04	1,08	1,19	1,32

Осеннее увлажнение

1971	0,88	1,14	1,87	0,55	0,55	0,08	0,00	0,00	0,01	0,25	0,48	1,96
1972	0,39	0,26	0,29	0,36	1,43	0,19	0,19	0,17	0,44	1,82	2,63	0,50
1973	0,12	0,61	0,81	0,53	1,03	2,20	0,30	0,59	0,27	0,43	4,26	3,20
1974	0,36	0,62	0,67	0,49	1,16	0,62	0,13	0,20	0,44	1,82	0,85	1,70
1975	2,75	1,53	0,85	0,83	2,41	1,11	0,16	0,36	0,18	0,66	0,20	1,15
1976	4,24	0,70	1,03	0,60	0,54	0,30	0,06	0,12	1,07	0,76	0,66	0,74
1977	0,29	1,12	1,29	0,54	0,57	0,28	0,27	0,36	4,23	1,01	0,67	1,52
1978	1,65	0,78	1,04	0,81	0,87	0,51	0,19	0,33	0,50	1,06	0,24	1,38
1979	1,58	2,07	0,35	0,50	0,56	0,24	0,06	0,21	0,27	0,47	0,22	0,27
1980	0,53	0,82	1,11	1,74	1,86	2,26	0,21	0,25	0,91	0,91	4,04	2,19
2008	0,24	0,34	1,19	0,83	1,53	1,59	0,55	0,24	1,55	2,43	1,74	0,61
2009	0,48	1,03	2,00	1,02	0,99	0,66	0,43	0,82	1,18	0,61	0,44	1,56
2010	2,61	1,27	1,90	1,50	1,16	1,22	0,72	0,90	0,64	1,22	0,43	0,74
2011	0,28	2,23	0,71	4,56	1,54	1,08	0,16	0,33	0,42	1,22	0,41	0,15
2012	0,15	0,50	0,62	0,73	0,23	0,17	16,40	1,75	1,87	1,27	0,29	0,14
2017	1,74	1,63	1,71	1,16	1,53	1,65	0,25	0,36	0,91	0,86	1,53	0,65
2018	0,58	0,55	0,71	0,36	0,18	0,01	0,16	0,01	2,09	0,12	0,61	0,95
2019	0,00	0,14	0,33	0,27	0,42	0,14	0,06	0,19	0,13	0,13	0,10	0,02
2020	0,03	0,15	0,08	0,02	0,02	0,02	0,00	0,01	0,03	0,35	0,07	0,03
2021	0,12	0,35	1,10	1,78	0,52	5,49	0,30	12,51	1,55	0,86	0,44	0,54
2022	0,96	3,15	1,36	1,84	1,91	1,17	0,40	1,28	2,30	2,74	0,70	0,00