

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М. В. ЛОМОНОСОВА
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

На правах рукописи

Мироненко Анастасия Александровна

**Особенности формирования и оценка опасности наводнений
на Северном Кавказе**

1.6.16 – гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Научный руководитель:
доктор географических наук, профессор
Фролова Наталья Леонидовна

Москва – 2023

Оглавление

Введение.....	5
1. Факторы формирования стока рек Северного Кавказа	13
1.1. Физико-географические особенности территории.....	13
1.1.1. Особенности геологического строения, рельеф и характер подстилающей поверхности	13
1.1.2. Температура воздуха и атмосферные осадки	19
1.1.3. Запас воды в снежном покрове и оледенение	26
1.2. Исследование зависимости характеристик максимального стока рек от осадков различного генезиса	31
2. Анализ характеристик максимального стока рек Северного Кавказа	38
2.1. Особенности гидрографии.....	38
2.2. Гидрологическая изученность рек Северного Кавказа.....	44
2.3. Исходные данные и методика анализа характеристик максимального стока	48
2.4. Выбор переломного года для оценки изменчивости характеристик максимального стока.....	53
2.5. Анализ изменчивости максимальных срочных годовых уровней воды	55
2.6. Анализ превышений отметок неблагоприятных и опасных явлений	58
2.7. Оценка вклада русловых деформаций в формирование максимальных уровней воды .	63
2.8. Анализ изменчивости дат прохождения максимальных уровней воды.....	65
2.9. Анализ сезонности сроков прохождения максимальных уровней воды	69
2.9.1. Классификация рек Северного Кавказа по сезонам прохождения максимальных уровней воды.....	69
2.9.2. Географические закономерности распределения сроков прохождения максимальных уровней воды по сезонам	73
2.10. Зависимости между характеристиками максимального стока и морфометрическими характеристиками водосборов	78
3. Картографирование опасности наводнений на реках	82
3.1. Обзор существующих подходов к оценке опасности наводнений	82
3.2. Способы изображения опасности наводнений на географических картах.....	89
3.3. Обзор картографических изображений, посвященных опасности наводнений на реках Северного Кавказа.....	91
3.4. Выбор подхода к картографированию опасности наводнений на реках Северного Кавказа и его обоснование	103
3.4.1. Обзор существующих подходов и опыта установления зон затопления на реках	104
3.4.2. Обоснование использования ЦМР для определения поверхности потенциального затопления рек Северного Кавказа	110

3.4.3. Методика построения поверхности потенциального затопления рек Северного Кавказа.....	113
4. Оценка ущерба от наводнений на реках	119
4.1. Законодательно-нормативная и информационно-аналитическая база оценки ущерба в Российской Федерации	119
4.2. Выбор исходных данных для проведения оценки ущерба от наводнений на реках Северного Кавказа	129
4.3. Разработка и апробация методического инструментария оценки ущербов от наводнений на реках на примере отдельных участков рек Северного Кавказа	137
4.3.1. Алгоритм реализации методики оценки ущерба от наводнений	137
4.3.2. Оценка ущерба от причинения наводнением вреда жизни и здоровью людей, имуществу физических лиц в части имущества первой необходимости	139
4.3.3. Оценка ущерба от причинения наводнением вреда имуществу физических лиц в части недвижимого имущества	142
4.3.4. Оценка ущерба от причинения наводнением вреда объектам государственной и муниципальной собственности	145
4.3.5. Результаты апробации методического инструментария оценки ущерба от наводнений.....	150
Заключение	154
Список литературы	156
Приложение 1	180
Приложение 2	181
Приложение 3	182
Приложение 4	183
Приложение 5	184
Приложение 6	185
Приложение 7	186
Приложение 8	187
Приложение 9	188
Приложение 10	189
Приложение 11	190
Приложение 12	195
Приложение 13	199
Приложение 14	201
Приложение 15	203
Приложение 16	206
Приложение 17	210
Приложение 18	213

Приложение 19	215
Приложение 20	218
Приложение 21	219
Приложение 22	220
Приложение 23	221

Введение

«Тебе, Кавказ, суровый царь земли ...» (М. Ю. Лермонтов)

Актуальность исследования. Северный Кавказ – регион России, природа которого таит в себе небывалое могущество и силу, зачастую разрушительную, несущую серьезную угрозу человеческим жизням и материальным ценностям. Такое грозное величественное могущество таят и горные реки.

Сложно расчлененный горный рельеф, наличие высокогорного ледово-снежного питания в течение теплого периода года и высокая интенсивность осадков являются главными предпосылками особого гидрологического режима, формирующегося на протекающих по территории Северного Кавказа реках. В исследуемом регионе повсеместно распространены опасные гидрологические процессы. Особенно остро стоят проблемы, связанные с прохождением паводков на реках и зачастую сопутствующими им наводнениями.

Помимо того, что физико-географическое положение изучаемой территории располагает к прохождению экстремальных паводков и формированию катастрофических наводнений на реках, в регионе в последние десятилетия наблюдается рост числа и интенсивности наводнений вследствие изменения климата в сторону увеличения экстремальности осадков [Золина, Булыгина, 2016], что усугубляет иххождение [Базелюк, 2012; Фалеев, Черных, Старостин, 2014; Алексеевский, Магрицкий, Колтерманн, 2016; Hydrological hazards ... , 2017]. Всё чаще наблюдаются катастрофические последствия паводков – нанесение ущерба объектам жилого фонда и инфраструктуры, сельского хозяйства, личному имуществу. Все это приводит к значительным материальным ущербам, наносит вред жизни и здоровью населения, и порой становится причиной человеческих жертв.

Анализ характеристик максимального стока рек является неотъемлемой частью при оценке опасности природных наводнений и выявлении основных закономерностей их пространственно-временного распределения в регионе.

Изучение опасности наводнений на реках позволяет исследовать риски их возникновения, оценить возможные ущербы в денежном эквиваленте при их прохождении, а также в большинстве случаев предупредить катастрофические последствия.

Многообразие подходов, широкий перечень используемых показателей, входных данных и неоднозначность терминологии не позволяют прийти к общему знаменателю при оценке опасности наводнений на реках, протекающих в различных регионах, что обуславливает необходимость разработки единой унифицированной методики.

Состояние изученности проблемы. Территория Северного Кавказа с её особым физико-географическим положением и характерными условиями формирования речного стока привлекает большое внимание широкого круга исследователей. Результаты изучения физико-географических условий формирования стока рек Северного Кавказа представлены в трудах В. М. Чупахина [1974], П. М. Лурье [2002, 2005, 2012, 2013], соответствующая информация приведена в Государственном водном кадастре [1971–2008], научных отчетах [Разработка схемы ... , 2006] и других источниках [Ресурсы ... , 1964, 1973]. Сведения о снежном покрове и оледенении Кавказа содержат работы Г. К. Тушинского [1963], В. М. Котлякова [1966], А. В. Погорелова [1988, 2002], В. Г. Коновалова [1989], В. Д. Панова [1993].

Описание режима стока рек Северного Кавказа нашло отражение в трудах многих отечественных гидрологов – А. Н. Важнова [1966], В. Д. Панова, А. А. Базелюка, П. М. Лурье [2012] и др. Стоку рек бассейна Терека посвящена кандидатская диссертация Е. П. Рец [2013], паводковому стоку рек Черноморского побережья Кавказа России – П. А. Беляковой [2015], особенностям формирования и развития дождевых паводков на реках Северо-Западного Кавказа на примере р. Адагум – И. В. Шевердяева [2017], в работе Н. М. Юминой [2008] подробно рассматривается водный режим рек Северного Кавказа. В трудах Т. Н. Мельниковой [2011, 2014] изучен максимальный годовой сток талых вод и дождевых паводков на территории Северо-Западного Кавказа, в соавторстве с А. М. Комлевым представлены исследования водоносности и водного режима рек Северо-Западного Кавказа [2003, 2008], в соавторстве с С. А. Османи – труд, посвященный мониторингу водоносности и экологии бассейна Кубани [Османи, Мельникова, 2015]. В рамках исследований [Rets, Kireeva, 2010; Recent trends ... , 2018; Rets, Durmanov, Kireeva, 2019; Мироненко, Рец, Фролова, 2022] проведен анализ изменчивости характеристик паводкового стока рек Северного Кавказа. В работах [Hydrological hazards ... , 2017; Фалеев, Черных, Старостин, 2014] показана современная изменчивость повторяемости наводнений и, как следствие, связанных с ними опасных гидрологических явлений [Алексеевский, Магрицкий, Колтерманн, 2016; Магрицкий, 2014]. Принципы и рекомендации по совершенствованию системы мониторинга опасных паводков на реках Северного Кавказа представлены в источнике [Юмина, Рец, 2012]. Паводковый сток рек, протекающих по территории Северного Кавказа, рассматривается также в работах П. А. Беляковой [2015], А. Г. Косицкого [2018] и др.

Проблема наводнений, ввиду своей всё более усиливающейся актуальности с учетом современных климатических изменений, также занимает особое место среди научных работ [Гинко, 1977; Нежиховский, 1988; Авакян, Истомина, 2000; Катастрофический паводок ... , 2005; и др.]. В рамках кандидатской диссертации М. Н. Истоминой [2005] рассмотрены параметры крупных наводнений мира, их генезис, а также изменение их частоты и интенсивности. Результаты исследования наводнений на реках России представлены в работах [Асарин, Болгов, 2010;

Воробьев, Акимов, Соколов, 2003]. Вопрос генезиса наводнений, в том числе на северокавказских реках, поднимается в трудах Б. М. Доброумова и С. М. Тумановской [2002], А. А. Таратунина [2008], А. А. Базелюка и П. М. Лурье [2008]. Статистические сведения о наводнениях на территории Северного Кавказа приводятся В. А. Семеновым и А. А. Коршуновым [2007]. Изучению наводнений на реках Черноморского побережья Кавказа и в бассейне Кубани также посвящено множество работ [Иванов, Михайлов, Магрицкий, 2003; Магрицкий, Иванов, 2011; Катастрофические паводки ... , 2013; Магрицкий, Самохин, Юмина, 2013; Магрицкий, 2014; Алексеевский, Магрицкий, Колтерманн, 2016; Наводнения ... , 2016].

Вопросы оценки опасности наводнений рассматриваются во многих отечественных и зарубежных работах. Большие возможности выбора источников входных данных определяют многообразие подходов к таким оценкам [Gallopín, 2006; Poser, Dransch, 2010; Гладкевич, Терский, Фролова, 2012; Hung, Wang, Yarnal, 2016; Crowdsourced data ... , 2016; McCoy, 2017; Rahman, Thakur, 2018]. Однако, ввиду неоднородности понятий и подходов, возникают трудности при сопоставлении результатов таких оценок [Мироненко, Рец, Фролова, 2018]. Характеристика территории Северного Кавказа с точки зрения опасности наводнений и паводков дана в [Россия в борьбе ... , 2007], природной опасности наводнений – в [Hydrological hazards ... , 2017]. В работе [Гладкевич, Терский, Фролова, 2012] также представлено типологическое районирование территории по степени опасности наводнений. Исследование рисков наводнений и связанных с ними чрезвычайных ситуаций в отдельных регионах в пределах исследуемой территории нашло свое отражение в работе [Шагин, 2010], оценка уязвимости территории также приводится в трудах [Гладкевич, Терский, Фролова, 2012; Земцов, Крыленко, Юмина, 2012], в последней дается характеристика подверженности наводнениям. Оценка повторяемости наводнений и связанных с водным режимом чрезвычайных ситуаций рассматривается в [Национальный атлас ... , 2007; Россия в борьбе ... , 2007].

Подходы к оценке ущерба от природных чрезвычайных ситуаций представлены как на законодательном уровне [Единая межведомственная методика ... , 2004; Об утверждении Методики ... , 2020], так и в научных трудах [Земцов, Крыленко, Юмина, 2012; Kagan, 2023]. Описание мер в целях минимизации и смягчения негативных последствий наводнений занимает особое место в научной литературе [El-Masri, Tipple, 2002; Paron, 2012; Keskitalo, Carina, 2013]. Значимость и серьёзность мер, направленных на снижение риска возможных наводнений, подкрепляется международными программами [Сендайская рамочная программа ... , 2023; Создание потенциала ... , 2005].

В рамках оценки опасности наводнений на отдельных участках рек Северного Кавказа исследователи прибегают к инструментам моделирования и прогнозирования [Прогнозирова-

ние стока ... , 2007; Болгов, Коробкина, 2013; Causes and systematic ... , 2016; Шевердяев, 2017; Modeling of extreme ... , 2021; О результатах ... , 2023], которое занимает отдельное место и в зарубежной практике [A place-based model ... , 2008; Keskitalo, Carina, 2013].

Объект исследования – реки, протекающие по территории Северного Кавказа.

Предмет исследования – стоковые наводнения на реках в период половодья и дождевых паводков, пространственно-временная изменчивость характеристик максимального стока рек, ущерб от наводнений на реках.

Цель исследования – проведение комплексной оценки современной опасности наводнений на реках Северного Кавказа.

Для достижения поставленной цели решались следующие **задачи**:

- 1) анализ факторов формирования стока рек;
- 2) формирование базы гидрологических данных с характеристиками максимального стока;
- 3) анализ пространственно-временной изменчивости характеристик максимального стока;
- 4) оценка вклада русловых деформаций в формирование максимальных уровней воды;
- 5) исследование сезонности прохождения максимальных уровней воды;
- 6) анализ существующих подходов к картографированию опасности наводнений, выбор наиболее оптимального подхода для территории Северного Кавказа;
- 7) обзор и анализ картографических изображений, посвященных опасности наводнений на реках Северного Кавказа;
- 8) анализ применяемых в РФ методик оценки ущерба;
- 9) разработка методического инструментария оценки ущерба от наводнений на реках и их апробация на примере отдельных прилегающих к рекам Северного Кавказа участков.

Методы исследования. В ходе исследования используются такие методы, как статистический и сравнительно-географический, а также метод картографических обобщений. Расчеты и их обработка производились посредством такого программного обеспечения, как STATISTICA и Microsoft Excel. Визуализация результатов, их анализ и обобщение выполнены с помощью ArcGIS, QGIS, RStudio, Python.

Основные защищаемые положения:

1. Высокие показатели повторяемости превышения отметок неблагоприятных и опасных явлений, на отдельных участках рек превышающие 90%, и статистически значимый рост максимальных уровней воды в большинстве створов свидетельствуют о современном росте опасности наводнений на реках Северного Кавказа.

2. Разработанная классификация внутригодового распределения сроков прохождения максимальных уровней воды является основой районирования участков рек Северного Кавказа по характеру изменчивости этих сроков.

3. Предложенная методика построения поверхности потенциального затопления рек, основанная на использовании цифровой модели рельефа и данных о максимальных уровнях воды, позволяет произвести предварительную оценку местоположения границы затопления.

4. Разработанный методический инструментарий оценки ущерба от наводнений на реках раскрывает возможности применения действующей в РФ нормативно-законодательной базы оценки ущербов и позволяет определить размер ущерба в денежном эквиваленте.

Научная новизна. Выполнен анализ пространственно-временной изменчивости характеристик максимального стока, охватывающий территорию Северного Кавказа, на основе современных данных. Впервые для всей территории Северного Кавказа произведена оценка превышений отметок неблагоприятных и опасных явлений, выявлены наиболее опасные с точки зрения превышений таких отметок участки рек.

Выполнена типизация внутригодового распределения сроков прохождения максимальных уровней воды, в рамках которой предложено районирование участков рек Северного Кавказа по характеру изменчивости этих сроков.

Впервые для территории Северного Кавказа выполнен всесторонний анализ картографических обобщений, посвященных опасности наводнений на реках. Показаны различия в районировании территории по степени опасности наводнений, возникающие вследствие использования разнообразных подходов к определению опасности.

Предложена методика построения поверхности потенциального затопления, основанная на использовании цифровой модели рельефа и данных о максимальных уровнях воды, впервые апробированная для участков рек Северного Кавказа.

На основе действующей в РФ нормативно-правовой базы разработан методический инструментарий для оценки ущербов от наводнений на реках, реализованный для отдельных участков рек Северного Кавказа.

Полученные в рамках диссертационной работы результаты представлены в виде многочисленных картографических изображений.

Практическая значимость. Разработанные методики могут быть внедрены в практику экстренных служб и других ведомств с целью оперативного выявления возможных опасных с точки зрения наводнений участков при прохождении уровней воды различной обеспеченности и оценки возможного ущерба от наводнений. Так, во-первых, предложенная методика построения поверхности затопления может быть использована при определении объема работ по установлению границ зон затопления в рамках исполнения постановления Правительства

от 18.04.2014 г. № 360 [О зонах затопления ... , 2014]: например, для выявления количества населенных пунктов, для которых необходимо осуществлять такие работы. Во-вторых, данная методика может быть применена в практике страховых компаний для определения максимальных ущербов в результате прохождения экстремальных паводков на реках.

Использование рассмотренной методики построения поверхности потенциального затопления совместно с разработанным методическим инструментарием для оценки ущерба от наводнений на реках может быть полезно при формировании данных блока «Паспорт территорий» системы «Личный кабинет единой дежурно-диспетчерской службы муниципального образования (ЕДДС)» [Об утверждении типового паспорта ... , 2004; О единой дежурно-диспетчерской ... , 2022] автоматизированной информационно-управляющей системы единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (АИУС РСЧС) в части следующих показателей риска природных чрезвычайных ситуаций: размер зоны вероятного затопления, возможное число погибших и пострадавших, возможный ущерб. Разработанные методики также могут быть применены при совершенствовании инструмента конструктора форм сведений информационной системы «Атлас опасностей и рисков» системы «Личный кабинет ЕДДС» АИУС РСЧС путем создания картографических образов опасности территорий, формирующихся на основе интегрированной оценки показателей интенсивности наводнений и размера возможного материального ущерба.

Полученные в рамках типизации внутригодового распределения сроков прохождения максимальных уровней воды и районирования участков рек Северного Кавказа результаты могут быть использованы в целях уточнения вероятности прохождения опасных паводков на реках исследуемого региона в различные сезоны года.

Результаты исследования вошли в отчеты грантов РФФИ № 17-77-10169 «Генезис современной паводковой опасности на Северном Кавказе: оценка, анализ, прогноз», РФФИ № 20-35-70024 «Механизмы формирования речного стока и опасных гидрологических процессов в горных территориях в условиях нестационарного климата: современные экспериментальные и аналитические подходы к исследованию» и № 20-35-90120 «Особенности формирования и оценка опасности наводнений на реках Северного Кавказа».

Апробация работы. Результаты диссертационного исследования представлены на многочисленных конференциях. Среди них – Всероссийская конференция с международным участием LXXIV Герценовские чтения «География: развитие науки и образования» (г. Санкт-Петербург, 2021 г.), Международная научная конференция «Закономерности формирования и воздействия морских, атмосферных опасных явлений и катастроф на прибрежную зону РФ в условиях глобальных климатических и индустриальных вызовов» («Опасные явления – III») (г. Ростов-на-Дону, 2021 г.), 6-я Международная научно-практическая конференция «Иннова-

ции в геологии, геофизике и географии – 2021» (2021 г.), 10-я юбилейная Международная научно-практическая конференция «Экология речных бассейнов» (г. Суздаль, 2021 г.), X Международная научно-практическая конференция «Морские исследования и образование. MARESEDU-2021» (Москва, 2021 г.), Четвертый международный симпозиум «Науки о Земле: история, современные проблемы и перспективы» (г. Москва, 2022 г.), Тринадцатый семинар молодых ученых вузов, объединяемых Межвузовским научно-координационным советом по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов при МГУ (г. Набережные Челны, 2022 г.), 7-я международная научно-практическая конференция «Инновации в геологии, геофизике и географии – 2022» (2022 г.), Международная научно-практическая конференция LXXVI Герценовские чтения «География: развитие науки и образования» (г. Санкт-Петербург, 2023 г.).

Публикации. Различные аспекты результатов исследования изложены в **13** работах, среди них – **4** статьи, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ имени М. В. Ломоносова по специальности 1.6.16.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Объем работы – 221 страница, включая 68 рисунков, 19 таблиц и 23 приложения. Список литературы представлен 245 источниками, среди которых 190 отечественных и 55 зарубежных.

Благодарности. Автор выражает благодарность Фроловой Наталье Леонидовне за научное руководство и всестороннюю помощь при написании кандидатской диссертации, Рец Екатерине Петровне – за методическую поддержку при разработке структуры диссертации и ценные советы при обобщении полученных результатов. Автор благодарит Харламова Максима Александровича за важные рекомендации по улучшению программного кода для анализа изменчивости статистических параметров исследуемых рядов. Автор выражает признательность Гизатуллину Алмазу Тимербулатовичу за помощь в разработке и апробации методики построения поверхности потенциального затопления рек Северного Кавказа, Мироненко Оксана Владимировне – за помощь в адаптации существующих подходов к оценке ущерба от наводнений для отдельных участков рек Северного Кавказа, Козлову Фёдорову Александровичу – за предоставление сведений об осадках, наблюдаемых на метеорологических станциях в пределах Северного Кавказа, и помощь в интерпретации результатов их анализа. Автор также выражает благодарность Жуку Виктору Архиповичу, Магрицкому Дмитрию Владимировичу, Самохину Михаилу Алексеевичу, Терскому Павлу Николаевичу и Киреевой Марии Борисовне за ценные рекомендации по улучшению текста диссертации. Автор признателен учителю географии, Бельской Ирине Вениаминовне, за открытие географических горизонтов. Работу по-

свящаю моим маме, Мироненко Оксане Владимировне, бабушке, Обориной Наталии Владимировне, и дедушке, Оборину Владимиру Александровичу.

1. Факторы формирования стока рек Северного Кавказа

Под термином «Северный Кавказ» в контексте данного исследования подразумевается физико-географическая область, расположенная на юге России. Его северная граница проходит по Кумо-Манычской впадине, р. Маныч и устью р. Дон, южная – по Главному Кавказскому Хребту. Территорию Северного Кавказа с востока омывает Каспийское море, с запада – Азовское и Чёрное моря. В пределах Северного Кавказа расположены такие субъекты РФ, как Краснодарский край и республика Адыгея, Ставропольский край, Карачаево-Черкессия, Кабардино-Балкария, Республика Северная Осетия – Алания, Ингушетия, Дагестан, частично его территорию занимает Ростовская область и Калмыкия.

В рамках данной главы подробно рассмотрены условия и особенности формирования стока северокавказских рек с точки зрения геологического строения, рельефа, характера подстилающей поверхности и состояния современного оледенения, а также климатических условий в пределах их водосборов.

В горах процессы формирования речного стока существенно отличаются от процессов, происходящих в равнинных бассейнах [Руководство ... , 1989; Бассейн горной реки ... , 2000]. Несмотря на значительные различия физико-географических условий в различных горных системах, все горные территории обладают некоторыми общими существенными особенностями формирования речного стока [Аполлов, Калинин, Комаров, 1974]. В основном они заключаются в вертикальной зональности климата (закономерном изменении климатических элементов с высотой). Существенную роль также играет рельеф и геологическое строение [Аполлов, Калинин, Комаров, 1974; Руководство ... , 1989; Важнов, 1966; Бефани, 1977; и др.].

Поскольку значительная часть территории Северного Кавказа занята горами, в рамках данной главы сделан особый акцент на особенностях формирования стока рек в пределах горных территорий, в том числе произведена оценка влияния указанных факторов на речной сток.

1.1. Физико-географические особенности территории

1.1.1. Особенности геологического строения, рельеф и характер подстилающей поверхности

Описание особенностей геологического строения, рельефа и характера подстилающей поверхности Северного Кавказа выполнено на основе результатов множества исследований [Тушинский, 1963; Котляков, 1966; Панов, 1968; Ресурсы ... , 1973; Чупахин, 1974; Погорелов, 1988; Руководство ... , 1989; Лурье, 2002; Мельникова, Комлев, 2003; Лурье, Панов, Ткаченко, 2005].

Особенности геологического строения и рельеф. Территория Кавказа включает в себя три основные орографические области по комплексу физико-географических особенностей – равнины Закавказья, Большой Кавказ и Предкавказье [Лурье, 2002]. Северный Кавказ представляет собой северные склоны Большого Кавказа и область Предкавказья (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Физико-географическое положение Северного Кавказа [Юмина, 2008]

Большой Кавказ является самой высокогорной составляющей Северного Кавказа, простирающейся с северо-запада на юго-восток на 1100 км. По вершинам г. Эльбрус и г. Казбек Большой Кавказ условно разделяют на Западный, Центральный и Восточный. Большой Кавказ – череда хребтов и депрессий, представленных семью основными горными хребтами и несколькими равнинами. Главный, или Водораздельный хребет, расположенный в осевой части Большого Кавказа, – система кулисообразных горных хребтов с абсолютными отметками вершин 3500–5000 м в центральной и восточной частях, до 2000 м – в западной. Он представлен гнейсами, кристаллическими сланцами и докембрийскими гранитами [Чупахин, 1974]. Наивысшая вершина Главного хребта – г. Шхара (5201 м). От р. Теберда до г. Фишт тянется Западный хребет, наивысшая вершина которого – г. София (3838 м). Кулисообразный Восточный хребет с наивысшей точкой порядка 3500 м представлен песчано-сланцевым материалом. Боковой хребет представляет собой цепь горных массивов и хребтов, расположенных между истоками р. Ардон и Кубань, включающих в себя несколько пятитысячников во главе с г. Эльбрус (5642 м). Главный и Боковой хребет образуют единый горный массив восточнее р. Ардон, отдельным вершинам которого присуще современное оледенение и высоты порядка 4000 м [Лурье, 2002]. Передовой хребет расположен западнее Бокового хребта, в верхнем течении р. Белая

и р. Чегем. В высокогорьях встречаются такие формы рельефа ледникового происхождения, как висячие боковые долины, каровые и подпрудные моренные озера, трюги, цирки, кары и др.

На всём протяжении северного склона Большого Кавказа обнаруживаются куэстовые хребты – вытянутые моноклиальные формы рельефа. Основные из них – Скалистый, Меловой и Лесистый. В пределах куэстовых хребтов распространены ущелья, образованные при врезе некоторых горных северокавказских рек (р. Черек, Баксан, Чегем и др.) в коренные породы с глубиной до 1000 м и шириной до 30 м. К северу система куэстовых горных хребтов сменяется межгорными и предгорными равнинами, к востоку – складчатыми хребтами и окаймленным высокогорными сланцевыми хребтами внутренним плато Дагестана, с юга простирается Северо-Юрская депрессия.

Восточные и западные границы *Предкавказья* повторяют очертания побережий Каспийского, Чёрного и Азовского морей, с севера область Предкавказья от южной части Восточно-Европейской равнины отделяет Кумо-Манычская впадина, на юге границей области выступает подножье склона Большого Кавказа. Подобно Большому Кавказу, Предкавказье разделяют на Западное, Центральное (Среднее) и Восточное.

Ставропольская возвышенность и Минераловодская группа островных гор – основные орографические единицы Центрального Предкавказья. Ставропольская возвышенность в центральной части представляет собой широкое платообразное возвышение со сложным густым расчленением, сменяющееся группами Ставропольских, Прикалаусских и Бешпагирских высот, достигающих 400–630 м [Чухахин, 1974]. В Минераловодскую группу входят куполообразные вершины вулканического района с абсолютными отметками до 1400 м и отдельные вершины юго-востока Ставропольского поднятия. Центральное Предкавказье также представлено несколькими хорошо расчленёнными равнинами шириной 50–100 км, сложенными аллювием и флювиогляциальными материалами, – Кабардинской, Чеченской, Северо-Осетинской и Минераловодской. Замыкает область Центрального Предкавказья Терско-Сунженская возвышенность, представляющая собой два невысоких хребта, сложенных галечниками, конгломератами неогена и сланцеватыми глинами [Лурье, 2002], разделённых Алханчуртским понижением.

Территорию Восточного Предкавказья занимает слаборасчленённая Терско-Кумская низменность с абсолютными высотами от –26 м до 240 м, связанная с Большим Кавказом транзитной речной сетью, представленная отложениями верхнего плиоцена и четвертичного периода. Приморскими дельтовыми песками различных форм рельефа представлен здесь Терско-Кумский песчаный массив.

Западное Предкавказье охватывает территорию Кубано-Приазовской низменности – слаборасчленённой речными долинами и балками равнины с плавными очертаниями, преры-

ваемыми западинами и ложбинами стока, сложенной суглинками, являющейся здесь основной орографической единицей. Абсолютные высоты Кубано-Приазовской низменности колеблются от 0 м в районе Приазовья до 150 м в центральной части и 250 м на Прикубанской наклонной равнине. Равнина представляет собой отложения аллювия и пролювия, сильно изрезана густой сетью речных долин (р. Кубань и её притоков).

В пределах отдельных некоторых речных бассейнов наблюдаются карстовые процессы, оказывающие непосредственное влияние на сток рек: так, в закарстованных бассейнах Пшехи и Курджипса теряется до 30% стока [Мельникова, Комлев, 2003].

Горные склоны представлены преимущественно маломощными скелетными почвами (до 50–60 см), легко пропускающими воду, просачиваясь сквозь которые вода поступает в грубообломочный щебнистый грунт, покрывающий толщу коренных пород. Дальнейшее стекание воды происходит в полостях этого грунта по трещинам в горных породах [Руководство ... , 1989]. Интенсивная инфильтрация дождевых и талых вод в областях распространения трещиноватых пород обуславливает существенную роль подземных вод в формировании стока рек. Движение воды в полостях этих пород происходит со скоростями, измеряемыми десятками и даже сотнями метров в год.

Для предгорий характерно увеличение мощности крупнообломочных отложений (рисунок 1.2), что приводит к повышенной фильтрации, и уровень подземных вод здесь часто расположен ниже уровня воды в реке. Это, в свою очередь, приводит к фильтрации речных вод в крупнообломочные отложения [Руководство ... , 1989].

Влияние геологического строения и рельефа на речной сток. Воздействие орографического фактора проявляется в запаздывании многоводной фазы с увеличением высоты местности: максимум стока на горных реках наблюдается в июле и августе, паводки, начинающиеся в апреле – мае, продолжаются весь тёплый период. Широкое распространение трещиноватых пород или чехла крупнообломочных отложений создает предпосылки для многолетней естественной регулирующей способности речного бассейна. Значительное влияние на режим стока горных рек может оказывать распространение карстовых массивов.

Почвы на территории Северного Кавказа имеют большое разнообразие, как на равнинных, так и на горных участках: здесь встречается порядка 40 видов почв [Лурье, 2002]. На равнинах наиболее распространены каштановые почвы и чернозёмы, бурые полупустынные, луговые каштановые, чернозёмные и болотные, солончаки, солонцы и солоди. Типичные чернозёмы встречаются на водосборах правых притоков р. Кубань и на северо-западе Ставропольской возвышенности. Малогумусные, или южные, чернозёмы, местами обладающие высокой степенью солонцеватости, представлены на участке между р. Калаус и Кубань. Выщелоченные чернозёмы с тяжёлым механическим составом и комковатой и зернисто-комковатой,

в предгорьях – каменной структурой, распространены в бассейнах левых притоков р. Кубань. Лугово-чернозёмные почвы можно встретить в структуре почвенного покрова некоторых надпойменных террас (р. Кубань, Белая, Маныч и др.), для дельты р. Кубань характерны плавневые заболоченные почвы и их разновидности, дельты р. Терек – лугово-каштановые и каштановые почвы. На территории Северного Кавказа, в междуречье р. Кума и Терек, встречаются бурые полупустынные супесчаные почвы. К областям распространения солонцов и солончаков относятся отдельные участки долины р. Маныч, дельта р. Терек. Солоди можно обнаружить в северной части Краснодарского края [Лурье, 2002].



Рисунок 1.2 – Крупнообломочные отложения в долине р. Джанкуат
(фото автора, 2018 г.)

Горные каштановые почвы встречаются в восточных низкогорьях Большого Кавказа, горные чернозёмы – на западных и центральных предгорьях северного склона Большого Кавказа и на предгорных плато Дагестана. Горные бурые лесные почвы, преимущественно состоящие из щебня и суглинков, представленные под мезофильной растительностью, образованы при избыточном увлажнении территории. Горные серые лесные почвы, обладающие высокой степенью щебнистости, преобладают на территориях центральных и западных предгорий северного склона Большого Кавказа. Горные дерново-карбонатные типы почв приурочены к твёрдым плотным карбонатным породам гор Северо-Западного Кавказа, горные коричневые щебнистые почвы – к северо-восточным склонам Большого Кавказа [Чупахин, 1974]. Горные луговые поч-

вы, или чернозёмовидные почвы, на территории Северного Кавказа обнаруживаются в высокогорьях до высот 3500 м. Среди них зачастую встречаются горно-торфянистые почвы.

Своим богатым разнообразием *растительного сообщества* Северный Кавказ обязан большой протяжённости территории с северо-запада на юго-восток и значительным возвышением над уровнем моря, что обуславливает его расположение в трех природных зонах и наличие высотной поясности. Всего на территории Северного Кавказа представлено порядка 3500 видов высших растений [Чупахин, 1974]. Важное место на территории Северного Кавказа занимает растительность степного сообщества, представленная первичной разнотравно-типчаково-ковыльной ассоциацией, распространённой в западных районах Предкавказья, и типчаково-ковыльной ассоциацией, представленной в восточном и центральном Предкавказье. Зону степей в структуре растительного сообщества здесь широко представляет растительность нагорных степей засушливых районов центральной части северного склона Большого Кавказа и Дагестана. Большие площади степной зоны Северного Кавказа заняты под нужды сельского хозяйства, поэтому степная растительность произрастает в основном в местах, непригодных для его ведения. Значительная часть зоны степей, а именно – некоторые участки в бассейнах р. Маныч, Кума и Терек, подверглись опустыниванию. Полупустынная растительность (полынно-злаковые растения, в том числе эфемерно-эфемероидная растительность) распространена в Прикаспийской низменности, растения пустынной зоны (полынно-солянковые полукустарники), зачастую произрастающие на бурунах и песчаных дюнах, – близ Каспийского моря.

Леса произрастают практически повсеместно на горных склонах преимущественно западных, северо-западных и северных экспозиций в диапазонах высот от 700 до 2700 м. Их видовое разнообразие представлено травянистыми растениями, кустарниками, хвойными, широколиственными и смешанными лесами.

Луговая растительность Северного Кавказа представлена сообществами альпийских лугов и субальпийского разнотравья, распространёнными на высотах 1800–3400 м. На высотах порядка 4000 м встречаются редкие высшие растения нивальной зоны. Даже на снегу обнаруживаются низшие растения, придающие снежному покрову характерный красный или зелёный окрас [Лурье, 2002].

Особую нишу растительного сообщества Северного Кавказа занимают высокотравные болотистые луга (плавни), распространённые в дельтах крупных рек, и нагорные ксерофиты, приуроченные к ущельям и засушливым предгорьям.

Влияние характера подстилающей поверхности на речной сток. Подстилающая поверхность оказывает существенное воздействие на процессы преобразования и перераспределения влаги на водосборах. Так, почвы предопределяют величину испарения

с водосбора, скорости фильтрации и добегания, а также возможности удержания влаги в пределах водосбора. Растительность выполняет преимущественно регулирующую функцию: она задерживает речной сток и трансформирует его в грунтовые воды, что приводит к сглаживанию пиков стока и влечет за собой рост подземного источника в общей структуре питания рек.

1.1.2. Температура воздуха и атмосферные осадки

Наибольшее влияние на формирование климатической обстановки на Северном Кавказе оказывает система атмосферной циркуляции: достаточно тёплые морские воздушные массы сменяют арктические, тропические воздушные массы Средиземноморья и Ирана, – холодный воздух, приходящий из Казахстана.

Для климата Северного Кавказа, во-первых, характерно увеличение его континентальности и засушливости на равнинах от Черного и Азовского к Каспийскому морю, во-вторых, – закономерное изменение тепла и влаги с высотой в предгорьях Большого Кавказа.

Влияние рельефа горных поднятий на климатические факторы проявляется в направлении обособления отдельных орографических форм, в различиях между противоположно ориентированными склонами [Важнов, 1966].

Ход *температуры воздуха* на территории Северного Кавказа крайне неравномерный. Так, в равнинных областях среднегодовая температура воздуха составляет порядка 9–12°C, выше абсолютных отметок 2300–2500 м эта характеристика отрицательна. Изменчивость среднегодовой температуры воздуха в пределах равнин невелика: от южных к северным районам Предкавказья она составляет 3°C, в предгорьях Большого Кавказа – всего 1–2°C.

Заметны и различия в среднемесячных температурах воздуха отдельных областей Северного Кавказа. Так, например, средняя температура января на северокавказских равнинах составляет от –5 до –1°C, в предгорьях – от –3 до –6°C, в среднегорьях и высокогорьях средняя температура самого холодного месяца колеблется в диапазоне от –8 до –19°C, зима здесь очень суровая. Плюсовые значения средней температуры января характерны для побережья Чёрного моря: они составляют порядка 3–5°C. Территория Западного Предкавказья находится под влиянием циркуляции черноморской депрессии, а Ставропольское плато преграждает путь холодным восточным континентальным воздушным массам, что определяет более мягкие, чем на территории Восточного Предкавказья, зимние условия: среднемесячная температура января составляет –4...0°C против –3,5...–5°C. Частое явление на Северном Кавказе – зимние оттепели, продолжающиеся обычно 4–10 дней.

Экстремально холодные климатические условия характерны для периода господства над территорией северокавказского региона арктических воздушных масс, задерживающихся высокими горными массивами. Такие суровые условия сопровождаются температурной инверсией и резким похолоданием, достигаются абсолютные минимумы температуры воздуха: в районах равнин и предгорий зафиксированы значения -36°C (г. Краснодар, г. Минеральные Воды), в пределах высокогорий порядка 2000 м и 3000 м – на уровне -30 и -39°C соответственно, а на г. Эльбрус они составили -44°C .

С наступлением весны среднемесячная температура января возрастает постепенно. Начало весны отличается значительной неустойчивостью температуры в связи с частой сменой влияния то тёплых южных циклонов, то холодных северо-западных воздушных масс. Значительное повышение температуры воздуха происходит в марте – апреле синхронно с увеличением приходящей солнечной радиации. Положительными среднемесячные температуры воздуха практически повсеместно, за исключением высокогорий, становятся в мае. При преодолении суточной температурой отметки 15°C на Северном Кавказе начинается сухое жаркое лето.

Значительно варьирует и температура самого тёплого месяца на Северном Кавказе, которым практически для всей его территории является июль. В пределах предгорий среднемесячная температура июля достигает $18-22^{\circ}\text{C}$, в Западном и Восточном Предкавказье – $20-24^{\circ}\text{C}$ и $23-25^{\circ}\text{C}$ соответственно. Лето здесь сухое и жаркое вследствие сильного прогрева приходящих на Северный Кавказ континентальных воздушных масс умеренных широт над степными территориями Прикаспия и юго-востока территории, а также господства здесь воздушных масс из пустынь Средней Азии. Для горных областей с высотами 2000–2500 м это значение достигает 18°C , 4000 м – около 2°C . На г. Эльбрус лето очень суровое и холодное. Среднемесячные температуры близ экватории Чёрного и Каспийского морей в июле ниже, чем в августе, – $23-25^{\circ}\text{C}$.

Заметное похолодание на Северном Кавказе происходит преимущественно в сентябре. Первые заморозки, возникающие вследствие вторжения холодных северо-западных антициклонов, приходятся обычно на октябрь. С высотой продолжительность заморозков увеличивается, в высокогорьях, выше 3000 м, дни без заморозков практически не наблюдаются. Среднее число дней безморозного периода в равнинных областях Предкавказья равно 180–195.

Температура воздуха предопределяет интенсивность испарения и снеготаяния, продолжительность холодного периода в различных высотных поясах и другие характеристики. Выраженное уменьшение температуры воздуха с увеличением высоты местности – главная особенность изменения температуры воздуха в горах.

В рамках [Рец, 2013] зафиксированы высокие значения коэффициентов парной корреляции многолетних колебаний среднегодовой температуры воздуха, свидетельствующие о возможности дальнейшего изучения распределения значений температуры воздуха по высотным поясам.

Согласно [Погорелов, 2002], уменьшение температуры воздуха с высотой является причиной большой продолжительности холодного периода в течение года уже на высотах более 2,5 км, в то время как на высоте 3,5–4,0 км отрицательные температуры воздуха держатся уже более 300 дней в году (рисунок 1.3).

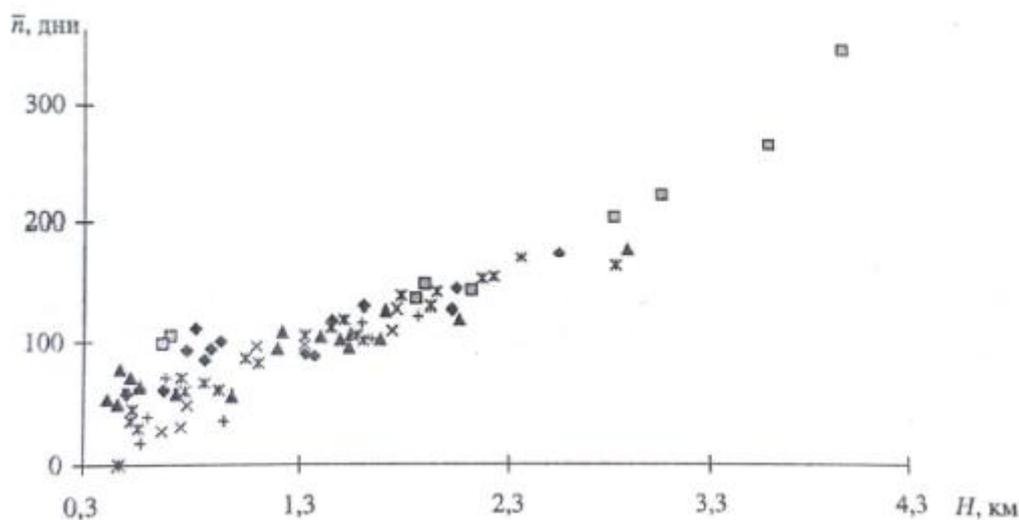


Рисунок 1.3 – Связь средней продолжительности холодного периода и высоты местности по данным метеостанций Большого Кавказа [Погорелов, 2002]

Влияние температуры воздуха на сток рек. Изменчивость температуры воздуха с увеличением высоты местности обуславливает вариативность дат конца и начала многоводной фазы и доли дождевого и снегового питания. Затяжной характер многоводной фазы, наблюдающейся в течение весенне-летнего периода, определяется поэтапным включением различных высотных поясов в процесс снеготаяния.

Атмосферные осадки распределяются по Северному Кавказу крайне неравномерно, что обусловлено большой площадью территории и значительной вариативностью характера подстилающей поверхности. Максимум осадков выпадает летом и весной, его обеспечивают приходящие с юго-запада и северо-запада воздушные массы, их термо- и влагонеустойчивость, способствующая развитию конвективных движений. Так, например, сумма осадков за тёплый период года на севере Предкавказья составляет порядка 100–155 мм, на юге – 200–250 мм, на территории Прикаспийской низменности – около 50 мм. В восточных районах северного

склона Большого Кавказа эта характеристика достигает 500–700 мм, в западных – 800–1000 м. Говоря о среднегодовой сумме осадков можно отметить схожие закономерности при движении по территории Северного Кавказа. В Предкавказье среднее за год количество осадков колеблется от 150 до 800 мм, в горных районах – от 500 до 1500 мм и выше на Северо-Западном Кавказе и побережье Чёрного моря. Максимум осадков зафиксирован на ст. Ачишхо – 3 242 мм. Увеличение количества осадков с высотой свойственно для северных склонов Большого Кавказа и горных долин, залегающих субмеридионально, исключение составляют ограниченные с юга и севера хребтами субширотные долины.

Чёрное море оказывает существенное влияние на ход атмосферных осадков в течение года: летом наблюдается минимум, зимой – максимум выпадения осадков. Существует закономерность изменения осадков при движении с севера на юг с 800–600 мм до 1000–1500 мм.

Данными исследований [Evidence ... , 2015; Алешина, Торопов, Семенов, 2018] подтверждается значимость роли роста температуры поверхности Черного моря в формировании экстремальных осадков летнего периода на Черноморском побережье.

В работе [Алешина, Торопов, Семенов, 2018] рассмотрена изменчивость месячных сумм осадков, их среднемесячной интенсивности и соответствующих им трендов для некоторых станций, расположенных в пределах Черноморского побережья Кавказа, за период 1982–2014 гг. (рисунок 1.4). Средняя интенсивность осадков для всего года здесь составляет 2–5 мм/сут (слабые и умеренные осадки), в предгорных районах это значение достигает 10–12 мм/сут. Авторы отмечают отсутствие статистически значимого увеличения средней суммы осадков, их суточной интенсивности и экстремальных значений в летний период на Черноморском побережье Кавказа, в то время как в пределах рассматриваемой территории наблюдается рост приземной температуры, интегрального влагосодержания и доступной потенциальной конвективной энергии, что может быть связано с усилением дивергенции влаги в регионе вследствие интенсификации крупномасштабных нисходящих потоков [Алешина, Торопов, Семенов, 2018]. В зимний период отмечается незначительное уменьшение сумм осадков над Черноморским побережьем, в то время как суммы осадков над поверхностью Чёрного моря имеют обратную тенденцию.

Отсутствие согласованного увеличения средних и экстремальных показателей осадков во время значительного роста температуры воздуха в последние десятилетия в пределах Черноморского побережья показано и в других научных работах [Changes ... , 2013; Алешина, Торопов, Семенов, 2018; Торопов, Алешина, Семенов, 2018; Ташилова, 2021; Vyshkvarkova, 2021].

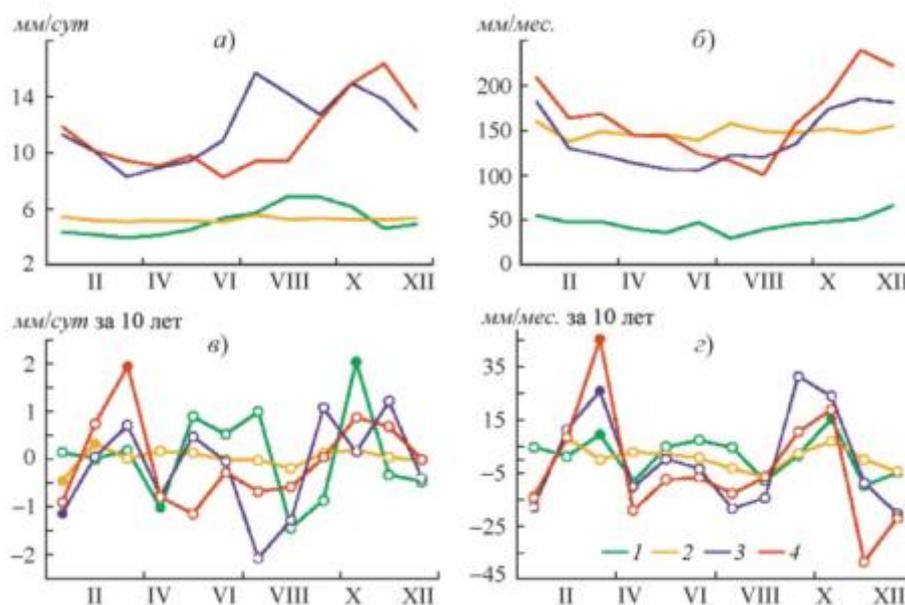


Рисунок 1.4 – Годовой ход среднемесячной интенсивности осадков (а), месячных сумм осадков (б), коэффициентов трендов для среднемесячной интенсивности осадков (в) и месячных сумм осадков (г) на метеорологических станциях (1 – Анапа, 2 – Туапсе, 3 – Сочи, 4 – Красная поляна) за период 1982–2014 гг. (значимые тренды показаны закрашенными точками) [Алешина, Торопов, Семенов, 2018]

В различных источниках [Важнов, 1966; Аполлов, Калинин, Комаров, 1974; Барри, 1984; Руководство ... , 1989; Рец, 2013; и др.] показано, что для горных систем умеренных широт характерна общая тенденция увеличения количества осадков с высотой.

Пространственно-временная изменчивость величины осадков по высоте вследствие поднятия воздушных масс обуславливается не только особенностями рельефа, среди которых – ориентация склона и расположение по отношению к широким долинам, его крутизна, затененность хребтами и характер подстилающей поверхности, но и свойствами самой воздушной массы – ее температурными характеристиками и степенью насыщенности влагой [Важнов, 1966].

В рамках [Рец, 2013] исследованы особенности пространственного распределения осадков в Восточном и Центральном Северном Кавказе с учетом высокой связности колебаний месячных сумм осадков холодного периода. Установленный характер зависимостей между месячными суммами осадков января и высотой метеостанций (рисунок 1.5) указывает на их вариативность от года к году.

Для летних месяцев подобные связи также дифференцируются, но уже в зависимости от местоположения пунктов наблюдений (рисунок 1.6 а) ввиду уменьшения пространственного радиуса корреляции колебаний месячных сумм осадков в летний период по отношению к зимнему [Рец, 2013]. Характер зависимостей между осадками и высотой метеостанции летне-

го периода для разных лет также претерпевает изменения (рисунок 1.6). В исследовании [Рец, 2013] показано, что высотное распределение осадков по высоте в летние и зимние месяцы может иметь схожие тенденции (рисунок 1.6 б).

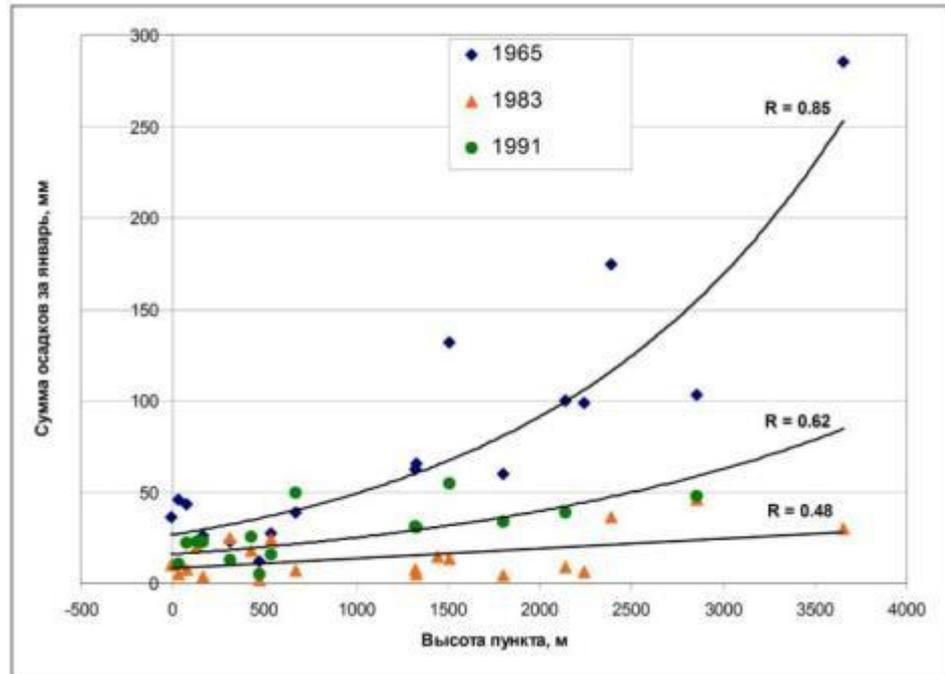
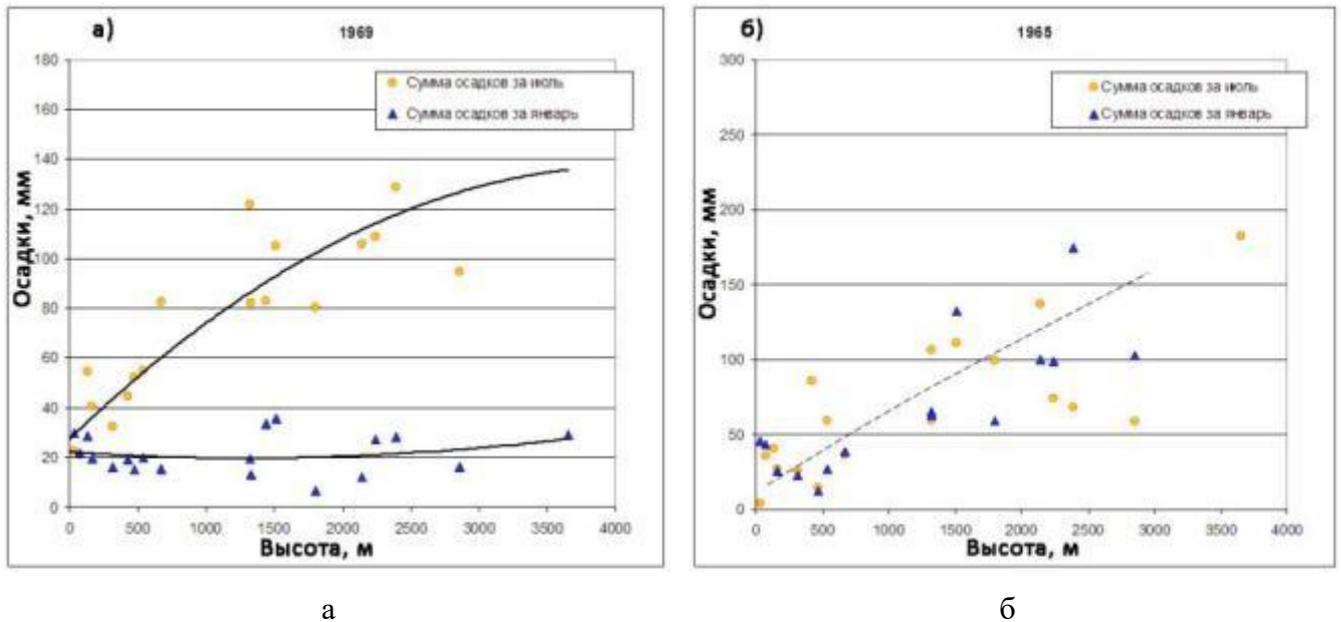


Рисунок 1.5 – Зависимости суммы осадков за январь от высоты пункта наблюдений для некоторых лет [Рец, 2013]



а

б

Рисунок 1.6 – Сравнение высотного распределения осадков в январе и июле:

а – 1969 г., б – 1965 г. [Рец, 2013]

А. И. Важнов [1966], наряду с другими исследователями, указывал на наличие связей между градиентом осадков и их суммой в различные месяцы, установленных по данным для бассейнов р. Арагви и Кура. В рамках исследования [Рец, 2013] автор также определил данные связи с величиной градиента сумм осадков от 5 до 60 мм на 1000 м в зависимости от годовой суммы осадков.

Анализ научной литературы, посвященной изучению высотной изменчивости осадков, показал наличие тенденций к замедлению роста величины осадков на определенных высотах с последующим уменьшением [Важнов, 1966; Рец, 2013]. В работе [Важнов, 1966] приводятся сведения об уменьшении осадков на высотах 1000–2000 м в Закавказье (в бассейне оз. Севан и в бассейне р. Ингури), в то время как на склонах г. Арагац до 3200 м наблюдается увеличение осадков. Для бассейна р. Терек наблюденное в отдельные годы уменьшение величин осадков происходит на высотах порядка 2000–2500 м (рисунок 1.7).

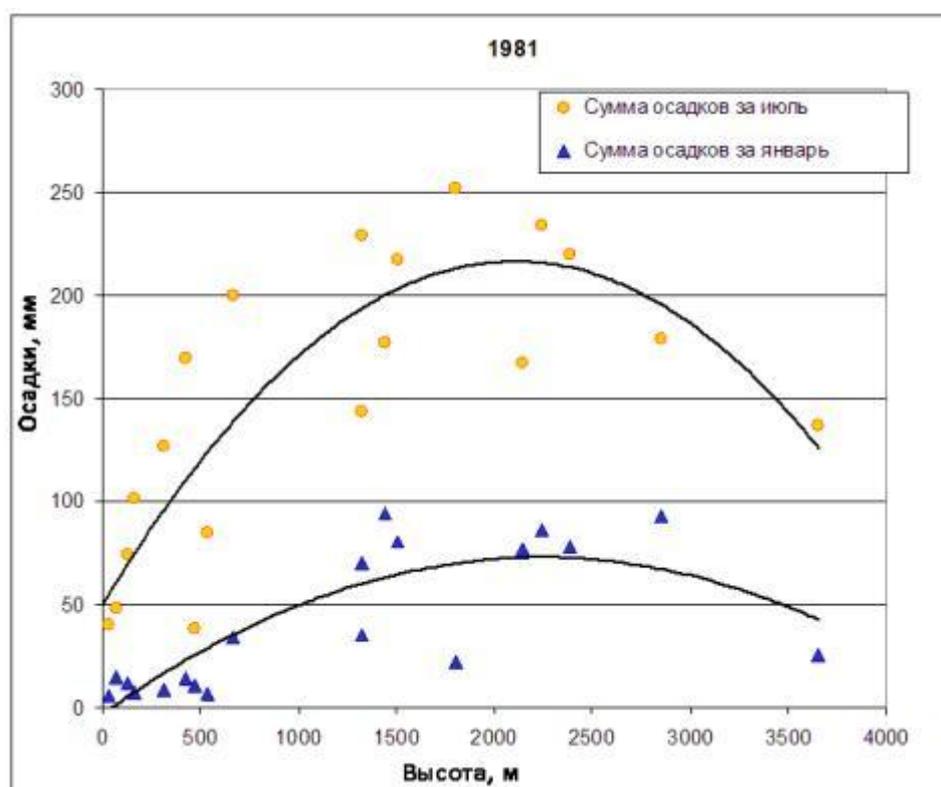


Рисунок 1.7 – Уменьшение месячной суммы осадков с высотой для января и июля 1981 г. по данным сети метеонаблюдений Центрального и Восточного Кавказа [Рец, 2013]

Сопоставление величин сумм осадков различных периодов года, по данным [Оценочный доклад ... , 2008], в целом показало превышение сумм осадков теплого периода над их величиной холодного периода, за исключением территории Черноморского побережья Кавказа, где ситуация обратная. Это подтверждается и в рамках исследования [Тенден-

ции ... , 2017], демонстрирующего результаты анализа сумм осадков по данным метеостанций юга России, расположенных в равнинных, предгорных и горных областях (рисунок 1.8).

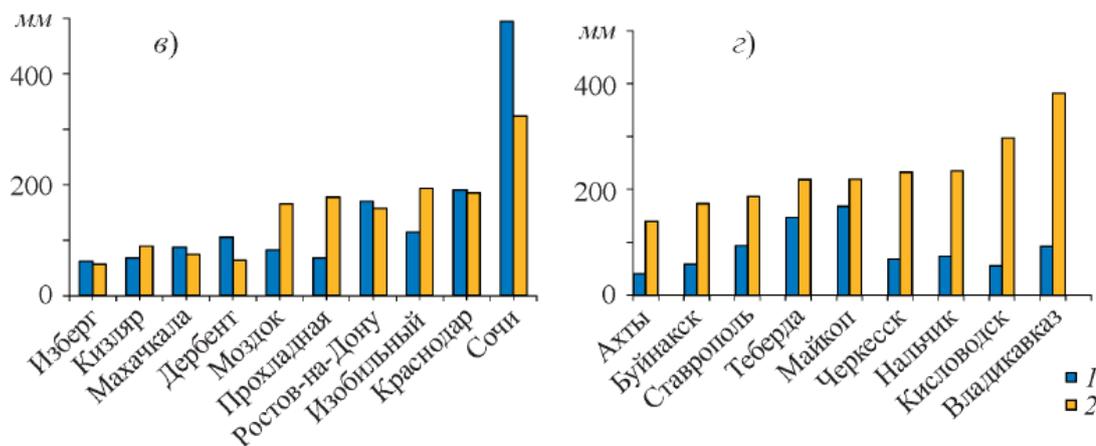


Рисунок 1.8 – Диаграммы сумм осадков на метеостанциях юга России: зимние (1) и летние (2) суммы осадков равнинной (в) и предгорной и горной зон (г) [Тенденции ... , 2017]

Влияние атмосферных осадков на сток рек. Преимущественное увеличение суммы осадков с высотой местности приводит к увеличению объемов питания рек по высотным зонам. Таким образом, рекам, чьи водосборы располагаются в более высокогорных районах, в подавляющем числе случаев будут соответствовать большие величины слоя стока.

Характер пространственно-временного распределения осадков холодного периода года предопределяет распределение и временную изменчивость характеристик снежного покрова.

1.1.3. Запас воды в снежном покрове и оледенение

Снежный покров на территории Северного Кавказа неустойчив. На равнинах и в предгорьях снег имеет небольшие мощности. Устойчивый снежный покров на равнинных территориях появляется в конце декабря, в высокогорьях – чуть раньше, в начале ноября. При увеличении абсолютной высоты местности мощность снежного покрова возрастает. Для сравнения, среднее количество дней со снежным покровом в Майкопе (высота над уровнем моря – 212 м) составляет 57 дней при его мощности 28–30 см, в Теберде (1328 м) – 88 дней при 28 см, Домбае (1620 м) – 147 дней при 77 см. Абсолютный максимум высоты снежного покрова зафиксирован в 1987 г. в районе ст. Ачишхо – он составил 796 см [Погорелов, 1988]. В отдельных северокавказских регионах (Чёрноморское и Каспийское побережья) устойчивый снежный покров и вовсе отсутствует. Сход устойчивого снежного покрова с равнин Северного

Кавказа приходится на февраль – март, в горных областях определяющими факторами являются экспозиция склонов, преобладающая форма рельефа и абсолютные отметки высот.

Пространственно-временной анализ снежного покрова на территории Большого Кавказа детально рассмотрен в работе [Погорелов, 2002], где отмечена заметная дифференциация величин максимальных снегозапасов по высоте (рисунок 1.9), среди основных причин которой автор выделяет неоднородность взаимодействия влагонесущих масс и рельефа территории.

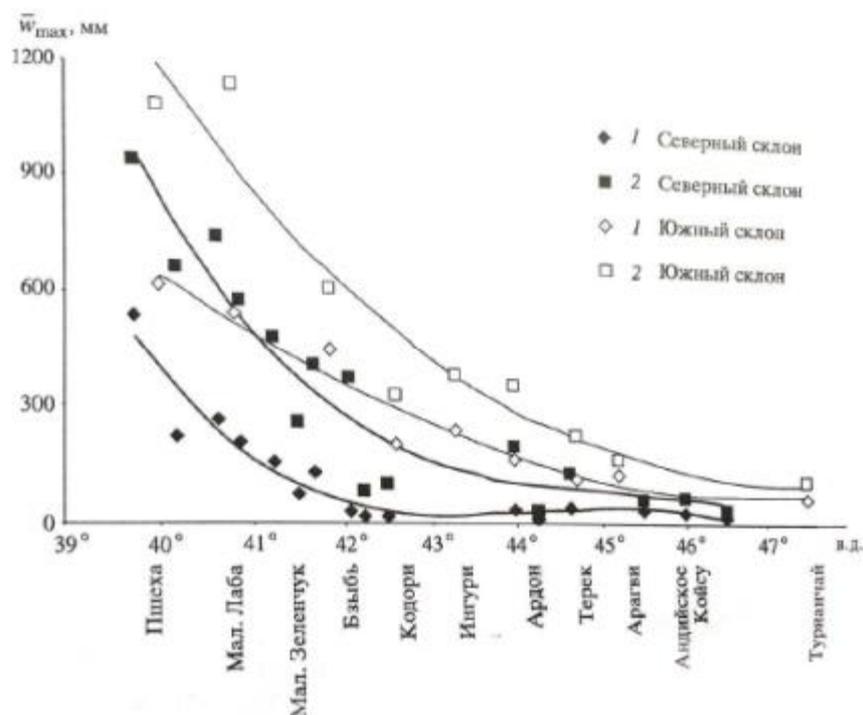


Рисунок 1.9 – Распределение средних максимальных снегозапасов на северном и южном макросклонах Большого Кавказа на высотах 1,5 км (1) и 2 км (2) в зависимости от географической долготы [Погорелов, 2002]

Наибольшие значения максимальных снегозапасов, обусловленные выходом насыщенных влагой западных циклонов на наветренный орографический подъем, характерны для западной части Большого Кавказа. Следует также отметить большие величины максимальных снегозапасов на склонах южной ориентации (рисунок 1.9). При движении в сторону восточного сектора Большого Кавказа роль орографического фактора пропадает, и влияние циклонов ослабевает ввиду уменьшения их влагосодержания, что приводит к существенному уменьшению вертикальных градиентов снегозапасов [Погорелов, 2002]. Увеличение вертикальных градиентов максимальных снегозапасов в центральной части Большого Кавказа, в зоне их основной аккумуляции (1200–2700 м), может отсутствовать, в некоторых случаях вертикальные градиенты и вовсе могут претерпевать изменения в сторону уменьшения [Погорелов, 2002]. В среднем ве-

личина максимальных снегозапасов на высотах 2000 м варьирует от 950 мм в бассейне р. Пшеха до 40 мм в бассейне р. Самур, Кусарчай [Погорелов, 2002].

Среди рек Большого Кавказа наибольшие величины максимальных снегозапасов на высотах 1500–2000 м свойственны бассейну р. Ардон и составляют порядка 213–348 мм (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Средние максимальные снегозапасы (в мм) в горных бассейнах Большого Кавказа [Погорелов, 2002]

Горный бассейн	Высота, км					
	0,5–1,0	1,0–1,5	1,5–2,0	2,0–2,5	2,5–3,0	3,0–3,5
Малка	–	–	17–112	112–331	331–555	555–719
Ардон	–	–	40–213	213–348	–	–
Фиэгдон	–	–	16–31	31–144	–	–
Терек, верховья	–	–	–	112–150	150–214	214–287
Сунжа	–	–	38–69	69–103	103–126	

Таким образом, в качестве основной макромасштабной особенности изменения поля максимальных снегозапасов Большого Кавказа А. В. Погорелов [2002] выделяет их уменьшение на одних и тех же высотах вдоль оси общекавказского простираения с запада на восток, связанное с субширотной вытянутостью горной страны.

В работе [Олейников, 2012] приводятся сведения о чередовании малоснежных и многоснежных зим, установленном по данным метеорологических наблюдений в районе Красной Поляны, при котором наибольшая повторяемость – 48% – характерна малоснежным периодам (рисунок 1.10). При этом анализ повторяемости максимальной декадной толщины снежного покрова обнаружил максимум снегонакопления в январе – феврале (рисунок 1.11).

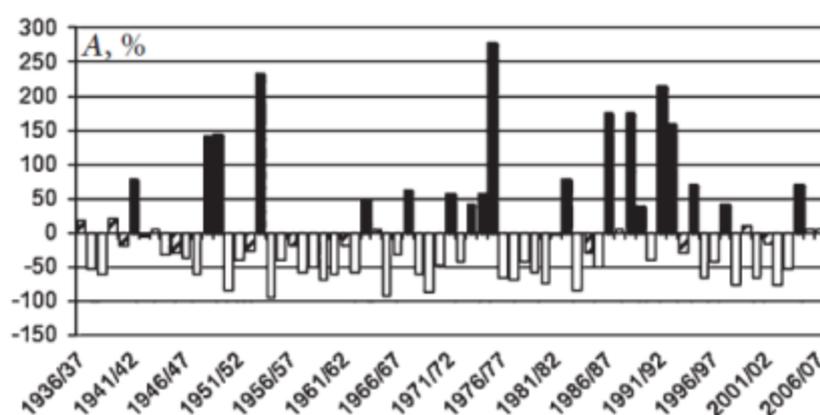


Рисунок 1.10 – Аномалии снежности зим (А, %) на м/с Красная Поляна (567 м) за период 1936–2007 гг. [Олейников, 2012]

Влияние запаса воды в снежном покрове на сток рек. Рост значений снеготаяния с увеличением высоты местности, обусловленный увеличением числа осадков и продолжительности холодного периода года, оказывает значительное влияние на водный режим рек, водосбор которых находится в различных высотных зонах, и предопределяет распределение различных источников питания. Так, у рек с незначительной долей в структуре водосбора высотных зон более 1200 м отсутствует обусловленное снеготаянием половодье, для них характерен паводочный режим стока.

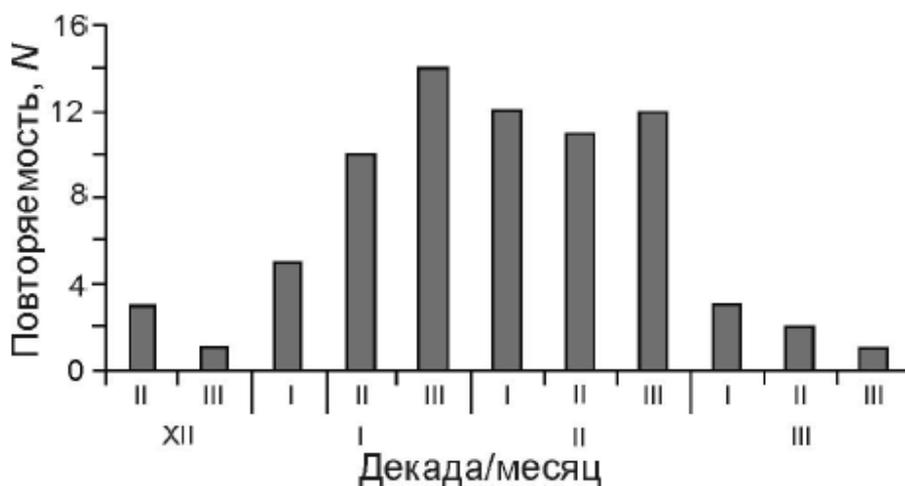


Рисунок 1.11 – Повторяемость времени наступления максимальной декадной толщины снежного покрова на ГМС Красная Поляна (XII–III мес.) за 1936–2010 гг. [Олейников, 2013]

Большая площадь *современного оледенения* Северного Кавказа – важная особенность его физико-географического положения, определяющая характеристики речного стока и климата, а также условия существования высокогорной растительности.

Высота снеговой линии изменяется от 2800–3000 м в западной части северных склонов Большого Кавказа до 3200–3500 м – в центральной, в восточной части снеговая линия расположена на высоте 3600–3900 м. Стоит отметить, что высота снеговой линии на склонах одного хребта разной экспозиции может различаться на сотни метров; разницу усиливают различия физико-географических условий склонов. Подобным образом можно объяснить современное оледенение Северного Кавказа (рисунок 1.12), преимущественно распространённое на его северных склонах, в совокупности с более пологим рельефом и сильно расчленённым рельефом северных склонов, где аккумуляция снега происходит лучше.

На Большом Кавказе по состоянию на 2000 г. насчитывалось 2103 ледника, суммарная площадь которых составляла 1248 км², а объём льда – 68,77 км³. Влияние оледенения, как и снежного покрова, на климат территории наиболее выражено на высотах 1500–2000 м [Лурье, Панов, Ткаченко, 2005].

На территории Северного Кавказа преобладают такие морфологические типы ледников, как висячие, каровые и долинные, 75% которых представлены мелкими ледниками. Мощность ледников Приэльбрусья колеблется в диапазоне 60–80 м, порой достигая 100 м.



Рисунок 1.12 – Современное оледенение Центрального Кавказа, ледник Джанкуат (фото автора, 2018 г.)

Среднегодовая скорость течения северокавказских ледников составляет 10–20 м в год, однако в последние 100–150 лет здесь наблюдается процесс отступления ледников, площадь ледников и их объём заметно сокращается [Лурье, Панов, Ткаченко, 2005], их нижняя граница набирает высоту. Так, за период 1985–1970 гг. объём ледников сократился на 48,4%, занимаемая ими площадь – на 35,9%. За 1970–2000 гг. произошло сокращение объёма и площади оледенения на 14,9 и 12,6% соответственно [Панов, Лурье, 2003]. Величина сокращения ледниковой составляющей стока зависит от орографии: максимум сокращения – 41,1% – наблюдается на 2400–3000 м, минимум – 13,8% – на отметках высот более 3200 м.

Влияние оледенения на сток рек. Отступление ледников приводит к уменьшению доли ледниковой составляющей в общей структуре стока. Это оказывает значительное влияние на объём стока горных рек, ледниковая составляющая которого в тёплый период составляет 30%. Так, уменьшение доли ледникового стока за период 1985–2000 гг. в бассейне р. Кубань составило 46%. Эта тенденция ещё более заметна в бассейнах рек с незначительным оледенением – р. Белая, Малая Лаба и прочих. Помимо уменьшения стока рек с ледниковым питанием на-

блюдается увеличение числа моренных и каровых ледниковых озёр, всё чаще создающих потенциальную опасность для нижележащих поселений, требующих к себе особого внимания [Лурье, Панов, Ткаченко, 2005].

1.2. Исследование зависимости характеристик максимального стока рек от осадков различного генезиса

В данном разделе предпринята попытка сопоставления данных гидрологических и метеорологических наблюдений с целью исследования их скоррелированности.

Перечень данных гидрологических постов на реках Северного Кавказа о максимальных срочных годовых уровнях воды и датах их прохождения, их описание, в том числе выбор опорного периода для проведения анализа, представлены в главе 2.

В качестве основных характеристик осадков рассмотрены следующие:

1. Годовые суммы осадков (смешанные, ливневые и обложные).
2. Максимальные суточные суммы осадков за год (смешанные, ливневые и обложные).
3. Даты наблюдения максимальных суточных сумм осадков.

В зависимости от физических условий их образования согласно [Матвеев, 1984] под ливневыми и обложными понимают следующие виды осадков:

Ливневые осадки – резко меняющие интенсивность осадки, кратковременные и занимающие небольшую площадь. Выпадают из кучево-дождевых облаков.

Обложные осадки – осадки средней интенсивности, распространяющиеся на большой площади и довольно продолжительные. Выпадают из облаков Ns-As.

Под *смешанными осадками* в рамках данного исследования подразумевается сумма ливневых и обложных осадков.

Важно отметить, что наблюденные суммы ливневых осадков включали в себя также комбинированные осадки, однако сделано допущение, что дополнительные осадки, выпавшие в этот день, имеют ливневую природу. Таким образом, в рамках данного исследования наблюденные суммы ливневых и комбинированных осадков представлены в виде суммы ливневых осадков.

В рамках данного раздела рассмотрены данные наблюдений 59 гидрологических постов и 34 метеорологических станций, расположенных в пределах изучаемой территории и прилегающих районах (рисунок 1.13).

Поскольку имеющиеся ряды наблюдений за метеорологическими характеристиками на пять лет короче исследуемого периода гидрологических наблюдений, в качестве периода сопоставления выбран период 1966–2017 гг.

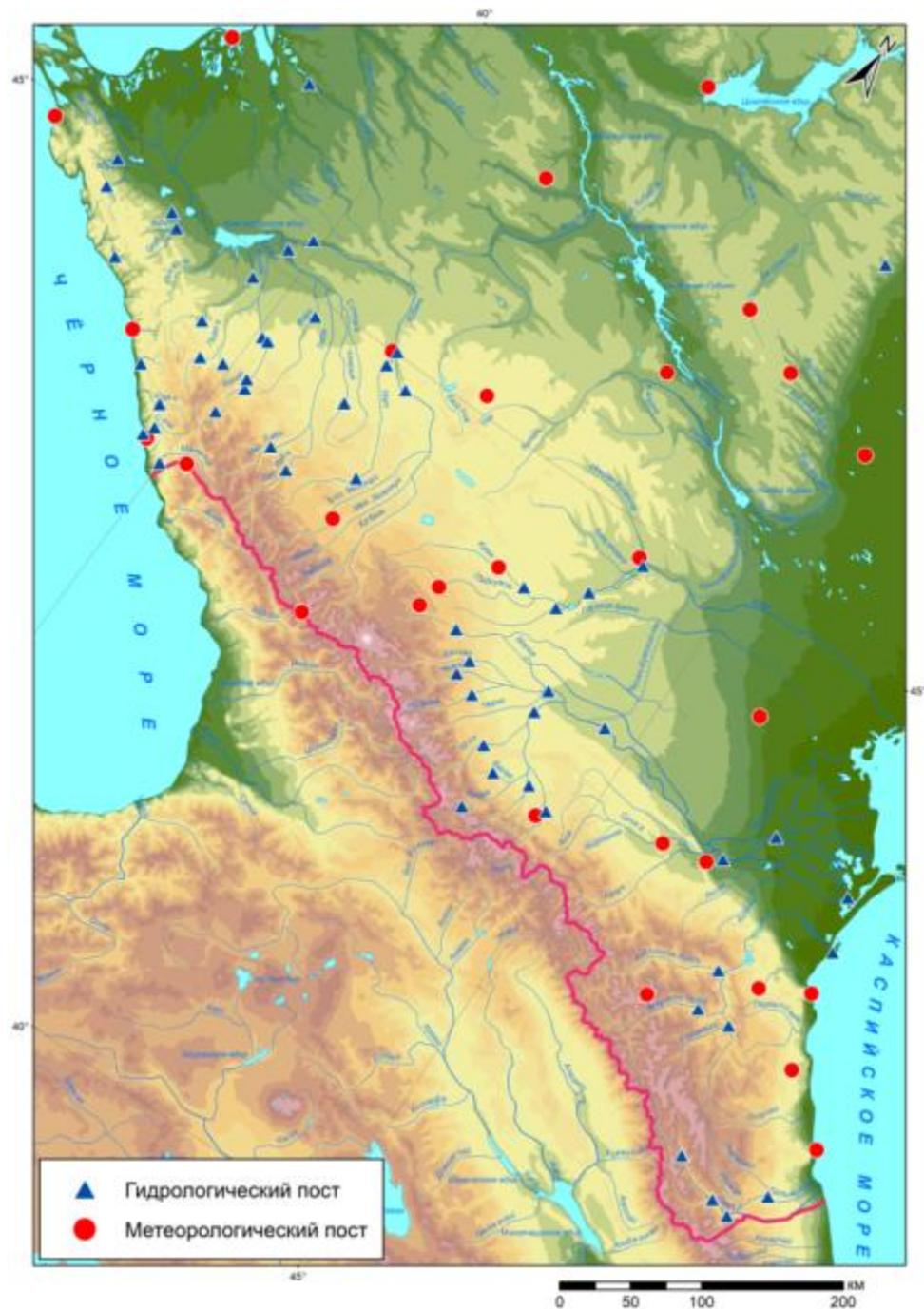


Рисунок 1.13 – Местоположение гидрологических постов и метеорологических станций на Северном Кавказе и прилегающих районах

Прежде, чем приступить к анализу, выдвинуто несколько гипотез:

1. Максимальные срочные годовые уровни воды и даты их прохождения имеют корреляцию с годовыми суммами осадков, максимальными суточными суммами осадков и датами их прохождения.
2. Исследуемые характеристики максимального стока с большей вероятностью будут иметь более высокую корреляцию с метеорологическими параметрами, зафиксированными на близлежащих метеорологических станциях.

3. Корреляции максимальных уровней воды и дат их прохождения с характеристиками осадков ливневого генезиса выше, чем с характеристиками осадков обложного генезиса.

Пространственное сопоставление гидрологических постов и метеорологических станций позволило преимущественно попарно выделить 10 постов и семь станций (таблица 1.2), расстояние между которыми не превышает 30 км, для дальнейшего исследования скореллированности указанных параметров (рисунок 1.14).

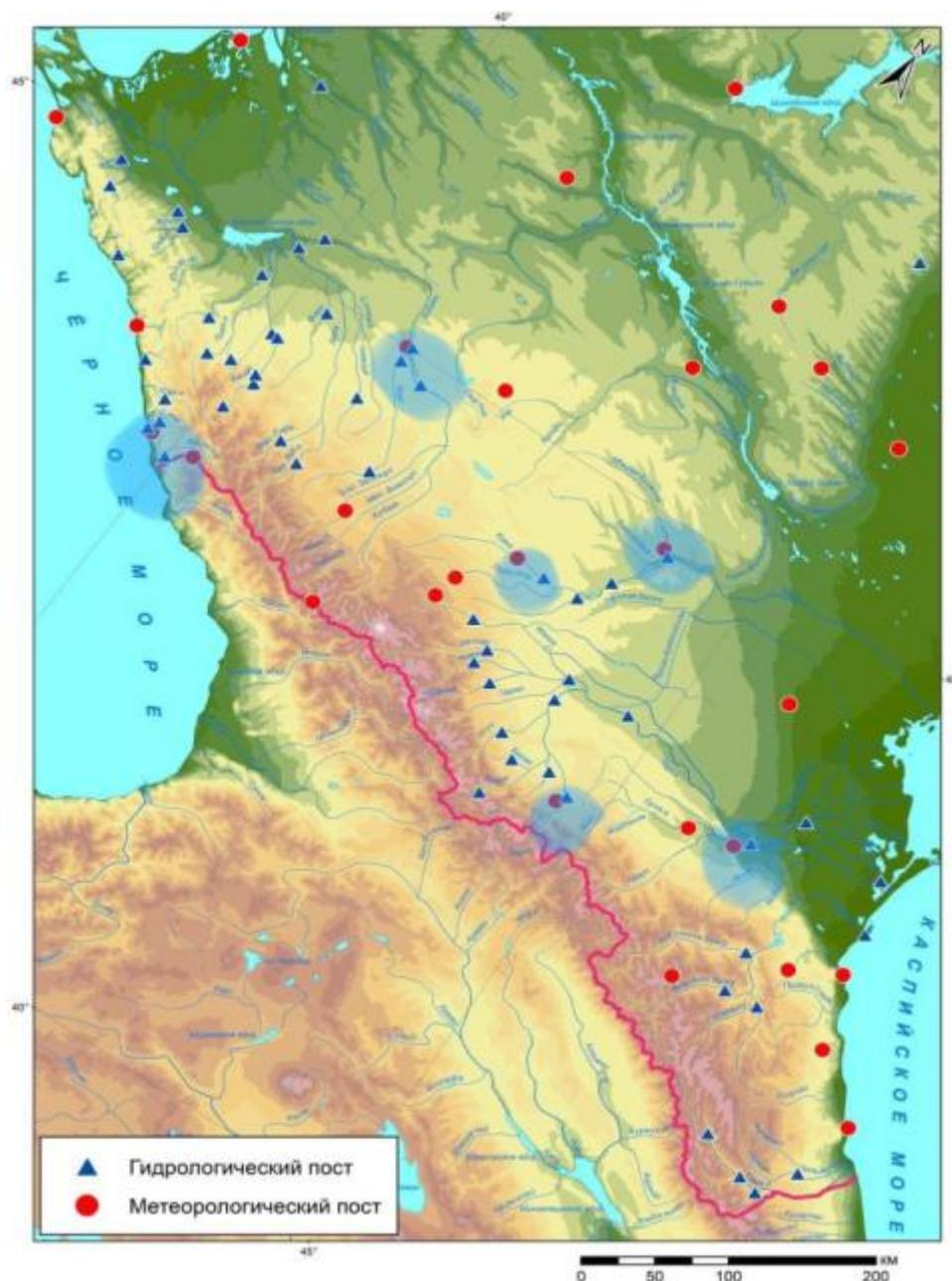


Рисунок 1.14 – Расположение гидрологических постов и метеорологических станций, выбранных для исследования скореллированности максимальных уровней воды и параметров осадков различного генезиса на Северном Кавказе

Таблица 1.2 – Выборка гидрологических постов и метеорологических станций для исследования скоррелированности максимальных уровней воды и параметров осадков различного генезиса на Северном Кавказе

Гидрологический пост			Метеорологическая станция			
Река	Название	Высота нуля графика поста*, м БС	Название	Код	Высота, м	Расстояние относительно гидрологического поста, км
Сочи	г. Сочи	1,67	Сочи	37099	57	4
Сочи	с. Пластунка	91,61				9
Мзымта	с. Казачий Брод	68,12	Красная Поляна	37107	566	19
Кубань	г. Армавир	158,98	Армавир	37031	158	3,5
Уруп	х. Стеблицкий	198,93				11
Кубань	с. Успенское	202,09				29
Кума	г. Будённовск	80,56	Будённовск	37061	134	6,5
Кума	ст. Александрийская	244	Минеральные воды	37054	315	23
Терек	г. Владикавказ	678,64	Владикавказ	37228	702	8
Терек	с. Хангиш-Юрт (с. Степное)	20,78	Гудермес	37244	74	11,5

*по состоянию на 2017 г.

Так, данные двух гидрологических постов на р. Сочи (г. Сочи и с. Пластунка) сопоставлены с данными наблюдений на метеорологической станции в г. Сочи, поста на р. Мзымта (с. Казачий Брод) – с данными метеостанции в Красной поляне. Совместно рассмотрены посты на реках Кубань (г. Армавир и с. Успенское) и Уруп (х. Стеблицкий) и метеостанция в г. Армавир. Два поста на р. Кума, в створе г. Будённовск и ст. Александрийская, противопоставлены двум метеостанциям – одноименной в г. Будённовск и в г. Минеральные воды.

Следует отметить, что на этапе подготовки данных обнаружены две метеорологические станции, на которых одинаковые максимальные суточные суммы осадков наблюдаются несколько раз в течение одного года. Так, на метеостанции в г. Армавир в 1991 г. годовые максимумы осадков наблюдались 31 января и 17 августа, в г. Будённовск в 2004 г. – 6 сентября и 9 ноября. Попытка сопоставления этих дат с датами максимумов срочных годовых уровней воды ближайших гидрологических постов в большинстве случаев показала, что эти даты сильно разнятся, причем не только в пределах одной декады, но и месяца. Поскольку для возможности дальнейшего сопоставления рядов и построения корреляционных матриц важно, чтобы одному году соответствовало одно значение, годы с несколькими экстремумами осадков не были приняты во внимание.

Таким образом, для установления зависимостей характеристик максимального стока от осадков различного генезиса построено девять корреляционных матриц (приложения 1–9).

В первую очередь следует отметить, что наблюдения за максимальными срочными годовыми уровнями воды на гидрологических постах, находящихся в пределах выделенных по пространственному принципу групп, обладают достаточно высокой степенью скоррелированности (приложение 1). Так, в бассейне Кубани коэффициенты корреляции между рядами наблюдений за максимальными уровнями воды составляют 0,69–0,89. На реках Черноморского побережья Кавказа высокий коэффициент корреляции между рассматриваемыми рядами характерен для двух гидрологических постов на р. Сочи – он равен 0,82. Хотя р. Сочи и р. Мзымта протекают на значительном удалении друг от друга, колебания максимальных уровней воды за период 1966–2017 гг. в их долинах, – в створе с. Пластунка и с. Казачий брод соответственно, находящихся на примерно равном удалении от побережья, – имеют некие схожие черты: значение коэффициента корреляции здесь составляет 0,52 (приложение 1).

Максимальные срочные годовые уровни воды, наблюдаемые за период 1966–2017 гг. на гидрологических постах на р. Кума, в створах ст. Александрийская и г. Будённовск, имеют достаточно высокий коэффициент корреляции, равный 0,86. Рассчитанные для гидрологических постов на р. Терек эти значения, напротив, невысоки – они не превышают 0,48 (приложение 1).

Коэффициенты корреляции между рядами годовых сумм общих осадков по группам метеорологических станций в целом несколько ниже: 0,65 – при сравнении данных наблюдений по метеостанциям в г. Будённовск и г. Минеральные воды, 0,69 – в с. Гудермес и г. Владикавказ, 0,73 – в г. Сочи и с. Красная поляна (приложение 1). В то же время исследование зависимости между рядами наблюдений за максимальными суточными суммами осадков как обложного (приложение 6), так и ливневого (приложение 9) генезиса показало отсутствие корреляции. Аналогичная ситуация характерна и для рядов наблюдений за датами прохождения максимальных суточных сумм осадков (приложения 5 и 7), что, вероятно, говорит о пространственной дифференциации суточных максимумов и об их локализации в пределах территорий, небольших по площади.

Совокупность приведенных выше фактов может свидетельствовать о том, что хотя максимальные суточные максимумы осадков и сроки их наблюдения по группам метеостанций пространственно неоднородны, максимальные годовые суммы осадков, их включающие, имеют общую природу, причем с большей вероятностью ливневую: с коэффициентами корреляции 0,63–0,73 (приложение 7).

Изучение зависимостей характеристик максимального стока от осадков различного генезиса показало неоднозначные результаты, к которым следует относиться с особой осторожностью.

Исследование зависимости максимальных годовых уровней воды от годовых сумм как общих (приложение 1), так и обложных (приложение 4), и ливневых осадков (приложение 7) по группам метеостанций обнаружило довольно низкие коэффициенты корреляции. Выделяется здесь лишь бассейн Терека со значениями 0,51–0,55 в случае с ливневой составляющей годовых сумм осадков (приложение 7).

При изучении влияния максимумов суточных сумм общих и ливневых осадков на формирование максимальных уровней воды выявлены схожие закономерности (приложения 3 и 9). Так, с коэффициентом корреляции 0,52 выделяются гидрологический пост на р. Мзымта в створе с. Казачий брод и соответствующая ему метеостанция в с. Красная поляна, расположенная в пределах 20 км. Любопытен и тот факт, что данные гидрологических постов на р. Кубань (г. Армавир, с. Успенское) с коэффициентами 0,53–0,56 скоррелированы с данными метеостанции в г. Минеральные воды, а не в г. Армавир, им поставленной в соответствие как близлежащая (таблица 1.2).

Если сопоставлять ряды наблюдений за датами прохождения максимальных годовых уровней воды и датами максимальных суточных сумм осадков различного генезиса, то корреляция с коэффициентом выше 0,5 не обнаруживается (приложения 2, 5 и 8), за исключением пары ст. Александрийская (р. Кума) – г. Будённовск, расположенных на расстоянии 23 км, в случае с обложной составляющей.

Таким образом, проведенный анализ показал, что в рамках выдвинутых ранее гипотез делать какие-либо однозначные заключения о характере зависимости максимальных срочных годовых уровней воды и дат их прохождения от годовых сумм осадков, максимальных суточных сумм осадков и дат их прохождения преждевременно. Однако интересными представляются полученные результаты исследования скоррелированности наблюденных гидрологических и метеорологических характеристик в отдельности по назначенным группам. Вероятно, изучение взаимосвязей характеристик максимального стока и осадков различного генезиса в более крупном временном масштабе – сезонном и месячном, может определить характер протекающих на водосборах процессов формирования максимального стока рек в рамках будущих исследований.

В рамках данной главы подробно рассмотрены особенности физико-географического положения территории Северного Кавказа и особенности факторов формирования стока горных рек. Проведен анализ научной литературы, по результатам которого определены основные тенденции изменчивости осадков в пределах изучаемой территории, закономерности распределения температуры воздуха и запасов воды в снежном покрове на водосборах рек, характер рельефа и подстилающей поверхности, современное состояние оледенения. Проведена оценка влияния указанных зональных и аazonальных факторов на сток горных рек. Проведено исследование

зависимости характеристик максимального стока рек и осадков различного генезиса, а именно максимальных срочных годовых уровней воды и дат их прохождения от годовых сумм осадков, максимальных суточных сумм осадков и дат их прохождения, наблюдаемых на гидрологических постах и метеорологических станциях Северного Кавказа за период 1966–2017 гг.

2. Анализ характеристик максимального стока рек Северного Кавказа

2.1. Особенности гидрографии

Особенности физико-географического положения территории Северного Кавказа, рассмотренные в рамках главы 1, определяют многообразие условий протекания рек. Большой Кавказ, возвышаясь над равнинами Предкавказья на 3000–5000 м, резко изменяет климатические условия, в значительной мере определяя разнообразие величин речного стока и особенностей водного режима рек [Лурье, 2002].

При подготовке данного раздела диссертационной работы использованы материалы, представленные в [Ресурсы ... , 1964; Ресурсы ... , 1973; Лурье, 2002; Лурье, Панов, Ткаченко, 2005; Юмина, 2008; Фролова, Рец, 2012; Исследование причин ... , 2013; и др.].

Рассмотрим основные реки, протекающие по территории Северного Кавказа.

Кубань является самой большой по площади водосбора и протяженности рекой, протекающей на Северном Кавказе. Длина реки Кубань составляет 870 км, площадь водосбора равна 57 900 км². Её бассейн расположен в северо-западной части исследуемой территории. Кубань образуется при слиянии р. Уллукам и Учкулан на высоте 1340 м, однако на некоторых современных картах в качестве истока реки указывается западный склон г. Эльбрус, а именно – ледник Уллукам (тогда длина реки составляет 908 км) [Лурье, Панов, Ткаченко, 2005]. Кубань берет начало в Республике Карачаево-Черкессия, протекает по территории Ставропольского и Краснодарского краев и Республики Адыгея. Впадает река в Азовское море.

В бассейне Кубани преобладают самые малые реки, длиной менее 10 км (96,5% числа всех рек). Средних рек, длина которых более 101 км, в бассейне меньше всего – 0,1%, остальную долю составляют малые реки, длиной от 10 до 100 км. Всего в бассейне Кубани насчитывается 14 516 рек, общая протяженность которых составляет 41 639 км [Ресурсы ... , 1964]. Среди наиболее крупных притоков Кубани можно выделить р. Уруп (246 км), Лаба (214 км), Большой Зеленчук (158 км), Белая (266 км), Пшиш (247 км) и Псекупс (143 км) (последние три впадают в Краснодарское водохранилище).

Густота речной сети в бассейне Кубани колеблется от 0,1 км/км² к северу от г. Армавир до 0,6 км/км² в его горной и высокогорной частях, причем в предгорной части бассейна в левобережье густота речной сети выше, чем в правобережье – 0,3–0,4 км/км² против 0,1–0,3 км/км². Наибольшая густота речной сети наблюдается у истоков ее левых притоков, где она достигает 1,5–1,9 км/км² [Ресурсы ... , 1973].

Все значительные (и по водности, и по площади водосбора) притоки впадают в Кубань с левой стороны: они берут начало на северных склонах Большого Кавказа, в связи с чем схема гидрографической сети ее бассейна сильно асимметрична. Количество правых притоков

у Кубани невелико, они имеют небольшие протяженность и водность. Исток большей части правых притоков находится в пределах западных и юго-западных склонов Ставропольской возвышенности.

Бассейн Кубани расположен в четырех основных высотных зонах: равнинной – высотой до 200 м, предгорной – от 200 до 500 м, горной – от 500 до 1000 м и высокогорной – свыше 1000 м над уровнем моря [Исследование причин ... , 2013]. Большая часть водосбора р. Кубань расположена в равнинной (40%) и горной и высокогорной областях (40%), остальная часть – в предгорьях (20%). Значение уклона реки варьируется в диапазоне от 0,1 ‰ в дельте до 300 ‰ у истоков, при этом на значительном протяжении (порядка 91%) величина уклона составляет 0–5 ‰.

Внутригодовое распределение стока р. Кубань в пределах основного русла характеризуется прохождением в верхнем и среднем течении до 71% годового стока в мае – августе. Минимальный объем стока – до 3% от годового – наблюдается в январе – феврале.

Питание р. Кубань смешанное, в предгорной и среднегорной частях бассейна – смешанное с преобладанием стока в весенне-летний период, в высокогорной – снегово-ледниковое с преобладанием стока в июле – августе.

Дельта р. Кубань занимает порядка 3500 км² Прикубанской равнины с представленными на ней многочисленными плавнями, лиманами, ериками, прирусловыми грядами и др. В середине 20-го века в целях трансформации плавней, образовавшихся вследствие сброса вод в пойму Кубани ее левобережных притоков («закубанских» рек), протекающих к западу от р. Афипс, в культурные сельскохозяйственные земли для перехвата их паводковых вод созданы Шапсугское (образованное в русле р. Афипс), Варнавинское (р. Адагум), Крюковское (р. Иль, Хабль, Ахтырь и др.) водохранилища и магистральный Варнавинский сбросной канал от Варнавинского водохранилища в р. Кубань в районе ст. Варениковской (приложение 10). Для целей мелиорации создано также Усть-Джегутинское (р. Кубань) водохранилище, мелиорации и судоходства – Краснодарское (р. Кубань), гидроэнергетики – Аксаутское (р. Аксаут), Белореченское (р. Белая), Ганжинское (р. Ганжа), Марухское (р. Маруха) водохранилища и др. Значительная часть водохранилищ расположена в равнинной части. Преобладают русловые водохранилища, чаши которых расположены в руслах рек, перегороженных плотинами. В бассейне Кубани есть и наливные водохранилища, расположенные вдоль крупных магистральных каналов.

Реки Черноморского побережья Кавказа имеют общие черты с реками, протекающими в горных районах бассейна Кубани, однако условия формирования их стока несколько различны. Они протекают среди средневысотных хребтов и низкогорных гряд к югу от высокого Водораздельного хребта. В Туапсинском районе их вершины не превышают 975 м (гора Лысая),

в районе Новороссийска – 400 м. К северо-западу предгорья переходят в приморскую равнину Анапского района. Протекают реки Черноморского побережья по территории Краснодарского края.

Протяженность рек Черноморского побережья Кавказа значительно меньше крупных северокавказских рек и их основных притоков. Все реки здесь малые, наибольшую протяженность и площадь водосбора имеет р. Мзымта – 89 км и 885 км² соответственно. Мзымта является самой полноводной рекой, впадающей в Чёрное море. Второй по длине рекой, протекающей по Черноморскому побережью, является р. Шахе: её длина равна 59 км, площадь водосбора составляет 553 км². Третьей рекой, площадь водосбора которой превышает 400 км², является р. Псоу с площадью водосбора 421 км² и протяженностью 53 км.

В отличие от бассейна Кубани и других Приазовских рек, Черноморское побережье имеет сильную расчлененность на многочисленные мелкие водосборные бассейны. Густота речной сети здесь находится в диапазоне от 0,6 до 1,5 км/км².

Величина уклона рек Черноморского побережья колеблется от 12 ‰ на р. Вулан до 55,7 ‰ на р. Куапсе. Ввиду того, что многие реки имеют вид каскадных горных ручьев, величина средневзвешенного уклона в отдельных районах (р. Псий) достигает 120 ‰.

Для водного режима рек Черноморского побережья характерны высокие паводки холодного периода, вызванные дождями и снеготаянием, и низкие уровни с мая по октябрь. Летние паводки наблюдаются реже – при выпадении обильных ливневых осадков. Снежный покров в бассейнах рек Черноморского побережья неустойчив, в связи с чем при его таянии отсутствует ярко выраженное половодье. Ввиду больших уклонов местности для водного режима рек свойственны резкие высокие кратковременные подъемы уровня воды в паводки и такой же резкий спад.

Рассмотрим более подробно характеристики некоторых рек, протекающих по территории Черноморского побережья Кавказа.

Река Адерба берёт начало у перевала Бабица. Протяженность реки 40 км. Адерба сливается с р. Мезыбь в пос. Дивноморское и образует реку Иногуа, впадающую в Чёрное море. Летом река очень маловодна, за исключением кратковременных и резких ливневых паводков. В районе слияния Адербы и Мезыби находится Адербиевский подрусловый водозабор пос. Дивноморское, построенный в 1970 г.

Река Пшада – небольшая горная река протяженностью 35 км, исток находится у г. Пшада на склонах Большого Кавказа на высоте 448 м, устье – у с. Криница на Чёрноморском побережье. По площади водосбора (358 км²) Пшада занимает четвертое место среди Черноморских рек Краснодарского края. Её наиболее крупные притоки – р. Красная, Папай, Догуаб. Источниками питания р. Пшада являются в основном атмосферные осадки и отчасти под-

земные воды. Паводки здесь наблюдаются на протяжении всего года, но наиболее часты с ноября по март.

Река Вулан берет начало на южных склонах Главного Кавказского хребта, у перевала Вуланский, на высоте порядка 400 м. Длина реки – 29 км, площадь бассейна – 278 км². Основные притоки: Сосновая щель, Текос, Турчинова щель, Костенкова щель, Тележная щель и др. В периоды с незначительным количеством осадков река теряется в галечнике, при сильных осадках она способна нести в своем бурном потоке вывороченные с корнями деревья, камни, коряги. Впадает в бухту Вулан Чёрного моря.

Река Джубга начинается на южном склоне Большого Кавказского хребта, в 2 км от Джубгского перевала. Длина реки составляет 21 км, площадь водосбора – 100 км². Впадает в Чёрное море в районе пос. Джубга. Для реки характерны паводки в течение всего года.

Река Дюрсо является самой маленькой из всех рек Черноморского побережья: её длина – 14 км, площадь водосбора – 53,7 км². Исток реки расположен в урочище Кряж у г. Смертная, устье – в пос. Дюрсо (Чёрное море). Летом Дюрсо часто пересыхает. В среднем течении реки находится искусственный водоём, спущенный в 2002 г. после схода селевых потоков. В настоящее время здесь расположено небольшое озеро, в котором культивируют лотосы [Исследование причин ... , 2013].

Терек является второй по площади водосбора и третьей по протяженности крупной рекой в пределах Северного Кавказа. Его протяженность составляет 623 км, а площадь водосбора – 43 200 км² [Фролова, Рец, 2012]. Бассейн Терека расположен в юго-восточной части территории Северного Кавказа. Река берет начало на северном склоне Южного Бокового Хребта – из ледника Зилга-Хох на высоте 2713 м, расположенного на территории Грузии. Терек протекает по территории таких Республик, как Кабардино-Балкария, Северная Осетия – Алания, Ингушетия, Чечня и Дагестан, а также по территории Ставропольского края. Терек впадает в Каспийское море.

В бассейне Терека, так же, как и в бассейне Кубани, преобладают самые малые реки – 94,5% от числа всех рек. Рек протяженностью более 200 км, помимо Терека, две – Малка (216 км) и Сунжа (265 км). Они являются самыми крупными притоками Терека. Другие значимые притоки – Урух (104 км), Камбилеевка (103 км), Ардон (102 км), Гизельдон (84 км) и Фиагдон (75 км).

Густота речной сети изменяется от 0,1 км/км² и менее в устьевой части Терека до 0,6 км/км² в предгорьях, достигая максимальных значений в бассейне р. Баксан – 1,5 км/км² [Лурье, 2002]. Для Терека свойственна односторонняя приточность – при выходе на равнину он принимает притоки лишь со стороны, примыкающей к горам [Юмина, 2008].

Средний уклон р. Терек составляет 10 ‰, достигая высоких значений на р. Кистинка (100 ‰), Цейдон (150 ‰) и Чхери (180 ‰).

Терек имеет смешанное питание, 75–80% годового стока приходится на весеннее половодье, зимняя межень устойчива. Вклад подземного стока в его общую структуру в бассейне Терека с высотой снижается: на высоте 1000 м он составляет 54%, на уровне 1000–2000 м – 46%, на 2000 м – 22%, что обусловлено распространением здесь трещинных, трещинно-пластовых и трещинно-карстовых вод, выклинивающихся преимущественно на высотах ниже 1000 м [Лурье, 2002]. Доля ледникового стока от речного колеблется от 17,2% в верховьях рек Терского бассейна до 8,3% в устье р. Терек, составляя, таким образом, существенный вклад в объемы водного стока.

Большая часть вод Терека – порядка 80% общего стока реки – проходит по протоке Новый Терек, сформировавшейся в 1914 г. В 1956 г. у станции Каргалинская был построен Каргалинский гидроузел – низконапорная плотина, распределяющая сток реки между Дельтовым каналом, питающим левобережную часть дельты, и Каргалинским прорывом – основным современным магистральным рукавом дельты [Схема ... , 2014].

Воды Терека в его верхнем течении используются преимущественно в целях энергетики, в среднем и нижнем – в основном для орошения и обводнения посредством каналов, объединенных в оросительные системы [Лурье, 2002]. Так, в дельте Терека, общая площадь которой составляет 8875 км² (около 19% площади бассейна), создана сеть каналов (Сухоречье, Брянский, Кизляр-Каспий и др.), построено несколько водохранилищ (Большой Ачиколь, Океан, Бешеное, Травяное) [Лурье, 2002].

Кума является третьей по площади водосбора рекой на Северном Кавказе. Её протяженность – 802 км, площадь водосбора – 33 500 км². Исток р. Кума расположен на северном склоне Скалистого Хребта. Значительная часть реки протекает по равнинной территории, в нижнем течении Кума уходит под землю, появляясь вновь только в многоводные периоды года. Кума берет начало на востоке Карачаево-Черкессии, протекает по территории Ставропольского края, Адыгеи и Дагестана. Впадает в Каспийское море.

В бассейне Кумы преобладают самые малые реки, длиной менее 10 км (92% числа всех рек). Больших рек, длина которых более 501 км, в бассейне меньше всего – 0,1%, остальную долю составляют малые и средние реки, длиной от 10 до 500 км. Всего в бассейне Кумы насчитывается 1266 рек, общая протяженность которых составляет 6737 км [Ресурсы ... , 1964]. Среди наиболее крупных притоков Кумы можно выделить следующие: правые – Подкумок (160 км), Золка (105 км), левые – Мокрая Буйвола (151 км), Мокрый Карамык (142 км), Томзуловка (122 км), Суркуль (119 км).

Густота речной сети в бассейне Кумы составляет в среднем $0,2 \text{ км/км}^2$. Наибольшая густота речной сети наблюдается у истоков правых притоков [Ресурсы ... , 1964].

От истока до Минеральных вод Кума – буйная горная река, на равнине – спокойная с характерными ериками и меандрами. Значение уклона реки достигает 29 ‰ у ее истоков.

Основной источник питания Кумы – атмосферные осадки. Доля дождевого питания в юго-восточной части бассейна Кумы достигает 78%. Снеговое питание в бассейне Кумы составляет 6–10%, подземное – 14–18%.

В нижних течениях сток Кумы зарегулирован Отказенским водохранилищем, созданным в 1965 г., основная задача которого – защита от затопления во время паводков близлежащих населённых пунктов. В меженный период воду Кумы используют на орошение земель Кумской долины.

Сулак образован слиянием рек Аварское и Андийское Койсу. Длина – 169 км, площадь водосбора – $15\,200 \text{ км}^2$. Бассейн реки занимает часть склонов Большого Кавказа и предгорий, а также Прикаспийской низменности. Сулак в своём верхнем течении протекает по территории Главного Сулакского каньона, далее – по Ахлетинскому ущелью и Малому Сулакскому каньону. При впадении в Каспийское море Сулак образует дельту площадью порядка 44 км^2 . Река протекает по территории Республики Дагестан.

Речная сеть р. Сулак развита слабо, симметрична. Основные притоки – р. Ахсу, Тлар, Чвахунбак, Малый Сулак.

Сулак имеет черты равнинных, горных и полугорных рек. Средний уклон Сулака составляет 1,9 ‰: он изменяется в диапазоне от 0,4 ‰ в нижнем течении до 27 ‰ в верховьях [Ресурсы ... , 1964].

Питание р. Сулак смешанное с преобладанием снеговой составляющей. Для Сулака характерны высокое весенне-летнее половодье (апрель–сентябрь) и дождевые паводки с пиковыми значениями стока, приходящимися на июнь и июль (величина месячного стока составляет соответственно 19% и 18% от годового стока).

На Сулаке расположены малая Бавтугайская, Миатлинская, Чиркейская и Чирюртские ГЭС. Осуществляется забор вод реки на нужды сельского хозяйства и водоснабжения близлежащих населённых пунктов.

Исток **р. Самур** расположен на отроге Главного Кавказского хребта, близ горы Гутон, на высоте около 2 880 м. Протяженность Самура составляет 213 км, площадь водосбора, располагающегося в юго-восточной части Северного Кавказа, равна $7\,330 \text{ км}^2$. Река берет начало в Дагестане, протекает по границе России и Азербайджана, затем впадает в Каспийское море.

Речная сеть Самура асимметрична: в среднем течении правые притоки развиты сильнее, в верхнем – левые. Густота речной сети составляет $1,21 \text{ км/км}^2$. Количество рек протяжен-

ностью более 10 км в бассейне Самура равно 65. К главным притокам относятся р. Ахтычай, Кара-Самур, Гюльгерычай (искусственный приток), Усучай, Дюльтычай, Таирджал и др.

Большая часть бассейна Самура (80%) расположена на высоте более 1 500 м. Средний уклон в бассейне составляет 13,7 ‰, достигая в верховьях 15,3 ‰ [Ресурсы ... , 1964].

Самур имеет смешанное питание с примерно равной долей ледниковой, снеговой, дождевой и подземной составляющих. Для реки характерно весеннее-летнее половодье и устойчивая зимняя межень.

2.2. Гидрологическая изученность рек Северного Кавказа

По данным Автоматизированной информационной системы государственного мониторинга водных объектов (далее – АИС ГМВО) [<https://gmvo.skniivh.ru/>] по состоянию на 2020 г. на территории Северного Кавказа действует порядка 150 гидрологических постов, находящихся в ведении ФГБУ «Северо-Кавказское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды» (далее – Северо-Кавказское УГМС). Они расположены в пределах Кубанского бассейнового округа, на реках бассейна Азовского моря междуречья Кубани и Дона (водохозяйственные участки – Бейсуг, Кирпили), бассейна Кубани и реках бассейна Черного моря (от мыса Панагия до восточной границы р. Джанхот и от западной границы бассейна р. Пшада до восточной границы р. Дедеркай), а также Западно-Каспийского бассейнового округа, на реках бассейна Каспийского моря междуречья Терека и Волги, в бессточных районах междуречья Терека, Дона и Волги, в российской части бассейна Терека (Ардон, Терек от истока до Каргалинского г/у, Малка, Черек, Баксан, Сунжа, дельта Терека) и на реках бассейна Каспийского моря на юг от бассейна Терека до государственной границы РФ (Сулак, бассейны рек Каспийского моря от границы бассейна р. Сулак до границы бассейна р. Самур, Самур).

На рисунке 2.1 показаны закрытые и действующие гидрологические посты на реках Северного Кавказа.



Рисунок 2.1 – Расположение гидрологических постов на реках Северного Кавказа наблюдательной сети Росгидромета

Существует и альтернативная сеть гидрологических постов, действующая в рамках системы мониторинга «Эмерсит» [Система мониторинга, 2023] (рисунок 2.2), предназначенной для оперативного мониторинга состояния окружающей среды с целью обнаружения и прогнозирования опасных природных явлений и процессов.

Система мониторинга «Эмерсит» в режиме реального времени производит измерения по нескольким параметрам, среди которых – уровень зеркала воды рек и водоемов (рисунок 2.3), и передает их результаты в ситуационный центр или дежурно-диспетчерскую службу. В случае выхода одного из наблюдаемых параметров за пределы нормы система

генерирует тревожное сообщение, соответствующее наступлению неблагоприятного или опасного явления. При фиксировании опасного уровня показателей состояния окружающей среды измерительные комплексы автоматически переходят в учащенный режим измерения [Производство и внедрение АСУ ... , 2023].

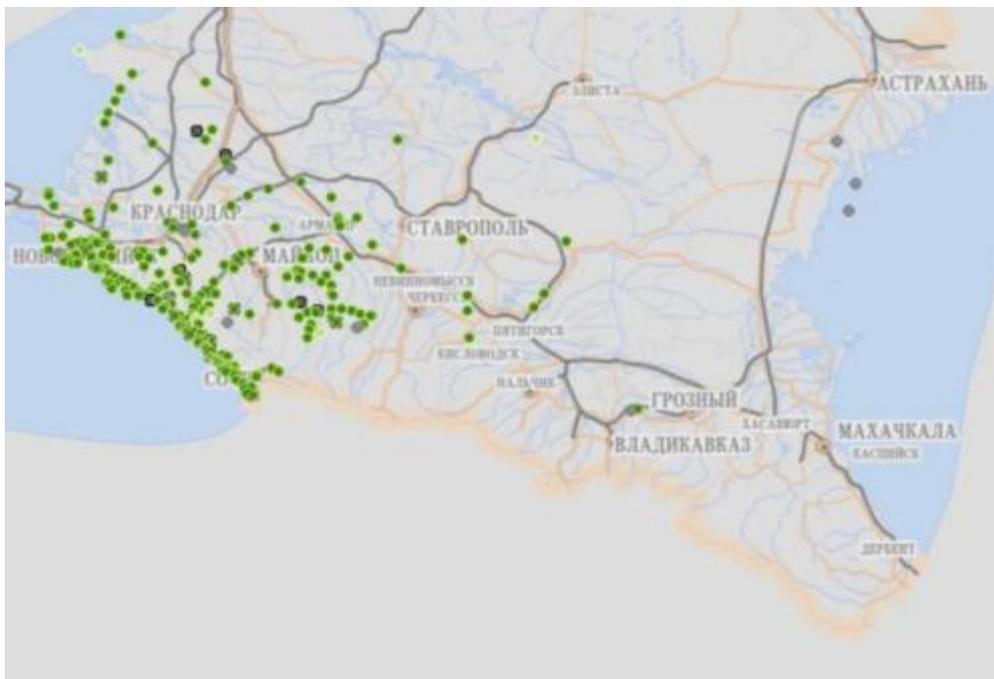


Рисунок 2.2 – Расположение постов информационно-аналитической системы мониторинга «Эмерсит» [Система мониторинга, 2023]

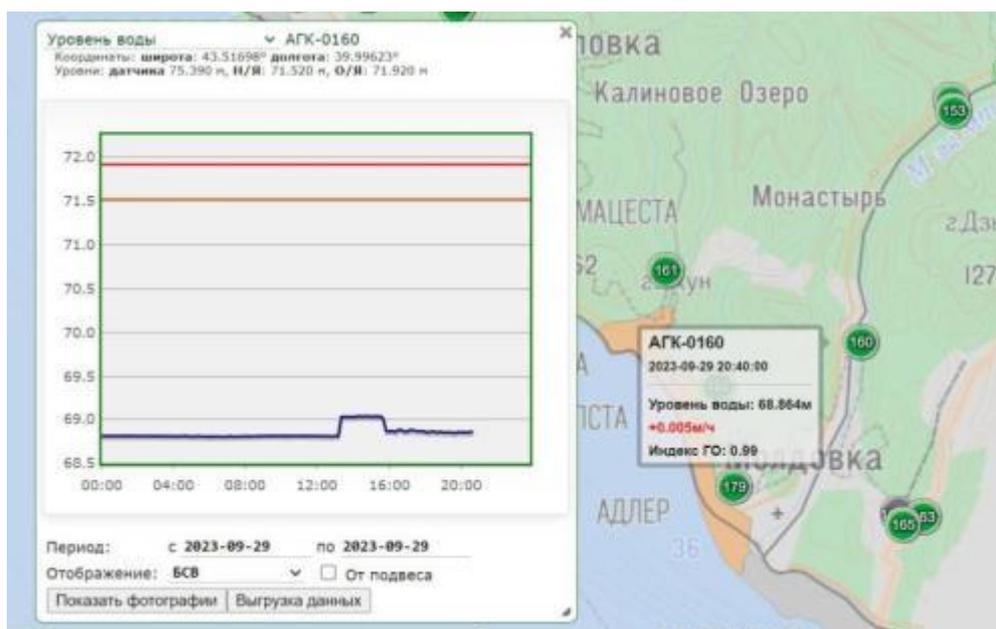


Рисунок 2.3 – График колебания уровня воды по посту АГК-0160 системы мониторинга «Эмерсит» [Система мониторинга, 2023]

Произведен пространственный анализ гидрологических постов сети Росгидромета и постов системы «Эмерсит», в результате которого установлено, что для 11 гидрологических постов из 59 исследуемых есть пост-пара системы «Эмерсит» в непосредственной близости, для восьми обнаружены посты на некотором удалении, для 40 оставшихся пост-пара отсутствует (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Результаты пространственного сопоставления гидрологических постов сети Росгидромета и постов системы мониторинга «Эмерсит» (по состоянию на 2021 г.)

Номер гидрологического поста согласно принятой в исследовании нумерации (приложение 11)	Река	Гидрологический пост	Номер ближайшего поста системы «Эмерсит»	Дополнительные сведения о местоположении поста системы «Эмерсит»
15	Вулан	с. Архипо-Осиповка	АГК-0078	Расположен в непосредственной близости
16	Куапсе	с. Мамедова Щель	АГК-0167	Расположен в непосредственной близости
21	Курджипис	ст. Нижегородская	ЭМЕРСИТ-0253М	Расположен выше по течению (пос. Мемзай)
23	Пшеха	с. Черниговское	АГК-0115	Расположен в непосредственной близости
24	Пшиш	г. Хадьженск	АГК-0114	Расположен в непосредственной близости
25	Пшиш	ст. Бжедуховская	АГК-0050	Расположен выше по течению (ст. Гурийская)
26	Афипс	ст. Смоленская	АГК-0020	Расположен выше по течению (ст. Крепостная)
27	Убин	ст. Северская	АГК-0002, 0010Д	Расположен выше по течению (ст. Азовская)
28	Адегой	ст. Шапсугская	АГК-019	Расположен в непосредственной близости
29	Адагум	г. Крымск	9Д	Расположен выше по течению (х. Верхнеадагум)
31	Кубань	с. Успенское	АГК-0137	Расположен выше по течению (с. Маламино)
32	Кубань	г. Армавир	АГК-0004	Расположен в непосредственной близости
33	Кубань	ст. Ладожская	АГК-0041	Расположен в непосредственной близости
34	Уруп	ст. Удобная	АГК-0101, АГК-0106	Помимо поста АГК-0101 в непосредственной близости, обнаружен пост АГК-0106 на притоке (балка Мокрянка)
37	Малая Лаба	пос. Бурный	АГК-0046	Расположен выше по течению (пос. Никитино)
39	Чамлык	ст. Вознесенская	АГК-0123	Расположен выше по течению (х. Сладкий)

Номер гидрологического поста согласно принятой в исследовании нумерации (приложение 11)	Река	Гидрологический пост	Номер ближайшего поста системы «Эмерсит»	Дополнительные сведения о местоположении поста системы «Эмерсит»
41	Шахе	с. Солох-аул	АГК-0173	Расположен в непосредственной близости
42	Сочи	с. Пластунка	АГК-0189	Расположен в непосредственной близости
44	Мзымта	с. Казачий Брод	АГК-0160	Расположен в непосредственной близости

Представленные в таблице 2.1 результаты сопоставления гидрологических постов Росгидромета и постов системы «Эмерсит» могут быть использованы, например, в рамках анализа значений повторяемости превышения отметок неблагоприятных и опасных явлений, полученных при сопоставлении таких отметок, с одной стороны, с максимальными уровнями воды по данным сети постов Росгидромета и, с другой стороны, с рядами наблюдений низкой дискретности за уровнями воды на постах системы «Эмерсит» за различные временные периоды (месяц, сезон, год), что может послужить предметом дальнейших исследований автора диссертационной работы.

2.3. Исходные данные и методика анализа характеристик максимального стока

В рамках данного исследования в качестве основных гидрологических характеристик рассмотрены следующие:

- максимальные годовые срочные уровни воды H_{max} и даты их прохождения;
- максимальные срочные годовые расходы воды Q_{max} ;
- отметки уровней неблагоприятных и опасных явлений ($H_{Oя}$ и $H_{Ня}$) на реках;
- нули графиков водомерных постов H_0 ;
- площадь водосборов F и их средняя высота $H_{average}$.

Опасное природное явление – гидрометеорологическое или гелиогеофизическое явление, которое по интенсивности развития, продолжительности или моменту возникновения может представлять угрозу жизни или здоровью граждан, а также может наносить значительный материальный ущерб [О внесении изменений ... , 2006].

Понятие «неблагоприятное природное явление» в Федеральном законе от 02.02.2006 № 21-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О гидрометеорологической службе» [О гидрометеорологической службе, 1998; О внесении изменений ... , 2006] и прочих норма-

тивных документах не представлено, однако, используя аналогичное определение «неблагоприятное метеорологическое явление» [Наставление ... , 2019], можно заключить, что:

Неблагоприятное природное явление – явление, которое значительно затрудняет или препятствует деятельности отдельных отраслей экономики и может нанести материальный ущерб, но по своим количественным значениям не достигает критериев опасного явления.

В РД 52.04.563–2002 даны определения указанным понятиям с акцентом на гидрометеорологическую составляющую:

Опасное гидрометеорологическое явление (ОЯ) – метеорологическое, агрометеорологическое, гидрологическое и морское гидрометеорологическое явление и (или) комплекс гидрометеорологических величин, которые по своему значению, интенсивности или продолжительности представляют угрозу безопасности людей, а также могут нанести значительный ущерб объектам экономики и населению [Критерии ... , 2002].

Неблагоприятное гидрометеорологическое явление (НЯ) – гидрометеорологическое явление, которое значительно затрудняет или препятствует деятельности отдельных предприятий и отраслей экономики и по своим значениям не достигает критериев ОЯ [Критерии ... , 2002].

К критериям опасных явлений относятся их качественные характеристики или значения гидрометеорологических величин, при достижении которых гидрометеорологическое явление считается опасным [Критерии ... , 2002]. При этом, исходя из п. 4.4 РД 52.04.563–2002, гидрометеорологические явления и величины относятся к ОЯ при достижении ими соответствующих критических значений (критериев). Критерии ОЯ устанавливаются либо по вероятности возникновения явлений, либо директивно с учетом результатов анализа данных гидрометеорологических наблюдений за многолетний период.

В рамках данного исследования в качестве опасных гидрологических явлений рассматриваются высокие уровни воды с соответствующими им критериями, устанавливаемыми УГМС.

Источником сведений об отметках неблагоприятных и опасных природных (гидрологических) явлений по постам на реках Северного Кавказа стал приказ ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС» от 26.02.2016 г. № 22 (далее – Приказ № 22) [Положение об опасных явлениях, 2016], уточненный в дальнейшем приказом от 12.05.2023 г. № 70 [Перечень ... , 2023].

Ввиду значительных русловых деформаций на участках рек исследуемого региона [Бассейн горной реки ... , 2000; Эрозионные и русловые процессы, 2000] и, как следствие, частого переноса водомерных постов предварительно уточнена отметка нуля графика каждого гидрологического поста: проведен анализ изменчивости нулей их графиков за рассматриваемый период. В случае переноса гидрологического поста при наличии переходных значений наблюдаемые

до и после переноса поста уровни воды приведены к единообразию, в таком случае ряд учитывался в ходе дальнейшего анализа. В исследовании рассмотрены относительные уровни воды.

Для анализа характеристик максимального стока рек Северного Кавказа выбран период 1961–2017 гг. (далее – рассматриваемый период), который характеризуется наиболее полными рядами наблюдений на постах в исследуемом регионе.

Основными источниками данных о характеристиках максимального стока рек Северного Кавказа являются издания Государственного Водного кадастра Северо-Кавказского УГМС. Среди них – «Гидрологические ежегодники» за 1936–1977 гг. [Гидрологический ежегодник, 1936–1977], «Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши» за 1978–2008 гг. [Государственный водный кадастр ... , 1978–2008; Государственный водный кадастр ... Вып. 1, 1971–1988; Государственный водный кадастр ... Вып. 26, 1971–1988], а также основные гидрологические характеристики и многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Данные о характеристиках максимального стока за 2008–2017 гг. агрегированы из АИС ГМВО [<https://gmvo.skniivh.ru/>].

Перечень гидрологических постов, задействованных в исследовании, представлен в приложении 11 и на рисунке 2.4.

Для статистического анализа рядов максимальных срочных уровней воды выбрано 59 гидрологических постов с наиболее полными рядами наблюдений за рассматриваемый период: 30 постов на реках бассейна Кубани, Чёрного и Азовского морей, 15 – в бассейне Терека, 14 – на реках Каспийского моря. Следует отметить, что хотя на территории республик Карачаево-Черкессия и Ингушетия действуют гидрологические посты (рисунок 2.1), большинство из них не задействовано в анализе ввиду отсутствия у автора данных наблюдений либо их небольшой продолжительности за рассматриваемый период.

Анализ превышений экстремальных уровней воды выполнен для 44 гидрологических постов, для которых приведены уровни НЯ и ОЯ согласно Приказу № 22 [Положение об опасных явлениях, 2016]. Среди них – 27 постов в бассейне Кубани и на реках Черноморского побережья, 13 – в бассейне Терека, 4 – в бассейне Кумы. Для рек бассейнов Сулака и Самура такая информация не представлена, однако в научной литературе приведены факты, свидетельствующие о значительных паводках 1997, 1999, 2000 гг. и сопутствующем им ущербе [Атлас природных ... , 2007; Россия в борьбе ... , 2007; Опасные природные процессы ... , 2013].

Анализ зависимостей между максимальными срочными годовыми уровнями и расходами воды выполнен на основе данных 38 гидрологических постов на реках Северного Кавказа.



Рисунок 2.4 – Расположение гидрологических постов на реках Северного Кавказа, задействованных в исследовании

Анализ дат максимальных уровней воды проведен на основе данных 54 гидрологических постов. Продолжительность рядов дат прохождения максимальных годовых срочных уровней воды за рассматриваемый период в бассейне Кубани в среднем составляет 54 года, на реках Черноморского побережья Кавказа – 44 года, на реках Каспия (без учета Терека) – 42 года, в бассейне Терека – 39 лет.

Исследование зависимостей между характеристиками паводкового стока и морфометрическими характеристиками выполнено по данным 148 гидрологических постов на реках Северного Кавказа.

Изменение климатических условий и антропогенное влияние обуславливают нестационарность процесса многолетних колебаний речного стока, проявляющуюся в уменьшении или увеличении его математического ожидания и дисперсии, коэффициентов корреляции между значениями стока различных, в том числе смежных лет [Христофоров, 1994].

Для оценки изменчивости максимальных срочных годовых уровней воды к рядам применены инструменты статистического анализа [Христофоров, 1988; Христофоров, Круглова, Самборский, 1998]. Он включал в себя исследование распределений гидрологических рядов посредством статистических критериев согласия (Колмогорова-Смирнова и хи-квадрат Пирсона), применение тестов Петтитта, Стьюдента и Фишера¹⁾, а также оценку изменения средних значений, дисперсий и коэффициента вариации [Евстигнеев, 1990; Христофоров, 1993]. Уровень значимости статистических критериев α принят равным 0,05; проверка гипотез производилась путем сравнения вероятности ошибки при отклонении гипотезы, p -уровня, с уровнем значимости α . Гипотеза принималась, если $p > \alpha$, иначе ($p \leq \alpha$) гипотеза отвергалась.

Для выявления частоты и числа случаев превышения уровней неблагоприятных и опасных явлений, свидетельствующих об угрозе затопления территории и степени ее масштаба, ряды максимальных срочных годовых уровней воды исследуемых гидрологических постов сопоставлены с отметками НЯ и ОЯ за период 1961–2017 гг. Анализ превышений уровней НЯ и ОЯ проводился путем сопоставления рядов максимальных годовых уровней воды с соответствующими каждому посту уровнями НЯ и ОЯ. По результатам такого сопоставления определены количество и частота превышений отметок ОЯ и НЯ за различные периоды, как процент случаев от общего числа, в которые зафиксирован факт превышения, проведена оценка их временной и пространственной изменчивости.

Оценка вклада русловых деформаций в формирование максимальных уровней воды в створах гидрологических постов проведена на основе анализа зависимостей между максимальными срочными годовыми уровнями и расходами воды вида $Q_{max} = f(H_{max})$.

Для того, чтобы установить характер сезонного распределения максимальных уровней воды рек Северного Кавказа за рассматриваемый период, определены сезоны, в которые наблюдались максимальные уровни воды в створах гидрологических постов. Рассчитана повторяемость наступления максимальных уровней воды в каждый из сезонов за рассматриваемый период, построены диаграммы сезонного распределения максимальных уровней воды рек исследуемого региона.

Исследование зависимостей между характеристиками максимального стока и физико-географическими факторами для северокавказских рек выполнено по результатам анализа гра-

¹⁾ Поскольку число постов с нарушением однородности по дисперсии составляет небольшую долю от общего числа исследуемых постов, с некоторыми допущениями для общей картины к рядам максимальных срочных годовых уровней воды был также применён критерий Стьюдента.

фиков вида $\Delta H_{max} = f(F)$ и $H_{max} = f(H_{average})$, где ΔH_{max} – максимальная годовая амплитуда колебания уровней воды за весь период наблюдений, F – площадь водосбора, H_{max} – максимальный срочный годовой уровень воды за весь период наблюдений, $H_{average}$ – средняя высота водосбора. Построение подобных зависимостей осуществлялось, во-первых, для возможности толкования «физики» процессов, протекающих на водосборах во время паводков, во-вторых, для возможности дальнейшего определения характеристик максимального стока по известным морфометрическим параметрам водосбора.

2.4. Выбор переломного года для оценки изменчивости характеристик максимального стока

Согласно [The role ... , 2007; Сокращенный окончательный отчет ... , 2015], в основе современного определения климатологических стандартных норм лежит использование последнего 30-летнего периода, который завершается годом, кончающимся цифрой «0», например – 1901–1930 гг., 1931–1960 гг., 1961–1990 гг. и т.д. Однако период с 1961 по 1990 гг. сохранен как стандартный опорный период для долгосрочной оценки изменения климата [Руководящие указания ... , 2017; Новый двухуровневый подход ... , 2023].

Для уточнения переломного года в наблюдениях за максимальными срочными годовыми уровнями воды на реках Северного Кавказа, к рассматриваемым рядам применен Pettitt-тест [Pettitt, 1979], выполненный посредством языка программирования R в среде R-Studio. Тест является непараметрическим, он предназначен для проверки изменения центральной тенденции временного ряда, где нулевая гипотеза H_0 – отсутствие изменений. Pettitt-тест показал, что год перелома в наблюдениях за уровнями воды определяется в среднем между 1985 и 2005 гг. (рисунок 2.5).

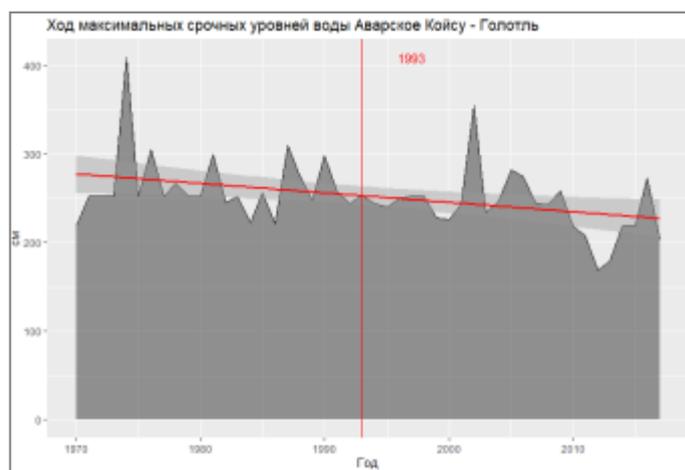
Ввиду неоднозначности результатов Pettitt-теста, при назначении переломного года для возможности проведения дальнейшего анализа изменчивости характеристик максимального стока рек Северного Кавказа, принято решение ориентироваться на руководящие указания Всемирной метеорологической организации по расчету климатических норм и выбрать в качестве граничного 1990 год. Таким образом, в рамках данного исследования рассмотрены два периода – 1961–1990 гг. (первый период) и 1991–2017 гг. (второй период).



а



б



в

Рисунок 2.5 – Результаты применения Pettitt-теста к рядам максимальных срочных годовых уровней воды по данным гидрологических постов в створах (вертикальной красной линией показан переломный год): а – р. Кубань – ст. Ладожская, б – р. Самур – с. Лучек, в – р. Аварское Койсу – с. Голотль

2.5. Анализ изменчивости максимальных срочных годовых уровней воды

Результаты выполненного анализа изменчивости максимальных срочных годовых уровней воды рек Северного Кавказа представлены в приложении 12 и отражены в [Мироненко, Рец, Фролова, 2022].

Для выбора критериев оценки изменчивости максимальных срочных годовых уровней воды исследован характер распределения вероятностей в рядах наблюдений посредством статистического анализа. Установлено, что исследуемые ряды с наиболее высокой степенью достоверности аппроксимации (p -уровень значимости по критерию Колмогорова-Смирнова равен 0,70–0,99) можно описать смешанным гауссовским распределением. Удачным оказывается и выбор распределения Джонсона семейства SB (0,60–0,99). Таким образом, для проверки гипотезы однородности рядов максимальных срочных годовых уровней воды правомерно применять параметрические критерии – тесты Стьюдента и Фишера.

По данным исследования, проведенного в рамках диссертационной работы [Мироненко, Рец, Фролова, 2022], статистически значимое нарушение однородности рядов максимальных срочных годовых уровней воды с точки зрения математического ожидания характерно для 25 из 59 гидрологических постов, на каждом из которых наблюдается рост данной характеристики от 1961–1990 к 1991–2017 гг. (рисунок 2.6). Этот факт подкрепляется и данными метеорологов о том, что на большинстве метеорологических станций Северного Кавказа, где критерием Стьюдента для периода 1966–2012 гг. зафиксировано статистически значимое нарушение однородности абсолютных величин экстремальных осадков, наблюдается увеличение данных характеристик, особенно в летний период [Золина, Булыгина, 2016]. Причем экстремальные осадки на территории Северного Кавказа имеют преимущественно ливневой генезис [Климатология ... , 2018]. В целом для северокавказских рек увеличение средних значений максимальных уровней воды во втором временном периоде относительно первого составило от 0,3% на р. Уруп (х. Стеблицкий) до 25% на р. Малка (с. Каменноостское). Если для бассейна Кубани и Кумы, как и для рек Черноморского побережья Кавказа, характерен незначительный рост данной характеристики, не превышающий 10%, то в бассейне Терека преобладают посты, на которых зафиксировано увеличение математического ожидания максимальных уровней воды более чем на 10–15%. Значимое увеличение математического ожидания во втором периоде по сравнению с первым, равное 21%, отмечено в устье р. Сулак (пгт Сулак). Статистически значимое нарушение однородности рядов максимальных срочных годовых уровней воды не зафиксировано по данным постов, расположенных преимущественно в юго-восточной части Северного Кавказа, на р. Самур, Аварское и Андийское Койсу. Однородность рядов с точки зрения математического ожидания характерна и для левых притоков р. Кубань (р. Белая, Пше-

ха, Малая Лаба), отдельных рек Черноморского побережья Кавказа и притоков Терека [Мироненко, Рец, Фролова, 2022].



Рисунок 2.6 – Изменение математического ожидания рядов максимальных срочных годовых уровней воды рек Северного Кавказа по критерию Стьюдента при сравнении периодов 1961–1990 и 1991–2017 гг., % [Мироненко, Рец, Фролова, 2022]

Применение критерия Фишера к рядам максимальных срочных годовых уровней воды северокавказских рек выявило статистически значимое нарушение однородности с точки зрения дисперсий первого и второго периодов по данным 15 гидрологических постов, причем

для 13 из них характерен рост дисперсии в последние десятилетия (рисунок 2.7). Наибольшее увеличение дисперсии зафиксировано по данным р. Белая близ с. Кора-Урсдон, которое достигло 86,7%. Примечательно, что минимальный рост дисперсии рядов максимальных уровней воды северокавказских рек составляет 56,5% (р. Уруп – х. Стеблицкий). Статистически значимое уменьшение дисперсии зафиксировано на р. Цей близ пгт Бурон и на р. Самур вблизи с. Ахты: оно составило 289 и 229% соответственно [Мироненко, Рец, Фролова, 2022]. В целом результаты исследования нарушения однородности рядов максимальных срочных годовых уровней воды на реках Северного Кавказа по дисперсии не позволяют сделать однозначный вывод.

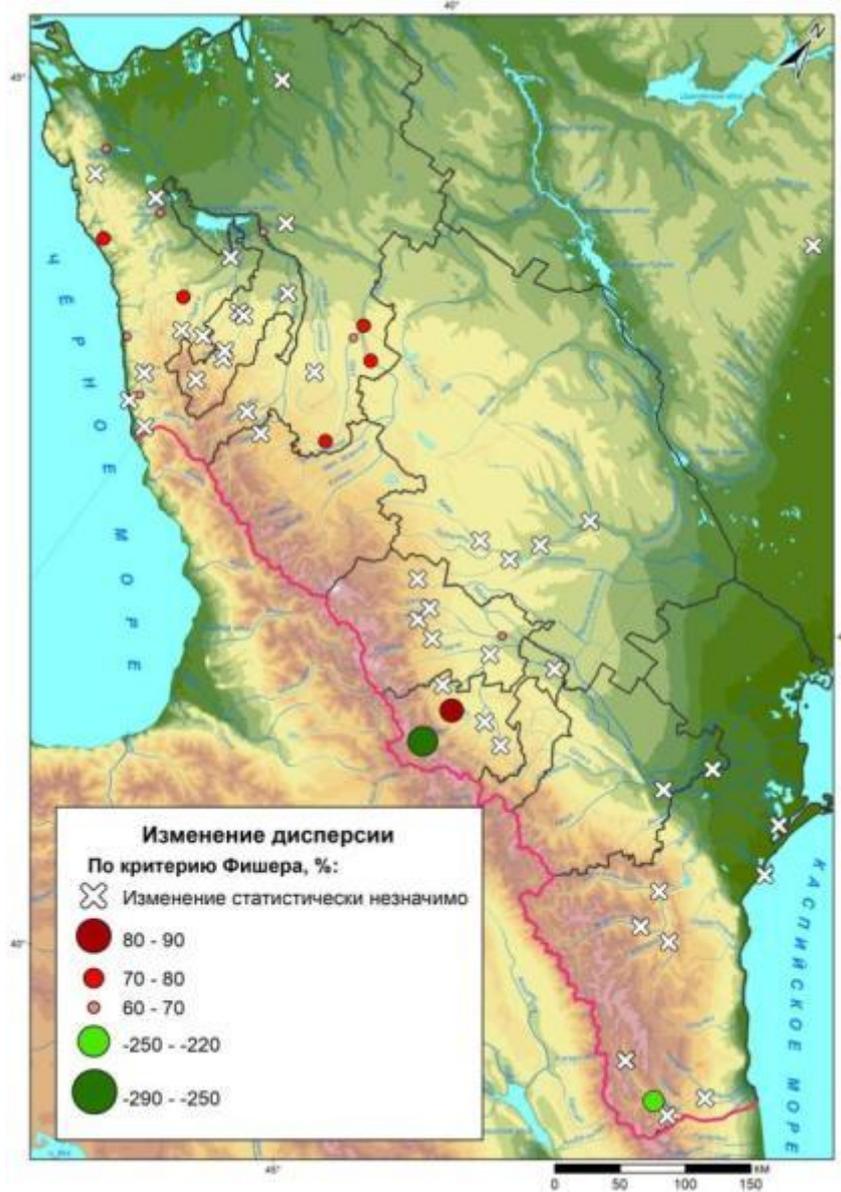


Рисунок 2.7 – Изменение дисперсии рядов максимальных срочных годовых уровней воды рек Северного Кавказа по критерию Фишера при сравнении 1961–1990 и 1991–2017 гг., %

[Мироненко, Рец, Фролова, 2022]

2.6. Анализ превышений отметок неблагоприятных и опасных явлений

По результатам исследования, проведенного в рамках диссертационной работы [Мироненко, Рец, Фролова, 2022], превышение **отметок НЯ** максимальными годовыми уровнями воды за исследуемый временной период зафиксировано на 42 гидрологических постах рек Северного Кавказа из 44: оно происходило от 1 (р. Кума – г. Зеленокумск и р. Чегем – с. Нижний Чегем) до 42 раз (бассейн Кубани, р. Убин – ст. Северская). Таким образом, повторяемость превышения отметок НЯ за период 1961–2017 гг. колебалась в диапазоне от 1,9 до 93,2% (рисунок 2.8 а). Не зафиксированы превышения уровней НЯ за рассматриваемый период только на двух постах в бассейне Терека (с. Хангиш-Юрт и с. Хазнидон).

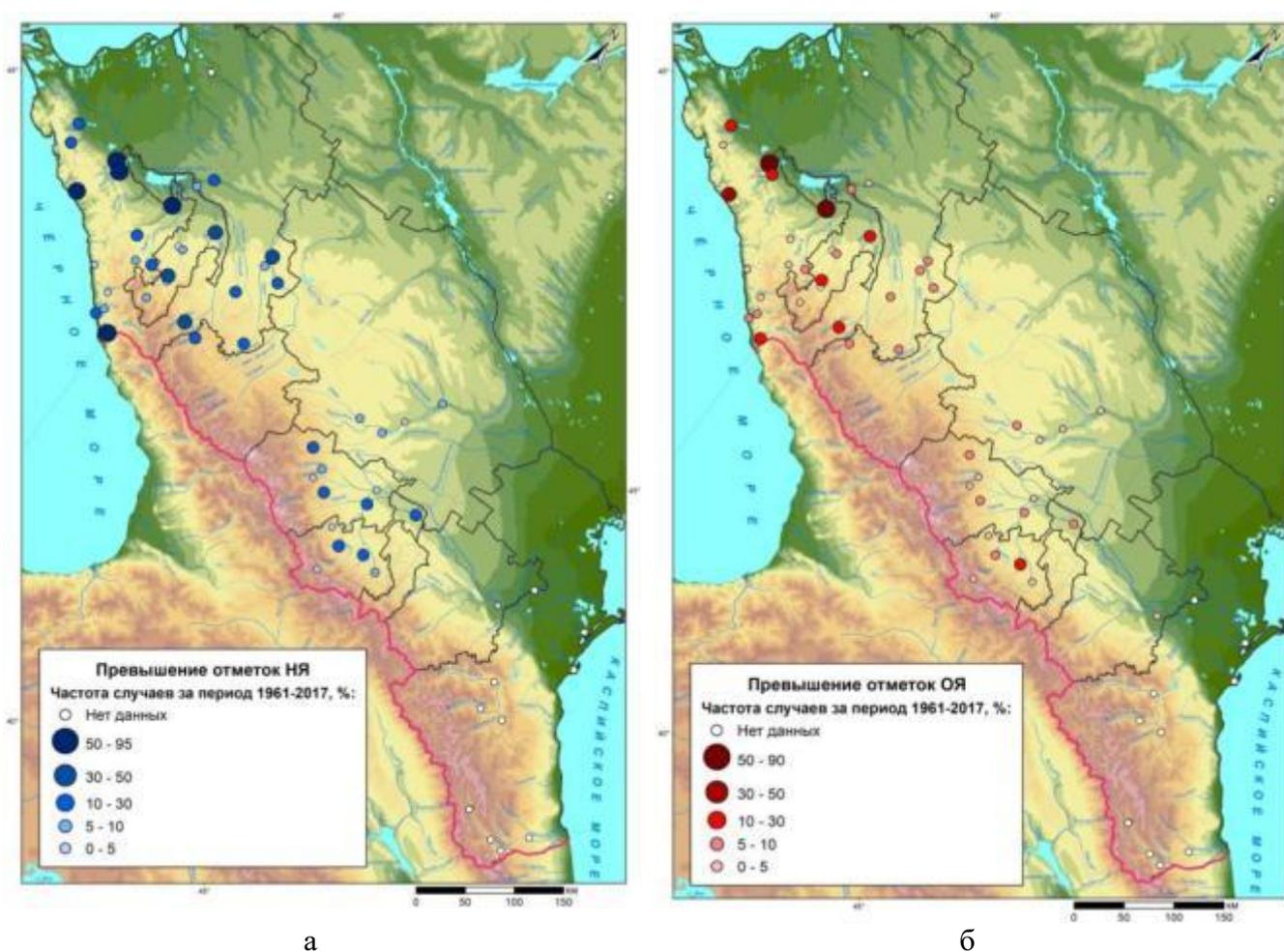


Рисунок 2.8 – Повторяемость превышения отметок НЯ (а) и отметок ОЯ (б) максимальными срочными годовыми уровнями воды рек Северного Кавказа России за период 1961–2017 гг., % [Мироненко, Рец, Фролова, 2022]

В бассейне Кубани повторяемость превышения отметок НЯ составляла от 7,1% в бассейне р. Белая до 93,2% на р. Пшиш, или от 4 до 42 случаев за период 1961–2017 гг. Пре-

вышение отметок НЯ в 5–10% случаев характерно для пяти гидрологических постов на р. Белая, Уруп, Пшеха и Лаба, в 10–30% случаев – для девяти постов на р. Чамлык, Кубань, Уруп, Курджипис, Большая Лаба, Пшиш, Адегой и Адагум, в 30–50% случаев – для четырех постов на р. Фарс, Малая Лаба, Белая и Кубань, более чем в 50% случаев – для трех постов на р. Афипс, Убин и Пшиш.

Для рек Черноморского побережья повторяемость превышения отметок НЯ изменяется в диапазоне от 3,8 до 54,7%, или от двух (р. Куапсе и Шахе) до 29 раз (р. Вулан) за рассматриваемый период. В 5% случаев и менее превышение данной характеристики происходило на двух постах (р. Куапсе и Шахе), в 5–10% случаев – на р. Сочи близ с. Пластунка, в 10–30% – на р. Сочи в г. Сочи. Более чем в 50% случаев, максимальные уровни воды превышали отметку НЯ на реках побережья Черного моря – р. Мзымта (54,0%) и Вулан (54,7%) [Мироненко, Рец, Фролова, 2022].

В бассейне Кумы повторяемость превышения отметок НЯ не выходит за пределы 10% случаев, то есть не превышает четырех случаев за период 1961–2017 гг. Повторяемость превышения отметок НЯ, равная 2,5%, зафиксирована на р. Кума в г. Зеленокумск, 7,3% – на р. Золка близ х. Михайловский, 9,1 и 9,3% – на р. Кума в створе ст. Александрийская и г. Будённовск соответственно.

Диапазон, в котором колеблется число превышений отметок НЯ в бассейне Терека, значительно шире, чем в бассейне Кумы: от одного до 13 случаев за период 1961–2017 гг. Уровни НЯ ни разу не были превышены на р. Терек близ с. Хангиш-Юрт и р. Урух у с. Хазнидон. В бассейне Терека изменение повторяемости превышения отметок НЯ происходит в основном в пределах 10% случаев (пять постов), не считая гидрологических постов, где не зафиксировано ни одного случая превышения отметок НЯ. На остальных постах в бассейне Терека повторяемость превышения составляет от 10 (р. Терек) до 25% (р. Фиагдон) случаев. Однократное превышение отметок НЯ за рассматриваемый период зафиксировано на р. Чегем, двукратное – на р. Цея и Малка, трехкратное – на р. Терек и Баксан. Шесть случаев превышения уровней НЯ за период зафиксировано на р. Терек близ г. Моздок и р. Нальчик у с. Белая речка, семь – на р. Терек близ ст. Котляревская, девять – на р. Белая близ с. Кора-Урсдон. Наибольшее число превышений уровней НЯ – 10 и 13 – характерно для р. Фиагдон у с. Мичурино и р. Малка у с. Каменноостское соответственно.

Превышение отметок ОЯ чаще, чем в 20% случаев, наблюдалось на постах, средняя высота водосбора которых не превышает 400 м. Повторяемость превышений отметок ОЯ уменьшается с увеличением средней высоты водосбора. Повторяемость менее 2% характерна для постов со средней высотой водосбора более 2500 м. Для превышений отметок НЯ характерны схожие закономерности, однако менее выраженные.

Превышение *отметок ОЯ* максимальными годовыми уровнями воды за период 1961–2017 гг. зафиксировано по данным 37 из 44 гидрологических постов, расположенных на реках Северного Кавказа (рисунок 2.8 б).

Суммарное число случаев превышения опасных отметок на различных гидрологических постах составляет от одного (бассейн Терека, Кубани, реки Черноморского побережья) до 40 (бассейн Кубани) за рассматриваемый период. Таким образом, повторяемость превышения уровней ОЯ колеблется в диапазоне от 1,8 до 88,6%. На семи постах, данные об экстремальных уровнях которых приведены в перечне и критериях опасных природных гидрометеорологических явлений Северо-Кавказского УГМС [Положение об опасных явлениях, 2016], не зафиксировано превышения отметок ОЯ [Мироненко, Рец, Фролова, 2022].

На четырех постах в бассейне Кубани повторяемость превышения отметок ОЯ составляла 5% случаев и менее, на девяти постах – от 5 до 10% случаев, на пяти постах – от 10 до 30% случаев. Число превышений отметок ОЯ составляет от одного до 40 случаев за период 1961–2017 гг. На р. Пшеха близ с. Черниговское и вовсе не наблюдались превышения уровней ОЯ. Повторяемость превышения отметок ОЯ, равная 71,4 и 88,6% соответственно, зафиксирована на р. Убин и р. Пшиш [Мироненко, Рец, Фролова, 2022]. Так, например, уровень воды р. Убин в створе ст. Северская при отметке ОЯ, равной 700 см, превышал 800 см над нулем графика поста в 1974, 1975, 1981, 1983, 1985, 1988, 1995, 1996 и 2011 гг. [Таратунин, 2008; О выполнении ... , 2009]. Превышение отметки ОЯ на р. Убин более чем на 2 м наблюдалось в 1997 и 2000 гг. вследствие обильных ливневых осадков. В результате затоплены жилые дома и значительная часть сельскохозяйственных угодий [Добровольский, Истомина, 2006; Атлас природных ... , 2007; Таратунин, 2008; О выполнении ... , 2009]. Наиболее выдающимся был 2002 г., в который превышение отметок ОЯ зафиксировано на 14 гидрологических постах из 21 в бассейне Кубани, превышающее 2,5 м на отдельных постах. Паводки, вызванные столкновением мощного арктического циклона с теплыми влажными южными воздушными массами, а также поздним таянием высокогорных ледников и снежников, оставили свой след и в бассейнах других северокавказских рек [Гидрология ... , 2010]. Паводки лета 2002 г. нанесли значительный ущерб объектам инфраструктуры и урон здоровью жителей прилегающих территорий, привели к человеческим жертвам [Атлас природных ... , 2007; Воробьев, Акимов, Соколов, 2003].

На реках Черноморского побережья Кавказа повторяемость превышения отметок ОЯ, составляющая менее 5% случаев за период, характерна для р. Куапсе и Шахе, 5–10% – для р. Сочи близ с. Пластунка и г. Сочи, 16,0 и 34,0% случаев соответственно зафиксированы на р. Мзымта и Вулан. Максимальное число превышений за рассматриваемый период достигло 18 случаев на р. Вулан. Превышение отметки ОЯ, равной 380 см, зафиксировано 25.10.2003 г.

на р. Мзымта: уровень воды близ с. Казачий Брод составил 420 см над нулем графика поста. Подъем уровня воды обусловлен выпадением обильных ливневых осадков и снеготаянием. Паводок послужил причиной разрушения трубопровода и подвесных мостов в окрестностях с. Казачий Брод и с. Монастырь [Балабанов, Никифоров, Пашковский, 2011].

В бассейне Кумы отметки ОЯ не превышались на трех гидрологических постах (р. Кума и р. Золка). На р. Кума близ ст. Александрийская повторяемость превышений максимальными уровнями воды отметки ОЯ составила 9,1%, что эквивалентно четырем случаям за рассматриваемый период. Уровень воды р. Кума в створе ст. Александрийская 22–23 июня 2002 г. составлял 899 см при отметке ОЯ, равной 860 см [Мироненко, Рец, Фролова, 2022].

На трех гидрологических постах в бассейне Терека превышение уровней ОЯ за период 1961–2017 гг. не зафиксировано, число превышений на остальных постах составляет от одного (р. Цея, Чегем, Малка) до семи случаев (р. Фиагдон), что в относительных показателях соответствует диапазону от 2 до 18% [Мироненко, Рец, Фролова, 2022].

В рамках анализа случаев превышения уровней НЯ и ОЯ максимальными срочными годовыми уровнями воды проведена оценка и их временной изменчивости. Установлено, что от периода 1961–1990 к периоду 1991–2017 гг. более чем на 50% исследуемых гидрологических постов с данными об уровнях НЯ и ОЯ, произошел рост числа превышений таких отметок. Так, увеличение числа превышений уровней НЯ и ОЯ зафиксировано на 24 и 26 гидрологических постах из 44 соответственно. Во второй период произошло на 1–9 случаев превышения отметок НЯ больше и на 1–6 больше случаев превышения отметок ОЯ. При этом повторяемость превышения отметок НЯ от первого ко второму периоду выросла на 1,0–37,5%, для ОЯ – на 1,4–32,1%. Уменьшение числа превышений отметок НЯ и ОЯ отмечено на 13 и 8 постах соответственно, что составляет 29,5 и 18,2% от общего числа постов с информацией об отметках НЯ и ОЯ. Уменьшение числа превышений отметок НЯ колебалось в диапазоне от одного до 14 случаев, отметок ОЯ – в диапазоне от одного до 6 случаев. Повторяемость превышений НЯ при этом снизилась на 1,7–56,4%, повторяемость превышений ОЯ – на 1,7–22,9%. Число превышений уровней НЯ и ОЯ от первого ко второму периоду осталось неизменным на семи и 10 гидрологических постах соответственно. Для поста на р. Цея в створе пгт Бурон и поста на р. Адегой близ ст. Шапсугская характерно изменение повторяемости превышения НЯ и ОЯ, не превышающее 1% по модулю от первого ко второму периоду при отсутствии изменения числа случаев превышений [Мироненко, Рец, Фролова, 2022].

Анализ пространственного распределения изменчивости числа и повторяемости превышений уровней НЯ и ОЯ показал, что в бассейне Кубани и на реках Черноморского побережья преобладают посты с тенденцией к увеличению числа превышений отметок НЯ и ОЯ от первого ко второму периоду. На реках бассейна Кумы и Терека число постов, где зафиксиро-

вано увеличение и уменьшение числа превышений отметок НЯ, одинаково. Однако, при рассмотрении временной изменчивости превышений отметок ОЯ в пределах данных водосборов, обнаружено значительное преобладание постов с уменьшением числа превышений отметок ОЯ от первого ко второму периоду [Мироненко, Рец, Фролова, 2022].

Исследование числа превышений отметок НЯ по речным бассейнам при сравнении двух периодов показало, что суммарное число превышений в бассейне Терека составило 21 и 41, в бассейне Кумы – пять и семь, Кубани – 148 и 147, на реках Черноморского побережья Кавказа – 39 и 33 случая за период 1961–1990 и 1991–2017 гг. соответственно. Отметки ОЯ в первом и втором периодах превышались 12 и 10 раз соответственно в бассейне Терека, один и три раза в бассейне Кумы, 72 и 96 раз в бассейне Кубани, 16 и 19 раз на реках Черноморского побережья Северного Кавказа (рисунок 2.9). Данные сведения подтверждают увеличение повторяемости превышений экстремальных уровней воды на северокавказских реках. Всего на 44 гидрологических постах отметки НЯ превышались 441 раз (213 превышений в первом и 228 превышений во втором периоде), отметки ОЯ – 239 раз (101 и 138 превышений соответственно) [Мироненко, Рец, Фролова, 2022].

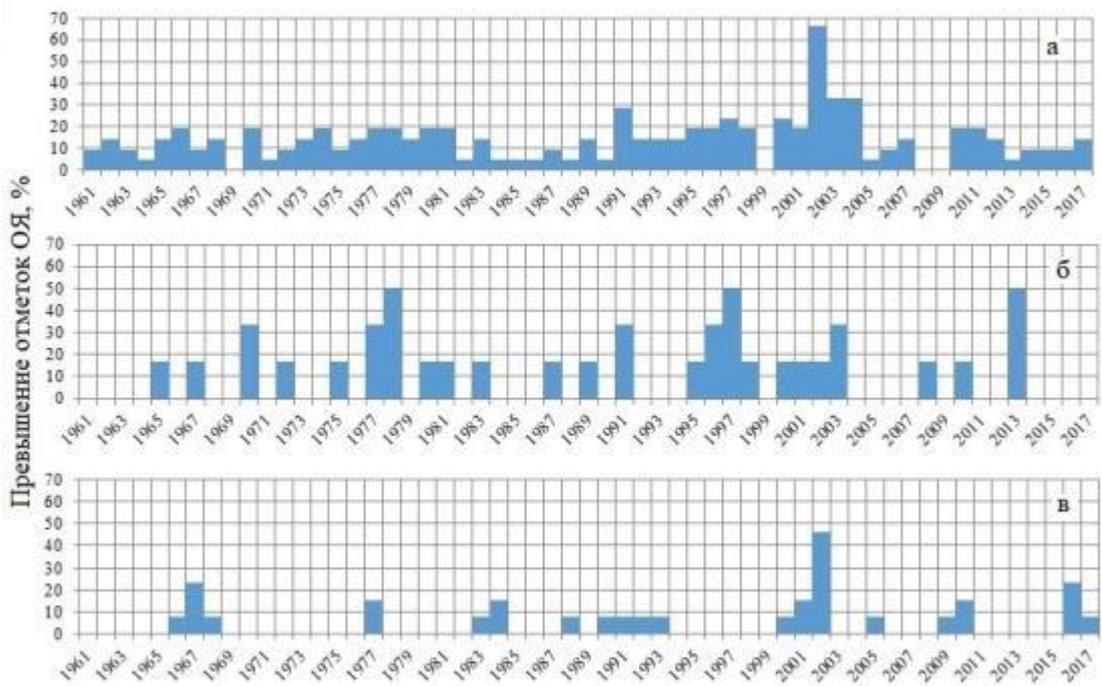
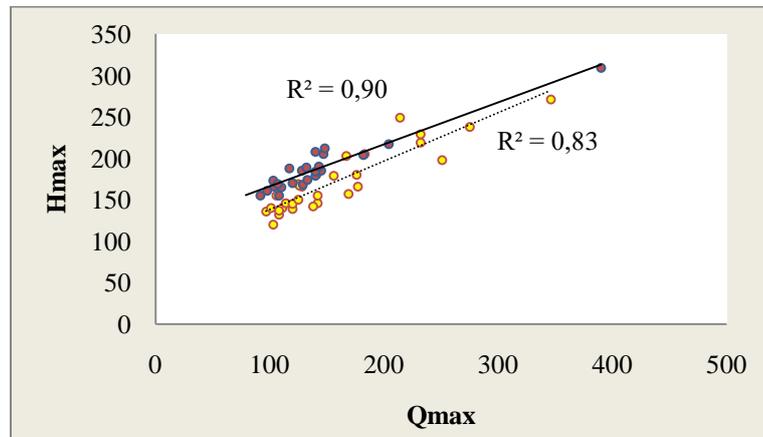


Рисунок 2.9 – Повторяемость превышения отметок ОЯ максимальными срочными годовыми уровнями воды на реках: а – бассейна Кубани, б – Черноморского побережья Кавказа, в – бассейна Терека за период 1961–2017 гг.,% [Мироненко, Рец, Фролова, 2022]

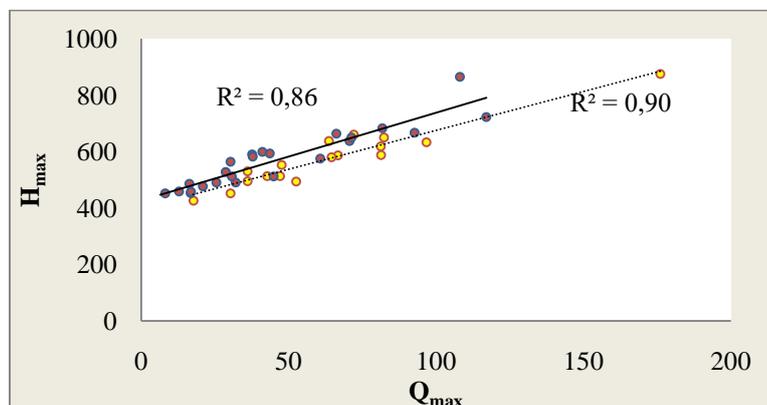
2.7. Оценка вклада русловых деформаций в формирование максимальных уровней воды

Причиной направленных изменений максимальных уровней воды также могли послужить русловые деформации [Rets, Kireeva, 2010; Hydrological hazards ... , 2017; Catastrophic flood ... , 2016]. Территория Большого Кавказа характеризуется чрезвычайно активными тектоническими и седиментационными процессами [Focused erosion ... , 2020]. Накопление русловых отложений за счет аккумуляции наносов приводит к уменьшению площади поперечного сечения русла и его переполнению в период прохождения максимальных расходов воды. Вертикальные русловые деформации являются важным фактором, определяющим водопропускную способность потока и характер формирования уровней воды [Воробьев, Орцухаева, Алфёрова, 2015].

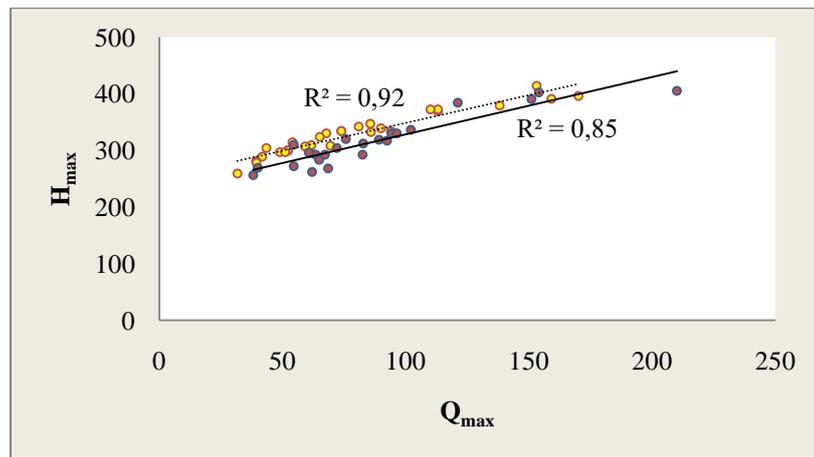
Изучение зависимостей вида $Q_{max} = f(H_{max})$ для первого и второго периодов, результаты которого представлены в работе [Мироненко, Рец, Фролова, 2022], выполненной в рамках диссертационного исследования, показало наличие заметных вертикальных русловых деформаций в створах девяти гидрологических постов из 38 (рисунок 2.10).



а



б



В

Рисунок 2.10 – Зависимости вида $Q_{max} = f(H_{max})$
 по данным гидрологических постов в створах
 (желтые точки – 1961–1990 гг., фиолетовые точки – 1991–2017 гг.):
 а – р. Баксан – с. Заюково, б – р. Кума – ст. Александрийская,
 в – р. Курджипс – ст. Нижегородская

Пространственное распределение характера вертикальных русловых деформаций на реках Северного Кавказа в створах гидрологических постов представлено на рисунке 2.11. На реках бассейна Терека (р. Терек – г. Владикавказ, р. Малка – с. Каменноостское, р. Баксан – с. Заюково) наблюдается аккумуляция наносов. Аналогичная тенденция характерна для бассейна Кубани и некоторых рек Черноморского побережья (р. Куапсе – с. Мамедова Щель, р. Кубань – ст. Ладожская, р. Уруп – ст. Удобная), за исключением р. Курджипс в створе ст. Нижегородская, где отмечен размыв русла. На двух постах в бассейне Кумы обнаружены разнонаправленные вертикальные деформации: на р. Кума в створе ст. Александрийская наблюдается аккумуляция наносов, для р. Самур в створе с. Лучек характерен размыв русла [Мироненко, Рец, Фролова, 2022].

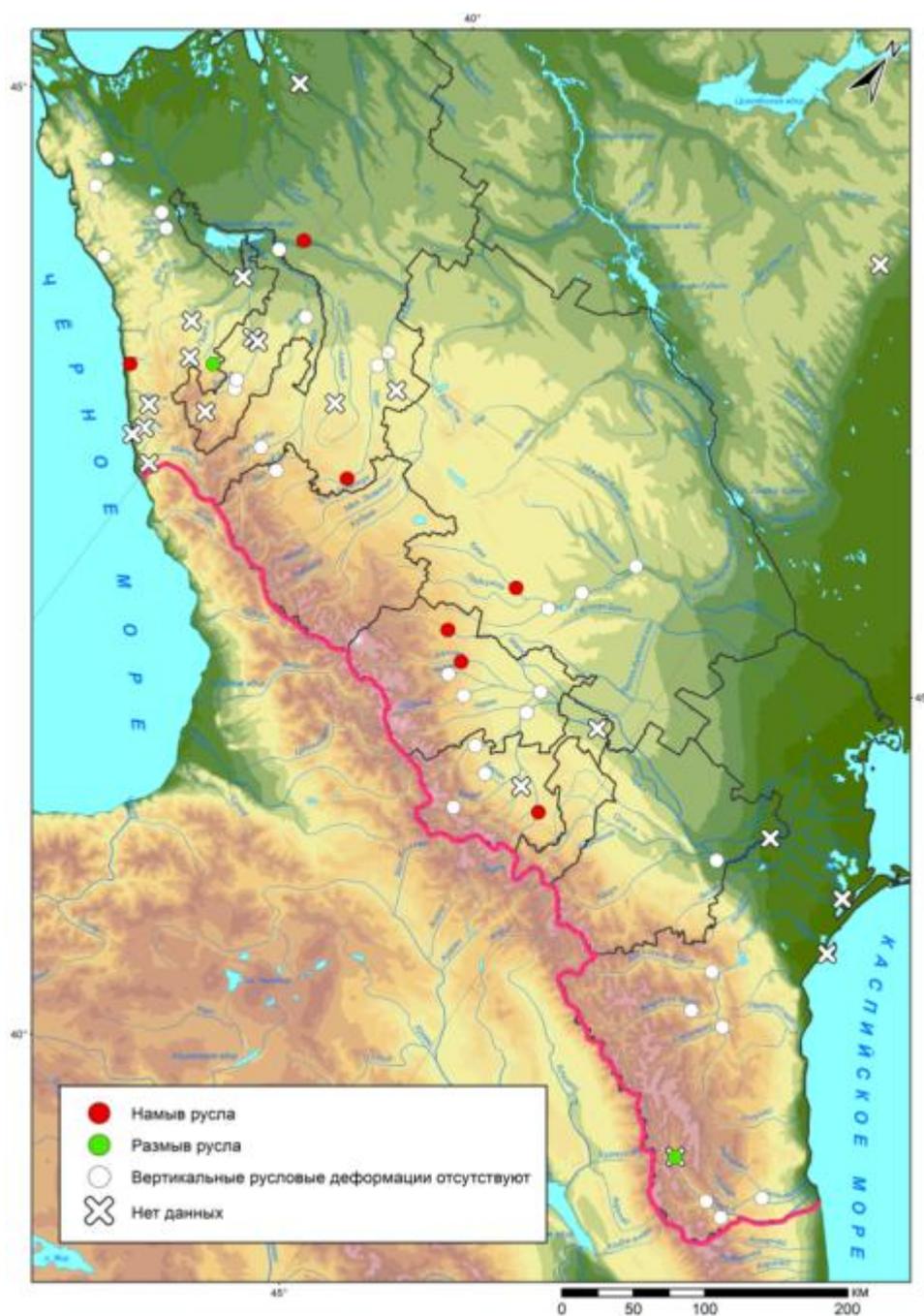


Рисунок 2.11 – Вертикальные русловые деформации на реках Северного Кавказа

2.8. Анализ изменчивости дат прохождения максимальных уровней воды

Выполнен анализ изменчивости средних дат прохождения годовых максимумов уровней воды. Установлено, что на реках юга Черноморского побережья Кавказа и большинстве участков рек бассейна Кубани (особенно в верхнем и среднем течении) наблюдается более позднее прохождение максимальных срочных годовых уровней воды от первого ко второму периоду. Для остальных рек Северного Кавказа в целом характерна тенденция к смещению максимумов уровней воды на более ранние сроки (рисунок 2.12).

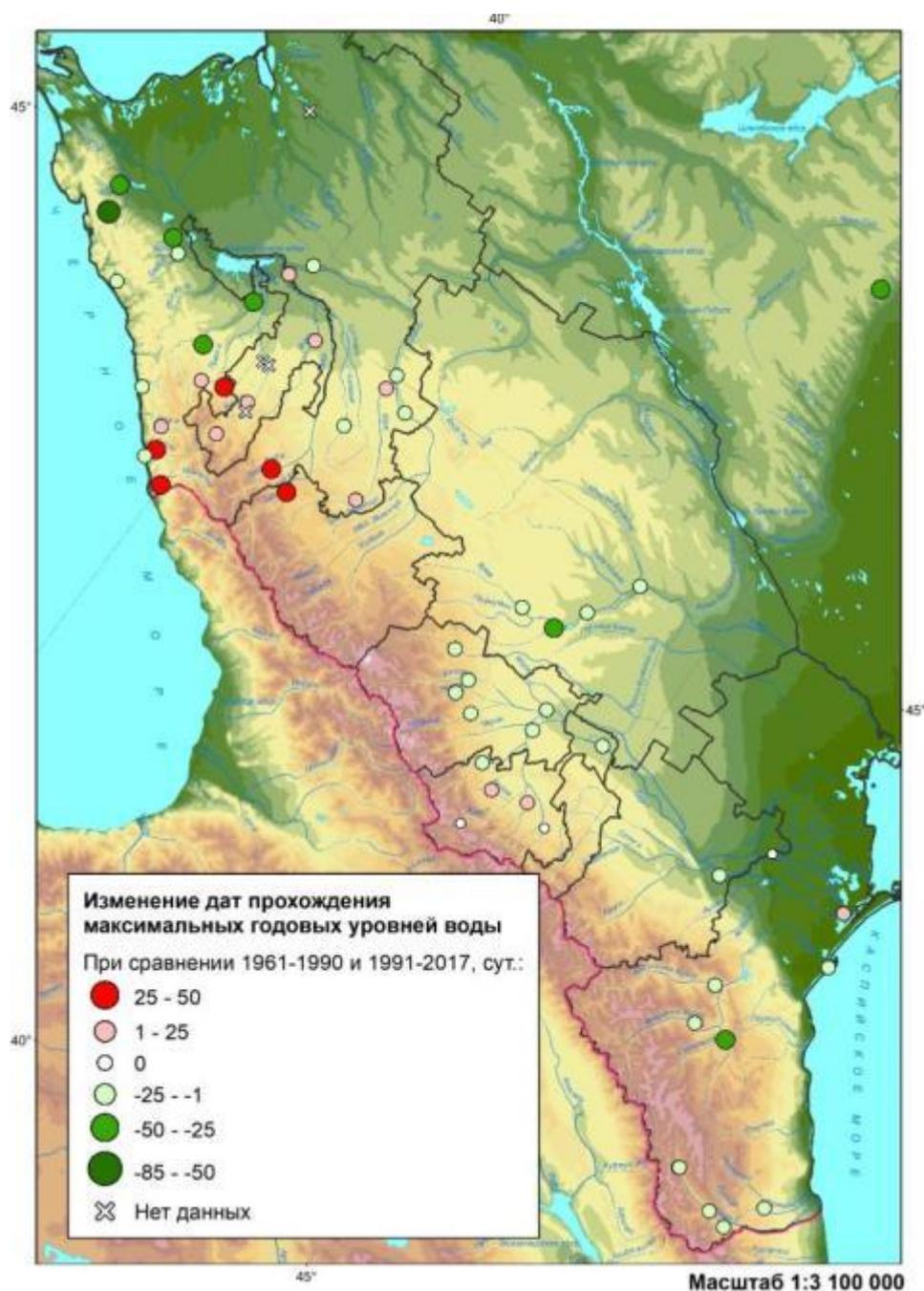


Рисунок 2.12 – Изменение дат прохождения максимальных срочных годовых уровней воды рек Северного Кавказа при сравнении 1961–1990 и 1991–2017 гг., сут

Исследованы даты прохождения первых, вторых и третьих максимумов максимальных срочных годовых уровней воды за период 1961–2017 гг. Установлено, что для большинства постов их прохождение наблюдается преимущественно во втором периоде – 1991–2017 гг., особенно ярко это выражено в бассейне Кубани (рисунок 2.13, приложение 13).

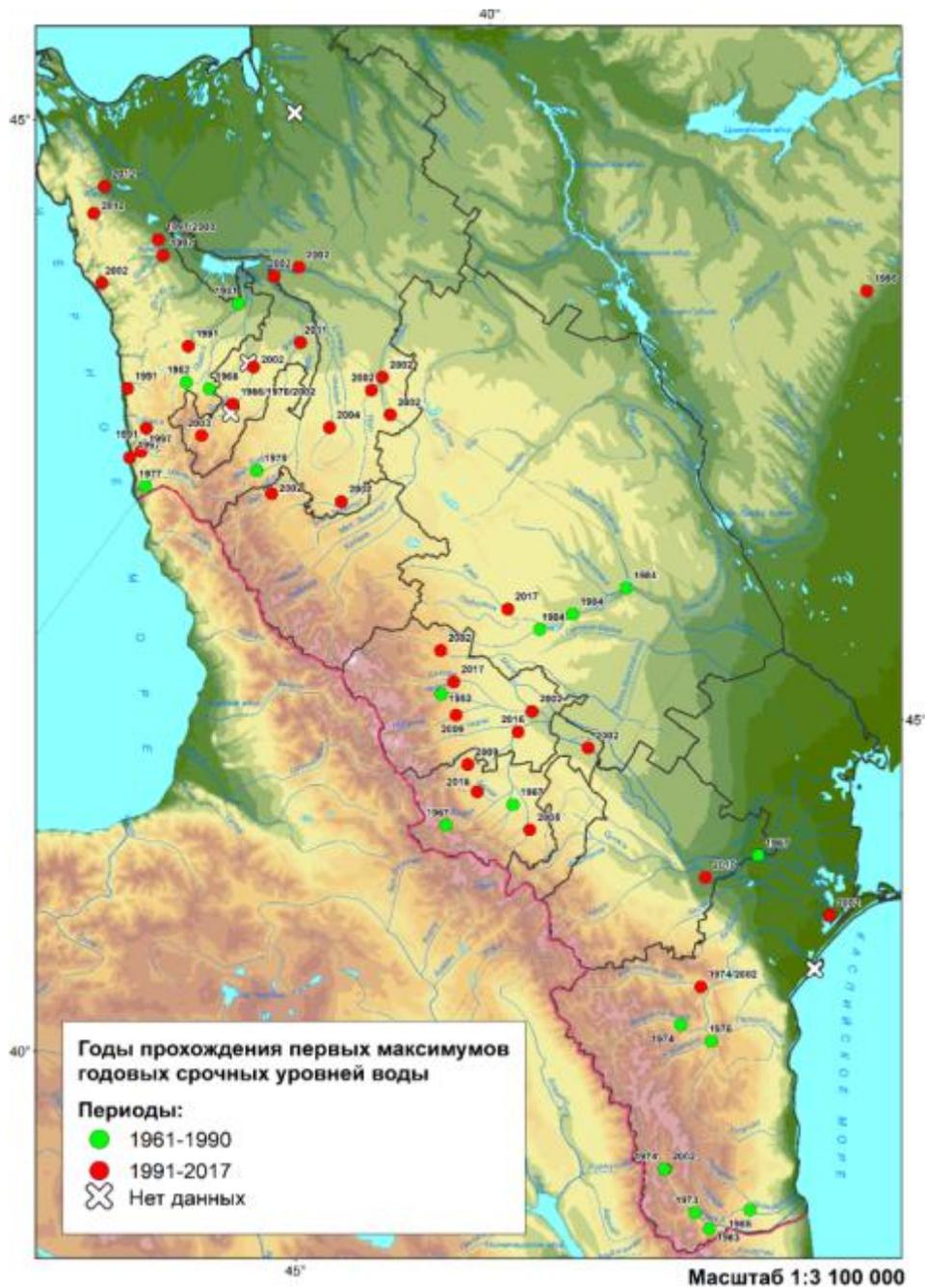


Рисунок 2.13 – Годы прохождения первых максимумов рядов максимальных срочных годовых уровней воды рек Северного Кавказа при сравнении 1961–1990 и 1991–2017 гг.

Если говорить о сезонности распределения первых, вторых и третьих максимумов, то в целом для центральной и юго-восточной частей Северного Кавказа характерно их прохождение в летний период, при движении на северо-запад сменяющееся пестрой картиной сезонного распределения (рисунок 2.14, приложение 14).

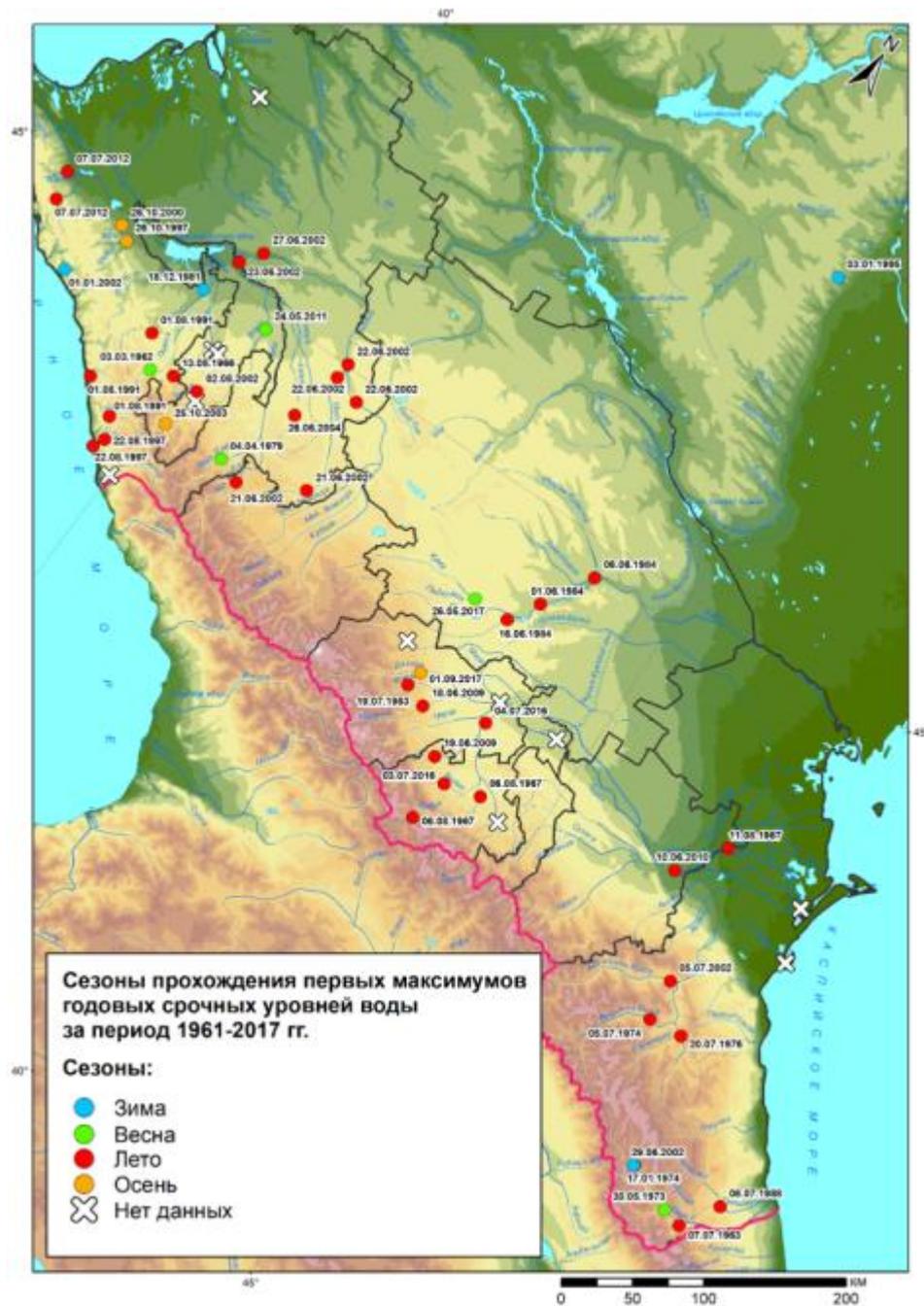


Рисунок 2.14 – Сезоны прохождения первых максимумов рядов максимальных срочных годовых уровней воды рек Северного Кавказа за период 1961–2017 гг.

Особенности сезонного распределения максимальных срочных годовых уровней воды рек Северного Кавказа за период 1961–2017 гг. более подробно рассмотрены в главе 2.9.

2.9. Анализ сезонности сроков прохождения максимальных уровней воды

2.9.1. Классификация рек Северного Кавказа по сезонам прохождения максимальных уровней воды

Неоднородность дат прохождения максимальных уровней воды рек Северного Кавказа отражена в классификации, предложенной в работе [Мироненко, 2023], выполненной в рамках диссертационного исследования. В ее основу легла классификация М. И. Львовича, предусматривающая выделение различных типов водного режима рек земного шара по источнику питания и сезону наибольшего стока [Львович, 1938; Львович, 1945].

Для выражения максимальных уровней воды в рамках классификации предложен индекс h_{max} . Обозначение сезонов, в которые наблюдались максимумы уровней воды, принято согласно классификации рек М. И. Львовича, где P – весна, E – лето, A – осень, H – зима [Львович, 1945]. Таким образом, комбинации индекса h_{max} с индексами P , E , A и H соответственно выражают различные типы распределения максимальных уровней воды по сезонам. Причем индексы P , E , A и H в рамках данной классификации могут иметь как прописное, так и строчное написание в зависимости от величины повторяемости максимальных уровней воды за сезон. Так, если более чем в 80% случаев за рассматриваемый период максимальные уровни воды наблюдались в один из сезонов, прохождение таких уровней охарактеризовано как почти исключительное и обозначено как P , E , A и H . Если максимальные уровни воды наблюдались в 50–80% за один из сезонов, их распределение охарактеризовано как преимущественное в данный сезон – Ph_{max} , Eh_{max} , Ah_{max} и Hh_{max} соответственно. В случае повторяемости максимальных уровней воды менее 50% за один из сезонов распределение сроков их прохождения охарактеризовано как преобладающее в данный сезон – ph_{max} , eh_{max} , ah_{max} и hh_{max} соответственно.

Таким образом, получено четыре группы рек, объединенных по сезонам прохождения максимальных уровней воды, и 12 теоретически возможных вариантов (типов) сезонного распределения максимальных уровней воды, выраженных индексами.

Анализ сезонного распределения максимальных уровней воды позволил осуществить районирование участков рек Северного Кавказа по географическому признаку с выделением областей с характерным сезонным распределением максимальных уровней воды на основании предложенной классификации. В рамках каждой из таких областей выделены группы рек по принципу их принадлежности к тому или иному крупному бассейну для получения представления о географической неоднородности сроков прохождения максимальных уровней воды.

Полученные результаты позволили выполнить классификацию рек Северного Кавказа по преобладающему сезону прохождения максимальных уровней воды.

Согласно предложенной классификации, всего на территории Северного Кавказа встречается семь типов сезонного распределения максимальных уровней воды из 12 теоретически возможных (таблица 2.2). Самая многочисленная группа – 37 гидрологических постов – группа с наиболее часто встречающимися летними максимумами уровней воды. Данная группа наиболее широко представлена: на 17 гидрологических постах максимальные уровни воды наблюдались летом в 80% случаев (E), еще на 17 – в 50–80% случаев (Eh_{max}). На трех постах зафиксировано менее 50% случаев в летний сезон (eh_{max}). Участки рек с летними максимумами уровней воды встречаются повсеместно на территории Северного Кавказа.

Наиболее вероятное прохождение максимальных уровней воды в зимний период свойственно участкам рек Черноморского побережья Кавказа и бассейна Кубани в створе девяти гидрологических постов. В отличие от группы рек с летними максимумами, к данной группе относятся реки, в створах гидрологических постов которых максимумы уровней воды наблюдались в 50–80% случаев (Hh_{max}) и менее чем в 50% случаев (hh_{max}) за период. Причем гидрологических постов с преимущественно зимними максимумами больше, чем постов с преобладающими зимними максимумами в сезонном распределении – семь против двух.

Повторяемость осенних и весенних максимумов уровней воды на реках Северного Кавказа не превышала 50% случаев за рассматриваемый период. Преобладание весенних максимумов характерно для участков рек Фарс, Мзымта, Кума и Белая (бассейн Кубани) в створах четырех гидрологических постов, осенних максимумов – для участков рек Сочи, Шахе и Белая (бассейн Кубани) в створах четырех гидрологических постов.

Стоит отметить, что некоторые реки, рассмотренные в данном исследовании, являются полизональными. Это говорит о том, что на формирование их гидрологического режима могут оказывать влияние различные факторы, что, в свою очередь, определяет тот или иной характер сезонного распределения гидрологических характеристик на конкретном участке реки. Это отражается на повторяемости максимальных уровней воды в рамках одного сезона отдельных рек. Так, например, на р. Кубань ($F = 57\,900\text{ км}^2$) обнаружены участки, для которых свойственно прохождение максимумов уровней воды преимущественно в летний сезон (в створе г. Армавир – в 77% случаев за период, в створе с. Успенское – 78%). Однако, ниже по течению р. Кубань, в створе ст. Ладожская, максимумы уровней характеризуются как почти исключительно летние – 82%. Обратная ситуация на р. Терек ($F = 43\,200\text{ км}^2$), где в среднем её течении наблюдались почти исключительно летние максимумы уровней воды (посты расположены от истока к устью): в створе г. Владикавказ – в 93% случаев за период, г. Моздок – 89%, с. Хангиш-Юрт – 100%, Каргалинского гидроузла – 82%. В то же время преимущественно летние максимумы характерны для участков р. Терек в створе ст. Котляревская в верхнем течении и с. Аликазган в нижнем течении, повторяемость которых составила 77 и 64% соответственно.

На крупном притоке Кубани – р. Лаба ($F = 12\,500 \text{ км}^2$) – также заметна неоднородность сезонного распределения максимальных уровней воды за рассматриваемый период. Для её правого притока, р. Большая Лаба, ниже Азиатского моста характерны преимущественно летние максимумы уровней воды (Eh_{max}), в то время как для левого притока, р. Малая Лаба, в створе пос. Бурный свойственно смешанное распределение уровней воды с их преобладанием в летний сезон (eh_{max}).

В бассейне р. Сулак ($F = 15\,200 \text{ км}^2$) участкам рек в створе трех гидрологических постов свойственны почти исключительно летние максимумы уровней воды (E), однако на посту в створе пгт Сулак за рассматриваемый период распространены преимущественно летние максимумы (Eh_{max}). Аналогичная ситуация и на р. Самур ($F = 7\,330 \text{ км}^2$), где на главной реке (с. Лучек, с. Ахты, с. Усуччай) зафиксированы почти исключительно летние максимумы уровней воды (E), в то время как данные наблюдений на р. Кара-Самур и р. Курах указывают на преимущественно летние максимумы (Eh_{max}).

Однако в ходе данного исследования выявлены и реки, отдельным участкам которых свойственна различная степень вклада максимумов в рамках не только одного, но и нескольких сезонов. Так, заметные различия в структуре сезонного распределения максимальных уровней воды свойственны отдельным участкам левого притока Кубани – р. Белой ($F = 5\,990 \text{ км}^2$). В створе пос. Гузерибль для р. Белая характерно смешанное распределение сроков прохождения уровней воды с преобладанием осенних максимумов, повторяемость которых за рассматриваемый период составляет 38% (ah_{max}). В 42 км ниже по течению реки, в створе пос. Каменноостровский, вклад осенних максимумов уменьшается до 29% за период, и в общей структуре сезонного распределения уже преобладают весенние максимумы уровней воды – 39% за период (ph_{max}).

Менее пестрая картина сезонного распределения наблюдается в бассейне Кумы ($F = 33\,500 \text{ км}^2$). На трех гидрологических постах – на р. Золка в створе х. Михайловский, на р. Кума в створе г. Зеленокумск и г. Будённовск, расположенных в пределах участка реки протяженностью около 188 км, за рассматриваемый период максимальные уровни воды наблюдались преимущественно в летний сезон (Eh_{max}). Однако в 64 км выше по течению р. Кума, в створе ст. Александрийская, максимумы уровней воды наблюдались весной в 49% случаев за период (ph_{max}).

Таблица 2.2 – Классификация сезонного распределения сроков прохождения максимальных уровней воды рек Северного Кавказа

Распределение сроков прохождения максимальных срочных годовых уровней воды по сезонам											
весна			лето			осень			зима		
почти исключительно <i>P</i>	преимущественно <i>Ph_{max}</i>	преобладание <i>ph_{max}</i>	почти исключительно <i>E</i>	преимущественно <i>Eh_{max}</i>	преобладание <i>eh_{max}</i>	почти исключительно <i>A</i>	преимущественно <i>Ah_{max}</i>	преобладание <i>ah_{max}</i>	почти исключительно <i>H</i>	преимущественно <i>Hh_{max}</i>	преобладание <i>hh_{max}</i>
–	–	Мзымта <i>(II_a)</i> ; Фарс, Белая (бассейн Кубани) <i>(II_b)</i> ; Кума ¹⁾	Андийское Койсу, Аварское Койсу, Казику- мухское койсу, Самур, Терек, Цея, Урух, Малка, Баксан, Чегем <i>(IV)</i> ; Кубань ²⁾	Кума, Золка, Сулак, Кара- Самур, Курах, Кубань, Уруп, Большая Лаба, Чамлык, Терек, Фиэгдон, Урсдон, Нальчик <i>(III)</i>	Курджипис, Лаба, Малая Лаба <i>(II_b)</i>	–	–	Белая (бассейн Кубани), Шахе, Сочи <i>(II_a)</i>	–	Вулан, Пшиш, Афипс, Убин, Адегой, Адагум <i>(I)</i>	Куапсе, Пшеха <i>(II_a)</i>
Примечание – римскими цифрами показаны номера областей, к которым отнесены участки рек											

¹⁾ Участок р. Кума в створе ст. Александрийская не отнесен ни к одной из областей

²⁾ Участок р. Кубань в створе ст. Ладожская не отнесен ни к одной из областей

2.9.2. Географические закономерности распределения сроков прохождения максимальных уровней воды по сезонам

По данным, представленным в работе [Мироненко, 2023], выполненной в рамках диссертационного исследования, всего на территории Северного Кавказа выделены четыре области (*I–IV*) с характерным сезонным распределением максимальных уровней воды. Три участка рек не отнесены к той или иной области и рассмотрены отдельно.

Для рек **области I**, к которым относятся левобережные притоки в нижнем течении р. Кубань и некоторые реки северо-западной части Черноморского побережья Кавказа (рисунок 2.15), характерно прохождение максимальных уровней воды преимущественно в зимний период (Hh_{max}): повторяемость зимних дат в среднем здесь составляет 64%. Повторяемость весенних и осенних максимумов примерно одинакова – в среднем около 15% случаев. Наименьший процент приходится на летние максимумы уровней воды – в среднем 7%. Хотя участки рек Пшиш, Афипс, Убин, Адегой, Адагум и Вулан отнесены к одной области, в структуре их сезонного распределения максимальных уровней воды видны различия: для р. Вулан, протекающей по Черноморскому побережью, характерна более низкая доля зимних и весенних максимумов и более высокая доля осенних максимумов уровней воды за рассматриваемый период при сравнении с реками бассейна Кубани (приложение 15).

Область II_a представлена преимущественно реками юга Черноморского побережья Кавказа и отдельными участками рек в бассейне Кубани (рисунок 2.15), где процент прохождения годовых максимумов уровней по различным сезонам за рассматриваемый период примерно одинаков. Среди них – р. Куапсе, Шахе, Сочи и Мзымта, а также отдельные участки р. Белая (бассейн Кубани). Распределение максимальных уровней воды по сезонам в среднем по постам здесь можно характеризовать как смешанное с преобладанием осенних дат – около 32% (ah_{max}). Однако в пределах данной области присутствуют и посты с преобладанием зимних (hh_{max}) и весенних (ph_{max}) максимумов уровней воды, причем посты с преобладанием зимних максимумов области II_a тяготеют к её северной части, граничащей с областью I (рисунок 2.15). Таким образом, наблюдается увеличение доли зимних максимумов уровней воды в структуре их сезонного распределения с юга на север Черноморского побережья Кавказа за рассматриваемый период.

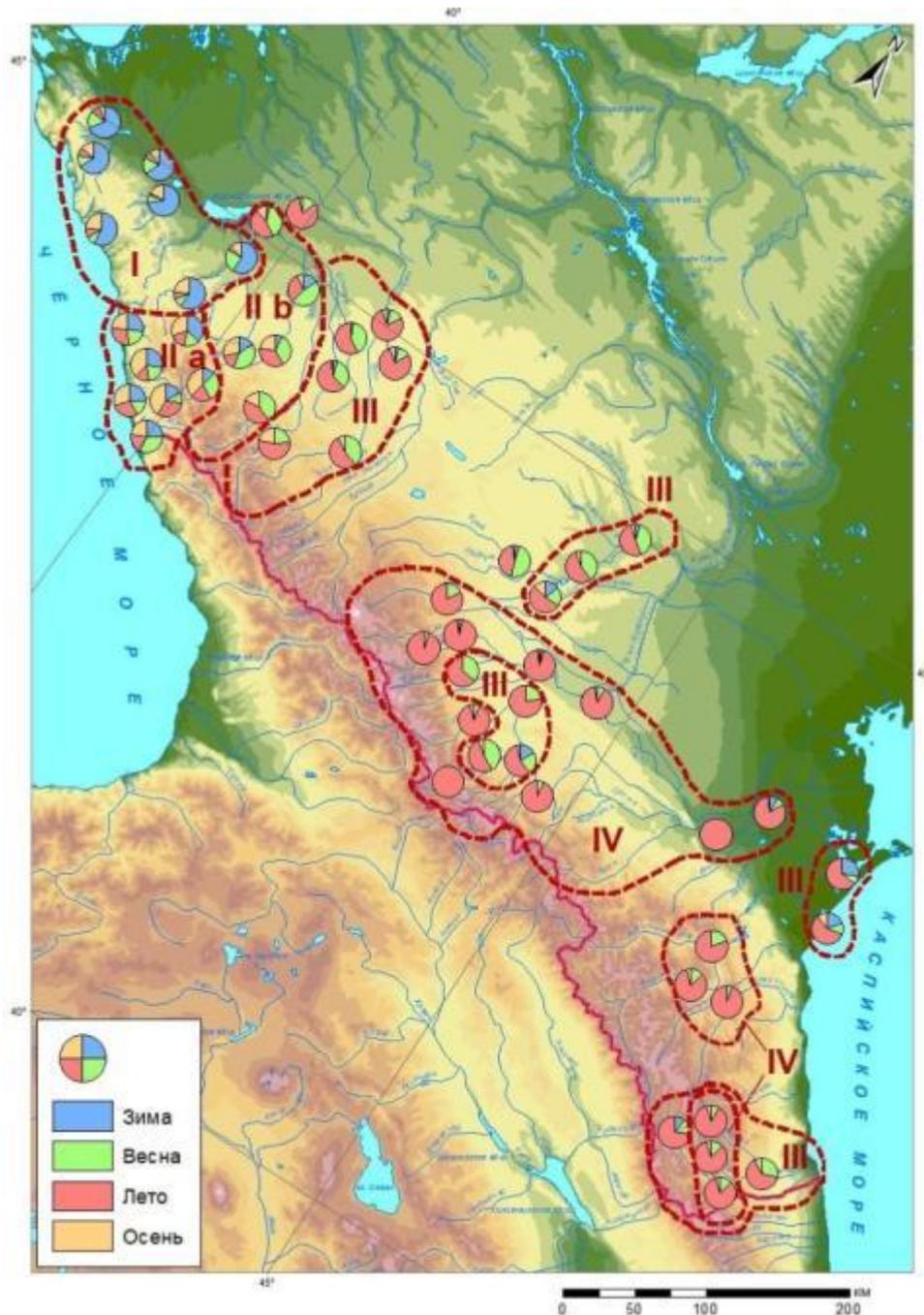


Рисунок 2.15 – Распределение дат прохождения максимальных срочных годовых уровней воды на реках Северного Кавказа за период 1961–2017 гг. по сезонам, % [Мироненко, 2023]

В область II_b входят левые притоки р. Кубань в её среднем течении – р. Белая и р. Лаба, в том числе реки Курджипс, Фарс и Малая Лаба (рисунок 2.15). Для области II_b характерно преобладание постов с летними (eh_{max}) максимумами уровней воды в структуре их сезонного распределения, повторяемость которых в среднем составляет 41% за рассматриваемый период. При удалении от побережья Черного моря вглубь материка на реках увеличивается доля весенних дат прохождения максимальных уровней: появляются гидрологические посты

с преобладанием весенних максимумов (ph_{max}), заметно сокращается вклад зимних максимумов в их сезонное распределение. Таким образом, область II_b является своего рода переходной зоной между областями II_a и III .

Если к областям I и II относятся только реки Черноморского побережья Кавказа и бассейна Кубани, то **область III** включает в себя участки рек пяти крупных бассейнов – р. Кубань, Терека, Кумы, Сулака и Самура (рисунок 2.15). Данная область является самой многочисленной: к ней отнесены участки рек в створе 17 гидрологических постов с преимущественно летними максимумами уровней воды (Eh_{max}). Наибольшая доля летних максимумов уровней воды в среднем по бассейнам свойственна р. Самур (69%), наименьшая – р. Кума (53%), в то время как абсолютный максимум повторяемости в летний сезон зафиксирован на р. Кубань в створе с. Успенское – 43 случая, или 78% за рассматриваемый период. В рамках данной области выделяется бассейн р. Кума, для которого велика доля весенних максимумов уровней воды, в среднем достигающая 33% за рассматриваемый период. Для 15 из 17 гидрологических постов данной области вторыми по повторяемости являются весенние максимумы, составляющие от 13 до 42% в общей структуре сезонного распределения. На двух постах в пределах области III , на р. Сулак в створе пгт Сулак и на р. Терек в створе с. Аликазган, вторыми по повторяемости являются зимние максимумы уровней воды, составляющие 20 и 27% соответственно.

Область IV представлена реками бассейна Терека, Самура и Сулака (рисунок 2.15). К данной области относятся участки рек в створе 16 гидрологических постов, 10 из них – на реках бассейна Терека, три – Самура, три – Сулака. Здесь доля летних максимумов уровней воды в общей структуре сезонного распределения за период наблюдения наибольшая: в среднем для области она составляет 89% при наибольшем значении 100% на р. Цея в створе пгт Бурон и на р. Терек в створе с. Хангиш-Юрт. Значительные доли летних максимумов – выше 90% случаев за период – также отмечены на р. Казикумухское Койсу у с. Гергебиль (95%), на р. Терек в створе г. Владикавказ (93%), р. Урух в створе с. Хазнидон (90%), р. Малка в створе ст. Прохладная (93%), р. Баксан вблизи с. Заюково (95%), р. Чегем у с. Нижний Чегем (95%) [Мироненко, 2023].

Таким образом, для рек Северного Кавказа установлены следующие закономерности в сезонном распределении сроков прохождения максимальных уровней воды за период 1961–2017 гг.:

1. Характерные для северо-восточной части Черноморского побережья Кавказа преимущественно зимние максимальные уровни воды к югу побережья сменяются пестрой картиной сезонного распределения с преобладанием в его структуре осенних максимумов (от области I к области II_a).

2. При удалении от Черного моря к западу, вглубь материковой части, смешанное распределение сроков прохождения максимумов уровней воды сменяется сначала преобладанием весенних максимумов (от области II_a к области II_b), а затем переходит в область с преобладанием летних максимумов в структуре сезонного распределения (от области II_b к области III) (бассейн Кубани). Доля зимних максимумов, напротив, заметно сокращается (от области II_a к области III).

3. При движении с северо-запада на юго-восток Северного Кавказа доля зимних максимумов заметно уменьшается, в то же время в структуре сезонного распределения наблюдаются преимущественно летние или почти исключительно летние максимумы уровней воды (от области I к областям III и IV) (бассейн Самура).

4. Выявлена пространственная неоднородность сезонного распределения максимальных уровней воды в пределах бассейнов крупных рек Северного Кавказа. Различная степень вклада летних максимумов свойственна отдельным участкам рек Кубань, Лаба, Терек, Сулак и Самур (Eh_{max} и E). К рекам с максимумами уровней воды в пределах нескольких сезонов относятся приток р. Кубани, р. Белая (ah_{max} и ph_{max}), и р. Кума (Eh_{max} и ph_{max}).

Классификация рек Северного Кавказа по датам прохождения максимальных уровней воды в пределах тех или иных сезонов, основанная на принципах классификации М. И. Львовича, выполнена впервые. Значимость предложенной классификации заключается в том, что она обобщает основные закономерности распределения максимальных уровней воды по сезонам в регионе. Преимуществом классификации является ее универсальность: она может быть применена к рекам других географических областей. Предложенная классификация также может быть усложнена сведениями о месяцах прохождения максимальных уровней воды на реках, а также информацией о генезисе максимумов уровней воды.

Предложенное районирование рек Северного Кавказа показало свою успешность – области с характерным сезонным распределением максимальных уровней воды географически четко идентифицированы. Это подтверждают и результаты сопоставления предложенной классификации рек Северного Кавказа с картой водного режима рек России и сопредельных территорий [Водный режим ... , 2001], отражающей типы водного режима рек, выделенные на основе данных о внутригодовом распределении стока репрезентативных створов. Несмотря на существенные различия между классификациями, их сопоставление выявило схожие очертания областей с характерным типом сезонного распределения максимальных уровней воды и схожими чертами внутригодового распределения стока. Так, например, границы области III в бассейне Кубани, включающей участки рек с преимущественно летними максимумами уровней воды, повторяют очертания области, к которой по [Водный режим ... , 2001] отнесены горные реки с весенне-летним половодьем. Аналогичная ситуация наблюдается при рассмотрении

области IV, объединяющей участки рек бассейна Терека с почти исключительно летними максимумами уровней воды, очертания которой соответствуют области рек с летним половодьем.

Сопоставление выявило, что на отдельных участках Северного Кавказа одна область с характерным сезонным распределением максимальных уровней воды включает в себе несколько областей с различным типом водного режима рек, при этом, однако, распределение уровней воды по сезонам коррелирует с особенностями распределения наибольшего стока. Так, шесть из семи створов области II_a с наблюдаемым за рассматриваемый период смешанным сезонным распределением максимальных уровней воды ($ah_{max} - hh_{max} - ph_{max}$) находятся в области, для рек которой, по [Водный режим ... , 2001], характерны паводки в течение всего года. Исключение составляет один пост в створе пос. Гузерибль на р. Белая, который отнесен к типу рек с весенним половодьем, в то время как сезонное распределение максимумов уровней воды за период характеризуется как смешанное с преобладанием осенних экстремумов. В область II_b ($eh_{max} - ph_{max}$) предложенной классификации входят реки с дождевыми паводками теплого периода, за исключением участка р. Малая Лаба в створе с. Бурное, который отнесен к типу рек с весенне-летним половодьем, хотя распределение уровней по сезонам определено как смешанное с преобладанием летних максимумов. Сопоставление классификаций в пределах области I (реки с преимущественно зимними максимумами уровней воды) за рассматриваемый период, напротив, выявило их существенные различия. Для участков р. Вулан в с. Архипо-Осиповка и р. Адегой в ст. Шапсугская по [Водный режим ... , 2001] характерны паводки в течение всего года, р. Пшиш в створах г. Хадыженск и ст. Бжедуховская отнесена к типу рек с дождевыми паводками теплого периода. Только три участка на реках Афипс, Убин и Адагум можно привести в соответствие с [Водный режим ... , 2001]: они охарактеризованы как участки рек с паводками преимущественно осенью и зимой.

Показанные различия в районировании рек оправданы, они объясняются тем, что, во-первых, за основу предложенной автором классификации рек Северного Кавказа взяты сведения об уровнях воды, тогда как в классификации [Водный режим ... , 2001] рассмотрен сток воды. Во-вторых, в предложенной классификации тип рек определен по одному параметру – сезону прохождения максимального уровня воды, в то время как в [Водный режим ... , 2001] районирование рек выполнено с учетом возможных различий стока зимнего и летне-осеннего периодов.

При классификации допустимы некоторые исключения и обобщения, присущие и предложенному районированию рек Северного Кавказа. В результате анализа сезонного распределения максимальных уровней воды два участка рек не отнесены ни к одной из областей и выделены отдельно. Так, для участка р. Кубань в створе ст. Ладожская характерны почти исключительно летние максимальные уровни воды за рассматриваемый период – 82% (E), в то

время как близлежащие посты выше по течению (область *III*) имеют преимущественно летние максимумы, не превышающие 78% (р. Кубань – с. Успенское). Однако, ввиду того, что значение повторяемости летних дат, по данным поста в ст. Ладожская, приближено к граничному значению существующей классификации – 80%, с некоторым допущением участок р. Кубань в створе ст. Ладожская можно охарактеризовать тяготеющим к области *III*, хотя в целом его сезонное распределение свойственно участкам рек области *IV*.

Несколько иная ситуация сложилась при исследовании сезонного распределения максимумов уровней воды, зафиксированных на р. Кума в створе ст. Александрийская. Доля весенних максимумов за рассматриваемый период здесь составляет 49% (ph_{max}), что также является практически граничным значением, равным 50%. Однако другие посты на р. Кума, задействованные в исследовании, расположенные ниже по течению, имеют преимущественно летние максимумы (eh_{max}). В данном случае участок р. Кума близ ст. Александрийская назвать тяготеющим к группе рек бассейна Кумы области *III* едва ли допустимо.

2.10. Зависимости между характеристиками максимального стока и морфометрическими характеристиками водосборов

Для рек Северного Кавказа построена зависимость $\Delta H_{max} = f(F)$ (рисунок 2.16), исходя из которой становится очевидным, что необходимо разграничение связей как для рек, сгруппированных по величине водосбора (условно: $<5000 \text{ км}^2$, $5000\text{--}30\,000 \text{ км}^2$, $>30\,000 \text{ км}^2$), так и для рек, относящихся к одному речному бассейну.

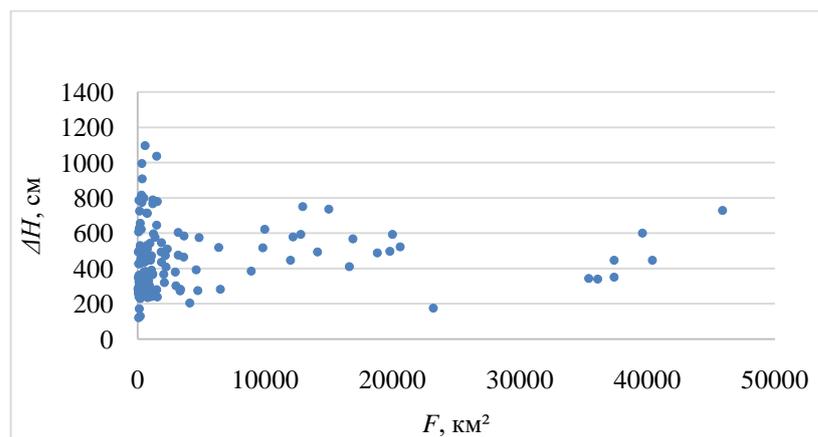


Рисунок 2.16 – Зависимость $\Delta H_{max} = f(F)$ для всех рек Северного Кавказа

Функция $\Delta H_{max} = f(F)$, построенная для бассейна Кумы, описывается полиномом второй степени с достаточно высокой степенью достоверности аппроксимации $R^2 = 0,83$ (рисунок 2.17).

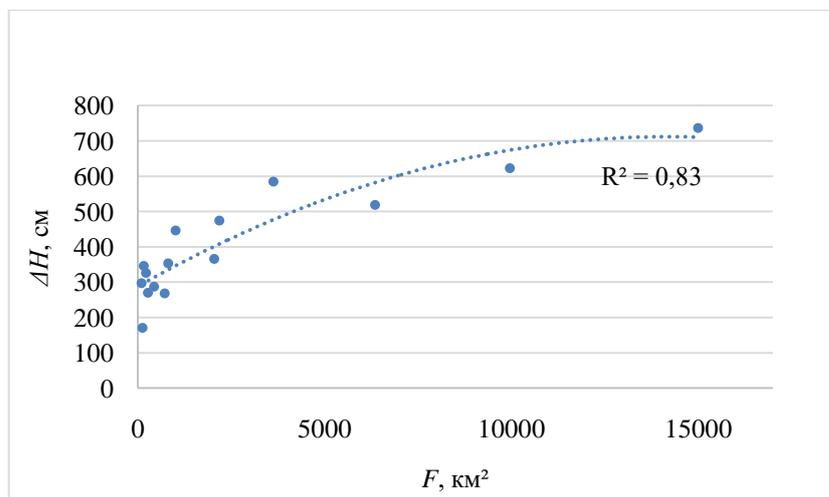


Рисунок 2.17 – Зависимость $\Delta H_{max} = f(F)$ для бассейна Кумы

Для рек бассейна Каспия по характеру связи $\Delta H_{max} = f(F)$ определены следующие группы точек (рисунок 2.18).

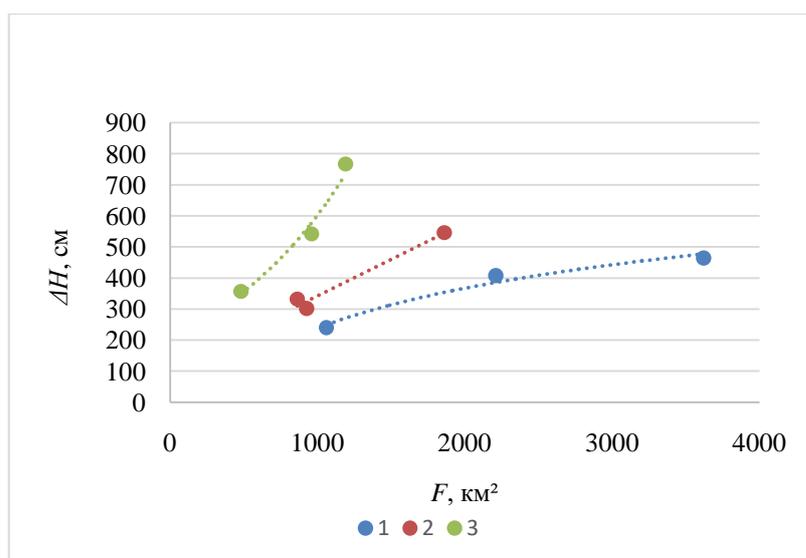


Рисунок 2.18 – Зависимости $\Delta H_{max} = f(F)$ для некоторых рек бассейна Каспия:

- 1 – р. Кара-Самур (с. Лучек), Ахтычай (с. Ахты), Уллучай (с. Маджалис);
- 2 – р. Казикумухское Койсу (с. Гергебиль), Чирахчай (с. Куркент), Самур (с. Лучек);
- 3 – р. Самур (с. Ахты, с. Усучай) и Чирахчай (с. Касумкент)

В бассейне Кубани зависимость $\Delta H_{max} = f(F)$ также неоднозначна, однако прослеживается некоторая связь для отдельных постов на реках Лаба и Кубань (рисунок 2.19).

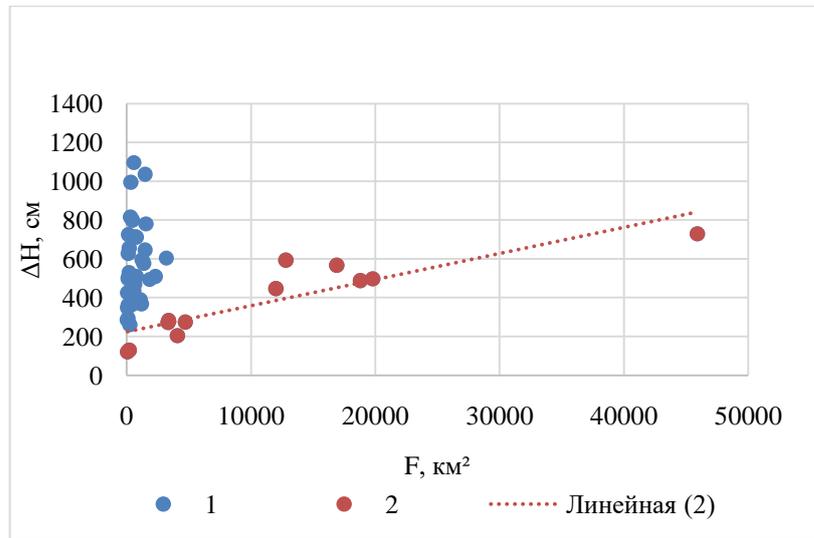


Рисунок 2.19 – Зависимости $\Delta H_{max} = f(F)$: 1 – для рек Северного Кавказа, 2 – для рек бассейна Кубани

Для рек бассейна Черного моря также выявлен ряд зависимостей (рисунок 2.20).

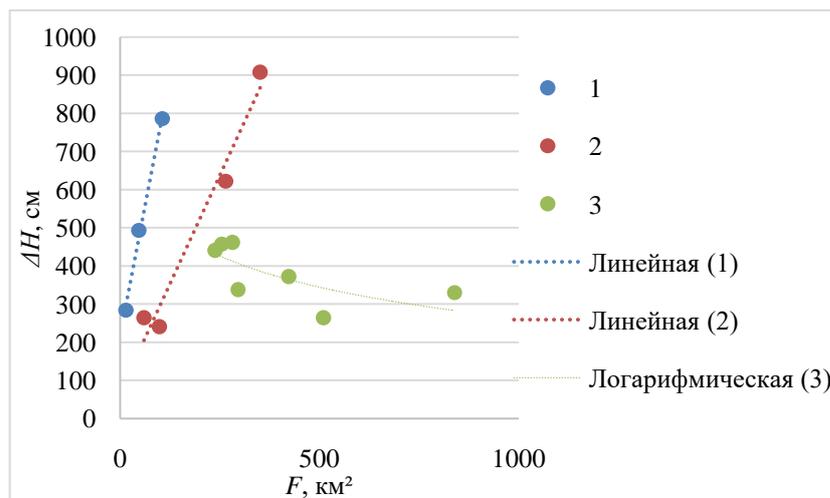


Рисунок 2.20 – Зависимости $\Delta H_{max} = f(F)$ для рек Черноморского побережья Кавказа:
1 – р. Куапсе, Западный Дагомыс, Гостагай, 2 – р. Хоста, Сочи, Вулан, Туапсе,
3 – р. Аше, Сочи, Шахе, Мзымта

При рассмотрении связей типа $\Delta H_{max} = f(F)$ для бассейна Сулака прослеживаются группы точек в пределах определенных значений площадей водосбора, однако делать какие-либо математические обобщения в связи с малой выборкой исходных данных, в данном случае не представляется возможным.

Анализ изменения максимальных за весь период наблюдений годовых срочных уровней воды в зависимости от средней высоты водосбора не выявил определенных связей $H_{max} = f(H_{average})$ для рек Северного Кавказа.

В рамках данной главы рассмотрена гидрологическая изученность рек Северного Кавказа, подробно описаны исходные данные и их источники, изученные в рамках настоящего исследования. Обосновано назначение переломного года для проведения анализа современной изменчивости характеристик максимального стока. По статистически значимому изменению максимальных уровней воды, высокой повторяемости превышения отметок НЯ и ОЯ и подкрепляющих их тенденциях метеорологических параметров, сделан вывод об увеличении современной опасности наводнений в исследуемом регионе. По зависимостям вида $Q_{max} = f(H_{max})$ на некоторых участках рек в створах гидрологических постов установлены направленные русловые переформирования с преобладанием процессов намыва русла. Анализ дат прохождения максимальных уровней воды лег в основу классификации рек по сезонности сроков прохождения максимальных уровней воды и позволил выполнить районирование территории Северного Кавказа с выделением характерных областей. Исследованы и установлены зависимости между характеристиками стока рек и физико-географическими особенностями их водосборов.

3. Картографирование опасности наводнений на реках

3.1. Обзор существующих подходов к оценке опасности наводнений

Опасность наводнения – понятие сложное и многогранное. Как показал обзор подходов к картографированию опасности наводнений, существует множество вариаций оценки данной характеристики. Одни исследователи рассматривают опасность наводнения исключительно с социально-экономической точки зрения [Gallopín, 2006]. Другие оперируют целым комплексом разнородных данных, ставя на один уровень с социально-экономическими показателями гидрологические характеристики [Гладкевич, Терский, Фролова, 2012; Hydrological hazards ... , 2017]. Некоторые авторы полагают, что для оценки опасности наводнений достаточно данных дистанционного зондирования Земли [McCoy, 2017; Rahman, Thakur, 2018]. Имеют место и уникальные оценки опасности наводнений, руководствующиеся спутниковыми данными в совокупности с информацией, предоставленной пользователями социальных сетей [Hung, Wang, Yarnal, 2016].

Существуют исследования, анализирующие важность информации очевидцев для оценки ущерба от наводнений [Poser, Dransch, 2010]. Более того, некоторые авторы обозначают возможность использования присылаемых очевидцами наводнений материалов для оценки таких характеристик потока, как скорость и уровень подъёма воды [Crowdsourced data ... , 2016].

Ввиду большой серьёзности и необратимости последствий наводнений исследователи прибегают к использованию различных моделей [Causes and systematic ... , 2016; A place-based model ... , 2008; Keskitalo, Carina, 2013], позволяющих спрогнозировать это опасное природное явление и своевременно оповестить население об опасности.

Не позволяет унифицировать подходы к картографированию опасности наводнений и разнообразие методов подсчёта выбранных для оценки опасности показателей. Важную роль играет выбор градации и единицы картографирования опасности, существенно влияющий на результат.

Анализ трудов по данной проблематике показал, что большинство исследователей не ограничиваются одним лишь понятием опасности наводнения, что ещё раз подтверждает масштабность и значимость проблемы опасности наводнений. Повсеместно в научных работах используются такие понятия, как риск, уязвимость, подверженность. Авторы исследования [Гладкевич, Терский, Фролова, 2012] так трактуют некоторые из них:

Природная опасность – угрожающее событие или вероятность проявления потенциально разрушительного явления с указанием места и времени его развития. Опасность определяется всем комплексом природных условий территорий, от которых зависит вероятность развития опасного явления и его интенсивность.

Природный риск – ожидаемые потери (от гибели и потери здоровья людей, потери собственности, нарушения хозяйственной деятельности), обусловленные проявлением конкретной природной опасности в данном районе за определенный период времени. Расчет риска производится на основе оценки опасности и уязвимости;

Уязвимость – степень потерь, возникающих в результате развития потенциально опасного явления. Уязвимость является функцией способности социальных, физических и экономических структур противостоять опасности [Гладкевич, Терский, Фролова, 2012];

Подверженность (риск) – свойство объекта, характеризующее его способность попасть под неблагоприятное воздействие опасного явления [Богоявленский, 2010].

Приведенные понятия часто подвергаются картографированию при рассмотрении вопроса наводнений на реках, не имея, однако, единых расчетных формул. Удостовериться в этом позволяет исследование мирового опыта по данному вопросу.

Картографируемые характеристики и методы их оценки

Карты *опасности наводнений* наиболее широко представлены в научной литературе, при этом способы их построения разнообразны. Так, составители карты опасности наводнений и паводков Атласа природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций (далее – Атлас, Атлас ЧС) [Атлас природных ... , 2008] включили в понятие опасности гидрологические характеристики – площадь затопления поймы, максимальный уровень подъёма воды, повторяемость превышения максимального уровня воды. Таким образом, каждому уровню опасности соответствуют диапазоны значений принятых во внимание параметров. Каждый уровень опасности в Атласе ЧС соответствует определённому масштабу чрезвычайной ситуации (далее – ЧС), что придаёт карте конкретику, необходимую для подобного Атласа. При создании карты природной опасности наводнений [Hydrological hazards ... , 2017] также был выбран ряд гидрологических показателей, однако несколько более широкий: помимо прочих характеристик Атласа ЧС, здесь присутствуют средняя продолжительность наводнения и русловые факторы. Отличие состоит и в том, что для оценки природной опасности наводнений использован некий интегральный показатель, включающий в себя выбранные гидрологические параметры с определёнными весовыми коэффициентами. Подобный подход применён при создании карты опасности наводнений [Экстремальные гидрологические ситуации, 2010] и карты их интенсивности [Природные опасности ... , 2001]. Комплексный анализ опасности наводнений с учётом как природных, так и социально-экономических факторов, проведен группой исследователей [Гладкевич, Терский, Фролова, 2012] (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Схема выбора показателей для оценки опасности (риска) наводнений
[Гладкевич, Терский, Фролова, 2012]

Комплексный подход к выбору факторов оценки наводнений имеет и классификация МГУ [Alexeevskiy, Magritsky, 2013], имеющая четыре группы риска в зависимости от уровня наводнения и его последствий (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Классификация наводнений, разработанная МГУ [Alexeevskiy, Magritsky, 2013]

Risk level (уровень риска)	Main parameter to range (главный параметр)
Moderately dangerous (умеренно опасные)	Exceeding unfavourable levels (превышение неблагоприятных отметок)
Dangerous (опасные)	Exceeding dangerous levels (превышение опасных отметок)
Highly dangerous (очень опасные)	Human victims, large flood depth, etc. (человеческие жертвы, большая глубина затопления и проч.)
Catastrophic (катастрофические)	Return period more than 50 years (период повторения более 50 лет)

Оценка *уязвимости территории к наводнениям* в основном построена на использовании набора социально-экономических факторов. Так, расчёт индекса уязвимости (I) для территории Азово-Черноморского побережья Краснодарского края [Земцов, Крыленко, Юмина, 2012] осуществлялся исходя из индекса восприимчивости (I_v), недостаточности ликвидационных ($I_{илс}$) и адаптивных способностей ($I_{нас}$), за каждым из которых в свою очередь стоял набор факторов. Индекс уязвимости социально-экономической сферы территории при наводнениях [Гладкевич, Терский, Фролова, 2012] определялся с учётом таких показателей, как плотность населения, доля населения в зоне потенциального затопления, стоимость основных фондов и др. Иной подход к определению уязвимости предлагают составители карты уязвимости субъектов РФ к природным источникам ЧС: уязвимость здесь рассматривается как отношение общего числа реализовавшихся источников природных ЧС к количеству вызванных ими ЧС [Атлас природных ... , 2008]. Стоит отметить, что в Атласе ЧС отсутствует количественное выражение индекса уязвимости, что затрудняет сопоставление оценок уязвимости территории разных авторов.

Оценка *подверженности территории наводнениям* обычно не содержит значительных математических выкладок и определяется на основании данных о доле населения, проживающей на затапливаемых территориях, как в исследовании [Земцов, Крыленко, Юмина, 2012].

Расчёт индексов уязвимости и подверженности территории наводнениям – чаще всего промежуточный этап; нахождение данных характеристик выполняется для возможности дальнейшего определения риска наводнений. Так, для территории Азово-Черноморского побережья Краснодарского края социально-экономический риск определяется как произведение индексов подверженности и уязвимости и их весовых коэффициентов [Земцов, Крыленко, Юмина, 2012]. Риск как произведение вероятности опасного явления и ущерба от его прохождения определяют и другие отечественные учёные [Магрицкий, Иванов, 2011].

Методам оценки *рисков наводнений* также посвящено достаточное количество научных работ. Большое внимание им уделяется в труде [Shalikovskiy, Kurganovich, 2016]. Исследователи рассматривают оценку риска наводнения с точки зрения вероятности его возникновения. В данном случае возникает проблема отсутствия гидрологических данных, что делает невозможным использование гидродинамических моделей для прогнозирования паводков. Другим недостатком вероятностного подхода, по мнению авторов, является игнорирование таких факторов риска, как глубина потока, его скорость и продолжительность наводнения. Учёные приводят оценку риска наводнений с точки зрения максимального ущерба, при этом оперируя данными о численности населения, занимаемой им площади, об объектах инфраструктуры. В данном случае решить проблему отсутствия исходных данных помогает их осреднение по регионам. Однако данное упрощение оказывается неприменимым в условиях горных территорий. Интересной представляется точка зрения исследователей на оценку риска наводнений

на основе долгосрочного фактического ущерба. Этот метод удобен в силу легкости проведения крупномасштабного зонирования риска различных территорий, но имеет свои недостатки, среди которых – трудности приведения суммарного ущерба за разные периоды к единообразию, изменение методов расчета ущерба и изменение моделей землепользования в поймах [Shaliovskiy, Kurganovich, 2016].

Наиболее популярным методом для оценки риска наводнений, также описанным авторами, является применение метода подсчета очков, где уровень риска наводнения определяется в зависимости от комбинаций факторов риска. При этом рассчитывается величина параметра, определяющего уровень риска. Этот метод нашел отражение в труде [Гладкевич, Терский, Фролова, 2012], где рассматриваются факторы, характеризующие уязвимость территории к наводнениям. Аналогичные показатели использованы и в исследовании [Hydrological hazards ... , 2017]. Другим примером реализации системы подсчета очков для оценки риска наводнений является применение в качестве главных факторов продолжительности наводнений, площади затопления и степени тяжести его последствий [Brakenridge, 2015]. Подсчет очков в свою очередь может выполняться посредством различных методов. Это непараметрические методы, из которых наиболее популярный при оценке рисков наводнений – метод PATTERN (Planning Assistance Through Technical Relevance Number). Метод является подходящим для решения данного рода задач в связи с тем, что он практически индифферентен к искажениям и ошибкам в исходных данных. Этот и некоторые другие положительные аспекты метода делают его наиболее часто используемым в работах специалистов в области географии [Гладкевич, Мозгунов, 2010; Гладкевич, Терский, Фролова, 2012; Hydrological hazards ... , 2017]. С помощью последовательного выполнения действий в рамках метода PATTERN осуществляется переход от частных показателей к единому, интегральному, путем расчета среднего арифметического оценок значений индикаторов регионов в процентах к наилучшим значениям. Основные параметры, используемые в методе PATTERN, – нормированные значения рассматриваемых показателей для каждого региона, наилучшие значения используемых показателей, обобщающий показатель региона, характеризующий рассматриваемое явление. В качестве индикаторов при этом используются нормированные на наибольшие значения (X_{max}) величины рассматриваемых характеристик субъектов (X_{ij}).

При использовании метода PATTERN для оценки возникновения паводковой опасности в некоторых случаях (отсутствие исходных данных, неполное представление о рассматриваемом явлении) исследователи видят необходимость в привлечении к расчетам квалиметрического коэффициента, то есть в дополнительной оценке значимости тех или иных параметров [Азгальдов, 1982].

Применимой в исследованиях опасности наводнений является методика В. А. Бузина [Buzin, 2008], наиболее подходящая для ледовых условий на реках.

Понятие риска в [Kron, 2005] определяется тремя составляющими – опасностью, то есть угрожающим природным явлением с вероятностью его наступления, материальными или другими ценностями, находящимися в зоне потенциального риска, и уязвимостью. При этом риск определяется произведением этих компонентов. Однако на практике возникновение всех трех событий с одинаковой вероятностью, по мнению автора, практически никогда не встречается, в то время как всегда наблюдаются комбинации разных факторов различной вероятности. В таком случае риск наводнения с расходом Q , согласно [Kron, 2005], будет определяться по формуле (3.1):

$$R = \int_{Q_a}^{\infty} C(Q) * f(Q)dQ, \quad (3.1)$$

где $C(Q)$ – затраты или потери, вызванные наводнением с расходом Q ;

$f(Q)$ – плотность распределения вероятности Q .

Вычисление данного интеграла должно производиться для региона со значением расхода Q_a , при котором начинают происходить потери. Используя однопараметрическое экспоненциальное распределение, автор предлагает формулу определения риска R , отмечая при этом, что ее использование возможно в ограниченном количестве случаев в связи недостаточным количеством исходной информации [Kron, 2005].

В немецкой практике страховых компаний широкое применение получил метод PML (Probable Maximum Loss), позволяющий оценить максимальный ущерб в результате прохождения экстремального события [Woo, 2002]. Модели PML долгое время используются для расчета максимальных потерь от шторма или землетрясения, в то время как аналогичная оценка в результате прохождения наводнения была недоступна. Данный факт связан с более высокими требованиями к детальности при оценке ущерба от наводнений, предполагающей подробное изучение характера подстилающей поверхности, сведений о высоте территории и эффективности мер борьбы с наводнениями. Модель, разработанная Munich Reinsurance Company совместно с Institute of Applied Water Resources and Geoinformatics, стала первой моделью, позволяющей провести анализ наводнений в Германии [Kron, Willems, 2002]. При рассмотрении восьми различных сценариев было определено пять регионов, которые одновременно подвергаются затоплению территорий (рисунок 3.2).

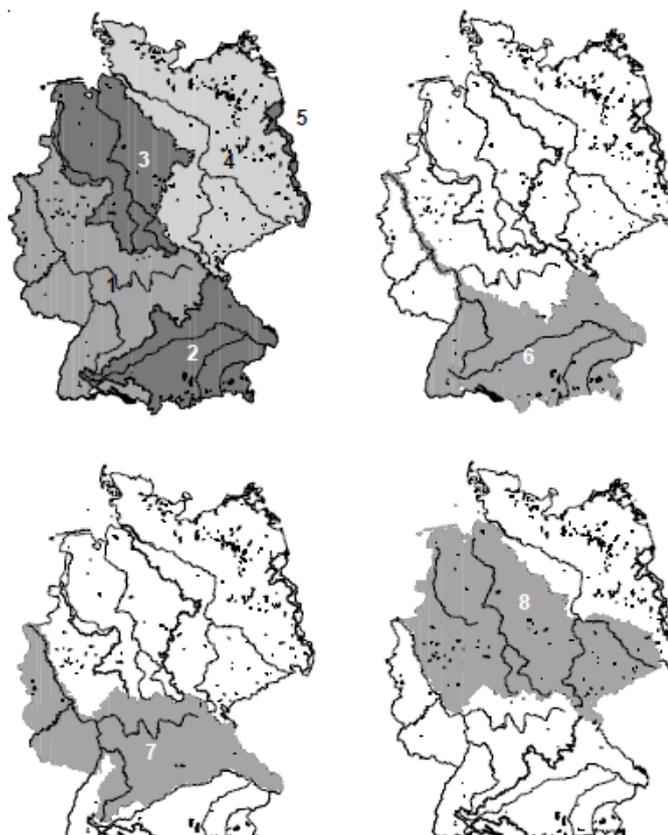


Рисунок 3.2 – Сценарии подъема уровня для оценки потерь во время наводнений в Германии
(1 – Rhine; 2 – Danube; 3 – Weser-Ems; 4 – Elbe; 5 – Odra;
6 – South; 7 – Centre; 8 – North) [Kron, Willems, 2002]

Расчет в данной модели предполагает выполнение следующих пяти этапов:

1. Гидрологический анализ, заключающийся в определении значений расходов воды заданной вероятности с помощью гидрологической стохастической регионализации.
2. Гидравлический анализ, в ходе которого с помощью цифровой модели рельефа выполняется определение соответствующих им расходов воды и затопленных участков.
3. Пространственный анализ, состоящий в выявлении затопленных населенных пунктов.
4. Анализ «кошелька», или ожидаемых потерь по количеству поврежденных объектов и величине средних потерь на основе почтового индекса.
5. Суммирование значений потерь для всех почтовых индексов в рассматриваемой зоне затопления для получения вероятных максимальных потерь.

Для оценки природно-социальных рисков с целью безопасности населения и территории группа исследователей [Methodology of natural risk ... , 2017] предлагает использовать понятие интегрального риска, обобщающего физические, социальные, экономические и экологические риски. При этом рассматриваются две основные математические модели формирования риска, к которым сводятся существенные генетические различия между природными опасностями.

Первая модель описывает риск как мгновенно возникающий, спорадический процесс, вторая – как постоянно существующий, непрерывный во времени и пространстве. Оценку природно-социальных рисков с целью принятия превентивных мер, или снижения рисков, авторы выполняют, рассматривая комплексный естественный риск шести стихийных бедствий, в том числе наводнений. В работе [Seismic risk ... , 2017], посвященной изучению вопроса оценки риска землетрясений, также можно обнаружить некоторые аспекты и подходы, применимые в оценке риска наводнений.

3.2. Способы изображения опасности наводнений на географических картах

Подходы к картографированию опасности наводнений

Термины, рассмотренные в разделе 3.1, в разной степени отражают опасность наводнений на реках. Анализ тематических исследований показал, что в большинстве случаев для их количественной оценки используются различные функции, позволяющие учесть с разной степенью важности тот или иной фактор, придав им некоторый вес. В качестве таких функций для оценки опасности наводнений могут быть использованы как линейные зависимости [Бужин, 2004], так отдельные методы – WorldRiskIndex [Земцов, Крыленко, Юмина, 2012], PATTERN [Гладкевич, Мозгунов, 2010; Гладкевич, Терский, Фролова, 2012; Hydrological hazards ... , 2017]. Таким образом, понятия опасности наводнения, риска наводнения и прочие представляют собой некие общие интегральные показатели. В этом заключается *первый подход* к оценке опасности наводнений на реках, имеющий достаточно высокую степень применения в рамках работ данной направленности.

Второй подход к оценке опасности наводнений заключается в построении серий карт, отражающих распределение того или иного показателя опасности наводнений. В качестве подобных показателей могут выступать такие, как повторяемость наводнений, максимальный уровень затопления, ущерб в рублях, число возможных жертв, численность населения, проживающего в зоне потенциального затопления, и т.д. [Экстремальные гидрологические ситуации, 2010; Природные опасности ... , 2001]. Данный подход также является комплексным по своей сути, что заключается в совместном анализе карт распределения параметров опасности, однако отличие состоит в отсутствии необходимости расчета интегрального показателя, в некотором смысле не дающего конкретной информации об опасности наводнения.

Третий подход к оценке опасности наводнений на реках имеет существенные отличия от первых двух. Он заключается в применении различных инструментов моделирования.

В литературе встречаются примеры крупномасштабного картографирования опасности наводнений для отдельных, наиболее опасных, участков рек. Такое картографирование обычно

осуществляется в случае использования для оценки опасности наводнений инструментов гидрологического моделирования. С этой позиции рассмотрены катастрофические паводки 2012 г. на реках Северного Кавказа И. В. Шевердяевым [Шевердяев, 2017].

Методами численного гидродинамического моделирования восстановлены условия прохождения катастрофических паводков 2012 г. в г. Крымск [Численное гидродинамическое моделирование ... , 2014].

Часто при попытках оценки опасности наводнений моделированию подвергают гораздо большие площади. Задачи с подобной формулировкой выходят за рамки населенных пунктов и решаются в границах единиц административно-территориального деления (далее – АТД), отдельных регионов и даже государств. В таких случаях применение гидравлических моделей становится невозможным. Одним из методов решения является Flood Damage Modeling, в последние десятилетия набирающий всю большую популярность [Dutta, Herath, Musiaka, 2003; Integrated hydrodynamic ... , 2008; Effects of variability ... , 2018]. Суть данного метода заключается в том, что установление границ зоны затопления при прохождении экстремальных уровней воды позволяет в дальнейшем установить количество попавших в зону затопления объектов инфраструктуры и величину ущерба [Evaluating flood ... , 2007; Integrated hydrodynamic ... , 2008], определить численность населения в потенциальной зоне затопления [Wagenaar, Jong, Bouwer, 2017], тем самым выявив зависимости между гидрологическими и социально-экономическими составляющими оценки ущерба («*damage functions*») [Apel, Merz, Thielen, 2008; A seismological ... , 2016]. Подобные связи используются для оценки ущерба и в смежных областях наук [Totschnig, Sedlacek, Fuchs, 2011; Loss estimation ... , 2015].

Единицы картографирования

Выбор единицы районирования опасности наводнений является важной задачей. Масштаб единицы картографирования напрямую зависит от локализации решаемой задачи. Так, для задач, решаемых для территорий большой площади, наиболее удачным оказывается выбор того или иного уровня административно-территориального деления: для России это округа, субъекты [Гладкевич, Терский, Фролова, 2012; Национальный атлас ... , 2007; Hydrological hazards ... , 2017], районы [Земцов, Крыленко, Юмина, 2012; Магрицкий, Самохин, Юмина, 2013] и проч. Избранный показатель опасности определяется для каждой выбранной единицы площади.

Существуют и локальные задачи, требующие выполнения картографирования опасности наводнений для территорий небольшой площади. В данном случае уместней всего прибегнуть к инструментам гидрологического моделирования [Беликов, Милитеев, 1992], учитывающего характер рельефа, подстилающей поверхности, характеристик потока и русла и иных входных данных.

Установлено, что опасность наводнения – абстрактное и условное понятие, не имеющее фиксированного количественного или качественного выражения. Опасность можно выразить с помощью как отдельных факторов: количества жертв и пострадавших, материального ущерба в денежном эквиваленте, максимального уровня затопления и продолжительности его стояния и т.д., так и их комбинаций. Значительная вариативность используемых показателей, единиц районирования и методов учета показателей определяет право существования многообразия подходов к картографированию опасности наводнений на реках.

3.3. Обзор картографических изображений, посвященных опасности наводнений на реках Северного Кавказа

В данном исследовании в качестве исходных данных выступают картографические материалы, собранные в результате анализа литературы, посвященной изучению наводнений на Северном Кавказе. В работе [Мироненко, Рец, Фролова, 2018], выполненной в рамках диссертационного исследования, проведен обзор восемнадцати карт, созданных отечественными исследователями, сопоставлены использованные при создании карт подходы к оценке опасности наводнений, генерализации информации и районированию.

Несмотря на непосредственное отношение к проблеме наводнений на северокавказских реках, карты имеют различную тематику. В данной работе рассмотрены три карты, посвященные уязвимости изучаемой территории к наводнениям и природным источникам ЧС в целом, пять карт опасности наводнений, шесть карт риска ЧС, в том числе наводнений, три карты повторяемости наводнений и ЧС, связанных с водным режимом, одна карта подверженности территории наводнениям [Мироненко, Рец, Фролова, 2018]. В приложении 16 представлено сопоставление картографических обобщений, посвященных опасности наводнений на реках Северного Кавказа.

Границы выделенных районов на каждой из рассматриваемых карт в пределах исследуемой территории были оцифрованы посредством программного комплекса ArcGIS. После этого производилось сравнение карт по следующим параметрам: картируемой характеристике и показателям, используемым при её расчете, единицам районирования, количеству выделяемых при районировании классов. В некоторых случаях, где это целесообразно, карты накладывались друг на друга для сопоставления контуров выделения опасных участков по различным критериям.

Анализ картографических изображений, посвященных наводнениям на Северном Кавказе, выявил разнообразие подходов, используемых авторами при их построении, а также обнаружил ряд сходств при выполнении районирования территорий исследуемых регионов [Миро-

ненко, Рец, Фролова, 2018]. В первую очередь, в ходе обзора литературы, авторы отметили, что карты, так или иначе характеризующие влияние наводнений на население и селитебные и сельскохозяйственные территории, имеют различную тематику. Так, выявлены карты, посвященные уязвимости и подверженности территории к наводнениям, карты опасности наводнений, карты риска ЧС (в данном случае – наводнений). Отдельным блоком авторы выделяют карты повторяемости наводнений.

Карты опасности наводнений

Обратимся к картам опасности наводнений, встречающимся в научной литературе довольно часто. В данном исследовании [Мироненко, Рец, Фролова, 2018] задействовано пять картографических изображений по данной теме, подходы к построению которых заметно различаются. Основное отличие карт состоит в выборе картографируемого показателя. Рассмотрим карту природной опасности наводнений (приложение 16, п. 1) (рисунок 3.3). В ее основе лежит индекс природной опасности наводнений, рассчитываемый исходя из так называемых природных факторов наводнения – максимальной глубины затопления, средней продолжительности наводнения, доли потенциально затопленной площади, руслового фактора и других [Hydrological hazards ... , 2017].

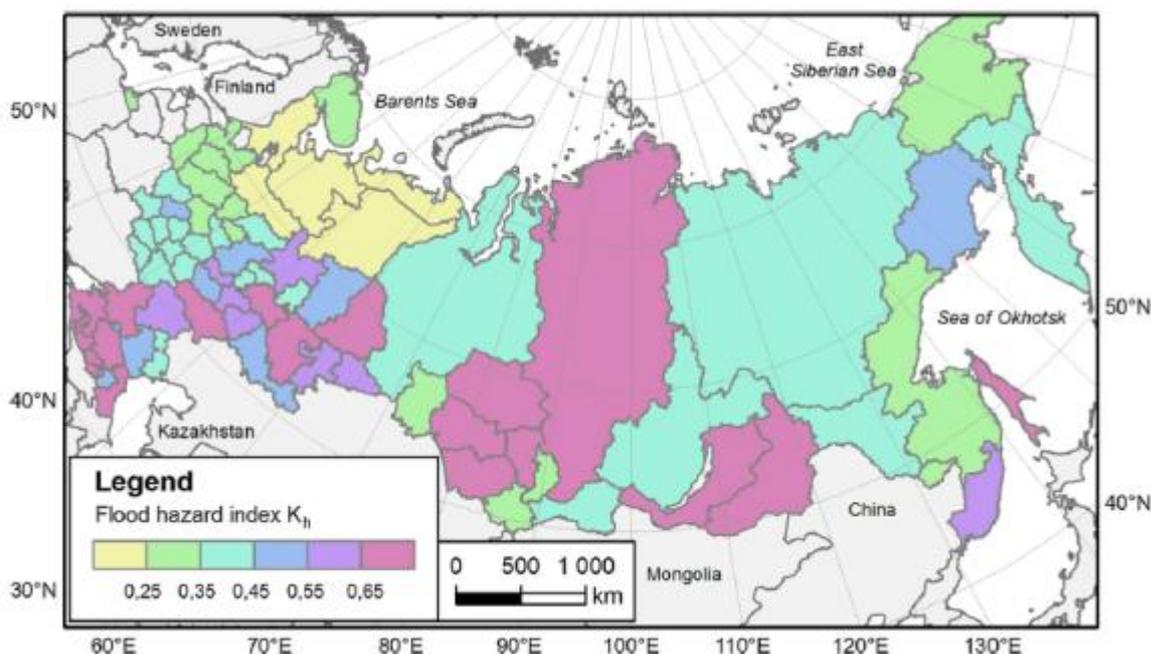


Рисунок 3.3 – Карта опасности наводнений в субъектах РФ [Hydrological hazards ... , 2017]

В другой работе (приложение 16, п. 3) исследуемая территория районирована в зависимости от значения интегрального коэффициента, при расчете которого, помимо выше-

упомянутых природных факторов, используется ряд социально-экономических показателей [Гладкевич, Терский, Фролова, 2012] (рисунок 3.4).

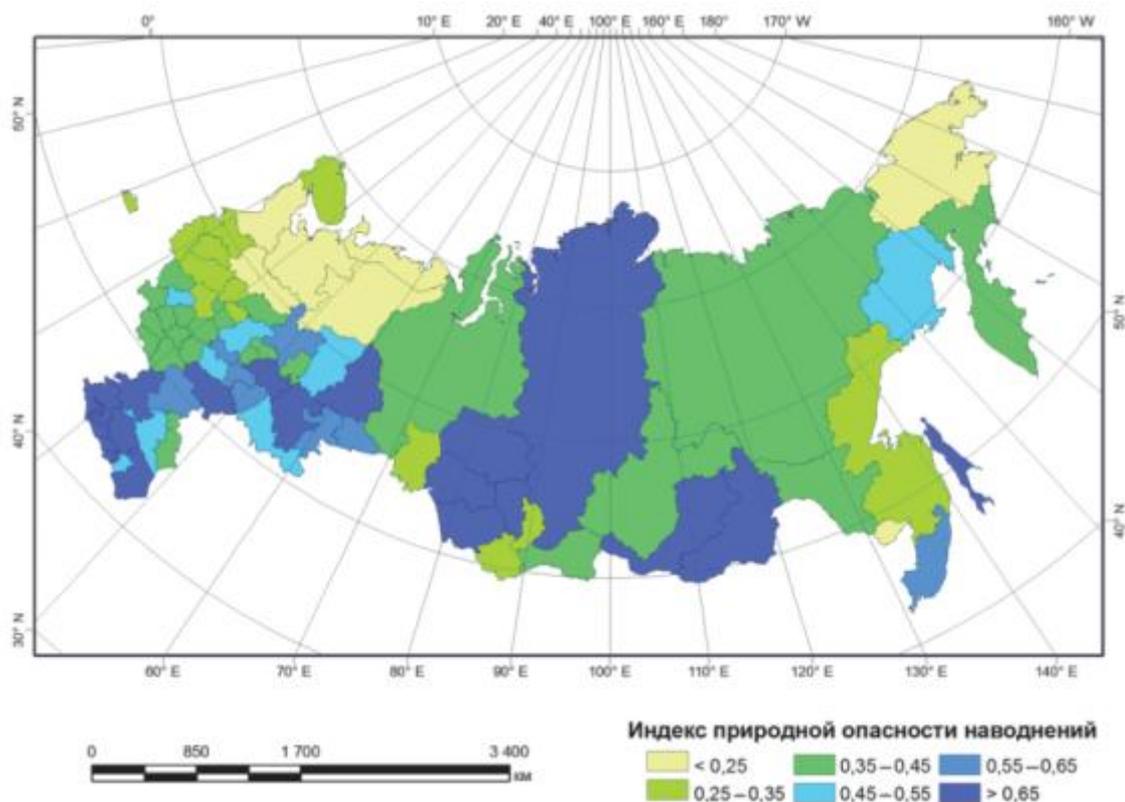


Рисунок 3.4 – Карта индекса природной опасности наводнений в субъектах РФ [Гладкевич, Терский, Фролова, 2012]

Районирование территории, представленное в Атласе ЧС (приложение 16, п. 2), выполнено с опорой на природные характеристики опасности наводнения, что объединяет его с картой из п. 1 приложения 16. Однако в Атласе набор природных показателей более узкий: он не включает в себя среднюю продолжительность наводнения и характеристики потока, описывающие рельеф русла [Атлас природных ... , 2008]. Отличие состоит и в выборе единицы районирования: в Атласе классификация опасности территории производится без привязки к единицам АТД. Интерес районирования, представленного в Атласе, состоит в том, что, во-первых, опасность наводнений соотнесена с масштабом ЧС, во-вторых, значения показателей, лежащих в основе классификации, выделены в легенде с соответствующими каждому классу опасности диапазонами. Оставшиеся две карты опасности наводнений, имеющие в своей основе несколько иной подход к картографированию, рассматриваются ниже.

Карты уязвимости и подверженности к наводнениям

Если картами опасности наводнений оперируют достаточно часто в ходе изучения вопросов, связанных с опасностью наводнений, то карты уязвимости и подверженности территории наводнениям встречаются довольно редко.

Обратимся к картам уязвимости территории Северного Кавказа к наводнениям. Для построения подобных карт в основном используются общие показатели, касающиеся социально-экономической сферы – плотность населения, доля населения в зоне потенциального затопления, стоимость различных фондов и другие (приложение 16, п. 8). Однако некоторые исследователи данной проблематики [Земцов, Крыленко, Юмина, 2012] стараются учесть как можно больше аспектов, характеризующих готовность к опасным наводнениям, способность устранить их последствия и приспособиться к изменениям окружающей среды после прохождения наводнения (приложение 16, п. 7) (рисунок 3.5). Хотелось отметить и тот факт, что в упоминаемом исследовании, охватывающем Азово-Черноморское побережье Краснодарского края, районирование производилось на уровне муниципальных образований, что позволило более детально оценить степень уязвимости различных районов субъекта РФ. Расчет индекса уязвимости другим коллективом авторов [Гладкевич, Терский, Фролова, 2012] выполнялся для субъектов РФ (приложение 16, п. 8) (рисунок 3.6).

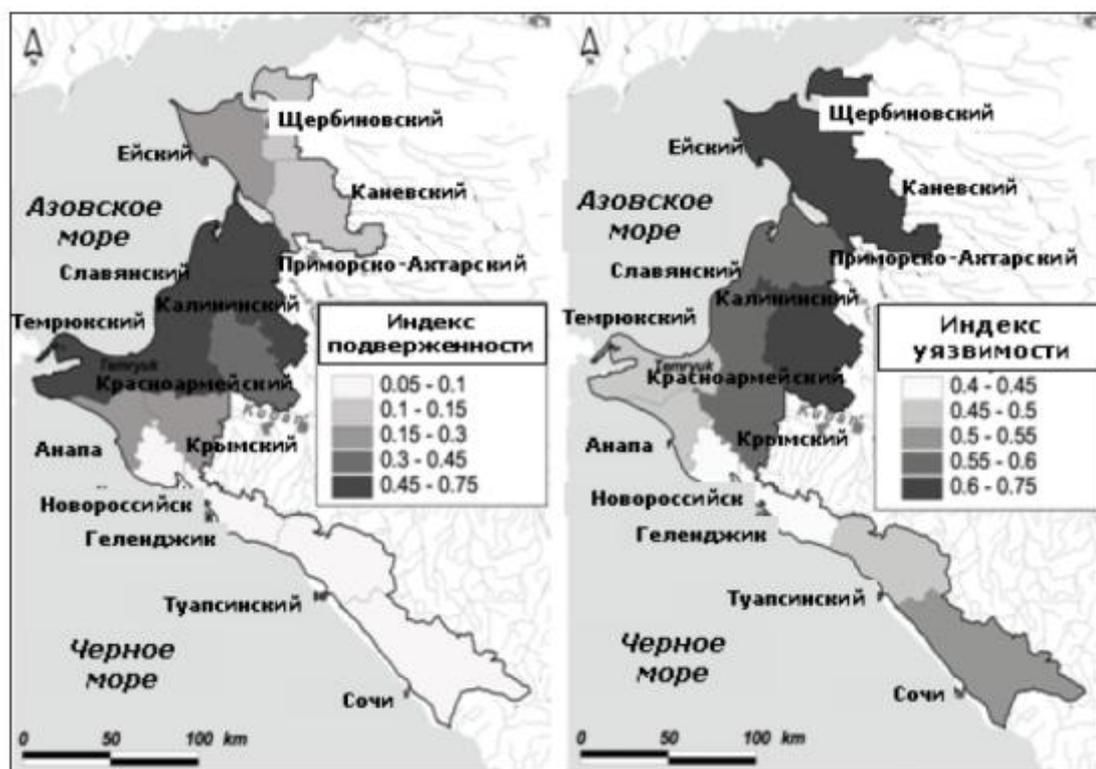


Рисунок 3.5 – Картосхемы индекса подверженности и уязвимости в прибрежных зонах Азово-Черноморского побережья Краснодарского края [Земцов, Крыленко, Юмина, 2012]

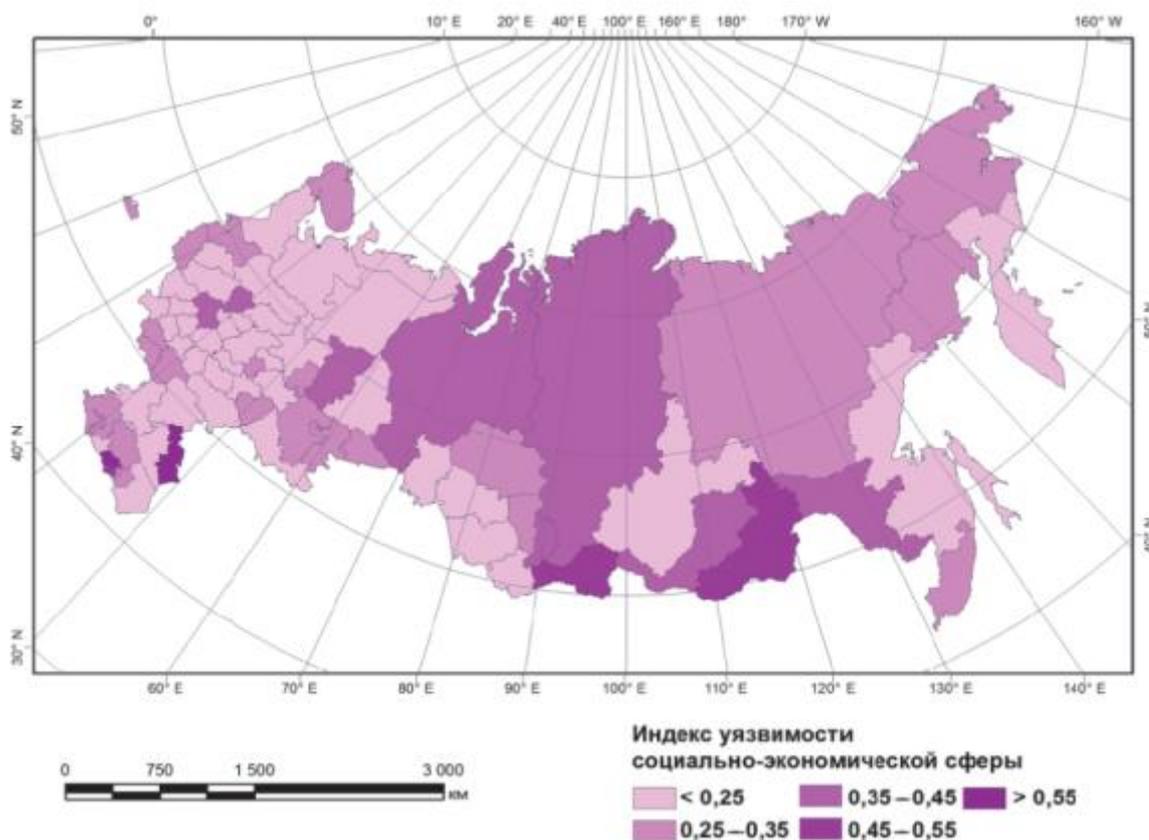


Рисунок 3.6 – Карта социально-экономической уязвимости субъектов РФ при наводнениях [Гладкевич, Терский, Фролова, 2012]

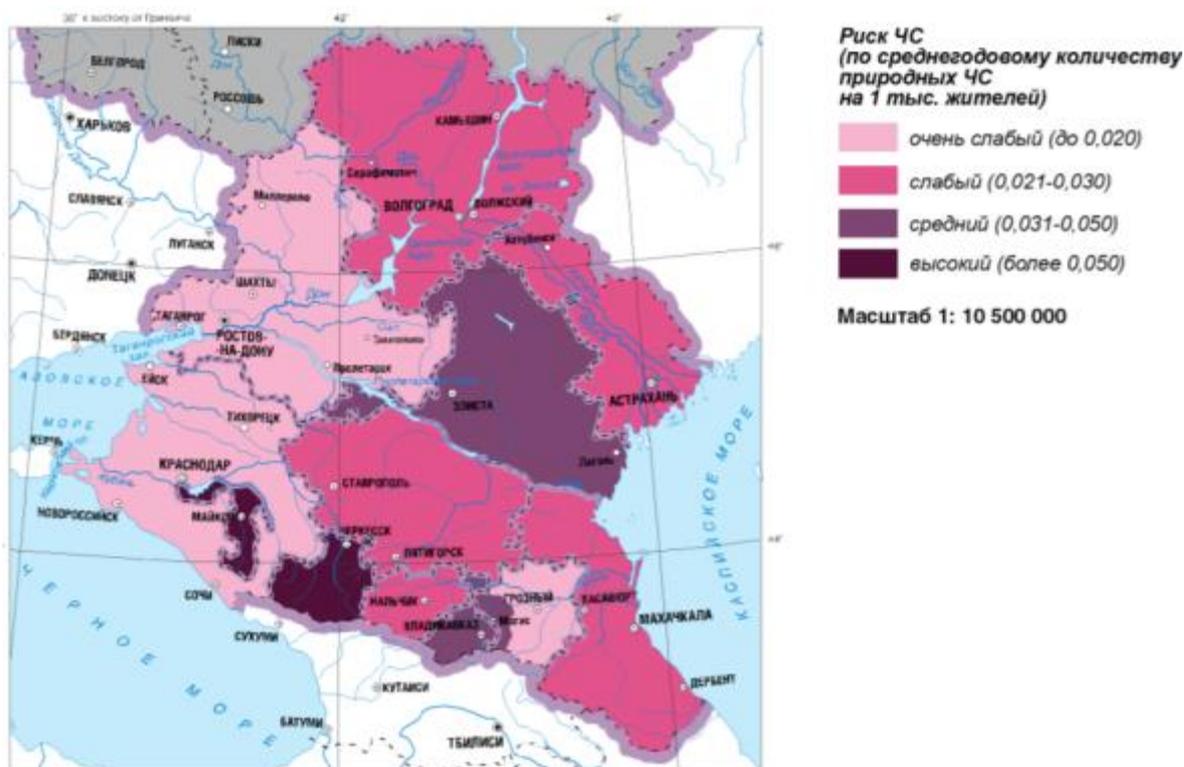
Совершенно иной подход к определению уязвимости представлен в [Атлас природных ... , 2008]. В нем под уязвимостью территории понимается исключительно число реализовавшихся источников природных ЧС к количеству вызванных ими ЧС (приложение 16, п. 6). Оценка степени уязвимости территории исследуемого региона к наводнениям в данном случае является более общей и показывает, что для Северного Кавказа характерна уязвимость ниже среднего по РФ. Отсутствие словесной интерпретации индексов уязвимости в работах [Земцов, Крыленко, Юмина, 2012] и [Гладкевич, Терский, Фролова, 2012] и количественных показателей на страницах Атласа вызывает некоторые трудности при сопоставлении результатов районирования. Трудности создают и различия в выборе единицы районирования. Однако данные исследования позволяют сделать ряд заключений, касающихся уязвимости территорий Северного Кавказа. Так, в ходе анализа данных картографических изображений, проведенного в рамках [Мироненко, Рец, Фролова, 2018], установлено, что максимальные значения индекса уязвимости (0,60–0,75) характерны для Ейского, Щербиновского, Каневского и Калининского районов Краснодарского края, наименьшие – для территорий, расположенных на побережье Чёрного моря; минимальный индекс зафиксирован для Новороссийского и Геленджикского районов (0,40–0,45) [Земцов, Крыленко, Юмина, 2012], что примерно соответствует среднему значению

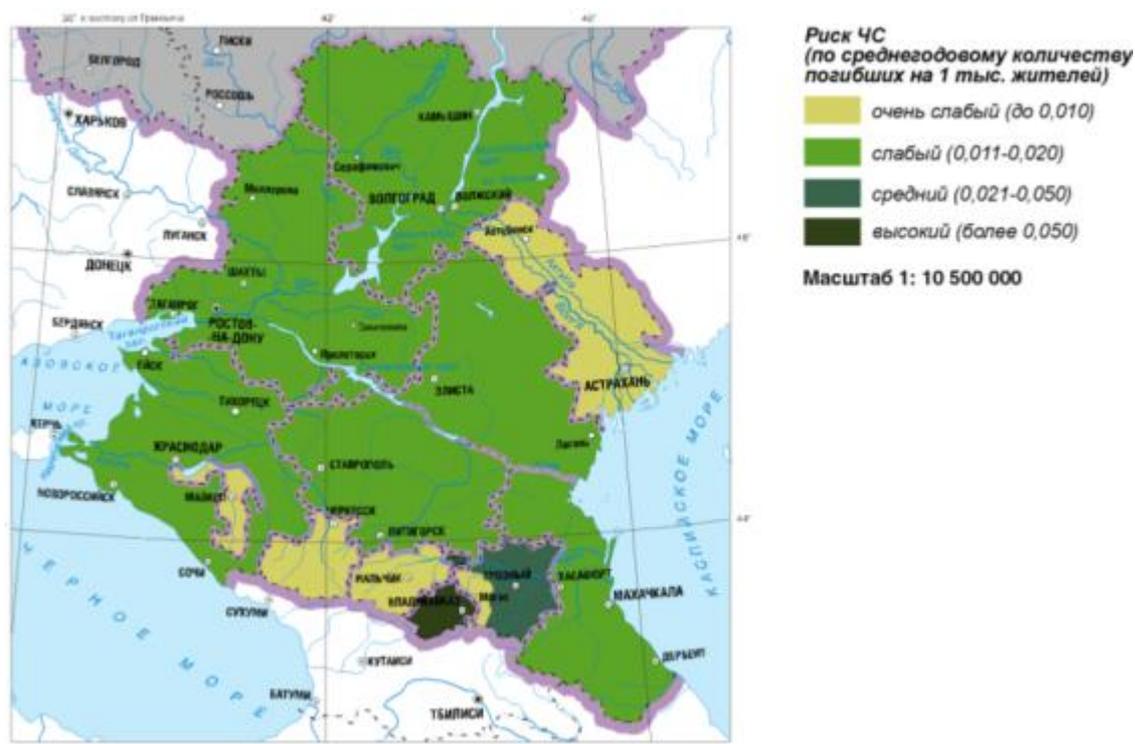
индекса (рисунок 3.5). Другие авторы присваивают всей территории Краснодарского края индекс уязвимости, равный 0,25–0,35. Наибольшая степень уязвимости к наводнениям, по их мнению, присуща территории Кабардино-Балкарии, наименьшая – Карачаево-Черкессии и Дагестану [Гладкевич, Терский, Фролова, 2012].

В ходе обзора научных работ, касающихся опасности наводнений [Мироненко, Рец, Фролова, 2018], было обнаружено только одно картографическое изображение, отображающее степень подверженности территории к наводнениям (приложение 16, п. 9) (рисунок 3.5). В отличие от индекса уязвимости, обычно включающего в себя множество показателей, индекс подверженности рассчитывается более просто – он равен доле населения, проживающего на затапливаемых территориях [Земцов, Крыленко, Юмина, 2012]. Индекс подверженности и индекс уязвимости являются исходными параметрами для расчета интегрального индекса социально-экономического риска наводнений на территории Азово-Черноморского побережья Краснодарского края, имеющего уже не только количественное, но и качественное выражение.

Карты риска ЧС

Районированию территории Южного федерального округа по степени риска ЧС посвятил свою научную работу С. И. Шагин [Шагин, 2010]. В ней автор выполнил картографирование ЧС, в частности природных, исходя из среднегодового количества ЧС и природных ЧС, пришедшихся на 1 тыс. чел. или на 1 тыс. км² (приложение 16, п. 10–15) (рисунок 3.7).





б

Рисунок 3.7 – Районирование территории Южного федерального округа:
а – по природному риску ЧС, б – по индивидуальному риску ЧС [Шагин, 2010]

Анализ картографических изображений [Мироненко, Рец, Фролова, 2018] показал, что на территории Южного федерального округа риск ЧС колеблется в широком диапазоне: для ЧС в целом на 1 тыс. чел. – от очень слабого в Дагестане, Чечне, Ингушетии и Кабардино-Балкарии до высокого в Карачаево-Черкессии и Адыгее. При расчете риска ЧС на 1 тыс. км² результаты районирования значительно отличаются: высокий риск ЧС наблюдается в Северной Осетии, Ингушетии и Адыгее, при этом очень слабый риск ЧС не наблюдается ни в одном из исследуемых регионов. Картографирование риска природных ЧС показало в целом схожие с районированием Южного федерального округа по риску ЧС результаты, что, вероятно, указывает на подавляющую долю природных ЧС в общем числе ЧС в исследуемом регионе. Автор также выполнил районирование индивидуального риска ЧС, опираясь на сведения о количестве погибших в результате ЧС. Полученные данные сильно отличаются от районирования риска ЧС: наивысшие показатели погибших на тысячу площади и населения отмечены в Северной Осетии, Чечне и Краснодарском крае.

Карты повторяемости

Анализ карт повторяемости наводнений (приложение 16, п. 16–18) как одного из важнейших факторов, указывающих на подверженность региона наводнениям показал, что на Северном Кавказе наводнения происходят от одного раза в 3–5 лет на юге северокавказских

субъектов до одного раза в 2,5 года и чаще на севере: частота наводнений увеличивается при движении с севера на юг рассматриваемого региона [Атлас природных ... , 2008]. При этом число происходящих за год ЧС, связанных с водным режимом рек изучаемого региона, здесь достигает 10. В то же время среднее по РФ значение числа ЧС, связанных с водным режимом рек, достигает 16–20 случаев при максимуме 31–35 [Национальный атлас ... , 2007]. Однако если бы расчёт повторяемости ЧС был выполнен на единицу площади, то данный показатель не был бы ниже среднего значения по РФ [Мироненко, Рец, Фролова, 2018]. Районирование некоторых субъектов юга России по числу наводнений различного генезиса на уровне муниципальных районов показало, что за период 1980–2013 гг. в некоторых районах наводнения происходили один раз в два года и чаще, в других – один раз в 33 года [Магрицкий, Самохин, Юмина, 2013]. Так, наиболее часто наводнения возникали на территории республики Адыгея, расположенной южнее г. Майкоп, и прилегающих к ней районов Краснодарского края, а также в областях южнее г. Краснодар: за период 1980–2013 гг. на каждую из этих территорий пришлось более 16 наводнений. Достаточно большой процент наводнений за рассматриваемый период характерен для Карачаево-Черкессии, остальных районов Адыгеи, юга Краснодарского края и некоторых районов на территории Ставропольского края (рисунок 3.8). Наименьшее число наводнений периода 1980–2013 гг. (от нуля до одного) произошло в северной части Краснодарского и Ставропольского краёв.

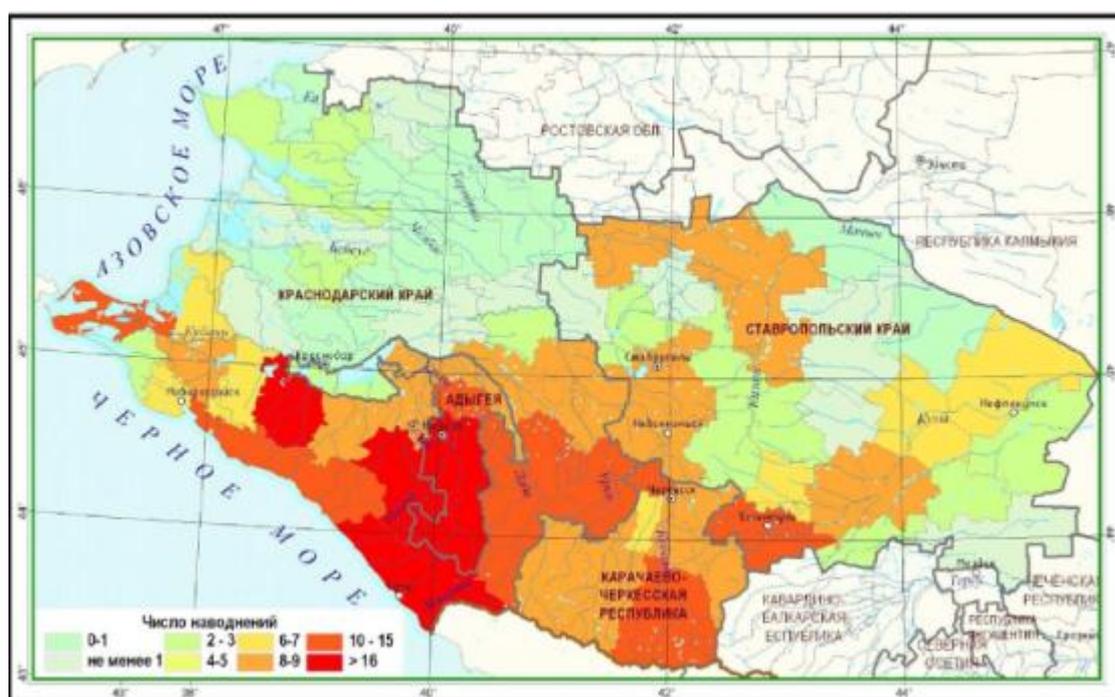


Рисунок 3.8 – Районирование Краснодарского и Ставропольского краёв, республик Адыгея и Карачаево-Черкесской по числу наводнений стокового, стоково-заторного и локально-ливневого генезиса за период 1980–2013 гг. [Магрицкий, Самохин, Юмина, 2013]

В литературе встречаются примеры крупномасштабного картографирования опасности наводнений для отдельных, наиболее опасных участков в пределах Северного Кавказа. Так, катастрофические паводки, произошедшие в июле 2012 г. на северокавказских реках, подробно описаны в работе И. В. Шевердяева [Шевердяев, 2017]. Автор приводит восемь карт опасности затопления территории г. Крымск, причем производит картографирование опасности отдельно по нескольким характеристикам потока в условиях как естественного, так и изменённого русла, при соответствующих максимальных расходах воды – максимальной глубине затопления, скорости течения и кинетической энергии потока. Автор выделяет три класса опасности наводнения – малая, средняя и высокая опасность, которые отражаются и на интегральной схеме опасности прохождения паводков в г. Крымск для естественного и измененного русла (приложение 16, п. 4 и 5) (рисунок 3.9).

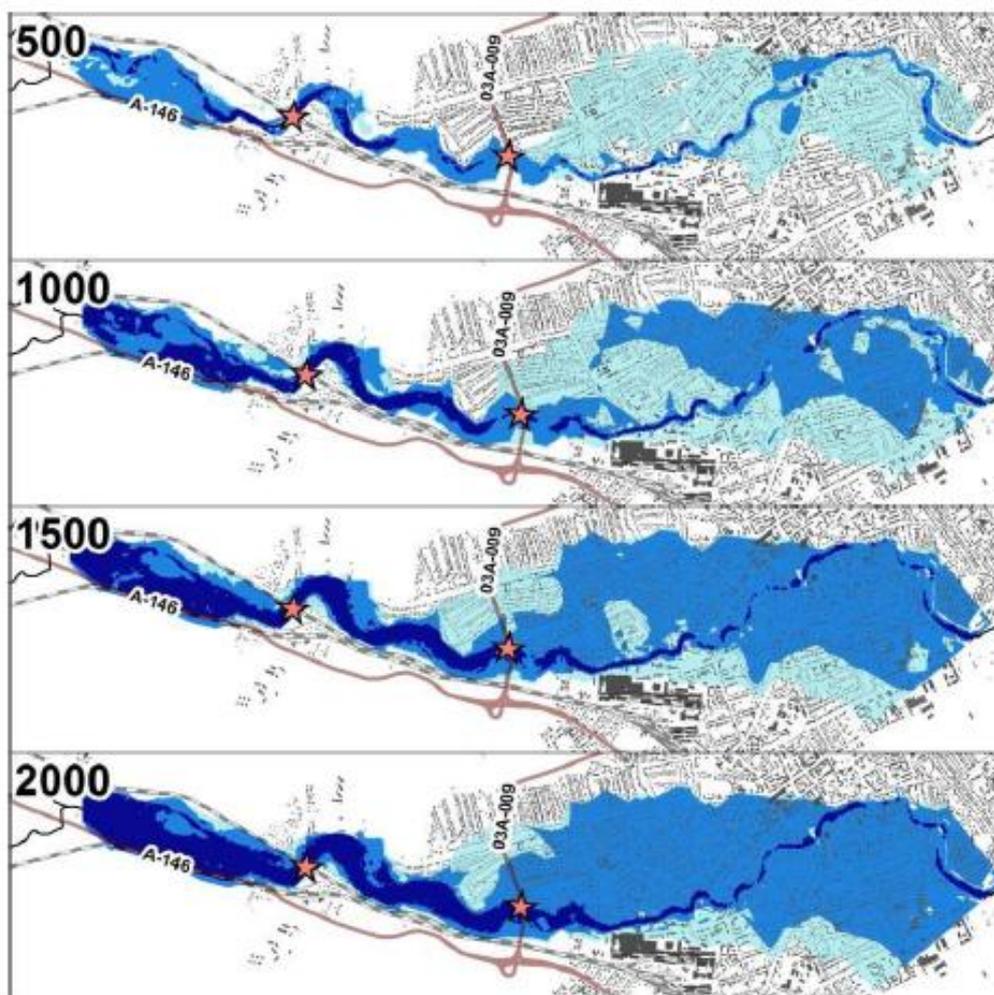


Рисунок 3.9 – Интегральные зоны опасности в г. Крымск в условиях естественного русла [Шевердяев, 2017]

При решении задачи районирования территории по степени опасности наводнений возникает проблема выбора единицы районирования. Так, для больших территорий наиболее уместно использовать общие подходы к районированию, заключающиеся в вычислении интегральных индексов для каждой единицы рассматриваемой территории. Что касается конкретных участков, возникает необходимость применения более индивидуальных подходов, исходя из локальных особенностей. В данном случае удачным оказывается использование различных моделей [Болгов, Коробкина, 2013], заключающих в себе особенности рельефа, характера подстилающей поверхности, особенностей потока и другую информацию, необходимую для корректной работы модели. Различия в масштабах районирования зачастую делают невозможным детальное сопоставление полученных в ходе исследований результатов.

Анализ многочисленных картографических изображений [Мироненко, Рец, Фролова, 2018] показал, что для возможности дальнейшего сопоставления результатов оценки в качестве единицы районирования опасности наводнений на реках Северного Кавказа наиболее оптимальным является муниципальное образование или субъект РФ. Это связано с большой пространственной неоднородностью природных условий и высокими значениями пространственного градиента всех природных и социальных характеристик. Однако, где это необходимо, возможно районирование и без привязки к административно-территориальному делению РФ. Отмечена необходимость качественной (словесной) интерпретации картографируемых показателей, а также вынесения в легенду диапазонов показателей, соответствующих тому или иному классу районирования.

Результаты районирования территории, отражающие степень воздействия наводнения на территорию Северного Кавказа, при использовании различных подходов отличны. Анализ карт опасности наводнений [Мироненко, Рец, Фролова, 2018] показал самую высокую степень их природной опасности на территории Северного Кавказа по сравнению с другими регионами РФ: значение индекса природной опасности здесь составляет 0,45–0,55 на территории республики Чечня и более 0,65 в остальных северокавказских регионах. Говоря об опасности как совокупности природных и социально-экономических факторов, одни исследователи Северного Кавказа в качестве наиболее опасных с точки зрения наводнений районов выделяют территорию Краснодарского края, республики Адыгея, а также регионы, по территории которых протекает р. Терек. Другие авторы придерживаются мнения о высокой степени опасности наводнений в Кабардино-Балкарии и Северной Осетии.

В целом стоит отметить, что в рамках области исследования различные авторы выделяют от трех до пяти классов опасности. Но, несмотря на примерно одинаковое число классов, пространственное распределение опасных, очень опасных и чрезвычайно опасных районов в разных исследованиях различно. Так, в Атласе ЧС границы территории с чрезвычайной опас-

ностью наводнений практически совпадают с границами бассейна р. Кубань, очень опасные участки свойственны бассейну р. Терек, а опасные участки тянутся узкой полосой на черноморском побережье Краснодарского края (рисунок 3.10). К умеренно опасным участкам, по мнению авторов, относятся участки водосборов рек Аварское и Андийское Койсу и образованной их слиянием р. Сулак, верховья рек Терек и Кума. Малоопасными являются остальные территории Северного Кавказа [Мироненко, Рец, Фролова, 2018].

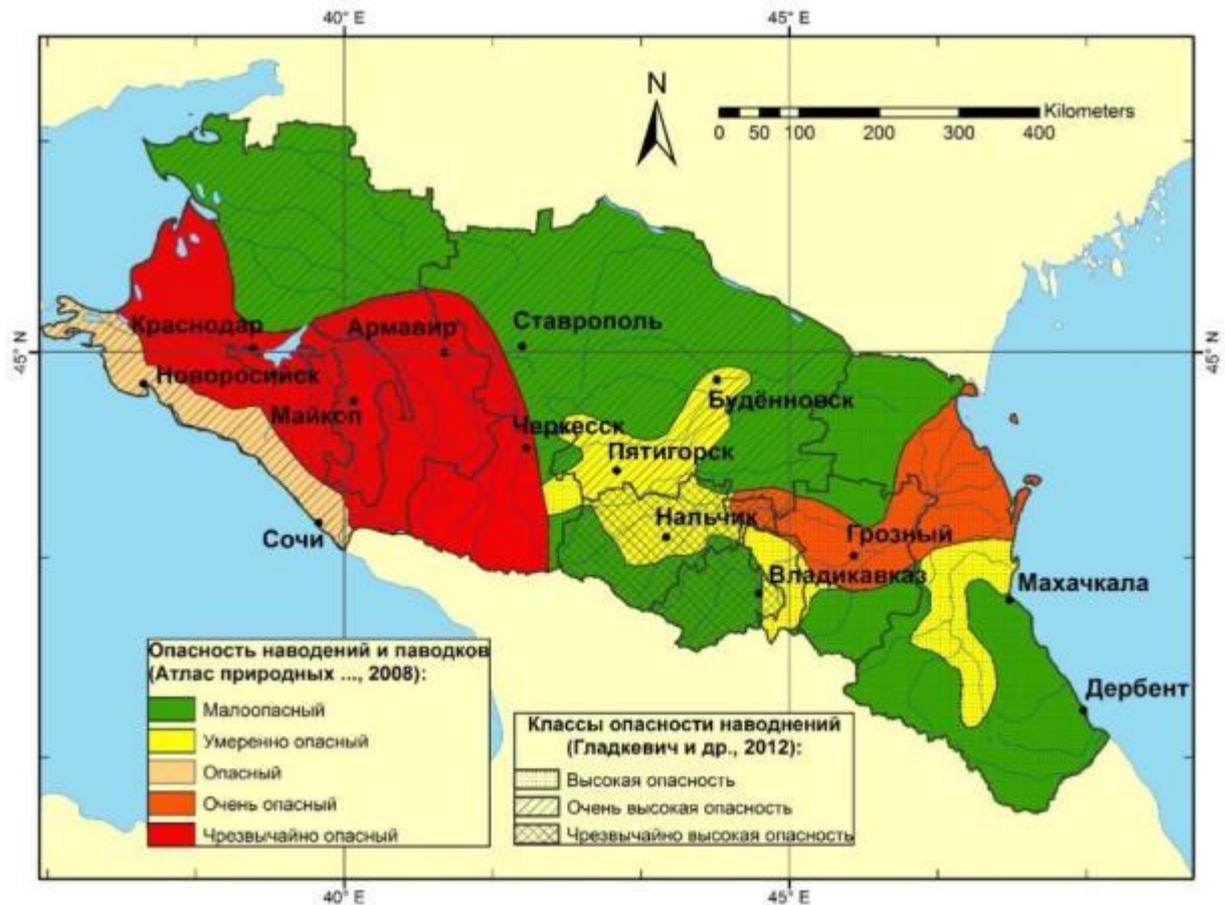


Рисунок 3.10 – Сопоставление результатов двух разных подходов к картографированию опасности наводнений на примере Северного Кавказа [Мироненко, Рец, Фролова, 2018]

В это же время в исследовании группы ученых [Гладкевич, Терский, Фролова, 2012] высший из трёх классов опасности наводнений – «чрезвычайно высокая опасность» – выделяется на территории республики Кабардино-Балкария и Северная Осетия. Очень высокой степенью опасности наводнений обладают территории Адыгеи, Краснодарского и Ставропольского краёв, высокой степенью опасности наводнений – Карачаево-Черкессия и восточные республики СКФО – Ингушетия, Чечня и Дагестан. Интересен тот факт, что районы, характеризующиеся в исследовании [Гладкевич, Терский, Фролова, 2012] как очень опасные и чрезвычайно опас-

ные, в [Атлас природных ... , 2008] отмечены как малоопасные и умеренно опасные (рисунок 3.10).

При рассмотрении уязвимости территории Северного Кавказа к наводнениям, исследования обнаруживают в ее пределах не самую высокую по территории РФ степень уязвимости социально-экономической сферы. Значения индекса уязвимости колеблются в широких пределах: минимальная степень уязвимости характерна для республик Дагестан и Карачаево-Черкессия ($<0,25$), наибольшая уязвимость наблюдается в Кабардино-Балкарии ($0,45-0,55$) (рисунок 3.11). Уязвимость территории в целом к природным источникам ЧС определена для исследуемого региона как ниже среднего по РФ, однако, по данным более детального исследования уязвимости прибрежных территорий Краснодарского края установлены различные значения уязвимости на уровне некоторых административных районов края. Наименьшая уязвимость среди рассматриваемых прибрежных зон зафиксирована в Новороссийском и Геленджикском районах, наибольшая – к северу от них, в Ейском, Щербиновском, Каневском и Калининском районах Краснодарского края.

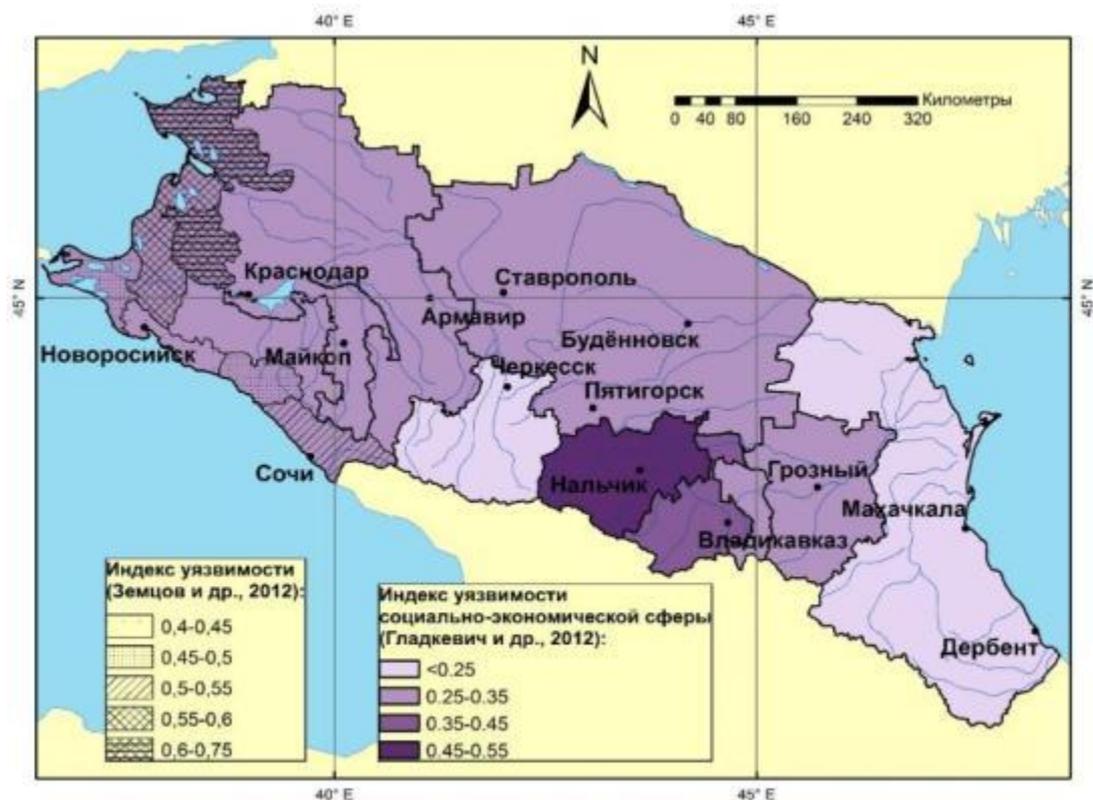


Рисунок 3.11 – Сопоставление результатов двух разных подходов к уязвимости к наводнениям на примере Северного Кавказа

Оценить степень подверженности территории Северного Кавказа наводнениям удалось не в полной мере: оценка также выполнена лишь для некоторых административных районов Краснодарского края. Для Приморско-Ахтарского, Славянского и Темрюкского района харак-

терна высокая степень подверженности наводнениям с индексом подверженности 0,45–0,75. Наименьшая подверженность наводнениям отмечается для районов с самым маленьким индексом уязвимости с добавлением к ним Сочинского района.

Многообразие карт риска ЧС, в том числе наводнений, позволило дать детальную оценку сложившейся на Северном Кавказе ситуации [Мироненко, Рец, Фролова, 2018]. Высокая степень риска природных ЧС при расчете среднегодового количества ЧС на 1 тыс. жителей характерна для таких регионов, как республика Адыгея и Карачаево-Черкессия. Очень слабый риск присущ территориям Чечни и Краснодарского края. Тот же высокий риск природных ЧС, но уже в расчете на 1 тыс. км², свойственен республикам Адыгея и Ингушетия. Очень слабого риска природных ЧС при расчете по данному показателю не наблюдается: в пределах Северного Кавказа отмечается только слабый риск – в границах Краснодарского и Ставропольского краёв. Карты индивидуального риска ЧС, при построении которых учитывалось среднегодовое количество погибших, показывают высокую степень индивидуального риска ЧС в Северной Осетии и Краснодарском крае, Северной Осетии и Чечне при расчете на 1 тыс. жителей и 1 тыс. км² соответственно. Очень слабый индивидуальный риск ЧС при расчете по данным показателям характерен для Адыгеи, Карачаево-Черкессии, Кабардино-Балкарии, Ингушетии и Адыгеи, и Карачаево-Черкессии соответственно.

3.4. Выбор подхода к картографированию опасности наводнений на реках Северного Кавказа и его обоснование

С учетом проведенного обзора существующих подходов к оценке опасности наводнений и ее картографированию, а также анализа картографических изображений, посвященных опасности наводнений на реках Северного Кавказа, в рамках данного исследования принято решение прибегнуть к использованию некоторых инструментов метода Flood Damage Modeling, а также особое внимание уделить роли географического подхода посредством построения серии карт, отражающих распределение характеристик максимального стока рек. Выбор данных подходов для территории Северного Кавказа объясняется, во-первых, значительной площадью района исследования, во-вторых, необходимостью определения возможного материального ущерба и числа человеческих жертв при прохождении экстремальных наводнений на реках.

3.4.1. Обзор существующих подходов и опыта установления зон затопления на реках

Согласно [Методические рекомендации ... , 2009] **зона затопления** – площадь затопленных земель при заданном значении наблюдаемого уровня воды.

Основным документом, регламентирующим определение зон затопления, является постановление Правительства РФ от 18.04.2014 г. № 360, утвердившее Положение о зонах затопления, подтопления (далее – Положение). Согласно Положению, помимо прочих, **зоны затопления** устанавливаются в отношении территорий, прилегающих к естественным водоемам, затапливаемых при уровнях воды *однопроцентной обеспеченности*. Границы зон затопления должны содержать графическое описание местоположения, перечень координат характерных границ в установленной системе координат [О зонах затопления ... , 2014].

Согласно [СП 33-101–2003] обеспеченность уровней воды ($P_{m,\%}$) следует определять по формуле (3.2):

$$P_{m,\%} = \frac{m}{n+1} 100, \quad (3.2)$$

где m – порядковый номер членов ряда гидрологической характеристики, расположенных в убывающем порядке;
 n – общее число членов ряда.

Отметим следующие важные аспекты Положения, касающиеся назначения зон затопления:

1. При подготовке предложений для определения зон затопления, среди прочих, принимаются во внимание сведения о характерных уровнях воды расчетной обеспеченности на пунктах государственной наблюдательной сети, фондовые материалы гидрологических и гидрогеологических изысканий, инженерно-гидрологические расчеты с информацией о параметрах границ затоплений пойм рек, результаты обследований по выявлению паводкоопасных территорий, в том числе материалы, полученные в ходе геодезических и картографических работ.

2. Изменение границ зон затопления осуществляется не реже одного раза в 10 лет.

3. Зоны затопления прекращают свое существование одновременно с прекращением существования водных объектов.

4. Предложения и сведения о границах зон затопления согласовываются с Министерством РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (далее – МЧС России), Федеральной службой по надзору

в сфере природопользования, публично-правовой компанией «Роскадастр» и Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

5. Зоны затопления устанавливаются или изменяются решением Федерального агентства водных ресурсов (его территориальных органов) на основании предложений органа исполнительной власти субъекта РФ с учетом позиции органов местного самоуправления.

6. Сведения о зонах затопления подлежат внесению в Единый государственный реестр недвижимости и государственный водный реестр [О зонах затопления ... , 2014].

В приказе Росгидромета от 10.07.2015 № 429 подчеркивается, что полномочиями по согласованию заявлений с предложениями об определении границ зон затопления наделены территориальные органы Росгидромета [О реализации ... , 2015].

Согласно ст. 67.1 Водного кодекса Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ в границах зон затопления запрещено:

- 1) строительство объектов капитального строительства, не обеспеченных сооружениями и (или) методами инженерной защиты территорий и объектов от негативного воздействия вод;
- 2) использование сточных вод в целях повышения почвенного плодородия;
- 3) размещение кладбищ, скотомогильников, объектов размещения отходов производства и потребления, химических, взрывчатых, токсичных, отравляющих веществ, пунктов хранения и захоронения радиоактивных отходов;
- 4) осуществление авиационных мер по борьбе с вредными организмами [Водный кодекс ... , 2006].

Порядок определения зон затопления для уровней воды различной обеспеченности посредством ГИС, представленный в [Методические рекомендации ... , 2009], в качестве основных источников рассматривает четыре основные группы объектов (рисунок 3.12). Главная идея данного подхода заключается в создании единой цифровой векторной карты, установлении преимущественно с помощью результатов разновременных аэрокосмических съемок границы затопления и определении гидрологических характеристик затопления.

Вопросы определения зон затопления рассматриваются не только в законодательных актах и нормативной документации, но и в научных исследованиях. Определение зон затоплений как одна из важных прикладных задач гидрологии рассматривается в исследовании [Разиных, Титова, 2016], где приводятся сведения о возникающих проблемах и способах их решения. Эти аспекты подробно изложены и в [Методические рекомендации ... , 2009]. В мировой практике также широко оперируют понятием «зона затопления» («*flooded area*», «*inundated area*») при различных уровнях воды, особенно для оценки ущерба от наводнений [Evaluating flood ... , 2007; Drivers of flood risk ... , 2012; Gerl, Vochow, Kreibich, 2014].



Рисунок 3.12 – Общая схема баз данных для картографирования наводнений
[Методические рекомендации ... , 2009]

Авторы исследования [Варенцова, Гранич, Никифоров, 2018] заостряют внимание на отсутствии четко регламентированных алгоритмов установления границ зон затопления и приводят детальный анализ существующих в рамках нормативной базы требований к их определению. Исследователями [Современная технологическая основа ... , 2018] также рассматриваются методические и технологические основы проведения работ по установлению границ зон затопления. Авторы [Гидрологическое обоснование ... , 2020] обращают внимание на необходимость регулярного мониторинга границ подверженных затоплениям территорий.

В работе [Жбаков, Фатхи, 2020] определены границы зон затопления населенных пунктов в устье р. Печора. Учеными [Определение границ ... , 2017] решается задача по определению границ зон затопления рек города Москвы различной обеспеченности. Исследователи выделяют четыре основных уровня задач для определения границ зон затопления (рисунок 3.13). К основным этапам выполнения работы отнесены: анализ архивных данных, полевые работы, гидравлические и гидрологические расчеты, пространственный анализ и определение границ зон затопления, созвучные с приведенными в [Практические аспекты ... , 2016].



Рисунок 3.13 – Блок-схема этапов определения границ зон затопления с учетом прямых и косвенных факторов формирования наивысших уровней [Определение границ ... , 2017]

В связи с тем, что определение зон затопления – распространенная задача, охватывающая не только область гидрологии, но и геодезии, картографии, проектирования строительства, природопользования и прочие области, на базе геоинформационных технологий разрабатываются различные системы мониторинга для решения такой задачи [Бураков, Авдеева, 1996; Лукьянчикова, Васильчиков, Ульянкина, 2006; Паводковая ГИС ... , 2006; Locally relevant ... , 2022; A Web GIS ... , 2023], главным образом основанные на пересечении растровых или триангуляционных поверхностей [Определение границ ... , 2017].

Помимо этого, задача определения зон затопления решается с помощью специализированного программного обеспечения (далее – ПО), среди которого – ПО «Зона затопления» ФГБУ «ГОИН» [Зоны затопления ... , 2018], STREAM_2D [Aleksyuk, Belikov, 2019; Беликов, Алексюк, 2020], ECOMAG [Мотовилов, Гельфан, 2018; Validation ... , 1999], iRIC Software и другие [Яковченко, 2007; Integrated hydrodynamic ... , 2008; Численное гидродинамическое моделирование ... , 2014; Modeling ... , 2020; Modeling of extreme ... , 2021]. Определение зон затопления возможно также с помощью отдельных модулей и инструментов такого ПО, как ArcGIS, QGIS, «Гидрорасчеты», «Панорама», Global Mapper, HydroCalc, Surfer и их комбинаций [Методические рекомендации ... , 2009; Шевердяев, 2017; О результатах ... , 2023].

Так, к примеру, посредством дополнительного к ArcGIS модуля HEC-GeoRAS [Sudhakar, 2015; HEC-GeoRAS, 2016] возможно осуществить построение поверхности потенциального затопления рек (рисунок 3.14). Модуль основан на построении поперечных профилей речной долины с использованием цифровой модели рельефа, для каждого из которых рассчитывается двумерное поле затопления, впоследствии интерполируемое на всю речную долину [Sudhakar, 2015]. Помимо сведений об уровне потенциального затопления, в качестве входных данных также требуются центральные и береговые линии рек. Преимущества данного модуля раскрываются при крупномасштабном картографировании.

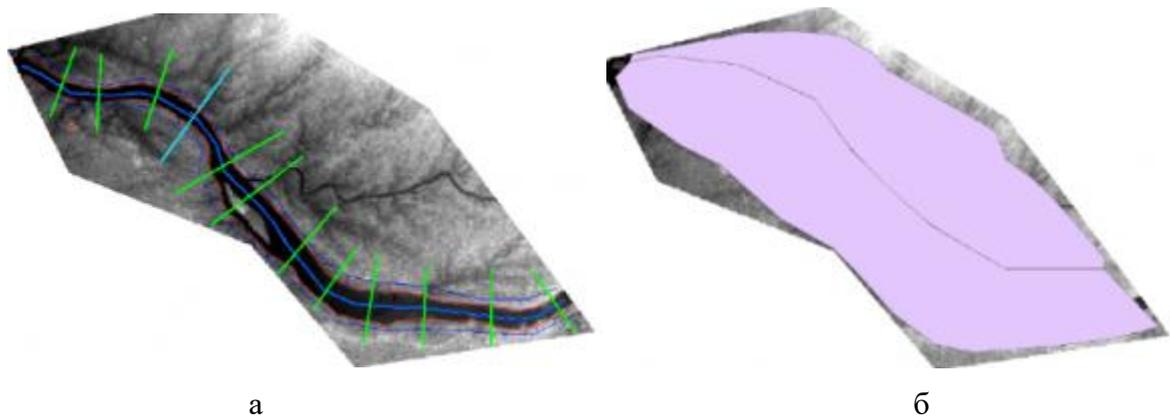


Рисунок 3.14 – Пример работы модуля HEC-GeoRAS: а – линии поперечных профилей, центральные и береговые линии русла, б – зона затопления

В качестве границы зоны затопления часто принимается граница пойм рек как наиболее подверженных затоплениям участков речной долины [Терский, Фролова, 2011]. Одна из распространенных методик определения пойменных участков рек предполагает обработку космических снимков при помощи комбинации различных каналов [Тематическое дешифрование ... , 2020; Затопление территорий ... , 2023]. Так, в работе [Разработка схемы ... , 2006] по мозаике космических снимков Landsat с пространственным разрешением 30 м в комбинации каналов SWIR-NIR-Green [Тематическое дешифрование ... , 2020] определены пойменные участки рек (рисунок 3.15). Однако при использовании отметки высоты поймы в качестве высоты потенциального затопления, стоит помнить о том, что она не всегда совпадает с отметкой наибольшего уровня воды при прохождении паводка.

В [Тематическое дешифрование ... , 2020] подчеркивается, что наиболее подходящим для визуального дешифрирования зон затопления при прохождении половодий и паводков является синтез каналов SWIR-NIR-RED, в котором водная поверхность имеет темно синий, почти черный цвет и резко отличается от других видов поверхностей (рисунок 3.16).

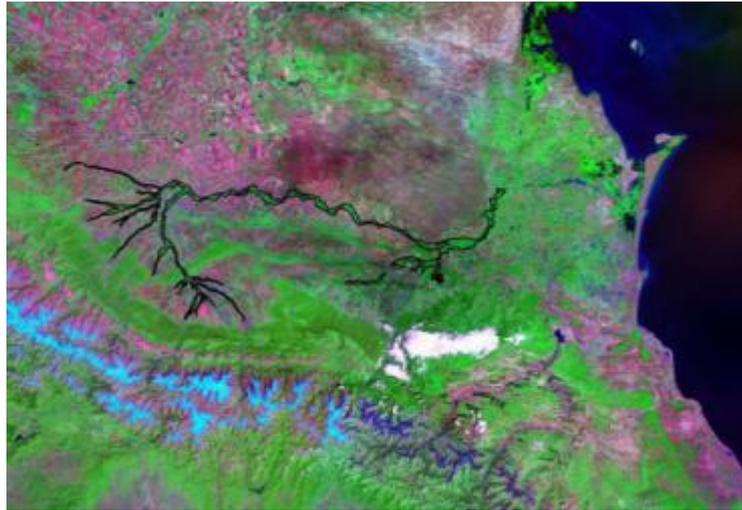


Рисунок 3.15 – Зоны потенциального затопления в долине р. Терек и его притоков.

Мозаика снимков LandSat-7 2000 г. в комбинации каналов SWIR-NIR-Green

[Разработка схемы ... , 2006]



Рисунок 3.16 – Выделение зоны сезонного затопления на основе сравнения двух снимков Landsat-8, полученных: а – в период летней межени, б – весеннего половодья (синтез каналов SWIR-NIR-RED) [Тематическое дешифрование ... , 2020]

3.4.2. Обоснование использования ЦМР для определения поверхности потенциального затопления рек Северного Кавказа

В первую очередь обратимся к основным картографическим терминам и определениям, упоминающимся в рамках данного раздела.

Цифровая модель рельефа (ЦМР) – цифровая модель местности, содержащая информацию о рельефе [ГОСТ 28441–99].

Цифровая модель рельефа (ЦМР) – совокупность (массивов, файлов) высотных отметок Z , взятых в узлах некоторой сети точек с координатами X и Y и закодированных в числовой форме [Картоведение, 2003].

Самыми важными параметрами ЦМР, согласно [Картоведение, 2003], являются **горизонтальное и вертикальное разрешение**, определяющиеся масштабом и характеризующие точность высот ЦМР и прочие свойства.

Масштаб карты – степень уменьшения объектов на карте относительно их размеров на земной поверхности (точнее – на поверхности эллипсоида) [Картоведение, 2003].

Пиксел – элементарная ячейка изображения [Картоведение, 2003].

Согласно [Управление данными ... , 2013] для определения морфометрии водных объектов допустимо использовать ЦМР.

Анализ исследований по данной тематике показал, что цифровая модель рельефа является одним из возможных источников картографических сведений, позволяющих осуществить и установление границ зон затопления [Priestnall, Jaafar, Duncan, 2020; Horritt, Bates, 2002; Визуализация ... , 2013; Орлянкин, Алешина, 2019].

При установлении границ зон затопления в качестве ЦМР в рамках научных исследований наиболее часто применяется SRTM [Shuttle radar ... , 2022; Волчек, Петров, Костюк, 2016].

На рисунке 3.17 представлены сведения из [Требования ... , 2017] о высоте сечения на картах различного масштаба в зависимости от характера местности. Поскольку пространственное разрешение SRTM примерно соответствует масштабу 1:200 000, а характер местности исследуемой территории Северного Кавказа соответствует предгорной, горной и высокогорной, то основная высота сечения рельефа составляет 40–80 м.

Высоты сечения рельефа на государственных топографических картах масштабов 1:10 000 - 1:200 000 и планах

Характер местности	Основная высота сечения рельефа (в метрах) для государственных топографических карт и планов масштабов					
	1:2 000	1:10 000	1:25 000	1:50 000	1:100 000	1:200 000
Плоско-равнинная с уклоном до 1°		1,0				
Равнинная с уклоном до 2°	0,5	2,0	2,5	10,0	20,0	20,0
Равнинная с уклоном до 2° в районах мелиорации	0,5	1,0	2,5	10,0	20,0	20,0
Равнинная с уклоном от 2° в залесенных районах	1,0 0,5*	2,0	5,0	10,0	20,0	20,0
Всхолмленная с уклоном до 4°	1,0	2,5	2,5	10,0	20,0	20,0
Пересеченная с уклоном до 6°, а также районы песчаных пустынь	2,0	2,5	5,0	10,0	20,0	20,0
Пересеченная с уклоном до 6° в районах мелиорации	2,0	2,0	5,0	10,0	20,0	20,0
Предгорная и горная с уклоном более 6°	2,0	5,0	5,0	10,0	20,0	40,0
Высокогорная	-	-	10,0	20,0	40,0	80,0

* По специальному требованию.

Рисунок 3.17 – Высоты сечения рельефа на государственных топографических картах масштабов 1:10 000–1:200 000 и планах [Требования ... , 2017]

Поскольку самый мелким масштабом, для которого в [Требования ... , 2017] приведены допустимые средние погрешности рельефа, является масштаб 1:100 000 (рисунок 3.18), то с учетом горного и предгорного в долинах характера исследуемой местности, допустимая средняя погрешность превышает $0,5h$, то есть составляет более 20–40 м. Результаты расчетов примерно соответствуют характеристикам геоданных ЦМР SRTM, представленным в [СТО ГГИ 52.08.48–2020] (таблица 3.2).

Допустимые средние погрешности рельефа

Масштаб топографической карты, плана	Характер местности	Допустимая средняя погрешность
1:2 000	Равнинная с уклоном до 2°, открытая	0,25 h*
	Равнинная с уклоном до 2°, открытая (при высоте сечения 0,5 м)	0,33 h
	Всхолмленная с уклоном от 2° до 6°, горная в долинах, открытая	0,38 h
	Равнинная с уклоном до 2°, залесенная	0,38 h
	Равнинная с уклоном до 2°, залесенная (при высоте сечения 0,5 м)	0,50 h
1:10 000	Всхолмленная с уклонами от 2° до 6°, горная в долинах, залесенная	0,50 h
	Плоско-равнинная с уклоном до 1°, открытая	0,25 h
	Плоско-равнинная с уклоном до 1°, залесенная	0,38 h
	Равнинная, всхолмленная, горная и предгорная в долинах с уклоном от 1° и более, открытая	0,33 h
1:25 000, 1:50 000, 1:100 000	Равнинная, всхолмленная, горная и предгорная в долинах с уклоном от 1° и более, залесенная	0,50 h
	Плоско-равнинная, равнинная, всхолмленная, горная и предгорная в долинах, открытая	0,33 h
	Плоско-равнинная, равнинная, всхолмленная, горная и предгорная в долинах, залесенная	0,50 h

* h - высота сечения рельефа.

Рисунок 3.18 – Допустимые средние погрешности рельефа [Требования ... , 2017]

Таблица 3.2 – Характеристики геоданных SRTM [СТО ГГИ 52.08.48–2020]

Характеристики	Значения
Производители	NGA, NASA (США)
Источник	радарная топографическая съемка
Дата создания	2000 год
Актуальная версия	2017 г. – улучшенная версия SRTM V3 (2.1)
Пространственное разрешение	1"×1"
Географические координаты	географическая (широта, долгота)
Система координат/высот	WGS84/EGM96
Охват	60°с.ш. – 56°ю.ш.
Специальные значения	32768 – для пробелов в данных, 0 – для воды
Оценка точности по высоте (в доверительном интервале 90%)	16 м
Оценка точности в плане (в доверительном интервале 90%)	20 м
Наборы геоданных	ЦМР, версия 2.1 Высоты (CGIAR) и водные объекты (SWBD)
Выходной формат ЦМР	HGT, Geo TIFF
Ссылка для скачивания данных	https://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/SRTM3
Размер фрагмента для скачивания	1°×1°

В других источниках указывается меньшая величина погрешности: абсолютная ошибка по высоте для Евразии, по данным [Описание ... , 2014], составляет 6,2 м, что также превышает величину колебаний уровней воды для большинства рек исследуемого региона.

Учитывая допустимую погрешность при построении поверхности затопления (первые сантиметры) при погрешности данных SRTM и сведения, приведенные в [СТО ГГИ 52.08.48–2020], о том, что размещенные в свободном доступе ЦМР, в том числе SRTM, не рекомендуется применять в ходе инженерно-гидрологических расчетов ввиду ряда факторов, главный из которых – несоответствие их точности требованиям, закрепленным на законодательном уровне [Требования ... , 2017], можно сделать следующий вывод: поскольку в диссертационном исследовании сделан акцент на применении границы затопления как инструмента при определении доли подверженных потенциальному затоплению объектов инфраструктуры и населения и последующем расчете ущерба от наводнений, применение предложенной методики построения поверхности потенциального затопления с использованием в качестве картографической основы ЦМР SRTM [СТО ГГИ 52.08.48–2020] на данном этапе является допустимым с важной оговоркой дальнейшей верификации полученной границы затопления посредством привлечения дополнительных источников данных. Более того, предложенная методика в дальнейшем может быть использована с привлечением новых, более точных ЦМР.

3.4.3. Методика построения поверхности потенциального затопления рек Северного Кавказа

Исходные данные для построения поверхности затопления участков рек в рамках предлагаемой методики подразделяются на две составляющие – картографическую и гидрологическую. В качестве картографической основы предполагается использование ЦМР SRTM (рисунок 3.19). Среди необходимых гидрологических сведений – максимальные уровни воды, отметки нуля графиков гидрологических постов и их географические координаты.

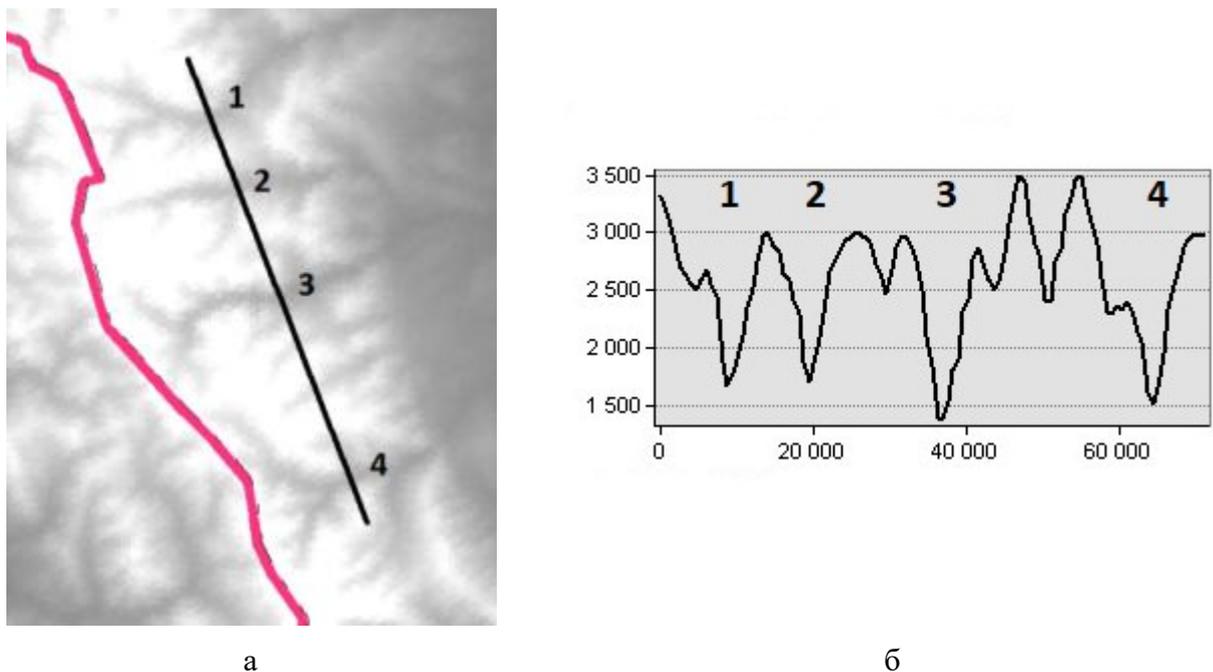


Рисунок 3.19 – Поперечные профили речных долин в бассейне р. Терек (1 – Чегем, 2 – Нальчик, 3 – Черек, 4 – Урух): а – местоположение профиля на ЦМР, б – график (по оси ОХ – расстояние от постоянного начала, м, ОУ – высота, м)

Предложенная методика построения поверхности затопления, также описанная в работе [Mironenko et al., 2023], выполненной в рамках диссертационного исследования, является универсальной: в качестве экстремальных уровней воды могут быть выбраны максимальные уровни за интересующий период (год, сезон, месяц, фаза водного режима), уровни воды в области редких повторяемостей ($P = 0,1-5\%$) и прочие. Таким образом, предлагаемая методика позволяет воспроизвести ситуацию, при которой вода на реках, охваченных гидрологическими наблюдениями, одновременно достигает уровня экстремальных отметок.

Поскольку ряды наблюдений за максимальными годовыми уровнями воды на гидрологических постах на реках Северного Кавказа в контексте настоящего исследования не обладают достаточной продолжительностью для определения вероятности 1%

их превышения, а аналитические распределения показали сильно завышенные значения уровней редких повторяемостей, в качестве наивысших уровней рассмотрены максимальные годовые исторические уровни воды. Согласно [СП 33-101–2003] при определении вероятности превышения такого исторического уровня принимают число лет, в течение которых он не был превышен.

Таким образом, в рамках данного исследования рассмотрены максимальные исторические уровни воды, зафиксированные на 252 гидрологических постах на реках Северного Кавказа за период 1932–2015 гг. Для территории Северного Кавказа использована описанная в разделе 3.4.2 ЦМР SRTM с разрешением 1" (примерно 30 м – на экваторе), состоящая из 48 фрагментов.

Средой для реализации методики выступил программный комплекс ArcGIS. Создан векторный точечный слой гидрологических постов с соответствующими гидрологическими сведениями в атрибутивной таблице.

Для того чтобы при построении поверхности затопления свести к минимуму уклон водной поверхности в поперечном профиле, в створе гидрологического поста дополнительно осуществлено соединение точек на высоте нуля графика опорного поста H_0 на противоположных берегах речной долины (рисунок 3.20). Высотное положение точек, соответствующих гидрологическому посту, уточнено с помощью ЦМР; поскольку одно и то же значение высоты может соответствовать нескольким пикселям ЦМР, выбраны точки перпендикулярно руслу реки на наибольшем удалении друг от друга.

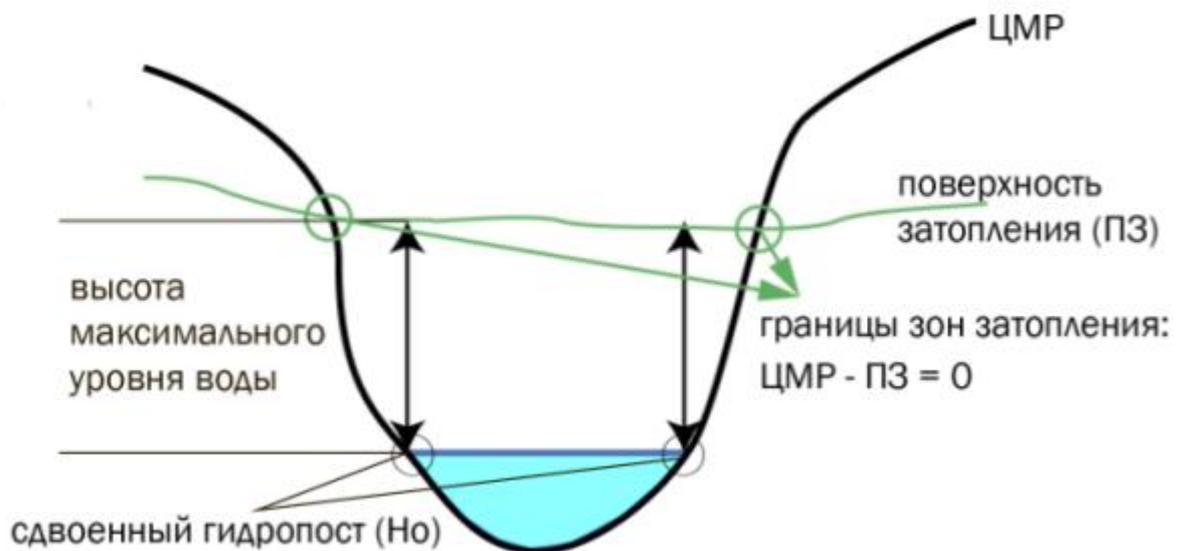


Рисунок 3.20 – Схема, объясняющая принцип построения поверхности потенциального затопления на участках рек [Mironenko et al., 2023]

После соединения точек в створе гидрологических постов определены абсолютные значения исторических максимумов уровней воды путём сложения отметок нуля графиков гидрологических постов H_0 и максимальных уровней воды H_{max} (в данном случае – зафиксированных за период 1932–2015 гг. исторических максимумов). Таким образом, получены высотные отметки двух точек в створе каждого гидрологического поста, лежащих в плоскости поверхности затопления в пределах данного створа. По полученным значениям выполнена интерполяция для определения положения поверхности затопления на реках (рисунок 3.20). Затем осуществлено вычисление разности ЦМР и поверхности затопления, тем самым определены затопленные участки рек, в том числе и в створах, не охваченных гидрологическими наблюдениями.

Предлагаемая методика построения поверхности затопления участков рек заключена в подробный алгоритм действий, включающий следующие основные шаги:

Шаг 1. Подготовка базы гидрологических данных для построения поверхности затопления, а именно – сбор сведений об экстремальных уровнях воды H_{max} в створах гидрологических постов за интересующий период наблюдений, их географических координатах (X , Y) и нулях графиков постов H_0 .

Шаг 2. Подготовка ЦМР. Создание точечного векторного слоя гидрологических постов с аккумулярованной информацией в атрибутивной таблице (*File – Add data – Add XY data*).

Шаг 3. Соединение точек в створе гидрологических постов по обе стороны русла на высоте нуля графика поста с помощью ЦМР перпендикулярно руслу в режиме ручной правки в точечном векторном слое (*Edit Features – Start Editing*).

Шаг 4. Создание дополнительного поля в атрибутивной таблице точечного векторного слоя (*Open Attribute Table – Add field*) и вычисление абсолютной высоты (*Spatial Analyst – Extraction – Extract Values to Points*).

Шаг 5. Определение высоты поверхности затопления (ПЗ) $H_{ПЗ}$ в створе гидрологических постов при прохождении максимальных уровней воды (формула (3.3)):

$$H_{ПЗ} = H_0 + H_{max}, \quad (3.3)$$

где $H_{ПЗ}$ – высота ПЗ в створе гидрологического поста, м;

H_0 – нуль графика гидрологического поста, м;

H_{max} – максимальный уровень воды в створе гидрологического поста, м.

Шаг 6. Интерполяция полученных значений $H_{ПЗ}$ и создание поверхности затопления (*ArcToolBox – Spatial Analyst – Interpolation – Kriging*). **Замечание:** в рамках данной методики возможно использование иных способов интерполяции. Метод интерполяции Kriging в данном

случае показал наилучший результат, при котором границы поверхности затопления повторяли очертания речных долин, чего не наблюдалось при использовании других способов.

Шаг 7. Вычисление разности ЦМР и поверхности затопления для определения границы затопления на участках рек (*ArcToolBox – Spatial Analyst – Map Algebra – Raster Calculator: = ‘ЦМР’ – ‘поверхность затопления’*). **Замечание:** данный шаг позволяет определить границу затопления не только на изученных створах, но и на реках, не охваченных гидрологическими наблюдениями. Однако результаты построения поверхности затопления для неизученных рек не всегда адекватны и требуют верификации с привлечением дополнительных сведений, в связи с чем, они исключены из итоговых результатов.

Шаг 8. Выделение пикселей, по разности близких к нулю, для определения точной границы поверхности затопления (*ArcToolBox – Spatial Analyst – Conditional – Con*).

Шаг 9. Конвертация поверхности затопления в векторный формат (*ArcToolBox – Conversion Tools – From Raster – Raster To Polygon*). **Замечание:** растр обязательно должен быть целочисленным, иначе инструмент не сработает. Чтобы сделать растр целочисленным, необходимо применить инструмент Int (*ArcToolBox – Spatial Analyst – Math – Int*).

Шаг 10. Упрощение (сглаживание) границ полученной поверхности затопления (*ArcToolBox – Cartography – Generalization – Simplify Polygons*).

Данная методика показала свою успешность на выборке из 252 гидрологических постов на территории Северного Кавказа России (~1 пост на 1000 км²): границы поверхности затопления при прохождении исторических максимумов определялись достаточно однозначно. Попытка построения поверхности затопления на территорию Северного Кавказа по данным 59 гидрологических постов исследуемого региона (~0,2 постов/км²) не позволила установить границы поверхности затопления. Увеличить точность построения поверхности потенциального затопления рек на основе предложенной авторами методики могло бы использование ЦМР с большим пространственным разрешением, на сегодняшний день находящихся в закрытом доступе.

На рисунке 3.21 представлены результаты апробации предлагаемой методики для отдельных участков рек Северного Кавказа – р. Терек, р. Сунжа и р. Уллучай. Гидрологические посты, рассмотренные в данном исследовании, сгруппированы по дате прохождения максимального исторического уровня воды. Показано, что на реках верхней части бассейна р. Терек преобладают гидрологические посты с историческими максимумами, зафиксированными за период 2000–2010 гг.: семь постов из 16, или 44% от количества постов на рассматриваемом участке (рисунок 3.21).

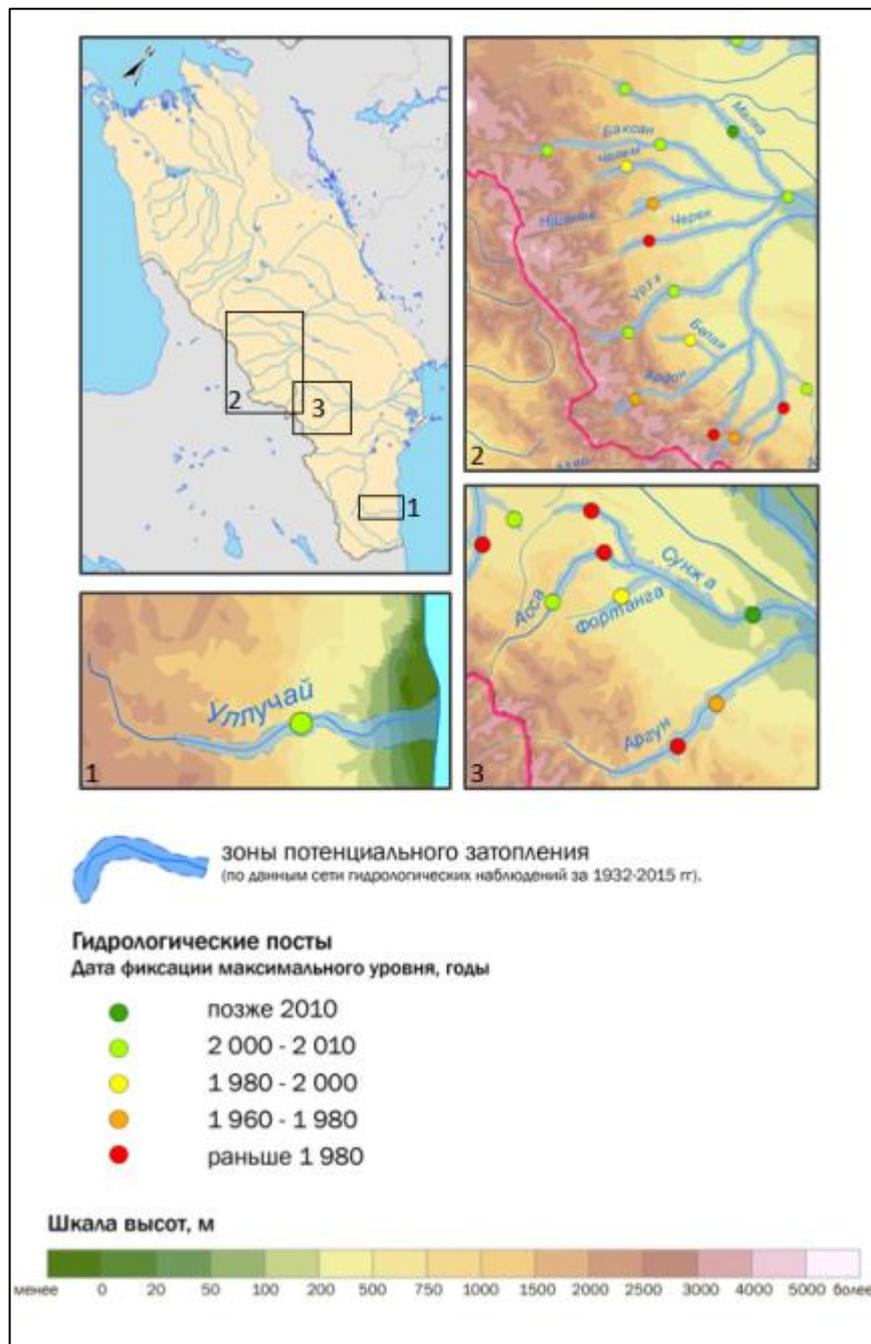


Рисунок 3.21 – Поверхность затопления, построенная по данным об исторических максимумах уровней воды за период 1932–2015 гг., для участков рек:
1 – бассейна р. Терек, 2 – р. Уллучай, 3 – бассейна р. Сунжа

Исторический максимум уровня воды на р. Уллучай по данным поста в створе с. Маджалис также наблюден в 2000–2010 гг. В бассейне р. Сунжа, напротив, преобладают посты (три поста из семи, или 43% от числа постов на рассматриваемом участке) с максимальными уровнями воды, наблюденными ранее 1980 г. Карта зон потенциального затопления рек Северного Кавказа изображена на рисунке 3.22.



Рисунок 3.22 – Зоны потенциального затопления рек Северного Кавказа

В рамках данной главы рассмотрены существующие подходы к оценке опасности наводнений. Проведен анализ и сопоставление существующих картографических изображений на территорию Северного Кавказа, посвященных тематике наводнений. Установлено многообразие терминов и подходов к определению их опасности, следствием которого является вариативность в районировании исследуемой территории по степени опасности. Подробно рассмотрены подходы и опыт установления зон затопления как на законодательном уровне, так и в рамках научных исследований и решения прикладных задач. Для территории Северного Кавказа предложен и апробирован алгоритм построения поверхности потенциального затопления с использованием инструментов мелкомасштабного геопространственного анализа, основанного на применении ЦМР SRTM и данных о максимальных исторических уровнях воды.

4. Оценка ущерба от наводнений на реках

4.1. Законодательно-нормативная и информационно-аналитическая база оценки ущерба в Российской Федерации

Опасные и неблагоприятные природные явления, в том числе гидрометеорологические, могут представлять угрозу жизни или здоровью граждан, наносить материальный ущерб, затруднять или препятствовать деятельности отраслей экономики. На территории России отмечается достаточно устойчивая тенденция возникновения опасных гидрометеорологических явлений, в том числе наносящих значительный ущерб отраслям экономики и жизнедеятельности населения (рисунок 4.1).



Рисунок 4.1 – Опасные гидрометеорологические явления на территории России, шт. (составлено автором на основе [Опасные гидрометеорологические явления ... , 2023])

При этом следует отметить прогнозируемый специалистами рост количества опасных явлений более чем в три раза, что позволяет своевременно предпринимать возможные меры реагирования для предотвращения или снижения их негативного воздействия.

Несмотря на реализуемые меры защиты, определенное количество природных явлений принимает характер чрезвычайных ситуаций.

Чрезвычайная ситуация – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, распространения заболевания, представляющая опасность для окружающих, стихийного или иного бедствия, которые могут

повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей [О защите населения ... , 1994].

МЧС России ежегодно публикует Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [Вопросы Министерства ... , 2004; Итоги деятельности МЧС ... , 2023].

Изучение динамики количества чрезвычайных ситуаций, произошедших на территории России, в том числе природных (рисунок 4.2), показало тенденцию их увеличения в 2017–2021 гг. при резком снижении показателя в 2022 году.

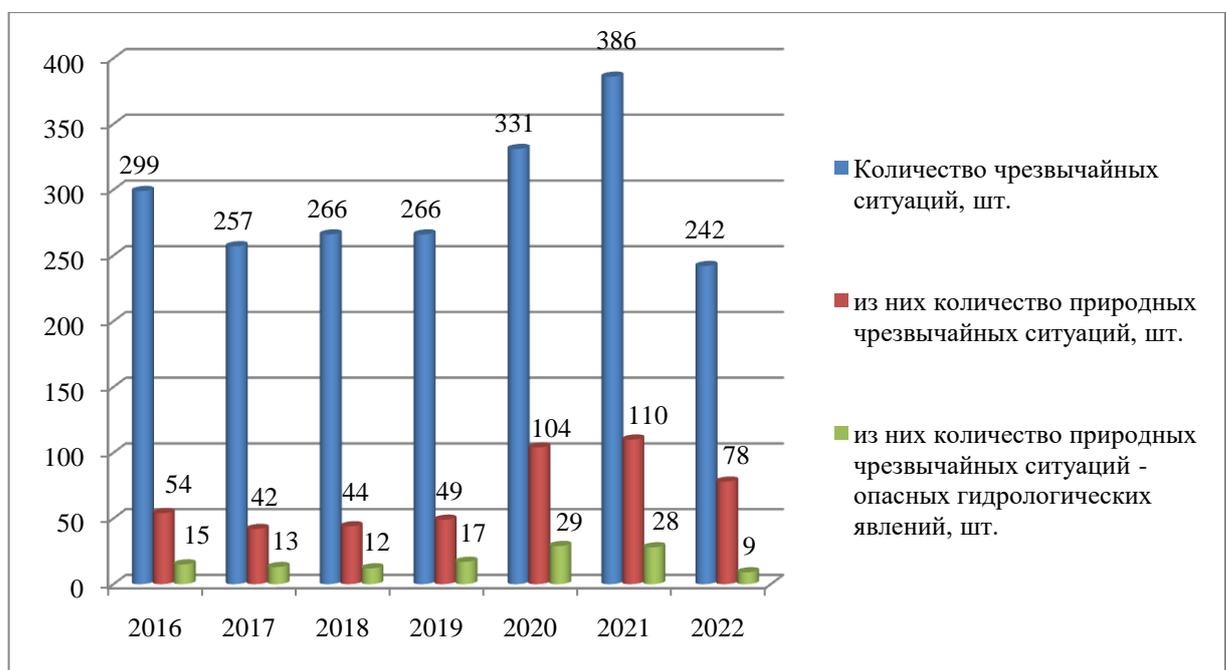


Рисунок 4.2 – Динамика количества чрезвычайных ситуаций в России, шт.

(составлено автором на основе [О состоянии защиты ... , 2016–2022])

За период 2016–2022 гг. количество опасных гидрологических явлений колебалось в диапазоне от девяти до 29. Доля опасных гидрологических явлений от общего числа чрезвычайных ситуаций в России уменьшилась с 5,02% в 2016 г. до 3,72% в 2022 г. при среднегодовом значении 5,82%, а по отношению к природным ЧС снизилась за период с 27,78 до 11,54%, при среднегодовом показателе в 26,51%.

Согласно прогнозу возникновения чрезвычайных ситуаций МЧС России, в 2023 г. сохранится положительная динамика снижения общего количества природных ЧС относительно среднемноголетних значений при незначительном росте числа опасных гидрологических явлений [О состоянии защиты ... , 2022].

Ущерб от чрезвычайной ситуации – абсолютный размер вреда жизни или здоровью людей, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений [ГОСТ Р 55201–2012; Об утверждении Методики ... , 2020].

Единой межведомственной методикой оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного, природного и террористического характера, а также классификации и учета чрезвычайных ситуаций, утвержденной МЧС России 01.12.2004 (далее – Единая межведомственная методика), определены прямой и косвенный экономический ущерб от чрезвычайной ситуации, составляющие в совокупности полный ущерб. Полный ущерб определяется на конкретный момент времени и является промежуточным по сравнению с общим ущербом, который определяется количественно в отдаленной перспективе [Единая межведомственная методика ... , 2004].

К **прямому экономическому ущербу** от какого-либо воздействия относятся выраженные в стоимостной форме, документально подтвержденные затраты, потери и убытки, обусловленные этим воздействием в данное время и в конкретном месте.

Все остальные виды потерь относят к **косвенному ущербу**, непосредственно не влияющему на результаты работы экономики в текущем году, проявляющемуся через длительный отрезок времени, не поддающемуся документальному подтверждению, характеризующемуся высокой степенью неопределенности и недостаточной достоверностью. Главными составляющими такого ущерба являются: косвенный ущерб для самого юридического и физического лица; упущенная им выгода в связи с прекращением или приостановкой деятельности.

При оценке ущерба от чрезвычайных ситуаций природного характера соответствующие органы руководствуются Методикой оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций, утвержденной приказом МЧС России от 01.09.2020 № 631 (далее – Методика МЧС), согласно которой он определяется в денежном выражении на определенную дату, не учитывает оценочные значения морального вреда и упущенной выгоды (далее – ущерб, материальный ущерб) [Об утверждении Методики ... , 2020].

Оценка ущерба от чрезвычайных ситуаций, согласно Методике МЧС, включает определение размеров следующих его составляющих:

1. Оценка размера вреда жизни и здоровью людей, имуществу физических лиц в части имущества первой необходимости, а также недвижимого имущества.
2. Оценка размера вреда имуществу государственных учреждений, созданных РФ или субъектом РФ, муниципальных учреждений, созданных муниципальным образованием, государственному или муниципальному имуществу.

3. Оценка размера вреда окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений [Об утверждении Методики ... , 2020].

Порядок расчета, размеры и способы определения размера составляющих оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций в соответствии с Методикой МЧС представлены в приложении 17.

Фактические значения материального ущерба от чрезвычайных ситуаций в России, опубликованные в отчетах МЧС России за 2016–2022 гг., показаны на рисунке 4.3.

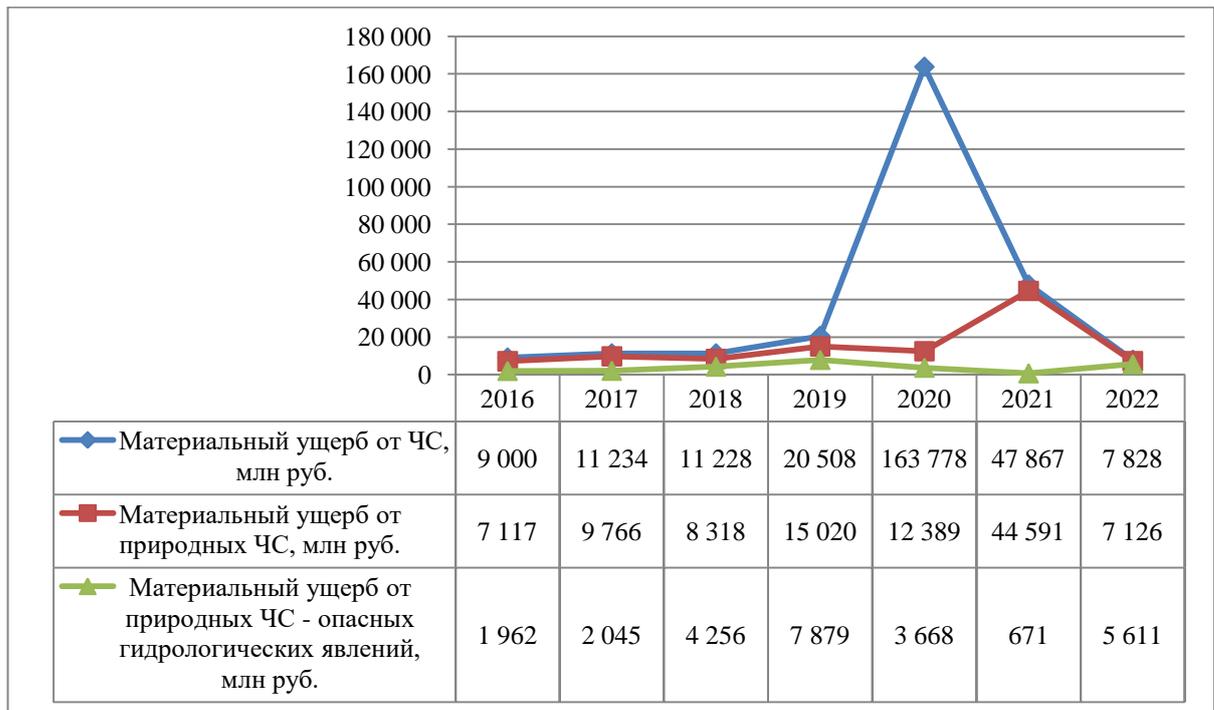


Рисунок 4.3 – Размер материального ущерба от чрезвычайных ситуаций в России, млн руб.

(составлено автором на основе [О состоянии защиты ... , 2016–2022])

Представленные на рисунке 4.3 данные свидетельствуют о значительном размере материального ущерба от природных чрезвычайных ситуаций в общем объеме ущерба от всех ЧС в России. При оценке по среднегодовым значениям периода эта доля составила 38,43%. Однако, при исключении выпадающих из тренда значений 2020 г., доля оценивается в 85,39%. Средняя доля материального ущерба от опасных гидрологических явлений в ущербе от природных ЧС в анализируемом периоде – 25,01%.

Во время паводкоопасного периода в 2022 г. на территориях 64 субъектов РФ в 605 населенных пунктах затопленными (подтопленными) оказались 4589 жилых (147 многоквартирных и 4442 частных) и 5295 садовых домов, 14 618 приусадебных участков, 75 объектов социального назначения, 320 низководных мостов, 517 участков автомобильных дорог, 3 участка взлетно-посадочной полосы, 233 объекта энергетики, 7 объектов ЖКХ и свыше 1900 объектов сельского хозяйства. Всего на затопленных (подтопленных) территориях нару-

шались условия жизнедеятельности свыше 212 тыс. чел., утратили имущество первой необходимости более 3700 чел., погибли 9 чел. Наиболее значительными зоны затопления были в Дальневосточном и Южном федеральных округах [О состоянии защиты ... , 2022].

Представляет интерес показатель материального ущерба в расчете на одну чрезвычайную ситуацию (рисунок 4.4).

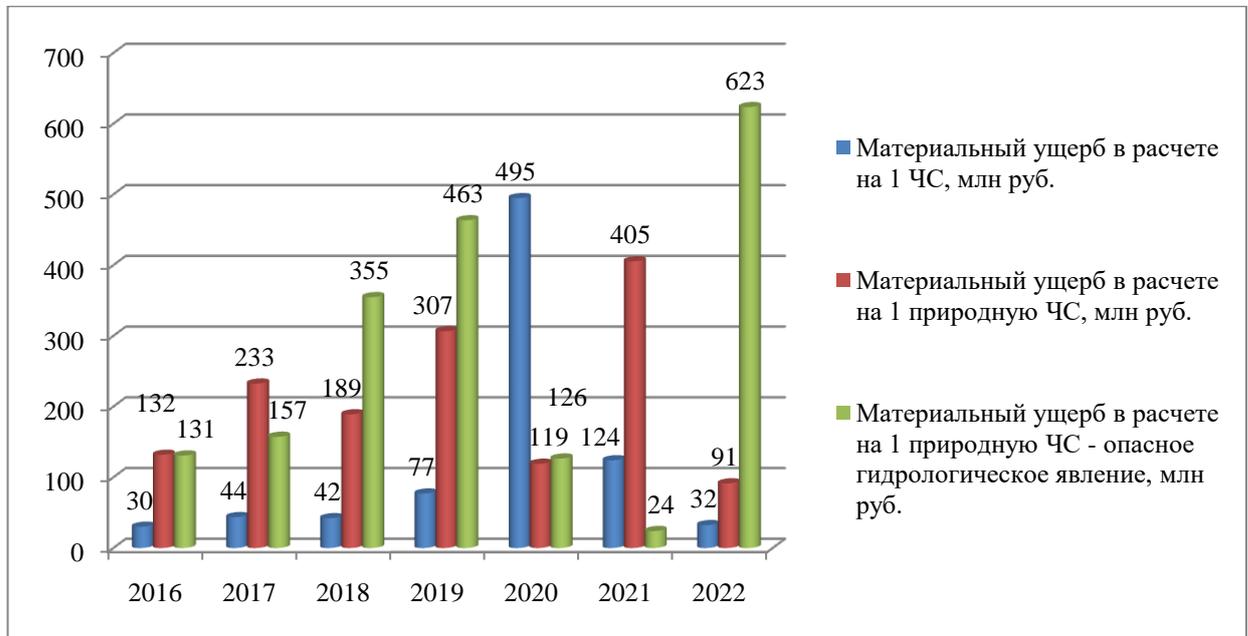


Рисунок 4.4 – Материальный ущерб на одну чрезвычайную ситуацию, млн руб. (составлено автором на основе [О состоянии защиты ... , 2016–2022])

Как показано на рисунке 4.4, при небольшом количестве случаев опасных гидрологических явлений их последствия в виде материального ущерба в расчете на одно явление оказываются весьма значительными и колеблются в 2016–2022 гг. в диапазоне от 24 до 623 млн руб. Средний материальный ущерб от опасных гидрологических явлений в анализируемом периоде составлял 269 млн руб., от природных ЧС и всех ЧС – 211 и 121 млн руб. соответственно.

Для получения данных о размере материального ущерба от чрезвычайных ситуаций проводится большая работа. Реализация процедуры оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций в соответствии с Методикой МЧС предполагает участие органов власти и осуществление последовательности действий, представленных на рисунке 4.5 [Об утверждении Методики ... , 2020].

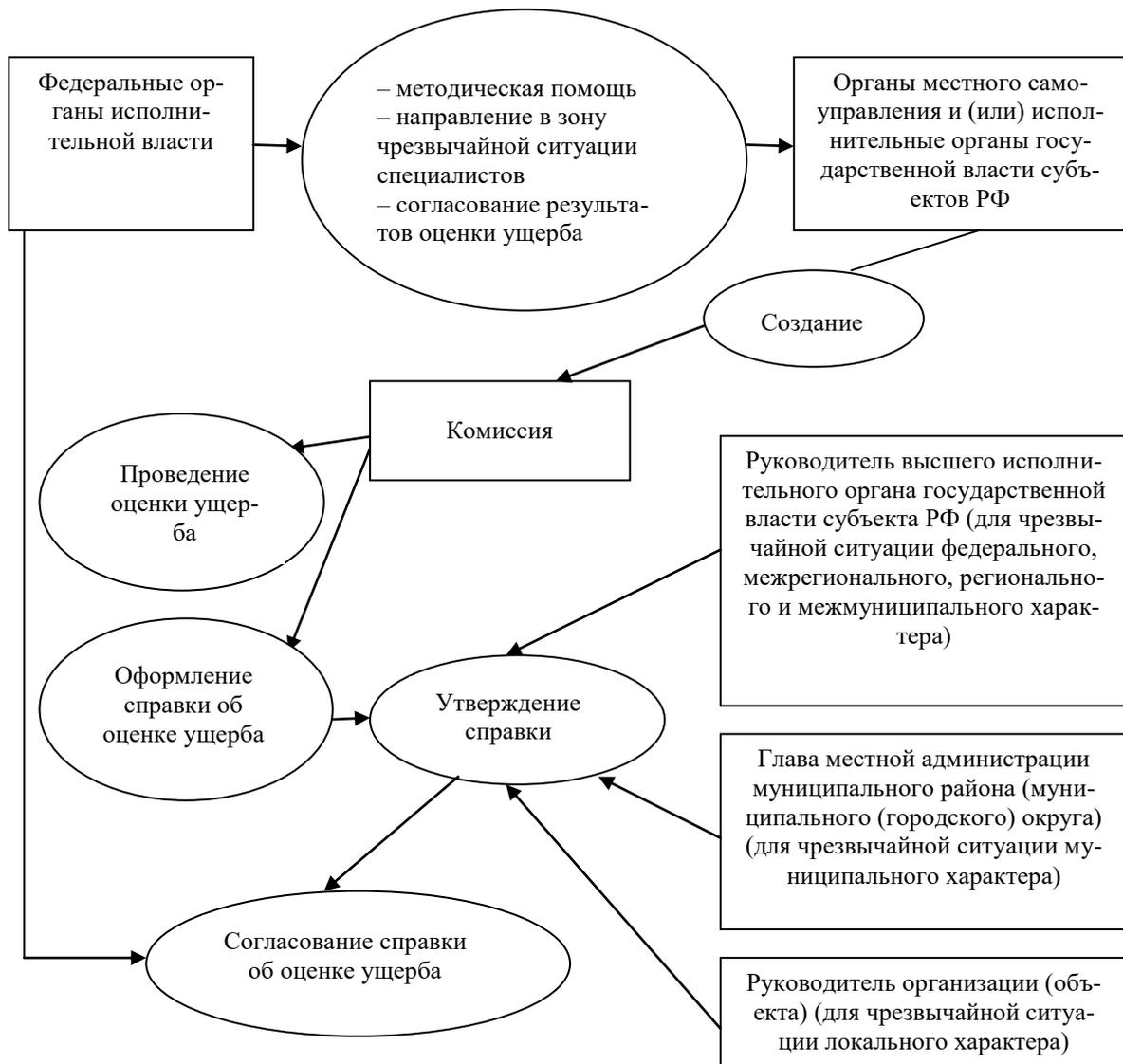


Рисунок 4.5 – Процедура оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций
[Об утверждении Методики ... , 2020]

Как показано на рисунке 4.5, органы местного самоуправления и (или) исполнительные органы государственной власти субъектов РФ для проведения оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций создают муниципальные и региональные комиссии. При этом к компетенции федеральных органов исполнительной власти относится оказание необходимой методической помощи, направление в зону чрезвычайной ситуации специалистов и согласование результатов оценки ущерба. По результатам оценки комиссией оформляется справка об оценке ущерба от чрезвычайной ситуации, утверждаемая руководителем соответствующего уровня. Форма справки представлена в приложении 18. В справке указывается размер ущерба по каждой его составляющей и итоговая сумма.

Размер ущерба окружающей природной среде и материальных потерь (размер материального ущерба) является одним из признаков классификации чрезвычайных ситуаций природ-

ного и техногенного характера (таблица 4.1), определенной постановлением Правительства РФ от 21.05.2007 № 304 «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» [О классификации ... , 2007].

Таблица 4.1 – Классификация чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера
(за исключением чрезвычайных ситуаций в лесах, возникших вследствие лесных пожаров)
[О классификации ... , 2007]

Уровень чрезвычайной ситуации	Признак чрезвычайной ситуации
Локального характера	ситуация, в результате которой территория, на которой сложилась чрезвычайная ситуация и нарушены условия жизнедеятельности людей (далее – зона чрезвычайной ситуации), не выходит за пределы территории организации (объекта), при этом количество людей, погибших и (или) получивших ущерб здоровью, составляет не более 10 чел. либо размер ущерба окружающей природной среде и материальных потерь (далее – размер материального ущерба) составляет не более 240 тыс. руб.
Муниципального характера	ситуация, в результате которой зона чрезвычайной ситуации не выходит за пределы территории одного муниципального образования, при этом количество людей, погибших и (или) получивших ущерб здоровью, составляет не более 50 чел. либо размер материального ущерба составляет не более 12 млн руб., а также данная чрезвычайная ситуация не может быть отнесена к чрезвычайной ситуации локального характера
Межмуниципального характера	ситуация, в результате которой зона чрезвычайной ситуации затрагивает территорию двух и более муниципальных районов, муниципальных округов, городских округов, расположенных на территории одного субъекта РФ, или внутригородских территорий города федерального значения, при этом количество людей, погибших и (или) получивших ущерб здоровью, составляет не более 50 чел. либо размер материального ущерба составляет не более 12 млн руб.
Регионального характера	ситуация, в результате которой зона чрезвычайной ситуации не выходит за пределы территории одного субъекта РФ, при этом количество людей, погибших и (или) получивших ущерб здоровью, составляет свыше 50 чел., но не более 500 чел. либо размер материального ущерба составляет свыше 12 млн руб., но не более 1,2 млрд руб.
Межрегионального характера	ситуация, в результате которой зона чрезвычайной ситуации затрагивает территорию двух и более субъектов РФ, при этом количество людей, погибших и (или) получивших ущерб здоровью, составляет свыше 50 чел., но не более 500 чел. либо размер материального ущерба составляет свыше 12 млн руб., но не более 1,2 млрд руб.
Федерального характера	ситуация, в результате которой количество людей, погибших и (или) получивших ущерб здоровью, составляет свыше 500 чел. либо размер материального ущерба составляет свыше 1,2 млрд руб.

Как показано в таблице 4.1, вторым критерием отнесения к чрезвычайной ситуации соответствующего характера является количество людей, погибших и (или) получивших вред здоровью.

Динамика численности населения, погибшего, пострадавшего и спасенного во время чрезвычайных ситуаций в России, представлена в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Динамика численности населения, погибшего, пострадавшего и спасенного во время чрезвычайных ситуаций в России, чел.
(составлено автором на основе [О состоянии защиты ... , 2016–2022])

Показатель	2016 год	2017 год	2018 год	2019 год	2020 год	2021 год	2022 год	Среднегодовое значение
Чрезвычайные ситуации, всего								
Погибло	788	556	717	532	326	529	199	521
Пострадало	130 959	36 402	57 477	120 911	6 257	49 698	235 274	90 997
Спасено	38 582	5 342	14 707	9 607	2 627	1 898	789	10 507
Природные ЧС								
Погибло	3	33	8	34	4	24	18	18
Пострадало	126 465	33 964	53 637	118 374	4 366	47 716	134 362	74 126
Спасено	37 308	3 491	13 615	7 623	1 768	1 005	389	9 314
Природные ЧС – Опасные гидрологические явления								
Погибло	0	3	0	26	0	10	9	7
Пострадало	47 224	11 756	52 177	117 237	2 877	47 477	55 279	47 718
Спасено	5 248	1 527	13 222	6 494	1 507	211	381	4 084

Как видно из таблицы 4.2, по сравнению с общим числом чрезвычайных ситуаций в природных ЧС гибнет в среднем незначительное количество населения – 3,40%, а при опасных гидрологических явлениях всего 1,32%. При этом количество пострадавших и спасенных от таких явлений достаточно высоко с удельными весами 81,46 и 52,44%, 88,64 и 38,87% соответственно. Весьма значительна доля погибших, пострадавших и спасенных от опасных гидрологических явлений по отношению к природным ЧС – 38,71, 64,37 и 43,85% соответственно.

Представленные данные свидетельствуют о том, что, несмотря на относительно небольшое количество опасных гидрологических явлений в России, их последствия весьма ощутимы и значительны как с точки зрения количества пострадавших, так и материального ущерба. Это подтверждает актуальность рассмотрения вопроса оценки ущерба от данных явлений, в том числе от наводнений на реках.

Выполненный аналитический обзор чрезвычайных ситуаций и их последствий позволил сформировать аналитическую базу оценки ущерба от наводнений. В частности, усредненная структура численности погибших, пострадавших и спасенных стала основой оценки сумм финансовой помощи и единовременных пособий в связи с утратой имущества и причинением вреда здоровью. Диапазон значений материального ущерба в расчете на одно опасное гидрологическое явление выступил критериальным показателем достоверности предлагаемого методического инструментария оценки ущерба от наводнений.

С учетом размера материального ущерба и количества людей, погибших и (или) получивших вред здоровью, чрезвычайные ситуации различного уровня в 2016–2022 гг. распределились следующим образом (рисунок 4.6).

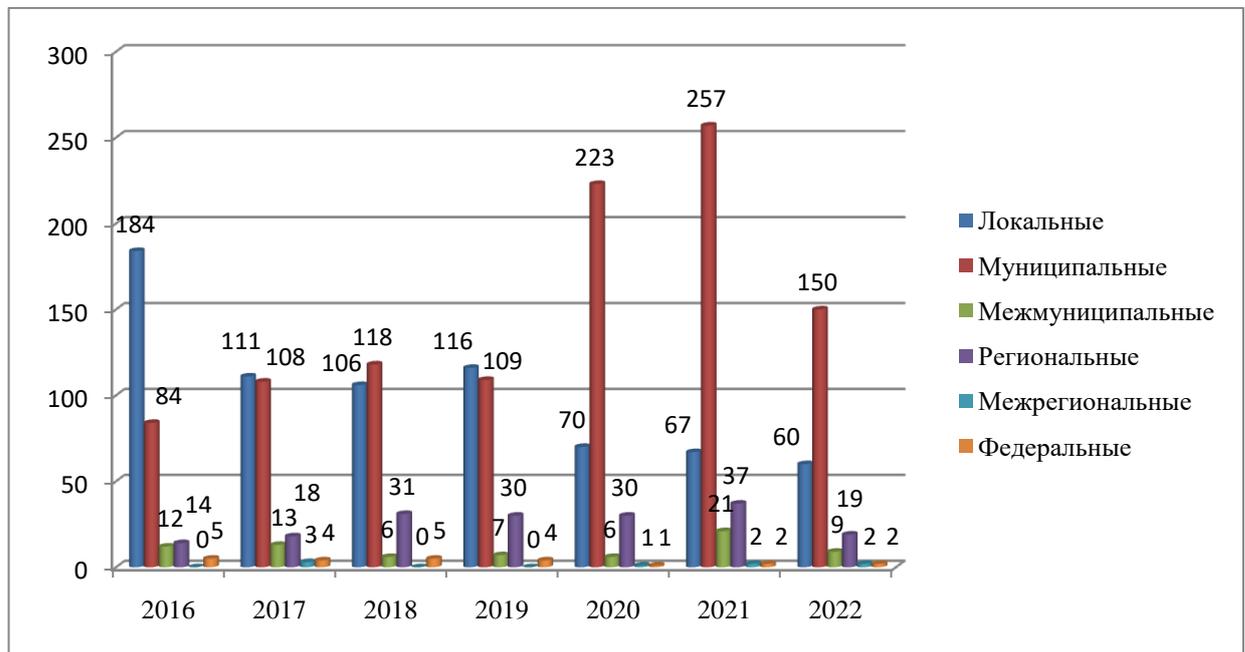


Рисунок 4.6 – Распределение чрезвычайных ситуаций различного уровня в России в 2016–2022 гг., шт.

(составлено автором на основе [О состоянии защиты ... , 2016–2022])

Из рисунка 4.6 следует, что в анализируемом периоде преимущественно происходили чрезвычайные ситуации муниципального и локального характера. По среднегодовым значениям чрезвычайные ситуации расположились следующим образом: муниципальные – 150, локальные – 102, региональные – 26, межмуниципальные – 11, федеральные – 3, межрегиональные – 1.

Характер чрезвычайных ситуаций определяется в целях установления источника финансирования мероприятий по ликвидации их последствий и планирования мероприятий, направленных на их предупреждение, в соответствии с действующими законодательными актами [О защите населения ... , 1994; О единой государственной системе ... , 2003; Об утверждении Правил ... , 2019а; Об утверждении Правил ... , 2019б; Об утверждении Положения ... , 2019]. В качестве одного из мероприятий МЧС России, направленного на предупреждение и своевременное реагирование на чрезвычайные ситуации, стало создание и внедрение системы «Личный кабинет единой дежурно-диспетчерской службы (ЕДДС)» [О единой дежурно-диспетчерской ... , 2022] автоматизированной информационно-управляющей системы единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (АИУС РСЧС), включающей блоки «Атлас опасностей и рисков», «Паспорт территорий», «Термиче-

ские точки» и сервис обмена мгновенными сообщениями КС «АРМ ГС». Система применяется в целях доведения оперативной информации до всех органов повседневного управления муниципального уровня и цифровизации их деятельности. МЧС России продолжает работу по развитию и совершенствованию инструмента конструктора форм сведений информационной системы «Атлас опасностей и рисков» в рамках работ по развитию, клиентскому и прикладному сопровождению [О состоянии защиты ... , 2022].

Предлагаемый в рамках настоящего исследования методический инструментарий оценки ущерба от наводнений в дальнейшем может стать элементом прикладного сопровождения системы «Личный кабинет ЕДДС» АИУС РСЧС. В частности, блока «Паспорт территорий», одним из элементов которого согласно [Об утверждении типового паспорта ... , 2004], выступают показатели риска природных чрезвычайных ситуаций, в том числе наводнений. Среди таких показателей – размер зоны вероятной чрезвычайной ситуации, численность населения, у которого могут быть нарушены условия жизнедеятельности, возможное число погибших и пострадавших, возможный ущерб. Развитием блока «Атлас опасностей и рисков» может стать создание картографических образов опасности территорий, формирующихся на основе интегрированной оценки риска наступления чрезвычайной ситуации и размера возможного материального ущерба, являющееся предметом дальнейших научных исследований [Об утверждении типового паспорта ... , 2004].

Таким образом, исследование показало наличие утвержденных на межведомственном и ведомственном уровнях методик, применяемых для оценки ущерба. Методика МЧС России [Об утверждении Методики ... , 2020] описывает общий подход к оценке ущерба от чрезвычайной ситуации и не предлагает конкретного методического инструментария для выполнения расчетов. Единая межведомственная методика [Единая межведомственная методика ... , 2004], напротив, очень подробна и охватывает большое количество показателей и сфер деятельности, ориентирована на оценку прямого и косвенного ущерба, предлагает рамочную методику укрупненной оценки и подход к прогнозированию экономического ущерба от чрезвычайных ситуаций. Вместе с тем, для проведения оценки последствий потенциальных наводнений в виде ожидаемого ущерба, формирования картографических образов опасности территорий и составления паспорта территорий данная методика излишне детализирована. С учетом данных выводов принято решение о разработке методического инструментария для оценки ущерба от наводнений, базирующегося на положениях изученных законодательных методик. При этом все представленные в них ограничения и допущения в полной мере применимы к предлагаемому подходу.

4.2. Выбор исходных данных для проведения оценки ущерба от наводнений на реках Северного Кавказа

Оценка ущербов от наводнений на реках должна осуществляться с использованием тематической информации, к которой можно отнести:

- данные МЧС на платформе «Инфраструктура научно-исследовательских данных» (далее – ИНИД);
- данные системы Open Street Map (далее – OSM).

Оперативные данные МЧС о затоплениях на платформе ИНИД содержат сведения о местах наводнений периода 2013–2020 гг. на территории РФ. Оперативные сведения агрегируются органами повседневного управления единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) для выработки решений о реагировании на ЧС. Впоследствии эти данные уточняются специальными комиссиями с участием органов местного самоуправления, на основе которых осуществляется расчет объема нанесенного ущерба и итоговый размер компенсационных выплат. В оперативных данных не учитываются комплексы неблагоприятных гидрометеорологических явлений длительностью менее суток. Помимо общей информации о месте затопления (субъект РФ, муниципальное образование, населённый пункт, его широта и долгота, ОКТМО), характере затопления (дата начала и окончания затопления, длительность затопления, источник и причина затопления), в базе МЧС представлены данные о количестве подверженных затоплению объектов по пяти основным категориям – дома, приусадебные участки, мосты, дороги и объекты социального значения (рисунок 4.7).

Всего в базе МЧС представлено 5050 записей о затоплениях за период 2013–2020 гг. На интересующую область изучения обнаружено **193** записи о затоплениях в результате выпадения осадков на территории Республики Кабардино-Балкарии, Карачаево-Черкессии, Адыгеи, Дагестана, Ингушетии, Северной Осетии – Алании, Чечни, Краснодарского края, Ростовской области, Ставропольского края (рисунок 4.7).

Данные OSM содержат геопространственные сведения об объектах инфраструктуры населённых пунктов РФ.

Как показано в таблице 4.3, выделяют 11 основных типов объектов, позволяющих в дальнейшем более детально подойти к оценке ущербов от наводнений.

subject	typ_obr	settlement	object_name	latitude_dd	longitude_dd
1334 Ставропольский край	Андроповский район	Солуно-Дмитриевское	Сыркуль	44 4077777777778	42 7216666666667
1335 Кабардино-Балкарская республика	Нальчик	Нальчик	Дождевой паводок	43 4852777777778	43 6069444444444
1336 Республика Адыгея	Городской округ Майкоп	Майкоп	Дождевой паводок	44 6097222222222	40 1805555555556
1337 Республика Адыгея	Майкопский район	Грозный	Дождевой паводок	44 5538888888889	40 1366666666667
1338 Республика Адыгея	Майкопский район	Краснооктябрьский	Дождевой паводок	44 5763888888889	40 0805555555556
1339 Республика Адыгея	Майкопский район	Курджипская	Дождевой паводок	44 4611111111111	40 0566666666667
1340 Республика Адыгея	Майкопский район	Победа	Дождевой паводок	44 5622222222222	40 1441666666667
1341 Республика Адыгея	Майкопский район	Подгорный	Дождевой паводок	44 4563888888889	40 1822222222222
1342 Республика Адыгея	Майкопский район	Тимирязева	Дождевой паводок	44 4697222222222	40 1686111111111
1343 Республика Адыгея	Майкопский район	Тулский	Дождевой паводок	44 5158333333333	40 1761111111111
1344 Республика Адыгея	Майкопский район	Цветочный	Дождевой паводок	44 4936111111111	40 14
1345 Республика Адыгея	Майкопский район	Шунтук	Дождевой паводок	44 4513888888889	40 1702777777778
1346 Республика Адыгея	Теучежский район	Шевченко	Дождевой паводок	44 8969444444444	39 5230555555556
1347 Карачаево-Черкесская республика	Адыге-Хабльский район	Старо-Кувинск	Дождевой паводок	44 3444444444444	41 7796111111111
1348 Ставропольский край	Кочубеевский район	Веселое	Дождевой паводок	44 5005555555556	41 8027777777778
1349 Ставропольский край	Невинномысск	Невинномысск	Дождевой паводок	44 6383333333333	41 9361111111111
1350 Краснодарский край	Брюховецкий район	Брюховецкая	Дождевой паводок	45 8019444444444	38 9972222222222
1351 Краснодарский край	Брюховецкий район	Новое Село	Дождевой паводок	45 8908333333333	39 4713888888889

I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
date_start	date_end	duration	house_count	farm_count	bridge_count	road_count	social_object_count	flood_type	population
2014-05-02	NaN	NaN	0	12	0	0	0	паводок	NaN
2016-05-26	2016-05-26	0	22	22	0	0	0	дождь	265043
2016-05-28	2016-05-29	1	0	357	0	1	0	дождь	167029
2016-05-28	2016-05-29	1	16	29	0	0	0	дождь	6088
2016-05-28	2016-05-29	1	3	30	0	0	0	дождь	11536
2016-05-28	2016-05-29	1	0	10	0	0	0	дождь	11536
2016-05-28	2016-05-29	1	18	43	0	1	0	дождь	5309
2016-05-28	2016-05-29	1	0	1	1	0	0	дождь	3860
2016-05-28	2016-05-29	1	4	10	0	0	0	дождь	3860
2016-05-28	2016-05-29	1	11	48	0	1	0	дождь	10878
2016-05-28	2016-05-29	1	18	24	2	2	0	дождь	3860

Рисунок 4.7 – Структура данных МЧС, представленных на платформе ИНИД

Среди категории «Здания» выделяют следующие группы:

- Многоквартирные дома (атрибуты «apartments» и «residential»);
- Торговые центры («commercial»);
- Гостевые дома, отели («hotels»);
- Веранды, беседки («roof»);
- Строительные площадки («construction»);
- Гаражи («garages»);
- Частные дома («house»);
- Места розничной торговли («retail»);
- Другие сооружения («no data»).

Категория «Автомобильные дороги» подразделяется на группы:

- Тротуары («footway»);
- Тропы («path»);
- Проезжая часть («residential», «service» и «tertiary»);
- Лестницы («steps»);
- Тропинки («track»);
- Другие дороги («no data»).

Помимо основных категорий (1–10), выделена дополнительная категория «Другие объекты», включающая в себя «Объекты землепользования», «Растительность» и «Прочие».

В категорию «Объекты землепользования» входят: садоводческие товарищества, фермы, сельскохозяйственные дворы, пастбища, свалки, луга, карьеры, виноградники, ООПТ. Категория «Растительность» включает: пляжи, траву, вырубки, песок, осыпи и кустарники. К категории «Прочие» относятся: кладбища, районы под новую застройку, автостоянки, территории под нужды ж/д, бассейны, минипарки, игровые площадки, места для рыбалки.

Пример отображения данных OSM представлен на рисунке 4.8.



Рисунок 4.8 – Данные OSM на примере г. Хадыженск Краснодарского края

В таблице 4.3 представлены результаты сопоставления данных МЧС и OSM, позволяющих выполнить оценку ущербов от наводнений.

Таблица 4.3 – Сравнение данных МЧС (платформа ИНИД) и OSM
для анализа ущербов от наводнений

Параметры	Данные МЧС	Данные OSM
I. Общие сведения об источнике данных		
Общие сведения об источнике данных	Источник содержит гидрологические и социально-экономические сведения, позволяющие рассчитать величину экономического ущерба при прохождении экстремальных наводнений для отдельных населенных пунктов	Источник содержит социально-экономические сведения об объектах инфраструктуры населенных пунктов. Для получения сведений об ущербах и подверженных затоплению объектах в качестве гидрологической составляющей использована поверхность затопления, построенная по данным об исторических максимумах уровней воды периода 1930–2017 гг.
II. Период наблюдений		
Период наблюдений	2013–2020 гг.	Сведения актуальны на 2021 г.
III. Охват территории		
1. Исходные данные на территорию Северного Кавказа	Приведены сведения о наводнениях в 193 населенных пунктах	Содержатся сведения обо всех населенных пунктах РФ (в данном исследовании – на территорию СКФО и ЮФО)
2. Наличие информации в ПЗ	Приведены сведения для территории, прилегающей к 4 из 59 гидрологических постов	В границах ПЗ находятся более 500 населенных пунктов
IV. Сведения о наводнениях		
1. Даты прохождения наводнения	Дата начала наводнения и дата освобождения от воды	X (Данные OSM представляют информацию только о населенных пунктах. Гидрологические данные, за исключением гидрографической сети рассматриваемой территории, отсутствуют)
2. Продолжительность наводнения	Продолжительность затопления (ед. измерения – сутки)	
3. Источник затопления	Информация представлена («дождь» или «паводок»)	
4. Генезис наводнения	Информация представлена с указанием реки или причины наводнения («осадки», «ливневка», «дождевой паводок», «дождь»)	
V. Состав данных		
1. Здания и сооружения	Общее число подтопленных жилых домов (чаще всего, многоэтажных) без разделения по категориям	9 основных категорий зданий
2. Приусадебные участки	Общее число подтопленных приусадебных участков	X
3. Автомобильные дороги	Общее число подтопленных участков дорог (на одной дороге может быть затоплено несколько участков, в значении просуммированы все затопления всех участков дороги) без разделения по категориям	6 основных категорий автомобильных дорог, а также подвесные дороги
4. Мосты	Общее число подтопленных мостов	Информация представлена в неявном виде в слое «Автомобильные дороги»

Параметры	Данные МЧС	Данные OSM
5. Социально-значимые объекты	Общее число подтопленных социально-значимых объектов (школы, больницы, детские сады и т.д.) без разделения по категориям	7 основных категорий объектов
6. Остановки общественного транспорта	X	Приведена информация о трамвайных и автобусных остановках
7. Парковки	X	Приведена информация о парковках
8. ЛЭП	X	Представлена информация о ЛЭП и их опорах
9. Объекты ж/д	X	Представлена информация о ж/д дорогах, платформах и станциях
10. Аэропорты	X	Приведена информация об аэропортах
11. Другие объекты	X	20 различных классов объектов

Главное отличие двух источников информации, как видно из таблицы 4.3, состоит в том, что данные МЧС представляют собой уже готовые общие сведения о подверженных наводнениям объектах.

Для того, чтобы оценить возможность сопоставления данных МЧС и OSM для отдельных населенных пунктов, осуществлен поиск гидрологических постов и (или) населенных пунктов, в створе которых построена поверхность затопления, а также на территорию которых имеются сведения в базе МЧС. На первом этапе (сопоставление 59 рассматриваемых гидрологических постов с данными МЧС) обнаружено четыре таких населенных пункта – ст. Северская, г. Хадыженск, г. Сочи и г. Крымск (таблица 4.4).

Таблица 4.4 – Населенные пункты, сведения о которых представлены на платформе ИНИД

settlement	source	date_start	date_end	duration	house	farm	bridge	road	social
1. Северская	Дождевой паводок	04.06.2016	04.06.2016	0	10	30	0	0	0
2. Сочи	Дождевой паводок	15.07.2018	15.07.2018	0	1	8	0	4	0
3. Сочи	Дождевой паводок	04.08.2018	04.08.2018	0	2	2	0	0	0
4. Сочи	Дождевой паводок	16.09.2018	16.09.2018	0	1	9	0	0	0
5. Хадыженск	Дождевой паводок	24.10.2018	27.10.2018	3	550	3854	0	0	3
6. Сочи	Дождевой паводок	24.10.2018	27.10.2018	3	86	86	0	1	1
7. Крымск	Ливнёвка	12.06.2019	12.06.2019	0	0	2	0	0	0

Ввиду недоступности функции экспорта с платформы ИНИД всего массива данных по наводнениям из базы МЧС произвести сопоставление с данными 252 гидрологических постов, на основе которых построена поверхность затопления, на данный момент

не представляется возможным. Вероятно, это позволило бы посредством геопространственного анализа определить большее число гидрологических постов, для которых в базе МЧС имеются сведения об ущербах, и произвести сопоставление с расчетами ущербов по данным OSM.

Для проведения дальнейшей оценки ущерба от наводнения выбраны данные OSM, имеющие, во-первых, бóльшую детализацию по категориям и, во-вторых, геопространственную привязку, позволяющую в совокупности с полученной в рамках главы 3 поверхностью потенциального затопления оперативно определить количество подверженных затоплению объектов.

Для апробации предлагаемого методического инструментария оценки ущерба от наводнений возникла необходимость выбора населенного пункта. Основными параметрами при этом выступили следующие:

1. С целью упрощения расчетов населенный пункт имеет небольшую численность населения (не более 5000 чел.).
2. В пределах населенного пункта находится достаточное количество объектов интереса различных категорий.
3. Для повышения точности определения поверхности потенциального затопления и, как следствие, повышения точности расчетов ущербов населенный пункт находится как можно ближе к гидрологическому посту (до 5 км).
4. Для возможности выполнения расчетов ущербов в случае частичного затопления объектов интереса населенный пункт должен частично попадать в зону затопления.

С учетом вышеприведенных требований для апробации методического инструментария оценки ущерба от наводнений выбран микрорайон Совхоз Приморский, расположенный в междуречье руч. Сутугинская балка и р. Хоста на территории Краснодарского края, со следующими характеристиками: площадь территории – 1,03 км², численность населения – 2020 чел., плотность населения – 1954 чел./км², расстояние до гидрологического поста – 3 км.

На рисунке 4.9 показаны различные категории объектов интереса в пределах микрорайона Совхоз Приморский, сведения о которых приведены в атрибутивной таблице пространственных слоев OSM.

Для уточнения не всегда очевидной русскоязычной интерпретации представленных атрибутивных сведений произведено сопоставление объектов OSM с их изображением на космических снимках (рисунок 4.10).

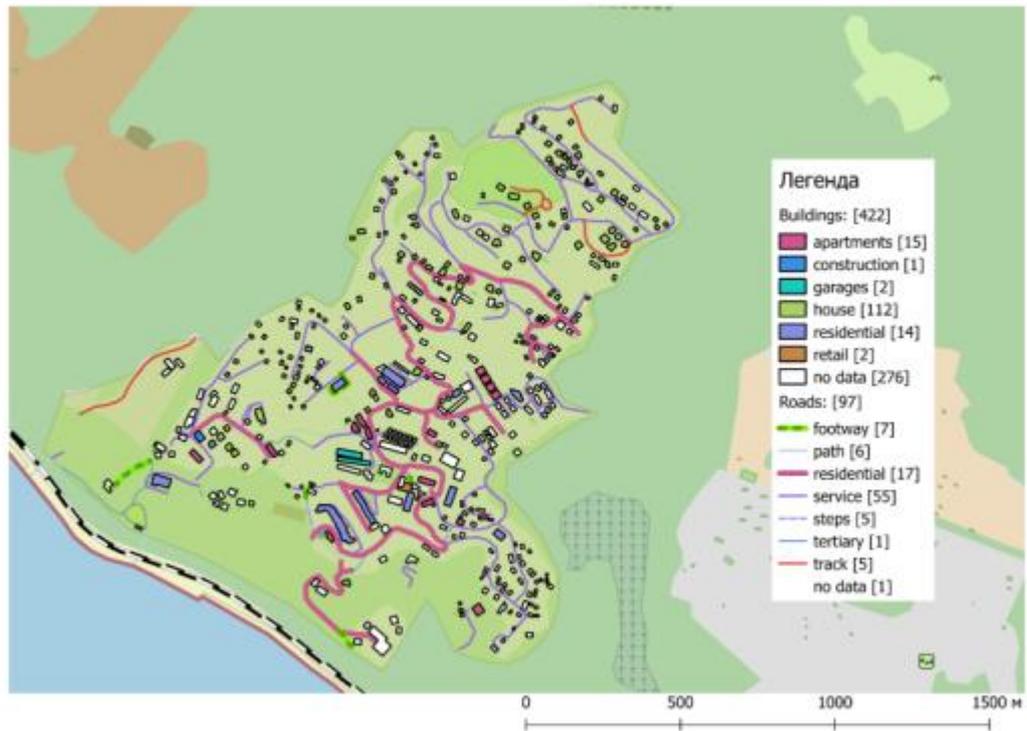


Рисунок 4.9 – Классификация объектов, расположенных на территории микрорайона Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края, выполненная на основе данных OSM



Рисунок 4.10 – Уточнение типа дорожного покрытия для классов объектов OSM (розовым показана дорога класса «residential» – асфальтовое покрытие, фиолетовым – «service», предположительно грунтовое покрытие) для микрорайона Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края

Для проведения расчетов в рамках оценки ущерба смоделирована ситуация затопления микрорайона Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края при прохождении максимального исторического уровня воды и определена территория, попадающая в зону потенциального затопления р. Хоста (рисунок 4.11). В зоне затопления оказалось 25% площади населенного пункта.

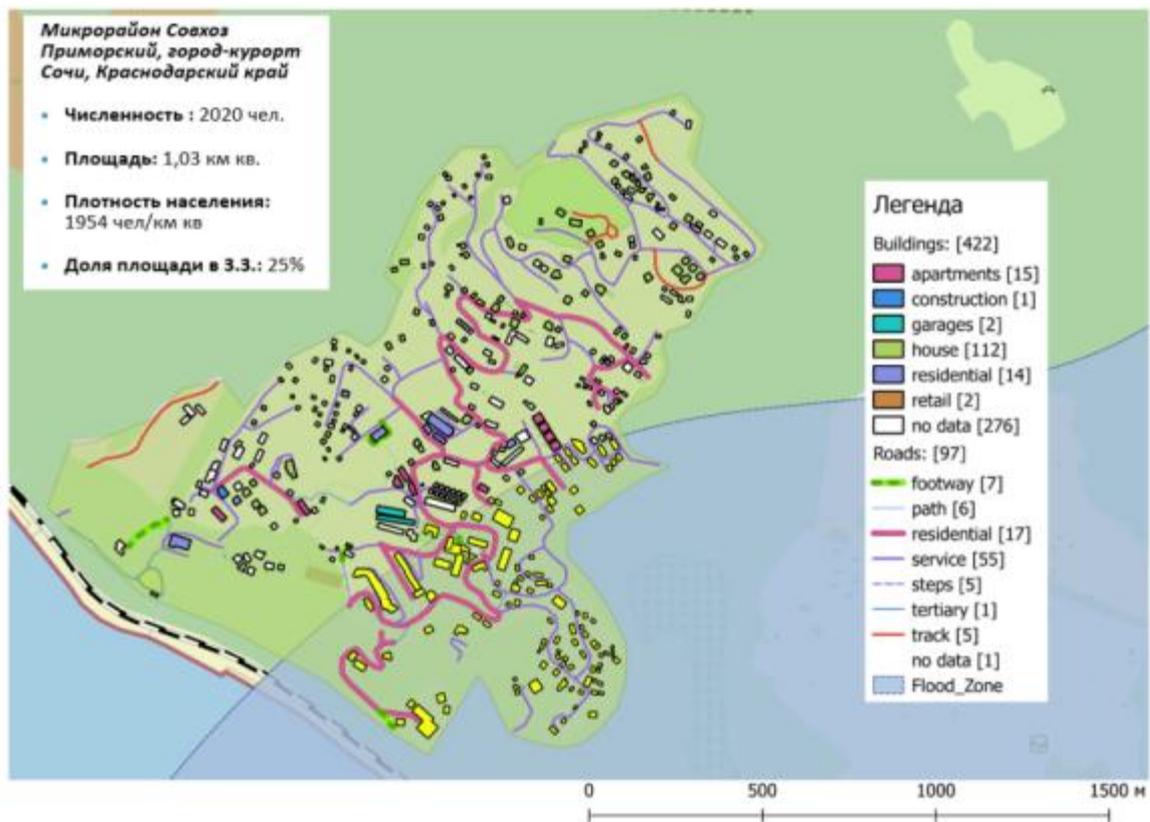


Рисунок 4.11 – Территория микрорайона Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края, попадающая в зону потенциального затопления р. Хоста

Таким образом, в процессе поиска и анализа возможных источников данных для проведения оценки ущерба от наводнений на участках рек Северного Кавказа установлено, что наиболее оптимальным является использование сведений OSM, имеющих, с одной стороны, широкий спектр тематической информации, с другой стороны – геопространственную привязку, позволяющую посредством геоинформационного анализа осуществить поиск объектов различных категорий, попадающих в зону потенциального затопления, построенную в рамках главы 3, и перейти к определению потенциального ущерба от затопления. В качестве объекта проведения оценки ущерба от наводнения определен микрорайон Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края, для которого смоделирована ситуация затопления части территории при прохождении максимального исторического уровня воды.

4.3. Разработка и апробация методического инструментария оценки ущерба от наводнений на реках на примере отдельных участков рек Северного Кавказа

4.3.1. Алгоритм реализации методики оценки ущерба от наводнений

Разработка методического инструментария для оценки ущерба от наводнений осуществлялась на основе положений Методики МЧС [Об утверждении Методики ... , 2020] и Единой межведомственной методики [Единая межведомственная методика ... , 2004] с учетом результатов аналитического исследования отчетных данных о чрезвычайных ситуациях в России.

Алгоритм реализации методики оценки ущерба от наводнений включает этапы, представленные на рисунке 4.12.

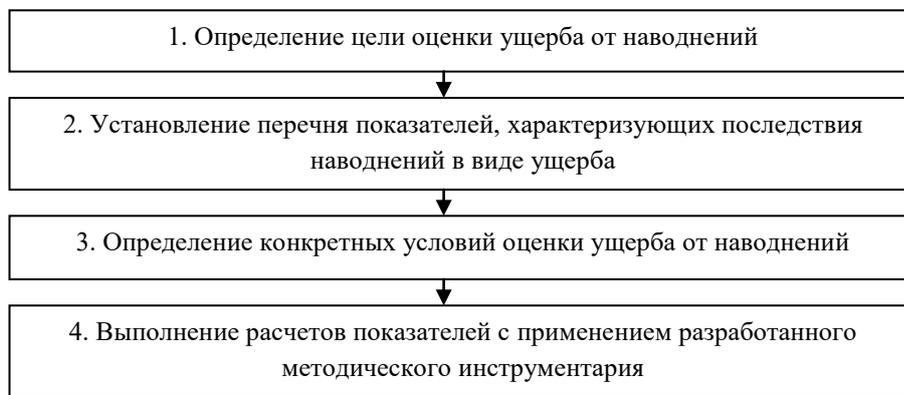


Рисунок 4.12 – Алгоритм реализации методики оценки ущерба от наводнений (составлено автором на основе [Единая межведомственная методика ... , 2004])

В рамках настоящего исследования основной целью оценки ущерба от наводнений является получение сведений об их экономических последствиях как для планирования необходимых предупредительных мероприятий, так и для формирования суммы необходимых резервов на покрытие ущерба.

На следующем этапе устанавливается перечень показателей, характеризующих последствия наводнений в виде ущерба. Применяемый подход ориентирован на расчет только прямого экономического ущерба. Для расчета суммы ущерба от наводнений на реках предлагается использовать формулу (4.1).

$$Y = Y_{\text{жз}} + Y_{\text{инп}} + Y_{\text{жп}} + Y_{\text{гмс}} + Y_{\text{o}} + Y_{\text{ос}}, \quad (4.1)$$

где Y – общий размер ущерба, причиненный наводнением, руб.;

$Y_{\text{жз}}$ – ущерб, причиненный наводнением жизни и здоровью населения, выраженный в сумме денежных средств на выплату единовременных пособий гражданам, получившим

в результате чрезвычайной ситуации легкой, тяжелой или средней тяжести вред здоровью, единовременного пособия членам семей граждан, погибших (умерших) в результате чрезвычайной ситуации, включая пособие на погребение, руб.;

$Y_{инп}$ – ущерб, причиненный наводнением движимому имуществу населения, выраженный в сумме финансовой помощи в связи с частичной или полной утратой имущества первой необходимости, руб.;

$Y_{жп}$ – ущерб, причиненный наводнением недвижимому жилому имуществу населения, выраженный в стоимостном размере мер социальной поддержки граждан, жилые помещения которых утрачены и (или) повреждены в результате чрезвычайной ситуации, руб.;

$Y_{гмс}$ – ущерб, нанесенный наводнением объектам государственной и муниципальной собственности, выраженный в размере расходов на проведение неотложных аварийно-восстановительных работ на объектах жилищного фонда, образования, социальной поддержки населения, здравоохранения, руб.;

Y_o – ущерб, нанесенный наводнением отраслям (по объектам государственной и муниципальной собственности): энергетике, жилищно-коммунальному хозяйству, транспортной инфраструктуре, сельскому хозяйству, руб.;

Y_{oc} – ущерб, нанесенный наводнением окружающей среде, руб.

Формулу (4.1) можно представить в виде аддитивной (многофакторной) модели (формула (4.2)), каждая из составляющих которой рассчитывается с применением соответствующих виду ущерба показателей.

$$Y = \sum_{i=1}^a k_i \cdot x_i + \sum_{j=1}^b k_j \cdot x_j + \sum_{k=1}^c k_k \cdot x_k + \sum_{l=1}^d k_l \cdot x_l + \sum_{m=1}^e k_m \cdot x_m + \sum_{n=1}^h k_n \cdot x_n, \quad (2)$$


Ущерб жизни и здоровью населения ($Y_{жз}$)	Ущерб движимому имуществу населения ($Y_{инп}$)	Ущерб недвижимому жилому имуществу населения ($Y_{жп}$)	Ущерб объектам государственной и муниципальной собственности ($Y_{гмс}$)	Ущерб отраслям (Y_o)	Ущерб окружающей среде (Y_{oc})
---	---	---	--	--------------------------	-------------------------------------

где x_i, \dots, x_n – совокупность показателей оценки составляющей ущерба;

k_i, \dots, k_n – числовое выражение нормативных или усредненных или расчетных коэффициентов.

Таким образом, каждая составляющая оценки ущерба является суммарным интегрированным показателем. Для каждой составляющей ущерба, в зависимости от ее экономической сущности, разрабатывается соответствующий методический инструментарий.

Третий этап работы предполагает определение конкретных условий оценки ущерба от наводнений: прогнозная оценка на основе предполагаемых характеристик чрезвычайной ситуации, реализуемая в настоящем исследовании, либо оценка реального ущерба на основе фактических данных о произошедшей чрезвычайной ситуации, что также предусматривает предлагаемый подход.

На заключительном этапе осуществляется выполнение расчетов показателей с применением разработанного методического инструментария. При этом учитывается, что размер ущерба от наводнения зависит от двух факторов: уровня интенсивности наводнения (уровня и площади затопления) и характеристик затопляемой местности (население, инфраструктура и пр.).

При определении прогнозной оценки ущерба в рамках данного исследования использована поверхность потенциального затопления, геопространственные социально-экономические данные и результаты выполненного аналитического обзора о чрезвычайных ситуациях в России за 2016–2022 гг.

Разработанный алгоритм и модель оценки, а также представленный методический инструментарий, апробированы для отдельных участков рек Северного Кавказа, в частности выполнена оценка прямого экономического ущерба от наводнения при прохождении максимального исторического уровня воды для микрорайона Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края по характеристикам объекта в 2021 году. При этом расчет составляющих вреда окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений не осуществлялся, что допускается Методикой МЧС [Об утверждении Методики ... , 2020].

4.3.2. Оценка ущерба от причинения наводнением вреда жизни и здоровью людей, имуществу физических лиц в части имущества первой необходимости

Оценка размера вреда жизни и здоровью людей, имуществу физических лиц в части имущества первой необходимости осуществляется путем расчета затрат на оказание помощи гражданам, члены семей которых погибли в результате чрезвычайной ситуации, а также пострадавшим гражданам. Ущерб, принимаемый равным таким расходам, рассчитывается умножением количества граждан, нуждающихся в оказании помощи соответствующего вида, на размер этой помощи [Об утверждении Методики ... , 2020].

В соответствии с п. 14 Методики МЧС в состав затрат при этом включаются:

1. Выплата единовременного пособия членам семей граждан, погибших (умерших) в результате чрезвычайной ситуации, включая пособия на погребение (подп. 1 п. 14 Методики МЧС).
2. Выплата единовременного пособия гражданам, получившим в результате чрезвычайной ситуации тяжкий или средней тяжести вред здоровью (подп. 2 п. 14 Методики МЧС).
3. Выплата единовременного пособия гражданам, получившим в результате чрезвычайной ситуации легкий вред здоровью (подп. 2 п. 14 Методики МЧС).
4. Оказание финансовой помощи в связи с частичной утратой имущества первой необходимости (подп. 3 п. 14 Методики МЧС).
5. Оказание финансовой помощи в связи с полной утратой имущества первой необходимости (подп. 3 п. 14 Методики МЧС)] [Об утверждении Методики ... , 2020].

При проведении расчетов данной составляющей ущерба от наводнения для микрорайона Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края приняты следующие допущения:

1. Расчет численности населения, попавшего в наводнение, производится на основе общей численности населения объекта затопления и процента площади зоны затопления (для микрорайона Совхоз Приморский: $2020 \text{ чел.} \cdot 0,25 = 505 \text{ чел.}$).
2. Расчет численности населения, имеющего право на компенсацию вреда, осуществляется на основе аналитических данных о среднем числе погибших и пострадавших от ОГЯ в России (таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Расчет численности населения микрорайона Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края, погибшего и пострадавшего при наводнении

Показатель	Среднее значение по ОГЯ на 1 явление в 2016–2022 гг. в России, чел.	Структура населения, подвергшегося ОГЯ на 1 явление в 2016–2022 гг. в России, %	Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края	
			Оценочная численность населения, подвергшегося ОГЯ – наводнению, чел.	Принятая для расчета численность населения, подвергшегося ОГЯ – наводнению, имеющего право на компенсацию вреда, чел.
Погибло	0,39	0,02	0,07	1
Пострадало	2715,67	92,10	465,12	465
Спасено	232,44	7,88	39,81	39
Итого	2948,50	100,00	505,00	505

3. В расчете учитывается только население, погибшее и пострадавшее во время наводнения.

4. Для определения финансовой помощи в связи с частичной и полной утратой имущества первой необходимости число пострадавших при их количестве больше одного человека делится в пропорции 90:10 соответственно; если пострадал один человек, то принимается в расчет полная утрата им имущества первой необходимости.

5. Для определения единовременного пособия гражданам, получившим в результате чрезвычайной ситуации легкий вред здоровью либо тяжкий или средней тяжести вред здоровью, число пострадавших при их количестве больше одного человека делится в пропорции 90:10 соответственно; если пострадал один человек, то принимается в расчет получение им тяжкого или средней тяжести вреда здоровью.

Размер пособия на погребение в расчетном периоде (2021 год) в соответствии с законодательством составил 6424,98 руб. [О погребении ... , 1996; Об утверждении коэффициента ... , 2021].

В таблице 4.6 представлен расчет размеров данных видов государственной помощи для микрорайона Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края.

Таблица 4.6 – Оценка ущерба от причинения наводнением вреда жизни и здоровью людей, имуществу физических лиц в части имущества первой необходимости для микрорайона Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края

Показатель	Число погибших, чел.	Число пострадавших, чел.	Размер выплаты (ущерба) нормативный, руб.	Сумма выплат (ущерба), руб.
Оказание помощи пострадавшим гражданам и гражданам, члены семей которых погибли в результате чрезвычайной ситуации ($У_{жз} + У_{ипш}$), всего, в том числе:	1	465	X	128 756 425
финансовой помощи в связи с частичной утратой имущества первой необходимости	X	419	50 000	20 950 000
финансовой помощи в связи с полной утратой имущества первой необходимости	X	46	100 000	4 600 000
единовременного пособия гражданам, получившим в результате чрезвычайной ситуации легкий вред здоровью	X	419	200 000	83 800 000
единовременного пособия гражданам, получившим в результате чрезвычайной ситуации тяжкий или средней тяжести вред здоровью	X	46	400 000	18 400 000
единовременного пособия членам семей граждан, погибших (умерших) в результате чрезвычайной ситуации, включая пособия на погребение	1	X	1 006 425	1 006 425

Из таблицы 4.6 видно, что для микрорайона Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края сумма оцененного ущерба жизни и здоровью людей, имуществу физиче-

ских лиц в части имущества первой необходимости, причиненного наводнением, составит около 129 млн руб.

4.3.3. Оценка ущерба от причинения наводнением вреда имуществу физических лиц в части недвижимого имущества

Оценка размера ущерба от причинения вреда имуществу физических лиц в части недвижимого имущества осуществляется путем расчета расходов на реализацию мер социальной поддержки граждан, жилые помещения которых утрачены и (или) повреждены в результате чрезвычайной ситуации.

Согласно п. 15 Методики МЧС общий объем указанных расходов определяется на основании:

- информации высшего исполнительного органа государственной власти субъекта РФ о количестве утраченных (поврежденных) жилых помещений и их суммарных общих площадях;

- показателя средней рыночной стоимости 1 м² общей площади жилого помещения в субъекте РФ, определенных Минстроем России в соответствии с [О Министерстве строительства ... , 2013; О нормативе ... , 2021];

- стоимости капитального ремонта 1 м² общей площади поврежденного жилого помещения, определенного согласно [Об утверждении Правил ... , 2019а].

Согласно п. 5 и 6 Правил предоставления иных межбюджетных трансфертов... (далее – Правила) [Об утверждении Правил ... , 2019а], трансферты осуществляются для предоставления выплат:

- гражданам, утратившим жилые помещения, на приобретение или строительство ими жилых помещений;

- гражданам, жилые помещения которых повреждены, на осуществление капитального ремонта поврежденных жилых помещений [Об утверждении Правил ... , 2019а].

Перечень граждан, в отношении которых реализуются мероприятия поддержки в виде возмещения ущерба в отношении недвижимого имущества, определен п. 6 Правил. К ним, в частности, относятся собственники помещений и (или) зарегистрированные в нем лица при условии, что помещения не были застрахованы по программе организации возмещения ущерба, и граждане не имели в собственности иного жилого помещения, пригодного для проживания [Об утверждении Правил ... , 2019а].

Для собственников утраченных жилых помещений и зарегистрированных в нем, а также для собственников поврежденных жилых помещений, размер трансфертов рассчитывается ис-

ходя из нормы общей площади жилого помещения в размере 33 м² для одиноко проживающих граждан, 42 м² на семью из двух человек и по 18 м² на каждого члена семьи, состоящей из трех человек и более, но не более общей площади утраченного жилого помещения (п. 9 Правил). В других случаях размер трансфертов на указанные цели определяется исходя из общей площади (доли общей площади) поврежденного жилого помещения (п. 10 Правил).

В соответствии с приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ от 07.06.2021 № 358/пр «О нормативе стоимости одного квадратного метра общей площади жилого помещения по Российской Федерации на второе полугодие 2021 года и показателях средней рыночной стоимости одного квадратного метра общей площади жилого помещения по субъектам Российской Федерации на III квартал 2021 года» [О нормативе ... , 2021] для Краснодарского края этот показатель составил 49 344 руб.

Стоимость капитального ремонта 1 м² общей площади поврежденного жилого помещения в 2021 году составляла 6 тыс. руб. (с 2022 года – не более 7 тыс. руб.) (подп. б п. 11 Правил) [Об утверждении Правил ... , 2019а].

Для проведения расчетов, и определения количества утраченных и поврежденных жилых помещений и их суммарных общих площадей в микрорайоне Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края приняты следующие допущения:

1. Средний размер домохозяйства (семьи) определяется по данным Росстата (для Краснодарского края – 2,6 чел. в 2021 году, 2,4 чел. – в 2022 году) [Частные домохозяйства ... , 2022; Краснодарский край ... , 2021].

2. Фактическая площадь жилых помещений не меньше норм общей площади, применяемых для оценки размера мер социальной поддержки граждан. Площадь жилых помещений для расчета ущерба определяется исходя из указанных норм общей площади жилого помещения и среднего размера домохозяйства (при среднем размере домохозяйства 2,6 чел., норма общей площади для расчетов составит 49,2 м²).

3. Средняя этажность многоэтажного жилого дома составляет пять этажей (установлено в результате исследования исходных данных об объекте наводнения).

4. Среднее число квартир на этаже – четыре квартиры.

5. При отсутствии в базе OSM данных о типе здания оно принято за частный дом (установлено в результате исследования исходных данных об объекте наводнения).

6. При определении размера выплат для граждан, жилые помещения которых повреждены, в расчет принималось 100% площади зданий, частично находящихся в зоне затопления и 90% площади зданий, полностью находящихся в зоне затопления.

7. При определении размера выплат для граждан, жилые помещения которых утрачены, в расчет принималось 10% площади зданий, полностью находящихся в зоне затопления.

Исключением для п. 6 и 7 стали многоквартирные дома: с учетом характера и уровня затопления, не превышающего одного метра, для расчета ущерба принята площадь квартир только на первом этаже многоквартирных домов, при этом вся она учтена в составе поврежденного недвижимого имущества. Аналогичным образом рассчитана численность населения, имеющего право на соответствующую компенсацию.

8. С учетом норм законодательства, рассчитанных на возмещение гражданам ущерба только по жилым помещениям, не принимаются в расчет гаражи (частные), места розничной торговли (частные магазины) и строящиеся объекты (частные).

В приложении 19 представлен расчет численности населения, оказавшегося в зоне затопления и имеющего право на компенсацию вреда в части недвижимого имущества.

Как видно из данных приложения 19, на компенсацию в связи с утратой и повреждением жилых помещений в результате наводнения в микрорайоне Совхоз Приморский могут рассчитывать 359 чел. в расчете на 6789,6 м² площади. При этом площадь жилых помещений, оказавшихся частично в зоне затопления, составила 1328,4 м², полностью попавших в эту зону – 5461,2 м².

Результаты расчетов размера социальной поддержки граждан в связи с утратой и (или) повреждением жилых помещений в результате наводнения в микрорайоне Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Оценка размера социальной поддержки граждан, жилые помещения которых утрачены и (или) повреждены в результате наводнения в микрорайоне Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края

Показатель	Численность населения, оказавшегося в зоне затопления, имеющего право на компенсацию, чел.	Суммарная общая площадь утраченных (поврежденных) жилых помещений, м ²	Средняя рыночная стоимость 1 м ² общей площади жилого помещения в субъекте РФ, руб.	Стоимость капитального ремонта 1 м ² общей площади поврежденного жилого помещения, руб.	Общий объем расходов на реализацию мер социальной поддержки граждан (сумма ущерба), руб.
Реализация мер социальной поддержки граждан, жилые помещения которых утрачены и (или) повреждены в результате чрезвычайной ситуации (У _{жп}), в том числе:	359	6789,6	X	X	64 407 758
в связи с утратой жилых помещений	29	546,1	49 344	X	26 946 758
в связи с повреждением жилых помещений	330	6243,5	X	6000	37 461 000

Из таблицы 4.7 видно, что в отношении жителей микрорайона Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края для реализации мер социальной поддержки граждан, жилые помещения которых утрачены и (или) повреждены, потребуется порядка 64,4 млн руб.

4.3.4. Оценка ущерба от причинения наводнением вреда объектам государственной и муниципальной собственности

Оценка размера вреда имуществу государственных учреждений, созданных РФ или субъектом РФ, муниципальных учреждений, созданных муниципальным образованием, государственному или муниципальному имуществу в соответствии с п. 16 Методики МЧС осуществляется по двум составляющим ущерба:

1. Расчет расходов на проведение неотложных аварийно-восстановительных работ на объектах жилищного фонда и социально значимых объектах образования, здравоохранения и социальной поддержки населения, находящихся в государственной и муниципальной собственности.

2. Расчет ущерба энергетике, жилищно-коммунальному хозяйству, транспортной инфраструктуре и сельскому хозяйству, находящимся в государственной и муниципальной собственности [Об утверждении Методики ... , 2020].

При проведении оценки ущерба в сумме расходов на проведение аварийно-восстановительных работ в микрорайоне Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края приняты следующие допущения:

1. Средняя площадь одного административного здания, расположенного на одном этаже, составляет 450 м².

2. Средняя площадь одной квартиры в жилом доме принята на уровне норматива возмещения для частных жилых помещений в размере 49,2 м².

3. Среднее количество подъездов в жилом доме составляет два подъезда (установлено в результате исследования исходных данных об объекте наводнения).

4. Средняя этажность жилого дома составляет два этажа (установлено в результате исследования исходных данных об объекте наводнения).

5. Среднее число квартир на этаже – четыре квартиры.

6. Жилые здания описываются как здания до трех этажей с несущими стенами из легковесных блоков.

7. Количество мест в детском саду принято в размере 150 мест. По данным Росстата пятая часть населения Краснодарского края (18,9%) младше трудоспособного возраста [Распределение населения ... , 2023], в том числе почти половина из них (39,1%) – дети дошкольного воз-

раста (1–6 лет) [Возрастно-половой состав ... , 2021]. Для объекта с численностью населения 2020 чел. показатель составит 149 чел. ($2020 \text{ чел.} \cdot 0,189 \cdot 0,391 = 149 \text{ чел.}$).

8. Детский сад описывается как одноэтажное здание с несущими стенами из легкогобетонных блоков и облицовкой лицевым кирпичом.

9. Для объектов, полностью находящихся в зоне затопления, принято, что 50% из них подлежат полному восстановлению, другие 50% подлежат капитальному ремонту. Исключением стали многоэтажные дома: для них с учетом характера и уровня затопления, не превышающего одного метра, для расчета ущерба принимается площадь квартир, расположенных только на первом этаже, при этом вся она учитывается как подлежащая капитальному ремонту.

10. Для объектов, частично находящихся в зоне затопления принято, что 100% из них подлежат капитальному ремонту.

11. К объектам социальной поддержки населения отнесены административные здания [Об утверждении укрупненных нормативов ... , 2021, сб. № 02; Об утверждении укрупненных нормативов ... , 2023] с учетом одной из функций органов власти – социальная защита и поддержка населения.

12. Объекты народного образования (детский сад) и административные здания, полностью попавшие в зону затопления, характеризующиеся одноэтажной застройкой, подлежат полному восстановлению в ходе аварийно-восстановительных работ вследствие социальной и общественной значимости объектов. Стоимость таких работ по причине отсутствия необходимых отчетных и статистических данных оценивается по нормативам цен строительства, поэтому характеризуется их максимальным значением.

При осуществлении расчетов используются следующие показатели:

- укрупненные нормативы цены строительства: в расчете на 1 м^2 общей площади или на одно место;

- коэффициенты перехода от цен базового района (Московская область) к уровню цен субъектов РФ;

- коэффициент, учитывающий изменение стоимости строительства на территориях субъектов РФ в зависимости от регионально-климатических условий.

Значения представленных показателей определены следующими нормативными документами: [Об утверждении укрупненных нормативов ... , 2021, сб. № 01; Об утверждении укрупненных нормативов ... , 2021, сб. № 02; Об утверждении укрупненных нормативов ... , 2021, сб. № 03].

Расчет расходов на проведение неотложных аварийно-восстановительных работ в микрорайоне Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края представлен

для групп объектов «Административные здания» (приложение 20), «Жилые здания» (приложение 21), «Объекты народного образования» (приложение 22).

Пределный размер расходов на проведение аварийно-восстановительных работ на объектах, находящихся в государственной и муниципальной собственности, пострадавших от наводнения в микрорайоне Совхоз Приморский, составит 137,5 млн руб.

На следующем этапе расчетов выполнена оценка размера вреда имуществу государственных учреждений, созданных РФ или субъектом РФ, муниципальных учреждений, созданных муниципальным образованием, государственному или муниципальному имуществу в размере ущерба энергетике, жилищно-коммунальному хозяйству, транспортной инфраструктуре и сельскому хозяйству.

Расчетные алгоритмы для оценки ущерба энергетике от наводнения в микрорайоне Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края представлены в приложении 23. Для проведения оценки использован справочник цен на работы ПАО «МРСК Центра» [<https://www.mrsk-1.ru>].

Ущерб государственной энергетике и объектам жилищно-коммунального хозяйства в микрорайоне Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края не возникает вследствие отсутствия соответствующих объектов в зоне затопления.

Для осуществления расчета ущерба транспортной инфраструктуре использованы следующие показатели:

- средняя комплексная стоимость строительства 1 км дороги;
- укрупненный норматив цены строительства тротуаров до 2,5 м шириной на 100 м² покрытия;
- коэффициенты перехода от цен базового района (Московская область) к уровню цен субъектов РФ;
- коэффициент, учитывающий изменение стоимости строительства на территориях субъектов РФ в зависимости от регионально-климатических условий.

Указанные показатели определены на основе следующих документов: [Об утверждении укрупненных нормативов ... , 2021, сб. № 08; Об утверждении укрупненных нормативов ... , 2021, сб. № 16].

Расчет ущерба транспортной инфраструктуре микрорайона Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края представлен в таблицах 4.8–4.10.

Таблица 4.8 – Оценка ущерба автодорогам, причиненного наводнением в микрорайоне
Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края

Автодороги	Протяжен- ность, м	Средняя комплексная стоимость строитель- ства 1 км дороги, руб.	Коэффициент перехода от цен базового района (Московская область) к уровню цен субъектов РФ	Коэффициент, учитывающий измене- ние стоимости строительства на тер- риториях субъектов РФ, связанное с регионально-климатическими усло- виями	Стоимость строительст- ва, руб.
Автодорога двухполосная (проезжая часть) 3 категория (17 отрезков), всего	4014,26	34 763 250	0,86	0,98	117 611 635
в зоне затопления	1430,16	34 763 250	0,86	0,98	41 901 502
Автодорога однополосная 4 категория (55 отрезков), все- го	8791,51	13 068 797	0,86	0,98	96 832 995
в зоне затопления	2119,78	13 068 797	0,86	0,98	23 348 034

Таблица 4.9 – Оценка ущерба тротуарам, причиненного наводнением в микрорайоне
Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края

Тротуары	Протяженность, м²	Укрупненный норма- тив цены строитель- ства тротуара на 100 м² покрытия, руб.	Коэффициент перехода от цен базового района (Московская область) к уровню цен субъектов РФ	Коэффициент, учитывающий измене- ние стоимости строительства на тер- риториях субъектов РФ, связанное с региональноклиматическими усло- виями	Стоимость строительства, руб.
Тротуар (7 отрезков), всего	264,59	248 250	0,86	0,99	559 236
в зоне затопления	52,63	248 250	0,86	0,99	111 245

Таблица 4.10 – Оценка ущерба автобусным остановкам, причиненного наводнением в микрорайоне Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края

Автобусные остановки	Количество, шт.	Стоимость автобусной остановки, руб.	Стоимость ущерба, руб.
всего	1	106 000	106 000
в зоне затопления	1	106 000	106 000

Из таблиц 4.8–4.10 следует, что общая сумма ущерба транспортной инфраструктуре микрорайона Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края, представленной автодорогами, тротуарами и автобусной остановкой, составит 65,5 млн руб.

При осуществлении расчетов размера ущерба сельскому хозяйству использованы следующие показатели:

- урожайность культуры, ц/га – взята по данным информационно-аналитического обзора о ходе сельскохозяйственных работ в Краснодарском крае [Информационно-аналитический обзор ... , 2021];

- рыночная стоимость культуры – взята по данным средней рыночной цены картофеля в Краснодарском крае в 2021 году [Цены на овощи ... , 2021].

Расчет стоимости ущерба сельскому хозяйству рассчитан на основе методики определения страховой стоимости и размера утраты (гибели) урожая сельскохозяйственной культуры и посадок многолетних насаждений и методики определения страховой стоимости и размера утраты (гибели) сельскохозяйственных животных [Об утверждении Методики ... , 2019].

Результаты расчета стоимости ущерба сельскому хозяйству, причиненного наводнением в микрорайоне Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края, для культуры – картофель, представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Оценка ущерба сельскому хозяйству, причиненного наводнением в микрорайоне Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края

Сельскохозяйственные угодья	Площадь, га	Урожайность культуры, ц/га	Цена реализации 1 кг, руб.	Стоимость ущерба, руб.
Сельскохозяйственные угодья (2 шт.), всего	0,34	216,6	29,8	219 459
в зоне затопления	0	216,6	29,8	0

Из таблицы 4.11 видно, что поскольку сельскохозяйственные угодья не попадают в зону затопления, отсутствует ущерб сельскому хозяйству микрорайона Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края.

В таблице 4.12 представлена итоговая оценка ущерба государственному и муниципальному имуществу, пострадавшему от наводнения в микрорайоне Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края.

Таблица 4.12 – Оценка ущерба от причинения наводнением вреда объектам государственной и муниципальной собственности микрорайона Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края

Показатель	Стоимость восстановления (ущерба), руб.
Проведение неотложных аварийно-восстановительных работ на объектах, находящихся в государственной и муниципальной собственности ($Y_{гмс}$), всего, в том числе:	137 506 591
жилищного фонда	7 084 800
образования	102 000 709
здравоохранения	-
социальной поддержки населения	28 421 082
Ущерб по отраслям (Y_o), всего, в том числе:	65 466 781
энергетике	-
жилищно-коммунальному хозяйству	-
транспортной инфраструктуре	65 466 781
сельскому хозяйству	-
Итого	202 973 372

Как показано в таблице 4.12, оцененная сумма ущерба государственному и муниципальному имуществу, пострадавшему от наводнения в микрорайоне Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края, составит почти 203 млн руб.

4.3.5. Результаты апробации методического инструментария оценки ущерба от наводнений

Обобщенные результаты оценки размера ущерба от наводнения при прохождении максимального исторического уровня воды для микрорайона Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края представлены в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Результаты оценки ущерба от наводнения в микрорайоне
Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края

Показатель	Размер ущерба, руб.
1. Оказание помощи пострадавшим гражданам и гражданам, члены семей которых погибли в результате чрезвычайной ситуации ($Y_{жз} + Y_{ипп}$), в том числе:	128 756 425
1.1. финансовой помощи в связи с частичной утратой имущества первой необходимости	20 950 000
1.2. финансовой помощи в связи с полной утратой имущества первой необходимости	4 600 000
1.3. единовременного пособия гражданам, получившим в результате чрезвычайной ситуации легкий вред здоровью	83 800 000
1.4. единовременного пособия гражданам, получившим в результате чрезвычайной ситуации тяжкий или средней тяжести вред здоровью	18 400 000
1.5. единовременного пособия членам семей граждан, погибших (умерших) в результате чрезвычайной ситуации, включая пособия на погребение	1 006 425
2. Реализация мер социальной поддержки граждан, жилые помещения которых утрачены и (или) повреждены в результате чрезвычайной ситуации ($Y_{жп}$), в том числе:	64 407 758
2.1. в связи с утратой жилых помещений	26 946 758
2.2. в связи с повреждением жилых помещений	37 461 000
3. Проведение неотложных аварийно-восстановительных работ на находящихся в государственной и муниципальной собственности объектах ($Y_{гмс}$):	137 506 591
3.1. жилищного фонда	7 084 800
3.2. образования	102 000 709
3.3. здравоохранения	-
3.4. социальной поддержки населения	28 421 082
Ущерб по отраслям (Y_o):	65 466 781
3.5. энергетике	-
3.6. жилищно-коммунальному хозяйству	-
3.7. транспортной инфраструктуре	65 466 781
3.8. сельскому хозяйству	-
4. Ущерб окружающей среде (Y_{oc}), в том числе:	-
4.1. ущерб, нанесенный поверхностным и подземным водам	-
4.2. ущерб, нанесенный животным и растениям, за исключением сельскохозяйственных	-
4.3. ущерб, нанесенный лесному фонду	-
4.4. ущерб, нанесенный атмосферному воздуху, поверхностному слою почвы, а также ущерб, нанесенный объектам растительного и животного мира, занесенным в Красную книгу РФ, водным биологическим ресурсам, а также иным объектам животного мира, не относящимся к объектам охоты и рыболовства и среде их обитания	-
ИТОГО	396 137 555

Таким образом, как видно из таблицы 4.13, общая расчетная сумма ущерба от наводнения в микрорайоне Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края может составить порядка 396,2 млн руб.

Для характеристики возможности использования предложенного методического инструментария и расчетных алгоритмов в целях оценки экономических последствий наводнений выполнено сравнение размера ущерба от наводнения в микрорайоне Совхоз Приморский городского курорта Сочи Краснодарского со средним размером материального ущерба в расчете на одно опасное гидрологическое явление, представленным на рисунке 4.4.

Расчитанное для 2021 года значение ущерба от наводнения, составившее 396,2 млн руб., укладывается в диапазон фактических значений материального ущерба на одно опасное гидрологическое явление в России в 2016–2021 гг. – от 24 до 463 млн руб. – даже с учетом принятых допущений, что подтверждает его реалистичность.

Определены следующие направления дальнейшего возможного практического применения разработанного методического инструментария оценки ущерба от наводнений:

1. Ситуационная оценка предполагаемого ущерба от наводнений.
2. Формирование данных блока «Паспорт территорий» системы «Личный кабинет ЕДДС» АИУС РСЧС в части следующих показателей риска природных чрезвычайных ситуаций: размер зоны вероятного затопления, возможное число погибших и пострадавших, возможный ущерб.
3. Совершенствование инструмента конструктора форм сведений информационной системы «Атлас опасностей и рисков» системы «Личный кабинет ЕДДС» АИУС РСЧС путем создания картографических образов опасности территорий, формирующихся на основе интегрированной оценки показателей интенсивности наводнений и размера возможного материального ущерба.

Если в рамках первых двух направлений проведена практическая апробация методического инструментария, то для реализации третьего требуется дальнейшая научная работа. В частности, необходимо осуществить следующую последовательность действий:

- построение на основе исследования максимальных уровней воды при прохождении наводнений на реках Северного Кавказа цветовой карты, отражающей уровни интенсивности наводнений (3–5 уровней) для объектов в исследуемой географической области. При этом можно ориентироваться на классификацию наводнений, принятую в России, согласно которой они подразделяются на небольшие (или опасные затопления), умеренно опасные, большие, катастрофические и выдающиеся. Важной задачей на данном этапе является установление перечня показателей, характеризующих уровень интенсивности наводнений, среди которых могут быть представлены такие, как повторяемость и площадь затопления, число охваченных воздействием водосборов и населенных пунктов, глубина и продолжительность затопления и др. [Наводнения ... , 2016];

- определение размеров возможных ущербов от наводнений для объектов исследуемой географической области с применением разработанного методического инструментария. При оценке ущерба, возможно, следует учитывать не только его размер, но и его составляющие. Единообразный подход позволяет обеспечить сопоставимость расчетных величин ущерба при их возможном отклонении от реального размера;

- построение на основе совокупности расчетных значений ущербов от наводнений цветовой карты, отражающей уровни ущерба от наводнений (3–5 уровней) для объектов в исследуемой географической области. Ранжирование сумм ущерба позволяет перейти от абсолютного размера ущерба к относительным показателям и, тем самым, нивелировать возможные расчетные ошибки;

- формирование интегрированной оценки приоритетности мер по предотвращению наводнений для объектов в исследуемой географической области путем наложения двух карт (уровня интенсивности наводнений и ущерба от наводнений) и построения комбинированной цветовой карты;

- определение вида уравнения регрессии на основе корреляционной связи между установленным множеством значений уровня интенсивности наводнений и рассчитанным множеством значений ущерба от наводнений, позволяющего осуществлять прогнозирование суммы ущерба от наводнения в зависимости от степени его интенсивности.

Учет выявленных закономерностей при реализации третьего направления в практической деятельности соответствующих органов позволит повысить уровень защищенности территорий, объектов и населения за счет рационального распределения предупредительных мероприятий по территориям и объектам, обоснованного определения их масштабов и структуры.

В данной главе акцентировано внимание на вопросах, касающихся оценки ущерба от наводнений, зачастую приводящих к серьезным последствиям и представляющим опасность как для общества, так и для государства. С учетом законодательно-нормативной базы оценки ущербов в РФ разработаны алгоритм и модель оценки ущерба, а также соответствующий методический инструментарий. Предложенный подход апробирован на примере отдельных районов Северного Кавказа, представлены результаты оценки ущерба для микрорайона Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края от наводнения на р. Хоста в результате прохождения максимального исторического уровня воды. Определены направления возможного практического применения разработанного методического инструментария оценки ущерба от наводнений и вектор дальнейших научных исследований.

Заключение

1. На гидрологических постах, где критерием Стьюдента зафиксировано статистически значимое нарушение однородности рядов максимальных срочных годовых уровней воды, повсеместно наблюдается их рост от 1961–1990 к 1991–2017 гг., что подкрепляется результатами метеорологических исследований о росте величины экстремальных осадков. Критерий Фишера не позволяет сделать однозначный вывод о характере изменчивости дисперсии рядов максимальных уровней воды.

2. Средняя повторяемость превышений уровней НЯ и ОЯ максимальными годовыми срочными уровнями воды на постах за период 1961–2017 гг. составляет порядка 20 и 15% соответственно при наибольшей повторяемости в бассейне Кубани, достигающей 90% за рассматриваемый период. Результаты оценки частоты превышений отметок НЯ и ОЯ свидетельствуют о необходимости усиления противопаводковых мер как в бассейне Кубани, так и на реках всего Северного Кавказа.

3. Построение зависимостей вида $Q_{max} = f(H_{max})$ для 1961–1990 и 1991–2017 гг. показало наличие заметных вертикальных русловых деформаций на девяти гидрологических постах из 38, что свидетельствует о существенном вкладе русловых деформаций в формирование максимальных уровней воды на некоторых реках Северного Кавказа.

4. Проведен анализ дат прохождения максимальных уровней воды на реках Северного Кавказа за период 1961–2017 гг. Предложена классификация рек Северного Кавказа, выполненная по подобию классификации рек М. И. Львовича. Из 12 теоретически возможных типов сезонного распределения сроков прохождения годовых максимумов уровней воды подробно описаны семь основных типов, встречающихся на реках Северного Кавказа. Самой многочисленной является группа рек с летними максимумами уровней воды, к наиболее распространенным относятся типы рек с почти исключительно летними максимумами и преимущественно летними максимумами. Предложено районирование участков рек Северного Кавказа по характеру изменчивости сроков прохождения максимальных уровней воды. Географическая обоснованность предлагаемого районирования подтверждается его достаточно хорошим соответствием существующим представлениям об особенностях питания исследуемых рек и их водном режиме. Полученные результаты могут быть использованы в целях уточнения вероятности прохождения опасных паводков на реках Северного Кавказа в различные сезоны года.

5. Выявлено многообразие подходов к оценке опасности наводнений и их визуализации на географических картах, обусловленное широким спектром решаемых задач и предопределяющее значимые различия в результатах таких оценок и их картографирования для одних и тех же территорий. Детальному анализу подвергнуты картографические изо-

бражения, посвящённые опасности, риску и повторяемости наводнений, а также подверженности территории Северного Кавказа данному опасному гидрологическому явлению и уязвимости к нему. Их анализ позволил определить опасные с точки зрения наводнений участки Северного Кавказа, выявленные с помощью различных показателей, и сопоставить их границы. Установлено, что, несмотря на примерно одинаковое число выделяемых классов опасности наводнений в пределах Северного Кавказа – от трех до пяти, пространственное распределение опасных, очень опасных и чрезвычайно опасных районов у различных авторов варьируется.

6. Предложена и апробирована методика построения поверхности потенциального затопления для рек Северного Кавказа России, по данным об исторических максимумах уровней воды, зафиксированных на гидрологических постах за период 1936–2015 гг., с помощью которой возможно произвести предварительную оценку местоположения границы затопления и получить представление о количестве объектов, попадающих в зону затопления.

7. Разработан универсальный методический инструментарий оценки ущербов от наводнений с учетом подходов, используемых в практике оперативных служб и регламентированных нормативно-правовыми документами. Выполнена апробация представленного подхода для микрорайона Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края. Доказана его реалистичность путем сравнения оценочного значения ущерба с диапазоном фактических значений материального ущерба на одно опасное гидрологическое явление в РФ.

Список литературы

1. Авакян, А. Б. Наводнения в мире в последние годы XX столетия / А. Б. Авакян, М. Н. Истомина // Водные ресурсы. – 2000. – № 5. – С. 517–523.
2. Автоматизированная информационная система государственного мониторинга водных объектов (АИС ГМВО) // Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации : официальный сайт. – URL: <https://gmvo.skniivh.ru/> (дата обращения: 01.09.2023).
3. Азгальдов, Г. Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии) / Г. Г. Азгальдов. – Москва : Экономика, 1982. – 256 с.
4. Алексеевский, Н. И. Наводнения на Черноморском побережье Краснодарского края / Н. И. Алексеевский, Д. В. Магрицкий, П. К. Колтерманн // Водные ресурсы. – 2016. – Том 43, № 1. – С. 3–17.
5. Алешина, М. А. Изменение температурно-влажностного режима Черноморского побережья Кавказа в период 1982–2014 гг. / М. А. Алешина, П. А. Торопов, В. А. Семенов // Метеорология и гидрология. – 2018. – № 4. – С. 41–53.
6. Аполлов, Б. А. Курс гидрологических прогнозов / Б. А. Аполлов, Г. П. Калинин, В. Д. Комаров. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1974. – 419 с.
7. Асарин, А. Е. Проблема наводнений в России / А. Е. Асарин, М. В. Болгов // Проблемы безопасности в водохозяйственном комплексе России : сборник научных статей. – Краснодар : Авангард плюс, 2010. – С. 210–225.
8. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций. Российская Федерация. Южный федеральный округ / В. В. Разумов, М. Т. Абшаев, М. Б. Агзагова [и др.] ; под общей редакцией С. К. Шойгу. – Москва : Дизайн. Информация. Картография, 2007. – 384 с.
9. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций в Российской Федерации / Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) ; В. В. Разумов [и др.] ; под общей редакцией С. К. Шойгу. – Москва : Дизайн. Информация. Картография, 2008. – 323 с.
10. Базелюк, А. А. Опасные гидрометеорологические явления на Черноморском побережье, связанные с выпадением сильных осадков / А. А. Базелюк // Природные и социальные риски в береговой зоне Черного и Азовского морей : сборник научных статей. – Москва : Географический факультет МГУ, 2012. – С. 33–45.

11. Базелюк, А. А. Проблемы наводнений на юге России: Причины возникновения и оценка последствий / А. А. Базелюк, П. М. Лурье // Международная конференция «Управление водно-ресурсными системами в экстремальных условиях» (Москва, 4–5 июня 2008 г.) : сборник докладов. – Москва, 2008.
12. Балабанов, И. П. Имеретинская низменность. Природно-геологические условия, проблемы освоения / И. П. Балабанов, С. П. Никифоров, И. С. Пашковский ; под редакцией И. П. Балабанова. – Москва : Недра, 2011. – 281 с.
13. Барри, Р. Г. Погода и климат в горах / Р. Г. Барри. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1984. – 312 с.
14. Бассейн горной реки и экзогенные процессы в её пределах (результаты стационарных исследований) / Н. В. Хмелева, Н. Н. Виноградова, А. А. Самойлова, Б. Ф. Шевченко / под редакцией Р. С. Чалова. – Москва : МГУ, 2000. – 186 с.
15. Беликов, В. В. Двуслойная математическая модель катастрофических паводков / В. В. Беликов, А. Н. Милитеев // Вычислительные технологии. – 1992. – Том 1, № 3. – С. 167–174.
16. Беликов, В. В. Модели мелкой воды в задачах речной гидродинамики / В. В. Беликов, А. И. Алексюк. – Москва : РАН, 2020. – 346 с.
17. Белякова, П. А. Паводковый сток российских рек Черноморского побережья Кавказа : специальность 25.00.27 «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия» : диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук / Белякова Пелагия Алексеевна ; Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова. – Москва, 2015. – 200 с.
18. Бефани, Н. Ф. Прогнозирование дождевых паводков на основе территориально общих зависимостей / Н. Ф. Бефани. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1977. – 185 с.
19. Богоявленский, С. Б. Управление риском в социально-экономических средах : учебное пособие / С. Б. Богоявленский. – Санкт-Петербург : СПбГУЭФ, 2010. – 144 с.
20. Болгов, М. В. Реконструкция дождевого паводка на реке Адагум на основе математических моделей формирования стока / М. В. Болгов, Е. А. Коробкина // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2013. – № 3. – С. 87–102.
21. Бузин, В. А. Заторы льда и заторные наводнения на реках / В. А. Бузин. – Санкт-Петербург : Гидрометеиздат, 2004. – 203 с.
22. Бураков, Д. А. Технология оперативных прогнозов ежедневных расходов (уровней) воды на основе спутниковой информации о заснеженности (на примере р. Нижней Тунгуски) / Д. А. Бураков, Ю. В. Авдеева // Метеорология и гидрология. – 1996. – № 10. – С. 75–87.
23. Важнов, А. Н. Анализ и прогнозы стока рек Кавказа / А. Н. Важнов. – Москва : Гидрометеиздат, 1966. – 274 с.

24. Варенцова, Н. А. Нормативно-правовые основы проектов определения границ зон затопления и существующие проблемы / Н. А. Варенцова, П. С. Гранич, Д. А. Никифоров // Инженерные изыскания в строительстве. – 2018. – Том 12, № 11–12. – С. 36–43.
25. Визуализация гидрологической обстановки в бассейнах крупных рек средствами ГИС-технологий / С. В. Борщ, Т. Е. Самсонов, Ю. А. Симонов, Е. А. Львовская // Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. – 2013. – № 349. – С. 47–62.
26. Водный кодекс Российской Федерации : Федеральный закон № 74-ФЗ : принят Государственной Думой 12 апреля 2006 г. : одобрен Советом Федерации 26 мая 2006 г. // КонсультантПлюс : сайт. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/ (дата обращения: 25.08.2023).
27. Водный режим рек России и сопредельных территорий: для высших учебных заведений / Географический факультет МГУ и др. – Новосибирск : Роскартография, 2001. – 1 к. (2 л.).
28. Возрастно-половой состав населения Краснодарского края на 1 января 2021 года // Федеральная служба государственной статистики : официальный сайт. – URL: <https://23.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/PVS-2021.htm> (дата обращения: 01.09.2023).
29. Волчек, А. А. Алгоритм вычисления границ области затопления для речной сети с моделированием распространения воды по растровому представлению рельефа / А. А. Волчек, Д. О. Петров, Д. А. Костюк // Доклады БГУИР. – 2016. – № 5 (99). – С. 73–78. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritm-vychisleniya-granits-oblasti-zatopleniya-dlya-rechnoy-seti-s-modelirovaniem-rasprostraneniya-vody-po-rastrovomu> (дата обращения: 06.09.2023).
30. Вопросы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий : Указ № 868 : издан Президентом РФ 11 июля 2004 г. // КонсультантПлюс : сайт. – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 25.08.2023). – Режим доступа: по подписке.
31. Воробьев, А. Е. Формирование русловых деформаций в нижнем течении р. Терек / А. Е. Воробьев, З. Ш. Орцухаева, Н. Н. Алфёрова // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – № 10 (185). – С. 337–340.
32. Воробьев, Ю. Л. Катастрофические наводнения начала XXI века: уроки и выводы / Ю. Л. Воробьев, В. А. Акимов, Ю. И. Соколов. – Москва : ДЭКС-ПРЕСС, 2003. – 352 с.
33. Гидрологический ежегодник. – Ленинград ; Новосибирск ; Свердловск [и др.] : Гидрометеорологическая служба СССР, 1936–1977.

34. Гидрологическое обоснование системы мониторинга зон затопления в Московском регионе / П. Н. Терский, М. О. Фатхи, Е. А. Ракчеева [и др.] // Метеорология и гидрология. – 2020. – № 8. – С. 37–48.
35. Гидрология дельты и устьевого взморья Кубани / Д. В. Магрицкий [и др.] ; под редакцией В. Н. Михайлова, Д. В. Магрицкого. – Москва : ГЕОС, 2010. – 728 с.
36. Гинко, С. С. Катастрофы на берегах рек: речные наводнения и борьба с ними / С. С. Гинко. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1977. – 128 с.
37. Гладкевич, Г. И. Метод ПАТТЕРН в оценке предпочтений использования территории для целей развития сельского туризма / Г. И. Гладкевич, Н. А. Мозгунов // Туризм и рекреация: Фундаментальные и прикладные исследования : труды V Международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург : Д.А.Р.К, 2010. – С. 110–118.
38. Гладкевич, Г. И. Оценка опасности наводнений на территории Российской Федерации / Г. И. Гладкевич, П. Н. Терский, Н. Л. Фролова // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2012. – № 2. – С. 29–46.
39. ГОСТ 28441–99. Картография цифровая. Термины и определения : межгосударственный стандарт : введен в действие постановлением Государственного комитета РФ по стандартизации и метрологии от 23 октября 1999 г. № 423-ст // КонсультантПлюс : сайт. – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 25.08.2023). – Режим доступа: по подписке.
40. ГОСТ Р 55201–2012. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Порядок разработки перечня мероприятий по гражданской обороне, мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера при проектировании объектов капитального строительства : национальный стандарт Российской Федерации : утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 ноября 2012 г. № 1193-ст // МЧС России : официальный сайт. – URL: <https://mchs.gov.ru/uploads/document/2022-03-16/c2d2af8f683ee42ff83cf8cd958a55f2.pdf> (дата обращения: 01.09.2023).
41. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Часть 1. Реки и каналы. Том 1. РСФСР. Выпуск 1. Бассейны рек северо-восточного побережья Черного моря, бассейн Кубани. – Обнинск : ВНИИГМИ МЦД, 1971–1988.
42. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Часть 1. Реки и каналы. Том 1. РСФСР. Выпуск 26. Бассейны Терека, Кумы, Самура, Сулака. – Обнинск : ВНИИГМИ МЦД, 1971–1988.

43. Государственный водный кадастр. Ежегодные данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. – Ленинград ; Обнинск ; Москва [и др.] : Гидрометеиздат ; ВНИИГМИ МЦД [и др.], 1978–2008.
44. Добровольский, С. Г. Наводнения мира / С. Г. Добровольский, М. Н. Истомина. – Москва : ГЕОС, 2006. – 256 с.
45. Доброумов, Б. М. Наводнения на реках России: их формирование и районирование / Б. М. Доброумов, С. М. Тумановская // Метеорология и гидрология. – 2002. – № 12. – С. 70–78.
46. Евстигнеев, В. М. Речной сток и гидрологические расчеты : учебник / В. М. Евстигнеев. – Москва : МГУ, 1990. – 304 с.
47. Единая межведомственная методика оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного, природного и террористического характера, а также классификации и учета чрезвычайных ситуаций : утверждена МЧС России 1 декабря 2004 г. // КонсультантПлюс : сайт. – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 25.08.2023). – Режим доступа: по подписке.
48. Жбаков, К. К. Определение границ зон затопления в устьевой области реки Печоры / К. К. Жбаков, М. О. Фатхи // Четвертые Виноградовские чтения. Гидрология: от познания к мировоззрению : сборник докладов Международной научной конференции памяти выдающегося русского ученого Юрия Борисовича Виноградова (Санкт-Петербург, 23–31 октября 2020 г.) / Санкт-Петербургский государственный университет. – Санкт-Петербург : ВВМ, 2020. – С. 441–451.
49. Затопление территорий по снимкам TanDEM-X и Landsat-5/TM. Паводок на реке Амур летом – осенью 2013 г. Радиолокационные данные в географических исследованиях и картографировании // Географический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова: сайт. – URL: http://www.geogr.msu.ru/cafedra/karta/materials/radiolocation/files/2razd/2.5.practice_amur.html (дата обращения: 26.08.2023).
50. Земцов, С. П. Социально-экономическая оценка риска наводнений в прибрежных зонах Азово-Черноморского побережья Краснодарского края / С. П. Земцов, И. Н. Крыленко, Н. М. Юмина // Природные и социальные риски в береговой зоне Чёрного и Азовского морей : сборник статей. – Москва : ТРИУМФ, 2012. – С. 86–96.
51. Золина, О. Г. Современная климатическая изменчивость характеристик экстремальных осадков в России / О. Г. Золина, О. Н. Булыгина // Фундаментальная и прикладная климатология. – 2016. – Том 1. – С. 84–103.
52. Зоны затопления – блок интерполяции уровней воды вдоль осевой линии водотока (SOFT) : свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № RU 2018617501 : номер заявки: 2018614402 : дата регистрации: 04.05.2018 : дата публика-

ции: 25.06.2018 / М. Л. Коновалов, П. Н. Терский, А. Е. Павловский [и др.] : правообладатель «Государственный океанографический институт имени Н. Н. Зубова».

53. Иванов, А. А. Причины, хроника событий и последствия наводнения в низовье реки Кубани зимой 2001–2002 гг. / А. А. Иванов, В. Н. Михайлов, Д. В. Магрицкий // Научно-технический и производственный сборник «Безопасность энергетических сооружений». – Москва : НИИЭС, 2003. – Выпуск 11. – С. 275–283.

54. Информационно-аналитический обзор о ходе сельскохозяйственных работ в Краснодарском крае по состоянию на 28.10.2021 // ГКУ Краснодарского края «Кубанский сельскохозяйственный информационно-консультационный центр»: официальный сайт. – URL: <http://www.kaicc.ru/o-hode-rabot-v-krae/informacionno-284> (дата обращения: 01.09.2023).

55. Исследование причин и последствий катастрофических паводков в горных и предгорных районах Краснодарского края и Республики Адыгея: риски, угрозы, мониторинг, рекомендации по защите и снижению ущерба : отчёт по гранту РГО № 25/2013-НЗ. – Москва : Институт географии РАН, 2013. – URL: <https://www.rgo.ru/ru/grant/issledovanie-prichin-i-posledstviy-katastroficheskikh-pavodkov-v-gornyh-i-predgornyh-rayonah> (дата обращения: 01.09.2023).

56. Истомина, М. Н. Комплексная оценка крупных наводнений в мире и их негативных последствий : специальность 25.00.36 «Геоэкология» : диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук / Истомина Мария Николаевна ; Институт водных проблем РАН. – Москва, 2005. – 195 с.

57. Итоги деятельности МЧС России // МЧС России : официальный сайт. – URL: <https://mchs.gov.ru/deyatelnost/itogi-deyatelnosti-mchs-rossii> (дата обращения: 18.08.2023).

58. Картоведение : учебник для вузов / А. М. Берлянт, А. В. Востокова, В. И. Кравцова [и др.] ; под редакцией А. М. Берлянта – Москва : Аспект Пресс, 2003. – 477 с.

59. Катастрофические паводки в бассейнах рек Черноморского побережья и Кубани в конце 20-го – начале 21 века / В. Ю. Георгиевский, Т. И. Яковлева, А. А. Базелюк, П. М. Лурье // Материалы VII Всероссийского гидрологического съезда (Санкт-Петербург, 19–21 ноября 2013 г.). – Санкт-Петербург : Государственный гидрологический институт, 2013. – URL: [http://sibnigmi.ru/GidroCongress/%D1%E5%EA%F6%E8%FF%20%20%CE%EF%E0%F1%ED%FB%E5%20%E3%E8%E4%F0.%20%FF%E2%EB%E5%ED%E8%FF%20\(%ED%E0%E2%EE%E4%ED,%20%EC%E0%EB%EE%E2%EE%E4%FC%FF,%20%F1%E5%EB%E8\)%20%96%20%EE%F6%E5%ED%EA%E0,%20%EF%F0%EE%E3%ED%EE%E7,%20%F1%ED%E8%E6%E5%ED%E8%E5%20%F0%E8%F1%EA%EE%E2/69.pdf](http://sibnigmi.ru/GidroCongress/%D1%E5%EA%F6%E8%FF%20%20%CE%EF%E0%F1%ED%FB%E5%20%E3%E8%E4%F0.%20%FF%E2%EB%E5%ED%E8%FF%20(%ED%E0%E2%EE%E4%ED,%20%EC%E0%EB%EE%E2%EE%E4%FC%FF,%20%F1%E5%EB%E8)%20%96%20%EE%F6%E5%ED%EA%E0,%20%EF%F0%EE%E3%ED%EE%E7,%20%F1%ED%E8%E6%E5%ED%E8%E5%20%F0%E8%F1%EA%EE%E2/69.pdf) (дата обращения: 26.08.2023).

60. Катастрофический паводок в дельте Терека в июне – июле 2002 г. / О. В. Горелиц, И. В. Землянов, А. Е. Павловский [и др.] // Метеорология и гидрология. – 2005. – № 5. – С. 62–71.
61. Климатология осадков разного генезиса в Северной Евразии / А. В. Чернокульский, Ф. А. Козлов, О. Г. Золина [и др.] // Метеорология и гидрология. – 2018. – № 7. – С. 5–18.
62. Комлев, А. М. Водный режим рек Северо-Западного Кавказа: закономерности формирования и методы расчёта : монография / А. М. Комлев, Т. Н. Мельникова ; Федеральное агентство по образованию ; Пермский государственный университет. – Пермь : Пермский государственный университет, 2008. – 118 с.
63. Коновалов, В. Г. Гидрологический режим ледников в условиях эволюции оледенения / В. Г. Коновалов // Труды САНИГМИ. – 1989. – Выпуск 132 (213). – С. 88–97.
64. Косицкий, А. Г. Закономерности формирования стока малых рек Черноморского побережья Северного Кавказа / А. Г. Косицкий // Materials of the International Conference Contemporary. Issues of Geography and Geology. – Ереван : Ереванский государственный университет, 2018. – С. 279–282.
65. Котляков, В. М. Современное оледенение / В. М. Котляков // Кавказ (природные условия и естественные ресурсы) / под редакцией Н. В. Думитрашко. – Москва : Наука, 1966.
66. Краснодарский край в цифрах. 2021. Статистический сборник // Федеральная служба государственной статистики : официальный сайт. – URL: <https://23.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Краснодарский%20край%20в%20цифраx%202021%20год.pdf> (дата обращения: 01.09.2023).
67. Критерии опасных гидрометеорологических явлений и порядок подачи штормового сообщения : руководящий документ РД 52.04.563–2002 : утвержден Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды 23 августа 2002 г. // КонсультантПлюс : сайт. – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 26.08.2023). – Режим доступа: по подписке.
68. Линейная схема размещения водохозяйственных объектов в бассейне р. Кубань. – URL: https://www.kbvfu-fgu.ru/_files/ovos/ris2_lin_shema.pdf (дата обращения: 01.09.2023).
69. Лукьянчикова, О. Г. Геоинформационная система гидрологического назначения в Самарской области / О. Г. Лукьянчикова, Ф. О. Васильчиков, Л. К. Ульянкина // ArcReview. – 2006. – № 1 (36). – С. 10–11. – URL: <https://arcreview.esri-cis.ru/2006/03/10/hydro-gis-samara-region/> (дата обращения: 25.08.2023).
70. Лурье, П. М. Водные ресурсы и водный баланс Кавказа / П. М. Лурье. – Санкт-Петербург : Гидрометеиздат, 2002. – 506 с.

71. Лурье, П. М. Река Кубань. Гидрография и режим стока / П. М. Лурье, В. Д. Панов, Ю. Ю. Ткаченко. – Санкт-Петербург : Гидрометеиздат, 2005. – 498 с.
72. Львович, М. И. Опыт классификации рек СССР / М. И. Львович // Труды Государственного гидрологического института. – 1938. – Выпуск 6. – С. 58–108.
73. Львович, М. И. Элементы режима рек земного шара / М. И. Львович. – Москва : Гидрометеиздат, 1945. – 126 с.
74. Магрицкий, Д. В. Наводнения в дельте р. Кубани / Д. В. Магрицкий, А. А. Иванов // Водные ресурсы. – 2011. – Том 38, № 4. – С. 387–406.
75. Магрицкий, Д. В. Наводнения в Краснодарском крае и Республике Адыгея / Д. В. Магрицкий, М. А. Самохин, Н. М. Юмина // Наука. Техника. Технология (политический вестник). – 2013. – № 4. – С. 44–63.
76. Магрицкий, Д. В. Пространственно-временные характеристики наводнений на Черноморском побережье Российской Федерации / Д. В. Магрицкий // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2014. – № 6. – С. 39–47.
77. Матвеев, Л. Т. Курс общей метеорологии : Физика атмосферы / Л. Т. Матвеев. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1984. – 751 с.
78. Мельникова, Т. Н. Водоносность рек Северо-Западного Кавказа : монография / Т. Н. Мельникова, А. М. Комлев. – Майкоп : Качество, 2003. – 130 с.
79. Мельникова, Т. Н. Максимальный сток весеннего половодья рек Северо-Западного Кавказа / Т. Н. Мельникова // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. – 2014. – № 3 (142). – С. 158–164.
80. Мельникова, Т. Н. Максимальный сток дождевых паводков рек Северо-Западного Кавказа / Т. Н. Мельникова // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки. – 2011. – № 3. – С. 28–34.
81. Методические рекомендации по определению расчетных гидрологических характеристик при отсутствии данных гидрометрических наблюдений / под редакцией А. В. Рождественского, А. Г. Лобановой. – Санкт-Петербург : Нестор-История, 2009. – 193 с.
82. **Мироненко, А. А.** Изменчивость сроков прохождения максимальных уровней воды на реках Северного Кавказа / А. А. Мироненко // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. – 2023. – № 3. – С. 20–35.
83. **Мироненко, А. А.** Оценка и картографирование опасности наводнений на Северном Кавказе: обзор и сопоставление существующих подходов / А. А. Мироненко, Е. П. Рец, Н. Л. Фролова // Геориск. – 2018. – Том 12, № 2. – С. 26–36.
84. **Мироненко, А. А.** Современная динамика показателей опасности наводнений на реках Северного Кавказа России / А. А. Мироненко, Е. П. Рец, Н. Л. Фролова // Водные ре-

курсы. – 2022. – Том 49, № 2. – С. 225–237. *Переводная версия*: Mironenko, A. A. Present-day dynamics of flood hazard characteristics in rivers in the North Caucasus, Russia / A. A. Mironenko, E. P. Rets, N. L. Frolova // Water Resources. – 2022. – Volume 49, no. 2. – P. 271–282.

85. Мотовилов, Ю. Г. Модели формирования стока в задачах гидрологии речных бассейнов / Ю. Г. Мотовилов, А. Н. Гельфан. – Москва : РАН, 2018. – 300 с.

86. Наводнения на Черноморском побережье Краснодарского края / Д. В. Магрицкий, П. К. Колтерманн, П. А. Торопов [и др.] // Водные ресурсы. – 2016. – Том 43, № 1. – С. 3–17.

87. Наставление по краткосрочным прогнозам погоды общего назначения : руководящий документ РД 52.27.724–2019 : утвержден Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды 11 апреля 2019 г. // КонсультантПлюс : сайт. – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 26.08.2023). – Режим доступа: по подписке.

88. Национальный атлас России. В 4 томах. Том 2. Природа. Экология / Е. Г. Александрова-Вергунова, Г. В. Быстрова, И. Г. Вальковская, Е. А. Вечтомова ; под редакцией В. М. Котлякова. – Москва : Роскартография, 2007. – 495 с.

89. Нежиховский, Р. А. Наводнения на реках и озерах / Р. А. Нежиховский. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1988. – 183 с.

90. Новый двухуровневый подход к «климатическим нормам» // Гидрометцентр России : сайт. – URL: <https://meteoinfo.ru/news/1-2009-10-01-09-03-06/11151-03062015-1-r> (дата обращения: 18.08.2023).

91. О единой дежурно-диспетчерской службе муниципального образования : Примерное положение : одобрено протоколом заседания Правительственной комиссии по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности 29 ноября 2022 г. № 9 // МЧС России : официальный сайт. – URL: <https://mchs.gov.ru/uploads/document/2022-12-08/ccb80ae692f8d35d5a1bda6db481595b.pdf> (дата обращения: 26.08.2023).

92. О нормативе стоимости одного квадратного метра общей площади жилого помещения по Российской Федерации на второе полугодие 2021 года и показателях средней рыночной стоимости одного квадратного метра общей площади жилого помещения по субъектам Российской Федерации на III квартал 2021 года : Приказ № 358/пр : утвержден Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ 7 июня 2021 г. // КонсультантПлюс : сайт. – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 25.08.2023). – Режим доступа: по подписке.

93. О результатах применения метода прогнозирования параметров катастрофических наводнений на неизученных территориях в целях оценки риска чрезвычайных ситуаций /

А. Н. Щеглов, И. Ю. Олтян, Е. В. Арефьева [и др.] // Технологии гражданской безопасности. – 2023. – Том 20, № 1 (75). – С. 48–56.

94. О внесении изменений в Федеральный закон «О гидрометеорологической службе»: Федеральный закон № 21-ФЗ : принят Государственной думой 20 января 2006 г. : одобрен Советом Федерации 25 января 2006 г. // КонсультантПлюс : сайт. – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 25.08.2023). – Режим доступа: по подписке.

95. О выполнении работ по разработке программы «Мониторинг за состоянием дна, берегов, изменениями морфометрических особенностей, состоянием водоохранных зон водных объектов или их частей на территории Краснодарского края : отчёт к государственному контракту № 11587 от 12.11.2009. – Краснодар, 2009. – 220 с.

96. О гидрометеорологической службе : Федеральный закон № 133-ФЗ : принят Государственной думой 3 июля 1998 г. : одобрен Советом Федерации 9 июля 1998 г. // КонсультантПлюс : сайт. – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 25.08.2023). – Режим доступа: по подписке.

97. О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций : Постановление № 794 : принято Правительством РФ 30 декабря 2003 г. // КонсультантПлюс : сайт. – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 25.08.2023). – Режим доступа: по подписке.

98. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера : Федеральный закон № 68-ФЗ : принят Государственной Думой 11 ноября 1994 г. : одобрен Советом Федерации 21 декабря 1994 г. // КонсультантПлюс : сайт. – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 25.08.2023). – Режим доступа: по подписке.

99. О зонах затопления, подтопления : Постановление № 360 : принято Правительством РФ 18 апреля 2014 г. // Официальный интернет-портал правовой информации : сайт. – URL: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102349198> (дата обращения: 25.08.2023).

100. О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера : Постановление № 304 : принято Правительством РФ 25 мая 2007 г. // КонсультантПлюс : сайт. – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 25.08.2023). – Режим доступа: по подписке.

101. О Министерстве строительства и жилищно-коммунального хозяйства : Постановление № 1038 : принято Правительством РФ 18 ноября 2013 г. // КонсультантПлюс : сайт. – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 25.08.2023). – Режим доступа: по подписке.

102. О погребении и похоронном деле : Федеральный закон № 8-ФЗ : принят Государственной Думой 8 декабря 1995 г. : одобрен Советом Федерации 12 января 1996 г. // КонсультантПлюс : сайт. – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 25.08.2023). – Режим доступа: по подписке.

тПлюс : сайт. – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 25.08.2023). – Режим доступа: по подписке.

103. О реализации Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды полномочий по согласованию границ зон затопления : Приказ № 429 : утвержден Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) 10 июля 2015 г. // КонсультантПлюс : сайт. – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения 25.08.2023). – Режим доступа: по подписке.

104. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2022 году : государственный доклад // МЧС России : официальный сайт. – URL: <https://mchs.gov.ru/deyatelnost/itogi-deyatelnosti-mchs-rossii/2022-god> (дата обращения: 18.08.2023).

105. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2021 году : государственный доклад // МЧС России : официальный сайт. – URL: <https://mchs.gov.ru/deyatelnost/itogi-deyatelnosti-mchs-rossii/2021-god> (дата обращения: 18.08.2023).

106. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2020 году : государственный доклад // МЧС России : официальный сайт. – URL: <https://mchs.gov.ru/deyatelnost/itogi-deyatelnosti-mchs-rossii/2020-god> (дата обращения: 18.08.2023).

107. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2019 году : государственный доклад // МЧС России : официальный сайт. – URL: <https://mchs.gov.ru/deyatelnost/itogi-deyatelnosti-mchs-rossii/2019> (дата обращения: 18.08.2023).

108. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2018 году : государственный доклад // МЧС России : официальный сайт. – URL: <https://mchs.gov.ru/deyatelnost/itogi-deyatelnosti-mchs-rossii/2018-god> (дата обращения: 18.08.2023).

109. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2017 году : государственный доклад // МЧС России : официальный сайт. – URL: <https://mchs.gov.ru/deyatelnost/itogi-deyatelnosti-mchs-rossii/2017-god> (дата обращения: 18.08.2023).

110. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2016 году : государственный доклад // МЧС России : официальный сайт. – URL: <https://mchs.gov.ru/deyatelnost/itogi-deyatelnosti-mchs-rossii/2016-god> (дата обращения: 18.08.2023).

111. Об утверждении коэффициента индексации выплат, пособий и компенсаций в 2021 году : Постановление № 73 : принято Правительством РФ 28 января 2021 г. // КонсультантПлюс : сайт. – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 25.08.2023). – Режим доступа: по подписке.

112. Об утверждении Методики определения страховой стоимости и размера утраты (гибели) урожая сельскохозяйственной культуры и посадок многолетних насаждений и методики определения страховой стоимости и размера утраты (гибели) сельскохозяйственных животных : Приказ № 87 : утвержден Министерством сельского хозяйства РФ 1 марта 2019 г. // Гарант : сайт. – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72103078/> (дата обращения: 25.08.2023).

113. Об утверждении Методики оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций : Приказ № 631 : утвержден МЧС России 1 сентября 2020 г. // КонсультантПлюс : сайт. – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 25.08.2023). – Режим доступа: по подписке.

114. Об утверждении Положения об использовании бюджетных ассигнований резервного фонда Правительства Российской Федерации : Постановление № 1846 : принято Правительством РФ 26 декабря 2019 г. // КонсультантПлюс : сайт. – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 25.08.2023). – Режим доступа: по подписке.

115. Об утверждении Правил предоставления иных межбюджетных трансфертов из федерального бюджета, источником финансового обеспечения которых являются бюджетные ассигнования резервного фонда Правительства Российской Федерации, бюджетам субъектов Российской Федерации в целях софинансирования расходных обязательств субъектов Российской Федерации, возникающих при выполнении полномочий органов государственной власти субъектов Российской Федерации по финансовому обеспечению реализации мер социальной поддержки граждан, жилые помещения которых утрачены и (или) повреждены в результате чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также в результате террористических актов и (или) при пресечении террористических актов правомерными действиями : Постановление № 1327 : принято Правительством РФ 16 октября 2019 г. // КонсультантПлюс : сайт. – 2019а. – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 25.08.2023). – Режим доступа: по подписке.

116. Об утверждении Правил предоставления иных межбюджетных трансфертов из федерального бюджета, источником финансового обеспечения которых являются бюджетные ассигнования резервного фонда Правительства Российской Федерации, бюджетам субъектов Российской Федерации на финансовое обеспечение отдельных мер по ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, осуществления компенсационных выплат физическим и юридическим лицам, которым был причинен ущерб в результате террори-

стического акта, и возмещения вреда, причиненного при пресечении террористического акта правомерными действиями : Постановление № 1928 : принято Правительством РФ 28 декабря 2019 г. // КонсультантПлюс : сайт. – 2019б. – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 25.08.2023). – Режим доступа: по подписке.

117. Об утверждении типового паспорта безопасности территорий субъектов Российской Федерации и муниципальных образований : Приказ № 484 : утвержден МЧС России 25 октября 2004 г. // КонсультантПлюс : сайт. – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 25.08.2023). – Режим доступа: по подписке.

118. Об утверждении укрупненных нормативов цены строительства. НЦС 81-02-02–2021. Сборник № 02. Административные здания : Приказ № 132/пр : утвержден Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ 11 марта 2021 г. // Региональный центр ценообразования в строительстве : сайт. – URL: https://rccs.ru/files/ncs2021/NTSS-81_02_02_2021.-Administrativnyye-zdaniya.pdf (дата обращения: 25.08.2023).

119. Об утверждении укрупненных нормативов цены строительства. НЦС 81-02-02–2023. Сборник № 02. Административные здания : Приказ № 119/пр : утвержден Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ 22 февраля 2023 г. // КонсультантПлюс : сайт. – URL: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения: 26.08.2023). – Режим доступа: по подписке.

120. Об утверждении укрупненных нормативов цены строительства. НЦС 81-02-01–2021. Сборник № 01. Жилые здания : Приказ № 125/пр : утвержден Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ 11 марта 2021 г. // Региональный центр ценообразования в строительстве : сайт. – URL: https://rccs.ru/files/ncs2021/NTSS-81_02_01_2021.-ZHilnye-zdaniya.pdf (дата обращения: 25.08.2023).

121. Об утверждении укрупненных нормативов цены строительства. НЦС 81-02-03–2021. Сборник № 03. Объекты народного образования : Приказ № 120/пр : утвержден Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ 11 марта 2021 г. // Региональный центр ценообразования в строительстве : сайт. – URL: https://rccs.ru/files/ncs2021/NTSS-81_02_03_2021-Obekty-obrazovaniya.pdf (дата обращения: 25.08.2023).

122. Об утверждении укрупненных нормативов цены строительства. НЦС 81-02-08–2021. Сборник № 08. Автомобильные дороги : Приказ № 130/пр : утвержден Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ 11 марта 2021 г. // Региональный центр ценообразования в строительстве : сайт. – URL: https://rccs.ru/files/ncs2021/NTSS-81_02_08_2021.-Avtomobilnye-dorogi.pdf (дата обращения: 25.08.2023).

123. Об утверждении укрупненных нормативов цены строительства. НЦС 81-02-16–2021. Сборник № 16. Малые архитектурные формы : Приказ № 139/пр : утвержден Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства РФ 12 марта 2021 г. // Региональный центр ценообразования в строительстве : сайт. – URL: https://rccs.ru/files/ncs2021/NTSS-81_02_16_2021-Malye-arkhitekturnye-formy.pdf (дата обращения: 25.08.2023).
124. Олейников, А. Д. Многоснежные зимы в районе Красной Поляны (Западный Кавказ) / А. Д. Олейников // Материалы гляциологических исследований. – 2012. – № 1. – С. 25–30.
125. Олейников, А. Д. Снежные ресурсы района Красной Поляны (Западный Кавказ) / А. Д. Олейников // Лёд и Снег. – 2013. – № 53 (4). – С. 83–94.
126. Опасные гидрометеорологические явления на территории Российской Федерации // Федеральная служба государственной статистики : официальный сайт. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/11194> (дата обращения: 01.09.2023).
127. Опасные природные процессы Северного Кавказа : монография / В. В. Разумов, А. Х. Аджиев, Н. В. Разумова [и др.] ; под редакцией В. В. Разумова. – Москва : Феория, 2013. – 320 с.
128. Описание и получение данных SRTM // GIS-Lab : сайт. – URL: <https://gis-lab.info/qa/srtm.html> (дата обращения: 30.05.2023).
129. Определение границ зон затопления рек города Москвы / П. Н. Терский, М. О. Фатхи, А. С. Цыпленков [и др.] // Геориск. – 2017. – № 3. – С. 20–29.
130. Орлянкин, В. Н. Использование матриц высот SRTM в предварительных расчетах и картографировании глубин потенциального паводкового затопления речных пойм / В. Н. Орлянкин, А. Р. Алешина // Исследование Земли из космоса. – 2019. – № 5. – С. 72–81.
131. Османи, С. А. Мониторинг водоносности и экологии бассейна реки Кубани / С. А. Османи, Т. Н. Мельникова // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 12–2. – С. 277–279.
132. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Том 1. Изменение климата. – Москва : Росгидромет, 2008. – 227 с.
133. Паводковая ГИС Башкортостана / С. В. Павлов, С. Р. Галямов, О. И. Христодуло, И. Н. Заитов // ArcReview. – 2006. – № 4 (39). – URL: <https://arcreview.esri-cis.ru/2006/10/09/flood-gis-of-bashkortostan/> (дата обращения: 25.08.2023).
134. Панов, В. Д. Ледники верховьев Кубани / В. Д. Панов. – Ленинград : Гидрометеоиздат, 1968. – 131 с.
135. Панов, В. Д. Размеры современного оледенения Большого Кавказа в связи с изменением климатических условий в первой половине XXI столетия / В. Д. Панов, П. М. Лурье // Тезисы докладов Всемирной конференции по изменению климата (Москва,

29 сентября – 3 октября 2003 г.). – Москва : Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН, 2003.

136. Панов, В. Д. Реки Черноморского побережья Кавказа: гидрография и режим стока / В. Д. Панов, А. А. Базелюк, П. М. Лурье. – Ростов-на-Дону : Донской издательский дом, 2012. – 607 с.

137. Панов, В. Д. Эволюция современного оледенения Кавказа / В. Д. Панов. – Санкт-Петербург : Гидрометеиздат, 1993. – 429 с.

138. Перечень опасных природных гидрометеорологических явлений (ОЯ) на территории ЮФО и СКФО. Приложение к Положению об опасных явлениях : Приказ № 70 : утвержден ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС» 12 мая 2023 г. – URL: <https://yugmeteo.donpac.ru/export/sites/default/.galleries/docs/criteria.pdf> (дата обращения: 25.08.2023).

139. Погорелов, А. В. О «полосе снежности» Большого Кавказа / А. В. Погорелов // Труды САННИ Госкомгидромета. – 1988. – Выпуск 129 (210). – С. 25–30.

140. Погорелов, А. В. Снежный покров Большого Кавказа: Опыт пространственно-временного анализа / А. В. Погорелов. – Москва : Академкнига, 2002. – 287 с.

141. Положение об опасных явлениях : Приказ № 22 : утвержден ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС» 26 февраля 2016 г. – URL: <https://yugmeteo.donpac.ru/> (дата обращения: 03.02.2021).

142. Практические аспекты определения зон затопления по опыту исследования рек Ленинградской области / С. В. Бузмаков, Е. В. Гуревич, С. А. Журавлев [и др.] // Биосфера. – 2016. – Том 8, № 1. – С. 10–15.

143. Природные опасности России : монография. В 6 томах. Том 1. Гидрометеорологические опасности / Г. С. Голицын, А. А. Васильев, С. Н. Куличков [и др.]. – Москва : КРУК, 2001. – 296 с.

144. Прогнозирование стока рек Терского бассейна / А. В. Христофоров, Н. М. Юмина, А. В. Кириллов, Е. П. Рец // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2007. – № 4. – С. 25–37.

145. Производство и внедрение АСУ и комплексов мониторинга // Эмерсит : сайт. – URL: <https://ru.emercit.com/> (дата обращения: 04.09.2023).

146. Разиньков, Н. Д. Определение зон затоплений как прикладная задача гидрологии / Н. Д. Разиньков, С. Л. Титова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. – 2016. – № 4. – С. 102–106.

147. Разработка схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна р. Терек : отчёт по научно-исследовательской работе : рукопись / под руководством Н. И. Алексеевского. – Москва : Географический факультет МГУ, 2006.
148. Распределение населения Краснодарского края по возрастным группам // Федеральная служба государственной статистики : официальный сайт. – URL: <https://23.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Vozr.htm> (дата обращения: 01.09.2023).
149. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 8. Северный Кавказ / под редакцией В. В. Куприянова. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1973. – 446 с.
150. Ресурсы поверхностных вод СССР: Гидрологическая изученность. Том 8. Северный Кавказ / Северо-Кавказское управление гидрометеорологической службы. – 1964. – 309 с.
151. Рец, Е. П. Сток рек бассейна Терека : специальность 25.00.27 «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия» : диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук / Рец Екатерина Петровна ; Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова. – Москва, 2013. – 277 с.
152. Россия в борьбе с катастрофами. В 3 томах. Том 2. XX век – начало XXI века / С. К. Шойгу, Ю. Л. Воробьев, А. Н. Сахаров [и др.] ; под общей редакцией С. К. Шойгу. – Москва : Деловой экспресс, 2007. – 272 с.
153. Руководство по гидрологическим прогнозам. Выпуск 1. Долгосрочные прогнозы элементов водного режима рек и водохранилищ. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1989. – 358 с.
154. Руководящие указания ВМО по расчёту климатических норм / Всемирная метеорологическая организация // Электронный журнал ВМО. – 2017. – № 1203. – URL: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=4168 (дата обращения: 25.08.2023).
155. Семенов, В. А. Климатически обусловленные изменения максимальных расходов воды и наводнений на реках России / В. А. Семенов, А. А. Коршунов // Труды Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – мирового центра данных. – Обнинск, 2007. – Выпуск 173. – URL: <http://meteo.ru/publications/112-trudy-vniigmi/350-trudy-vniigmi-mtsd-vypusk-173-2007-g> (дата обращения: 26.08.2023).
156. Сендайская рамочная программа по снижению риска стихийных бедствий на 2015–2030 гг. // МЧС России : официальный сайт. – URL: <https://mchs.gov.ru/deyatelnost/mezhdunarodnoe-sotrudnichestvo/dogovornye-i-pravovye-akty/sendayskaya-ramochnaya-programm-po-snizheniyu-riska-bedstviy-na-2015-2030-gody> (дата обращения: 01.09.2023).
157. Система мониторинга // Эмерсит : сайт. – URL: <http://emercit.com/map/> (дата обращения: 04.09.2023).

158. Современная технологическая основа работ по установлению границ зон затопления / И. В. Землянов, М. О. Фатхи, К. К. Жбаков [и др.] // Водные ресурсы России: современное состояние и управление : сборник статей Всероссийской научно-практической конференции (Сочи, 8–14 октября 2018 г.). В 2 томах. Том 2. – Новочеркасск : Лик, 2018. – С. 4–8.

159. Создание потенциала противодействия бедствиям на уровне государств и общин : Хиогская рамочная программа действий на 2005–2015 годы : принята на Всемирной конференции по уменьшению опасности бедствий (Кобе, Хиого, Япония, 18–22 января 2005 г.) // ООН : сайт. – URL: https://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/hyogoframework.shtml (дата обращения: 01.09.2023).

160. Сокращенный окончательный отчет с резолюциями (ВМО-№ 1157) / Семнадцатый Всемирный метеорологический конгресс (Женева, 25 мая – 12 июня 2015 г.) // ГБПОУ МО «Гидрометеорологический техникум» : сайт. – URL: <http://mgmtmo.ru/edumat/wmo/1157.pdf> (дата обращения: 01.08.2023).

161. СП 33-101–2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. – Москва : Госстрой России, 2004. – 72 с.

162. Справочник цен на работы ПАО «МРСК Центра» // Россети Центр : официальный сайт. – URL: <https://www.mrsk-1.ru> (дата обращения: 01.08.2022).

163. СТО ГГИ 52.08.48–2020. Выбор цифровой картографической основы для определения гидрографических характеристик. – Санкт-Петербург : ФГБУ ГГИ, 2020. – 79 с.

164. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Терек (Российская часть бассейна). Книга 1. Общая характеристика речного бассейна. Приложение 1 : Приказ № 62-П : утвержден Западно-Каспийским бассейновым водным управлением 10 ноября 2014 г. – URL: <http://zkbvu.ru/upload/medialibrary/ee7/ee749f748202fb28fcd13535f9b56147.pdf> (дата обращения: 04.09.2023).

165. Таратунин, А. А. Наводнения на территории Российской Федерации / А. А. Таратунин. – Екатеринбург : Издательство ФГУП РосНИИВХ, 2008. – 432 с.

166. Ташилова, А. А. Изменения в распределении региональных осадков в ответ на глобальное потепление / А. А. Ташилова // Наука. Инновации. Технологии. – 2021. – № 3. – С. 73–90.

167. Тематическое дешифрование и интерпретация космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения : учебное пособие / А. Н. Шихов, А. П. Герасимов, А. И. Пономарчук, Е. С. Перминова. – Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2020. – 191 с.

168. Тенденции изменения режимных характеристик осадков в климатических зонах юга России (1961–2011 гг.) / Б. А. Ашабоков, А. А. Ташилова, Л. А. Кешева, З. А. Таубекова // Метеорология и гидрология. – 2017. – № 3. – С. 18–28.

169. Терский, П. Н. Наводнения на реках севера Европейской территории России (на примере бассейна р. Северная Двина) / П. Н. Терский, Н. Л. Фролова // Известия РАН. Серия: Географическая. – 2011. – № 3. – С. 94–105.

170. Торопов, П. А. Тенденции изменений климата Черноморско-Каспийского региона за последние 30 лет / П. А. Торопов, М. А. Алешина, В. А. Семенов // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2018. – № 2. – С. 67–77.

171. Требования к государственным топографическим картам и планам, включая требования к составу сведений, отображаемых на них, к условным обозначениям указанных сведений, требования к точности государственных топографических карт и государственных топографических планов, к формату их представления в электронной форме, требованиям к содержанию топографических карт, в том числе рельефных карт : Приказ № 271 : утвержден Минэкономразвития 6 июня 2017 г. // Официальный интернет-портал правовой информации : сайт. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201707040044> (дата обращения: 25.08.2023).

172. Тушинский, Г. К. Ледники, снежники, лавины Советского Союза / Г. К. Тушинский. – Москва : Географгиз, 1963. – 312 с.

173. Управление данными ДЗЗ и их обработка в ArcGIS : учебные материалы. Часть 1. – Москва : ESRI CIS, 2013. – 36 с.

174. Фалеев, М. И. Оценка опасностей и угроз, обусловленных катастрофическими наводнениями, и предложения по защите населения и территорий от них / М. И. Фалеев, Г. С. Черных, А. С. Старостин // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. – 2014. – Том 4, № 2. – С. 18–32.

175. Фролова, Н. Л. Терек / Н. Л. Фролова, Е. П. Рец // Реки и озера мира : энциклопедия. – Москва : Энциклопедия, 2012. – С. 673–678.

176. Христофоров, А. В. Надежность расчетов речного стока / А. В. Христофоров. – Москва : МГУ, 1993. – 166 с.

177. Христофоров, А. В. Стохастическая модель колебаний речного стока в паводочный период / А. В. Христофоров, Г. В. Круглова, Т. В. Самборский. – Москва : МГУ, 1998. – 146 с.

178. Христофоров, А. В. Теория вероятностей и математическая статистика / А. В. Христофоров. – Москва : МГУ, 1988. – 131 с.

179. Христофоров, А. В. Теория случайных процессов в гидрологии / А. В. Христофоров. – Москва : МГУ, 1994. – 139 с.

180. Цены на овощи и фрукты в Краснодарском крае // ГКУ Краснодарского края «Кубанский сельскохозяйственный информационно-консультационный центр»: официальный сайт. – URL: http://www.kaicc.ru/sites/default/files/ovoshchi_kk_19.11.2021.pdf (дата обращения: 01.09.2023).

181. Частные домохозяйства по размеру домохозяйства по субъектам Российской Федерации // Федеральная служба государственной статистики: официальный сайт. – URL: <https://rosstat.gov.ru/search?q=размер+домохозяйства> (дата обращения: 01.09.2023).

182. Численное гидродинамическое моделирование наводнения в г. Крымске 6–7 июля 2012 г / Н. И. Алексеевский, И. Н. Крыленко, В. В. Беликов [и др.] // Гидротехническое строительство. – 2014. – № 3. – С. 29–35.

183. Чупахин, В. М. Физическая география Северного Кавказа / В. М. Чупахин. – Ростов-на-Дону: Издательство Ростовского университета, 1974. – 196 с.

184. Шагин, С. И. Пространственная структура потенциальных источников чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера на территории Южного федерального округа России: специальность 25.00.36 «Геоэкология»: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора географических наук / Шагин Сергей Иванович: Ставропольский государственный университет. – Астрахань, 2010. – 51 с.

185. Шевердяев, И. В. Особенности формирования и прохождения опасных паводков на реках Северо-Западного Кавказа: специальность 25.00.36 «Геоэкология (по отраслям)»: диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук / Шевердяев Игорь Викторович; Южный научный центр Российской академии наук. – Санкт-Петербург, 2017. – 158 с.

186. Экстремальные гидрологические ситуации / Н. И. Коронкевич, Е. А. Барабанова, И. С. Зайцева [и др.]. – Москва: Медиа-ПРЕСС, 2010. – 464 с.

187. Эрозионные и русловые процессы: сборник трудов / под редакцией Р. С. Чалова. – Москва: МГУ, 2000. – Выпуск 5. – 456 с.

188. Юмина, Н. М. Водный режим рек Северного Кавказа: специальность 25.00.27 «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия»: диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук / Юмина Наталья Михайловна; Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова. – Москва, 2008. – 195 с.

189. Юмина, Н. М. Совершенствование системы мониторинга опасных паводков на реках Северного Кавказа / Н. М. Юмина, Е. П. Рец // Водное хозяйство России. – 2012. – № 1. – С. 47–62.

190. Яковченко, С. Г. Создание геоинформационных систем в инженерной гидрологии: специальность 25.00.35 «Геоинформатика»: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Яковченко Спартак Геннадьевич; Институт водных и эко-

логических проблем Сибирского отделения Российской академии наук Ставропольский государственный университет. – Барнаул, 2007. – 43 с.

191. A place-based model for understanding community resilience to natural disasters / S. L. Cutter, L. Barnes, M. Berry [et al.] // *Global Environmental Change*. – 2008. – Volume 18, issue 4. – P. 598–606.

192. A seismological and engineering perspective on the 2016 Central Italy earthquakes / C. Amadio, M. Fasan, A. Magrin [et al.] // *International Journal of Earthquake and Impact Engineering*. – 2016 – Volume 1, no 4. – P. 395–420.

193. A Web GIS platform to modeling, simulate and analyze flood events: the RiverCure portal / A. Rodrigues da Silva, J. Estima, J. Marques [et al.] // *ISPRS International Journal of Geo-Information*. – 2023. – Volume 12, no 7. – P. 268.

194. Aleksyuk, A. I. The uniqueness of the exact solution of the Riemann problem for the shallow water equations with discontinuous bottom / A. I. Aleksyuk, V. V. Belikov // *Journal Computational Physics*. – 2019. – Volume 390. – P. 232–248.

195. Alexeevskiy, N. I. Methods of study and evaluation of dangerous hydrological events in estuaries / N. I. Alexeevskiy, D. V. Magritsky // *Firth Caspian region: history of formation, contemporary hydrological and morphological processes and hazardous hydrological phenomena*. – Moscow : GEOS, 2013. – P. 38–50.

196. Apel, H. Quantification of uncertainties in flood risk assessments / H. Apel, B. Merz, A. H. Thielen // *International Journal of River Basin Management*. – 2008. – Volume 6. – P. 149–162.

197. Brakenridge, G. R. Global active archive of large flood events / G. R. Brakenridge ; Dartmouth Flood Observatory. University of Colorado. – 2015. – URL: <http://floodobservatory.colorado.edu/Archives/index.html>. Accessed 30 Dec 2015 (дата обращения: 17.05.2023).

198. Buzin, V. A. Dangerous meteorological phenomena / V. A. Buzin. – Saint Petersburg : RSHU, 2008. – 228 p.

199. Catastrophic flood in the Russian town Krymsk (North Caucasus, 6–7 July, 2012) – analysis of natural and anthropogenic causes / V. M. Kotlyakov, N. I. Koronkevich, L. V. Desinov [et al.] // *Journal of Contemporary Management*. Academic Research Centre of Canada. – 2016. – Volume 5, no 4. – P. 1–11.

200. Causes and systematics of inundations of the Krasnodar territory on the Russian Black Sea coast / N. I. Alexeevsky, D. V. Magritsky,, K. P. Koltermann [et al.] // *Natural Hazards and Earth System Sciences*. – 2016. – Volume 16, issue 6. – P. 1289–1308.

201. Changes in precipitation extremes on the Black Sea Western Coast / A.-E. Croitoru, B. C. Chitoroiu, V. Ivanova, V. Toricaet // *Global and Planetary Change*. – 2013. – Volume 102. – P. 10–19.
202. Crowdsourced data for flood hydrology: Feedback from recent citizen science projects in Argentina, France and New Zealand / J. Le Coz, A. Patalano, D. Collins [et al.] // *Journal of Hydrology*. – 2016. – Volume 541, part B. – P. 766–777.
203. Drivers of flood risk change in residential areas / F. Elmer, J. Hoymann, D. Dütthmann [et al.] // *Natural Hazards and Earth System Science*. – 2012. – Volume 12, no 5 – P. 1641–1657.
204. Dutta, D. A mathematical model for flood loss estimation / D. Dutta, S. Herath, K. Musiaka // *Journal of Hydrology*. – 2003. – Volume 277, no 1–2. – P. 24–49.
205. Effects of variability in probable maximum precipitation patterns on flood losses / A. P. Zischg, G. Felder, R. Weingartner [et al.] // *Hydrology and Earth System Sciences*. – 2018. – Volume 22, no 5. – P. 2759–2773.
206. El-Masri, S. Natural disaster, mitigation and sustainability: the case of developing countries / S. El-Masri, G. Tipple // *International Planning Studies*. – 2002. – Volume 7, issue 2. – P. 157–175.
207. Evaluating flood damages: guidance and recommendations on principles and methods : FLOODsite Project Report / F. Messner, E. Penning-Rowsell, C. Green [et al.]. – 2007. – URL: <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3A5602db10-274c-40da-953f-34475ded1755> (дата обращения: 26.08.2023).
208. Evidence for added value of convection-permitting models for studying changes in extreme precipitation / E. P. Meredith, D. Maraun, V. A. Semenov, W. Park // *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. – 2015. – Volume 120, no 24. – P. 12500–12513.
209. Focused erosion at the core of the Greater Caucasus: Sediment generation and dispersal from Mt. Elbrus to the Caspian Sea / G. Vezzoli, E. Garzanti, M. Limonta, G. Radeff // *Earth-Science Reviews*. – 2020. – Volume 200 (2). – P. 102987.
210. Gallopin, G. C. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity / G. C. Gallopin // *Global Environmental Change*. – 2006. – Volume 16, issue 3. – P. 293–303.
211. Gerl, T. Flood damage modeling on the basis of urban structure mapping using high-resolution remote sensing data / T. Gerl, M. Bochow, H. Kreibich // *Water*. – 2014. – Volume 6, no 8 – P. 2367–2393.
212. HEC-GeoRAS // Hydrologic Engineering Center : website. – URL: <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-georas/downloads.aspx> (дата обращения: 25.08.2023).

213. Horritt, M. S. Evaluation of 1D and 2D numerical models for predicting river flood inundation / M. S. Horritt, P. D. Bates // *Journal of Hydrology*. – 2022. – Volume 268, issues 1–4. – P. 87–99.
214. Hung, L.-S. Vulnerability of families and households to natural hazards: A case study of storm surge flooding in Sarasota County, Florida / L.-S. Hung, C. Wang, B. Yarnal // *Applied Geography*. – 2016. – Volume 76. – P. 184–197.
215. Hydrological hazards in Russia: origin, classification, changes and risk assessment / N. L. Frolova, M. B. Kireeva, D. V. Magrickiy [et al.] // *Natural Hazards*. – 2017. – Volume 88, issue S1 – P. 103–131.
216. Integrated hydrodynamic and economic modelling of flood damage in the Netherlands. Special Section: Integrated Hydro-Economic Modelling for Effective and Sustainable Water Management / S. N. Jonkman, M. Bočkarjova, M. Kok, P. Bernardini // *Ecological Economics*. – 2008. – Volume 66, issue 1. – P. 77–90.
217. Kagan, Ju. Probable Maximum Loss: Definition and How to Calculate It / Ju. Kagan // Investopedia : website. – URL: <https://www.investopedia.com/terms/p/probable-maximum-loss-pml.asp> (дата обращения: 25.08.2023).
218. Keskitalo, E. Climate change and flood risk management: adaptation and extreme events at the local level / E. Keskitalo, H. Carina. – Edward Elgar publishing : Cheltenham, 2013. – 328 p.
219. Kron, W. Flood Risk = Hazard • Values • Vulnerability / W. Kron // *Water International*. – 2005. – Volume 30, no 1. – P. 58–68.
220. Kron, W. Flood risk zoning and loss accumulation analysis for Germany / W. Kron, W. Willems // *Proceedings of international conference on flood estimation (Berne, 6–8 March 2002)*. – Berne, 2002. – P. 549–558.
221. Locally relevant high-resolution hydrodynamic modeling of river floods at the regional scale / A. Buttinger-Kreuzhuber, J. Waser, D. Cornel [et al.] // *Water Resources Research*. – 2022. – Volume 58, no 7. – URL: https://www.researchgate.net/publication/361283985_Locally_Relevant_High-Resolution_Hydrodynamic_Modeling_of_River_Floods_at_the_Regional_Scale (дата обращения: 26.08.2023).
222. Loss estimation for landslides in mountain areas – 15 An integrated toolbox for vulnerability assessment and damage documentation / M. Papathoma-Köhle, A. Zischg, S. Fuchs [et al.] // *Environmental Modelling & Software*. – 2015. – Volume 63. – P. 156–169.
223. McCoy, C. Mapping flood extents using Sentinel-1 data / C. McCoy. – 2017. – URL: <https://www.azimap.com/news/view/57/mapping-flood-extents-using-sentinel-1-data> (дата обращения: 18.05.2023).

224. Methodology for surface water flood modeling based on analysis of digital elevation model and hydrological data / **A. Mironenko**, A. Gizatullin, E. Rets, N. Frolova // *E3S Web of Conferences*. – 2023. – Volume 413. – P. 1–6.
225. Methodology of natural risk assessment in Russia / V. I. Osipov, V. I. Larionov, N. I. Frolova [et al.] // *Natural Hazards*. – 2017. – Volume 88, supplement 1. – P. 17–41.
226. Modeling ice-jam floods in the frameworks of an intelligent system for river monitoring / I. Krylenko, A. Alabyan, A. Aleksyuk [et al.] // *Water Resources*. – 2020. – Volume 47, no 3. – P. 387–398.
227. Modeling of extreme hydrological events in the baksan river basin, the central Caucasus, Russia / E. D. Kornilova, I. N. Krylenko, E. P. Rets [et al.] // *Hydrology*. – 2021. – Volume 8, no 24. – P. 1–24.
228. Paron, P. Natural hazards in developing countries / P. Paron // *Encyclopedia of Natural Hazards*. – Dordrecht : Springer, 2012. – P. 718–726.
229. Pettitt, A. N. A Non-Parametric approach to the change-point problem / A. N. Pettitt // *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*. – 1979. – Volume 28, no 2. – P. 126–135.
230. Poser, K. Volunteered geographic information for disaster management with application to rapid flood damage estimation / K. Poser, D. Dransch // *Geomatica*. – 2010. – Volume 64, no 1. – P. 89–98.
231. Priestnall, G. Extracting urban features from LiDAR digital surface models / G. Priestnall, J. Jaafar, A. Duncan // *Computers, Environment and Urban Systems*. – 2020. – Volume 24, issue 2. – P. 65–78.
232. Rahman, M. R. Detecting, mapping and analysing of flood water propagation using synthetic aperture radar (SAR) satellite data and GIS: A case study from the Kendrapara District of Orissa State of India / M. R. Rahman, P. K. Thakur // *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. – 2018. – Volume 21, supplement 1. – P. S37–S41.
233. Recent trends of river runoff in the North Caucasus / E. P. Rets, R. G. Dzhamalov, M. B. Kireeva [et al.] // *Geography Environment Sustainability*. – 2018. – Volume 11, no 3. – P. 61–70.
234. Rets, E. Hazardous hydrological processes in mountainous areas under the impact of recent climate change: case study of Terek River basin. *Global Change: Facing Risks and Threats to Water Resources* / E. Rets, M. Kireeva // *IAHS Publ.* – 2010. – Volume 340. – P. 126–134.
235. Rets, E. P. Peak runoff in the North Caucasus: recent trends in magnitude, variation and timing / E. P. Rets, I. N. Durmanov, M. B. Kireeva // *Water Resources*. – 2019. – Volume 46. – P. S56–S66.

236. Seismic risk assessment and mapping at different levels / N. I. Frolova, V. I. Larionov, J. Bonnin [et al.] // *Natural Hazards*. – 2017. – Volume 88, supplement 1. – P. 43–62.
237. Shalikovskiy, A. Flood hazard and risk assessment in Russia / A. Shalikovskiy, K. Kurganovich // *Natural Hazards*. – 2016. – Volume 88, no S1. – P. 133–147.
238. Shuttle radar topography mission (SRTM) // *Earth data open access for open science* : website. – URL: <https://www.earthdata.nasa.gov/sensors/srtm> (дата обращения: 31.05.2022).
239. Sudhakar, S. HEC-GeoRAS and HEC-RAS Modeling : tutorial / S. Sudhakar // *Journal of Geomatics*. – 2015. – URL: https://www.researchgate.net/publication/282843914_HEC-GeoRAS_and_HEC-RAS_Modeling (дата обращения: 26.08.2023).
240. The role of climatological normals in a changing climate : Analytical-technical document. – Geneva : World Meteorological Organization WMO/TD, 2007. – No. 1377.
241. Totschnig, R. A quantitative vulnerability function for fluvial sediment transport / R. Totschnig, W. Sedlacek, S. Fuchs // *Natural Hazards*. – 2011. – Volume 58. – P. 681–703.
242. Validation of a distributed hydrological model against spatial observations / Y. Motovilov, L. Gottschalk, K. Engeland, A. Rodhe // *Agricultural and Forest Meteorology*. – 1999. – Volume 98–99. – P. 257–277.
243. Vyshkvarkova, E. Changes in extreme precipitation over the North Caucasus and the Crimean Peninsula during 1961–2018 / E. Vyshkvarkova // *Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*. – 2021. – Volume 125, no 2. – P. 321–336.
244. Wagenaar, D. Multi-variable flood damage modelling with limited data using supervised learning approaches / D. Wagenaar, J. Jong, L. Bouwer // *Natural Hazards and Earth System Sciences*. – 2017. – Volume 17. – P. 1683–1696.
245. Woo, G. Natural catastrophe probable maximum loss / G. Woo // *British Actuarial Journal*. – 2002. – Volume 8, issue 5. – P. 943–959.

Приложение 1

Корреляционная матрица рядов максимальных срочных годовых уровней воды и годовых сумм общих осадков

		Гидрологические посты										Метеорологические станции						
		Кубань – Успенское	Кубань – Армавир	Уруп – Стеблицкий	Сочи – Пластунка	Сочи – Сочи	Мзымта – Казачий Брод	Кума – Александрийская	Кума – Будёновск	Терек – Владикавказ	Терек – Степное	Армавир	Минеральные воды	Будёновск	Сочи	Красная Поляна	Владикавказ	Гудермес
Гидрологические посты	Кубань – Успенское	1,00																
	Кубань – Армавир	0,89	1,00															
	Уруп – Стеблицкий	0,69	0,85	1,00														
	Сочи – Пластунка	0,32	0,21	0,28	1,00													
	Сочи – Сочи	0,26	0,30	0,32	0,82	1,00												
	Мзымта – Казачий Брод	0,04	-0,05	0,09	0,52	0,31	1,00											
	Кума – Александрийская	0,37	0,45	0,37	-0,11	-0,13	-0,28	1,00										
	Кума – Будёновск	0,28	0,36	0,29	-0,09	-0,08	-0,27	0,86	1,00									
	Терек – Владикавказ	0,30	0,41	0,31	-0,03	0,17	-0,11	0,51	0,43	1,00								
	Терек – Степное	-0,14	0,09	-0,03	-0,34	-0,11	-0,19	0,11	0,14	0,48	1,00							
Метеорологические станции	Армавир	0,29	0,39	0,43	0,14	0,27	0,00	0,37	0,17	0,24	0,34	1,00						
	Минеральные воды	0,28	0,29	0,27	-0,03	0,04	0,03	0,26	0,22	0,14	0,23	0,32	1,00					
	Будёновск	0,27	0,35	0,24	-0,07	0,04	-0,02	0,19	0,15	0,13	0,52	0,47	0,65	1,00				
	Сочи	0,18	0,17	0,15	0,25	0,30	0,09	-0,03	-0,16	0,04	0,26	0,55	0,30	0,53	1,00			
	Красная Поляна	0,18	0,15	0,20	0,40	0,40	0,30	0,04	-0,09	0,03	0,13	0,53	0,22	0,32	0,73	1,00		
	Владикавказ	0,22	0,29	0,37	0,17	0,18	0,20	0,24	0,29	0,27	0,45	0,43	0,37	0,36	0,30	0,33	1,00	
	Гудермес	0,21	0,24	0,27	-0,02	0,03	-0,03	0,19	0,19	0,17	0,48	0,28	0,31	0,44	0,10	0,10	0,69	1,00

Приложение 2

**Корреляционная матрица рядов дат прохождения максимальных срочных годовых уровней воды
и дат максимальных суточных сумм осадков**

		Гидрологические посты										Метеорологические станции						
		Кубань – Успенское	Кубань – Армавир	Уруп – Стеблицкий	Сочи – Пластунка	Сочи – Сочи	Мзымта – Казачий Брод	Кума – Александрьевская	Кума – Будёновск	Терек – Владикавказ	Терек – Степное	Армавир	Минеральные воды	Будёновск	Сочи	Красная Поляна	Владикавказ	Гудермес
Гидрологические посты	Кубань – Успенское	1,00																
	Кубань – Армавир	0,28	1,00															
	Уруп – Стеблицкий	0,12	0,34	1,00														
	Сочи – Пластунка	-0,15	0,02	0,14	1,00													
	Сочи – Сочи	-0,11	0,05	0,03	0,84	1,00												
	Мзымта – Казачий Брод	-0,04	0,14	-0,02	0,56	0,54	1,00											
	Кума – Александрьевская	-0,11	-0,08	-0,07	-0,12	-0,14	0,37	1,00										
	Кума – Будёновск	0,29	0,24	-0,16	-0,01	0,01	0,24	0,28	1,00									
	Терек – Владикавказ	-0,27	-0,03	0,03	0,09	0,11	0,29	-0,13	-0,02	1,00								
	Терек – Степное	0,02	0,11	-0,47	-0,12	-0,04	0,30	0,21	0,27	0,20	1,00							
Метеорологические станции	Армавир	-0,02	-0,13	-0,22	0,09	0,15	0,11	-0,17	-0,02	0,07	0,07	1,00						
	Минеральные воды	0,04	0,14	0,04	-0,33	-0,29	-0,15	-0,02	-0,07	0,17	-0,14	-0,02	1,00					
	Будёновск	0,08	0,08	-0,07	-0,16	-0,16	-0,04	0,27	0,22	-0,07	0,04	-0,40	0,22	1,00				
	Сочи	0,08	-0,15	0,03	-0,04	-0,09	-0,07	0,26	0,16	0,01	0,06	0,12	0,01	-0,07	1,00			
	Красная Поляна	0,18	-0,06	-0,08	0,37	0,39	0,24	-0,09	-0,17	0,01	0,28	-0,02	-0,32	-0,17	-0,08	1,00		
	Владикавказ	-0,02	0,09	-0,08	0,33	0,35	0,45	0,33	0,19	0,20	-0,04	0,15	0,04	0,08	0,14	0,11	1,00	
	Гудермес	0,12	0,04	-0,03	0,22	0,15	0,40	0,24	0,14	-0,07	0,21	0,01	-0,02	0,19	-0,05	0,19	0,35	1,00

Приложение 3

Корреляционная матрица рядов максимальных срочных годовых уровней воды и максимальных суточных сумм осадков

		Гидрологические посты										Метеорологические станции						
		Кубань – Успенское	Кубань – Армавир	Уруп – Стеблицкий	Сочи – Пластунка	Сочи – Сочи	Мзымта – Казачий Брод	Кума – Александрийская	Кума – Будённовск	Терек – Владикавказ	Терек – Степное	Армавир	Минеральные воды	Будённовск	Сочи	Красная Поляна	Владикавказ	Гудермес
Гидрологические посты	Кубань – Успенское	1,00																
	Кубань – Армавир	0,89	1,00															
	Уруп – Стеблицкий	0,69	0,85	1,00														
	Сочи – Пластунка	0,32	0,21	0,28	1,00													
	Сочи – Сочи	0,26	0,30	0,32	0,82	1,00												
	Мзымта – Казачий Брод	0,04	-0,05	0,09	0,52	0,31	1,00											
	Кума – Александрийская	0,37	0,45	0,37	-0,11	-0,13	-0,28	1,00										
	Кума – Будённовск	0,28	0,36	0,29	-0,09	-0,08	-0,27	0,86	1,00									
	Терек – Владикавказ	0,30	0,41	0,31	-0,03	0,17	-0,11	0,51	0,43	1,00								
	Терек – Степное	-0,14	0,09	-0,03	-0,34	-0,11	-0,19	0,11	0,14	0,48	1,00							
Метеорологические станции	Армавир	0,06	0,13	0,12	-0,24	-0,05	-0,05	0,06	0,02	0,08	0,33	1,00						
	Минеральные воды	0,54	0,55	0,43	0,07	0,15	-0,05	0,17	0,03	0,35	-0,11	0,03	1,00					
	Будённовск	0,16	0,18	0,12	-0,19	-0,09	-0,03	0,08	0,21	-0,05	0,13	0,30	0,06	1,00				
	Сочи	-0,04	-0,07	-0,02	0,28	0,25	0,07	-0,19	0,00	-0,12	0,00	0,12	0,02	-0,05	1,00			
	Красная Поляна	0,14	0,08	0,13	0,31	0,18	0,52	-0,04	-0,16	0,04	-0,20	-0,08	0,07	0,11	0,01	1,00		
	Владикавказ	0,06	0,11	0,04	0,15	0,12	0,23	0,18	0,22	0,26	0,25	0,15	-0,01	0,25	0,07	0,11	1,00	
	Гудермес	0,13	0,10	0,17	0,04	0,08	-0,02	0,13	0,03	0,07	0,20	0,01	-0,10	0,15	-0,10	0,04	-0,01	1,00

Приложение 4

Корреляционная матрица рядов максимальных срочных годовых уровней воды и годовых сумм обложных осадков

		Гидрологические посты										Метеорологические станции						
		Кубань – Успенское	Кубань – Армавир	Уруп – Стеблицкий	Сочи – Пластунка	Сочи – Сочи	Мзымта – Казачий Брод	Кума – Александрийская	Кума – Будённовск	Терек – Владикавказ	Терек – Степное	Армавир	Минеральные воды	Будённовск	Сочи	Красная Поляна	Владикавказ	Гудермес
Гидрологические посты	Кубань – Успенское	1,00																
	Кубань – Армавир	0,89	1,00															
	Уруп – Стеблицкий	0,69	0,85	1,00														
	Сочи – Пластунка	0,32	0,21	0,28	1,00													
	Сочи – Сочи	0,26	0,30	0,32	0,82	1,00												
	Мзымта – Казачий Брод	0,04	-0,05	0,09	0,52	0,31	1,00											
	Кума – Александрийская	0,37	0,45	0,37	-0,11	-0,13	-0,28	1,00										
	Кума – Будённовск	0,28	0,36	0,29	-0,09	-0,08	-0,27	0,86	1,00									
	Терек – Владикавказ	0,30	0,41	0,31	-0,03	0,17	-0,11	0,51	0,43	1,00								
	Терек – Степное	-0,14	0,09	-0,03	-0,34	-0,11	-0,19	0,11	0,14	0,48	1,00							
Метеорологические станции	Армавир	0,07	-0,02	0,01	0,03	-0,22	0,28	0,23	0,04	0,04	-0,02	1,00						
	Минеральные воды	0,15	0,00	0,10	0,29	-0,04	0,50	0,05	0,16	-0,26	-0,23	0,38	1,00					
	Будённовск	0,06	-0,01	0,12	0,08	-0,14	0,33	-0,17	-0,16	-0,14	-0,03	0,44	0,55	1,00				
	Сочи	-0,18	-0,35	-0,12	0,23	-0,19	0,50	-0,25	-0,16	-0,44	-0,24	0,51	0,68	0,63	1,00			
	Красная Поляна	-0,04	-0,16	-0,01	0,02	-0,24	0,36	0,04	-0,04	-0,06	-0,03	0,55	0,50	0,75	0,67	1,00		
	Владикавказ	0,11	-0,05	0,00	0,41	0,28	0,28	-0,05	-0,01	-0,11	-0,27	-0,26	0,31	0,11	0,20	-0,08	1,00	
	Гудермес	0,12	-0,01	0,02	0,13	-0,11	0,12	-0,03	0,00	-0,28	0,04	0,03	0,44	0,10	0,19	0,07	0,46	1,00

Приложение 5

**Корреляционная матрица рядов дат прохождения максимальных срочных годовых уровней воды
и дат максимальных суточных сумм обложных осадков**

		Гидрологические посты										Метеорологические станции						
		Кубань – Успен- ское	Кубань – Армавир	Уруп – Стеб- лицкий	Сочи – Пла- стунка	Сочи – Сочи	Мзымта – Казачий Брод	Кума – Алек- сандрий- ская	Кума – Будён- новск	Терек – Влади- кавказ	Терек – Степное	Арма- вир	Мине- ральные воды	Будён- новск	Со- чи	Крас- ная По- ляна	Вла- дивкав- каз	Гу- дер мес
Гидрологические посты	Кубань – Успенское	1,00																
	Кубань – Армавир	0,28	1,00															
	Уруп – Стеблицкий	0,12	0,34	1,00														
	Сочи – Пластунка	-0,15	0,02	0,14	1,00													
	Сочи – Сочи	-0,11	0,05	0,03	0,84	1,00												
	Мзымта – Казачий Брод	-0,04	0,14	-0,02	0,56	0,54	1,00											
	Кума – Александровская	-0,11	-0,08	-0,07	-0,12	-0,14	0,37	1,00										
	Кума – Будённовск	0,29	0,24	-0,16	-0,01	0,01	0,24	0,28	1,00									
	Терек – Владикавказ	-0,27	-0,03	0,03	0,09	0,11	0,29	-0,13	-0,02	1,00								
	Терек – Степное	0,02	0,11	-0,47	-0,12	-0,04	0,30	0,21	0,27	0,20	1,00							
Метеорологические станции	Армавир	0,17	0,17	0,03	0,09	0,03	-0,04	-0,17	-0,08	0,24	-0,08	1,00						
	Минеральные воды	-0,17	-0,11	-0,27	-0,32	-0,21	-0,43	-0,06	-0,07	-0,19	-0,13	-0,02	1,00					
	Будённовск	0,01	-0,12	-0,14	-0,31	-0,25	0,11	0,52	-0,07	0,19	0,33	0,32	0,01	1,00				
	Сочи	0,06	-0,17	0,09	-0,21	-0,17	-0,29	-0,10	-0,12	-0,04	-0,24	0,10	0,21	0,06	1,00			
	Красная Поляна	0,14	0,29	0,21	-0,04	-0,14	0,14	0,19	0,17	-0,23	-0,19	0,13	-0,21	-0,15	0,11	1,00		
	Владикавказ	0,14	-0,04	0,16	-0,09	0,00	0,11	0,24	0,02	0,25	0,17	-0,26	-0,19	0,02	-0,22	-0,31	1,00	
	Гудермес	0,03	-0,32	-0,32	-0,08	0,03	0,11	0,18	0,18	0,15	-0,09	-0,03	0,13	0,09	0,04	-0,14	0,24	1,00

Приложение 6

Корреляционная матрица рядов максимальных срочных годовых уровней воды и максимальных суточных сумм обложных осадков

		Гидрологические посты										Метеорологические станции						
		Кубань – Успенское	Кубань – Армавир	Уруп – Стеблицкий	Сочи – Пластунка	Сочи – Сочи	Мзымта – Казачий Брод	Кума – Александрийская	Кума – Будённовск	Терек – Владикавказ	Терек – Степное	Армавир	Минеральные воды	Будённовск	Сочи	Красная Поляна	Владикавказ	Гудермес
Гидрологические посты	Кубань – Успенское	1,00																
	Кубань – Армавир	0,89	1,00															
	Уруп – Стеблицкий	0,69	0,85	1,00														
	Сочи – Пластунка	0,32	0,21	0,28	1,00													
	Сочи – Сочи	0,26	0,30	0,32	0,82	1,00												
	Мзымта – Казачий Брод	0,04	-0,05	0,09	0,52	0,31	1,00											
	Кума – Александрийская	0,37	0,45	0,37	-0,11	-0,13	-0,28	1,00										
	Кума – Будённовск	0,28	0,36	0,29	-0,09	-0,08	-0,27	0,86	1,00									
	Терек – Владикавказ	0,30	0,41	0,31	-0,03	0,17	-0,11	0,51	0,43	1,00								
	Терек – Степное	-0,14	0,09	-0,03	-0,34	-0,11	-0,19	0,11	0,14	0,48	1,00							
Метеорологические станции	Армавир	0,16	0,15	0,10	0,14	-0,06	0,28	0,20	0,08	0,11	-0,14	1,00						
	Минеральные воды	0,17	0,06	0,11	0,09	-0,11	0,40	0,00	0,16	-0,19	-0,26	0,31	1,00					
	Будённовск	0,27	0,36	0,40	0,06	0,04	0,15	-0,08	-0,12	0,11	0,16	0,38	0,06	1,00				
	Сочи	-0,14	-0,31	-0,19	0,28	-0,04	0,40	-0,32	-0,26	-0,46	-0,25	0,16	0,48	0,06	1,00			
	Красная Поляна	-0,04	-0,18	-0,05	-0,06	-0,20	0,24	-0,10	-0,09	-0,15	-0,23	0,22	-0,02	0,21	0,20	1,00		
	Владикавказ	-0,09	-0,14	-0,21	0,00	0,14	0,01	-0,32	-0,13	0,15	0,13	-0,21	0,05	-0,13	-0,20	-0,17	1,00	
Гудермес	0,11	0,11	0,14	0,08	-0,01	-0,01	0,08	0,04	-0,17	0,13	-0,15	0,14	-0,12	0,14	-0,18	-0,03	1,00	

Приложение 7

Корреляционная матрица рядов максимальных срочных годовых уровней воды и годовых сумм ливневых осадков

		Гидрологические посты										Метеорологические станции						
		Кубань – Успенское	Кубань – Армавир	Уруп – Стеблицкий	Сочи – Пластунка	Сочи – Сочи	Мзымта – Казачий Брод	Кума – Александрийская	Кума – Будёновск	Терек – Владикавказ	Терек – Степное	Армавир	Минеральные воды	Будёновск	Сочи	Красная Поляна	Владикавказ	Гудермес
Гидрологические посты	Кубань – Успенское	1,00																
	Кубань – Армавир	0,89	1,00															
	Уруп – Стеблицкий	0,69	0,85	1,00														
	Сочи – Пластунка	0,32	0,21	0,28	1,00													
	Сочи – Сочи	0,26	0,30	0,32	0,82	1,00												
	Мзымта – Казачий Брод	0,04	-0,05	0,09	0,52	0,31	1,00											
	Кума – Александрийская	0,37	0,45	0,37	-0,11	-0,13	-0,28	1,00										
	Кума – Будёновск	0,28	0,36	0,29	-0,09	-0,08	-0,27	0,86	1,00									
	Терек – Владикавказ	0,30	0,41	0,31	-0,03	0,17	-0,11	0,51	0,43	1,00								
	Терек – Степное	-0,14	0,09	-0,03	-0,34	-0,11	-0,19	0,11	0,14	0,48	1,00							
Метеорологические станции	Армавир	0,27	0,38	0,40	0,11	0,31	-0,09	0,33	0,16	0,21	0,32	1,00						
	Минеральные воды	0,17	0,28	0,18	-0,22	0,07	-0,29	0,21	0,12	0,33	0,35	0,46	1,00					
	Будёновск	0,19	0,32	0,17	-0,11	0,11	-0,18	0,26	0,24	0,19	0,42	0,56	0,71	1,00				
	Сочи	0,21	0,23	0,17	0,21	0,32	0,01	0,01	-0,13	0,11	0,30	0,61	0,45	0,52	1,00			
	Красная Поляна	0,18	0,18	0,20	0,38	0,44	0,23	0,04	-0,08	0,04	0,14	0,53	0,28	0,38	0,73	1,00		
	Владикавказ	0,06	0,22	0,28	-0,10	-0,04	-0,02	0,26	0,29	0,25	0,52	0,12	0,20	0,44	0,14	0,07	1,00	
	Гудермес	0,13	0,31	0,31	-0,15	0,18	-0,17	0,26	0,23	0,51	0,55	0,35	0,43	0,43	0,28	0,10	0,63	1,00

Приложение 8

**Корреляционная матрица рядов дат прохождения максимальных срочных годовых уровней воды
и дат максимальных суточных сумм ливневых осадков**

		Гидрологические посты										Метеорологические станции						
		Кубань – Успенское	Кубань – Армавир	Уруп – Стеблицкий	Сочи – Пластунка	Сочи – Сочи	Мзымта – Казачий Брод	Кума – Александрийская	Кума – Будённовск	Терек – Владикавказ	Терек – Степное	Армавир	Минеральные воды	Будённовск	Сочи	Красная Поляна	Владикавказ	Гудермес
Гидрологические посты	Кубань – Успенское	1,00																
	Кубань – Армавир	0,28	1,00															
	Уруп – Стеблицкий	0,12	0,34	1,00														
	Сочи – Пластунка	-0,15	0,02	0,14	1,00													
	Сочи – Сочи	-0,11	0,05	0,03	0,84	1,00												
	Мзымта – Казачий Брод	-0,04	0,14	-0,02	0,56	0,54	1,00											
	Кума – Александрийская	-0,11	-0,08	-0,07	-0,12	-0,14	0,37	1,00										
	Кума – Будённовск	0,29	0,24	-0,16	-0,01	0,01	0,24	0,28	1,00									
	Терек – Владикавказ	-0,27	-0,03	0,03	0,09	0,11	0,29	-0,13	-0,02	1,00								
	Терек – Степное	0,02	0,11	-0,47	-0,12	-0,04	0,30	0,21	0,27	0,20	1,00							
Метеорологические станции	Армавир	-0,04	-0,12	-0,24	0,09	0,15	0,11	-0,17	-0,06	0,09	0,05	1,00						
	Минеральные воды	-0,06	0,04	-0,05	-0,36	-0,23	-0,11	0,15	-0,06	0,16	-0,16	-0,17	1,00					
	Будённовск	0,07	0,11	-0,05	-0,16	-0,16	-0,04	0,14	0,31	-0,09	0,16	-0,33	0,18	1,00				
	Сочи	0,08	-0,15	0,03	-0,04	-0,09	-0,07	0,26	0,16	0,01	0,06	0,10	-0,05	-0,07	1,00			
	Красная Поляна	0,18	-0,06	-0,08	0,37	0,39	0,24	-0,09	-0,17	0,01	0,28	-0,02	-0,32	-0,20	-0,08	1,00		
	Владикавказ	0,04	0,12	-0,12	0,15	0,26	0,15	0,11	0,11	0,06	-0,08	0,39	-0,12	-0,10	-0,09	-0,06	1,00	
	Гудермес	-0,08	-0,16	-0,04	0,09	0,17	-0,01	0,21	0,09	-0,02	0,24	-0,17	0,00	0,03	0,20	-0,02	0,15	1,00

Приложение 9

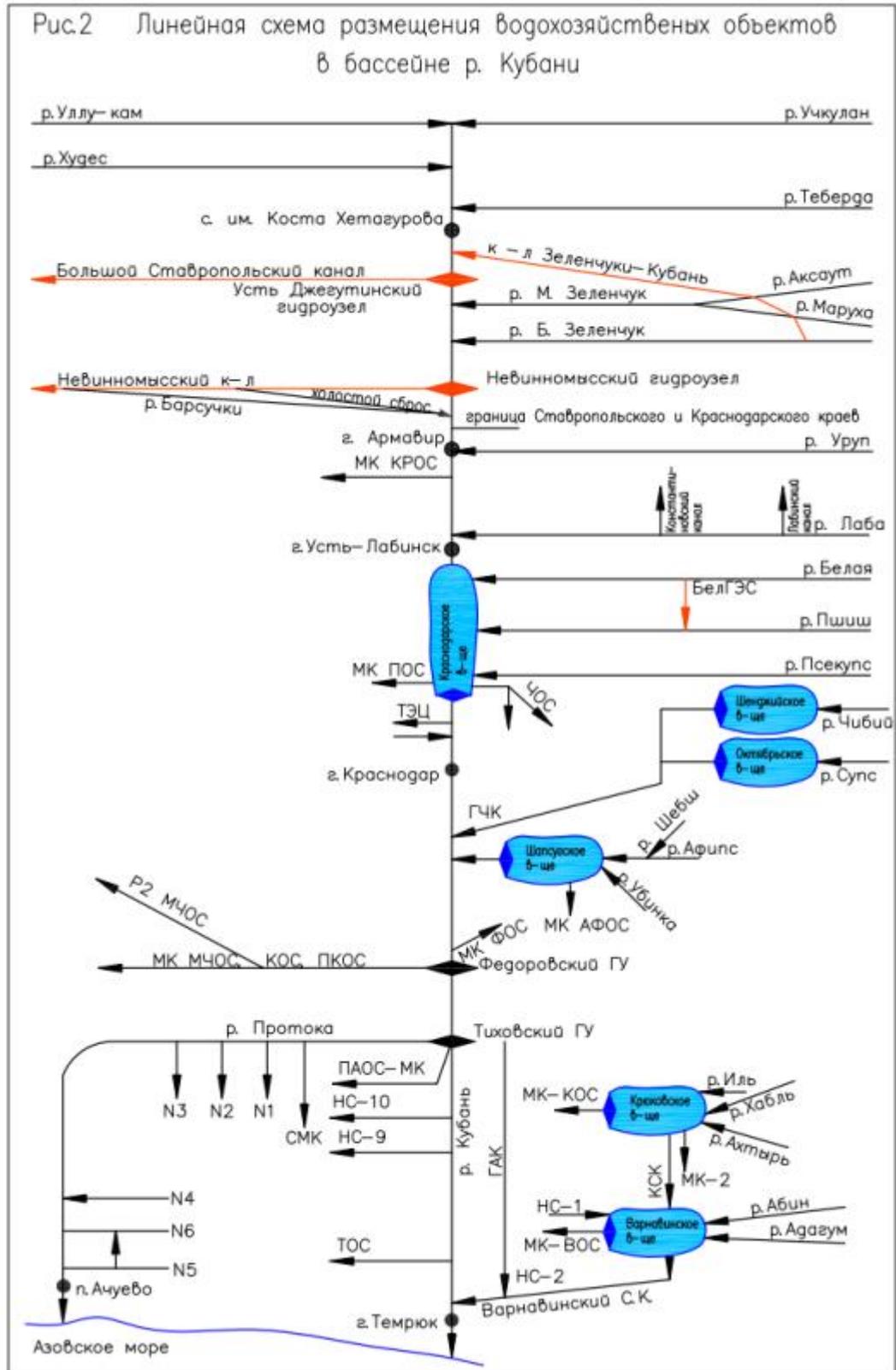
Корреляционная матрица рядов максимальных срочных годовых уровней воды и максимальных суточных сумм ливневых осадков

		Гидрологические посты										Метеорологические станции						
		Кубань – Успенское	Кубань – Армавир	Уруп – Стеблицкий	Сочи – Пластунка	Сочи – Сочи	Мзымта – Казачий Брод	Кума – Александрийская	Кума – Будёновск	Терек – Владикавказ	Терек – Степное	Армавир	Минеральные воды	Будёновск	Сочи	Красная Поляна	Владикавказ	Гудермес
Гидрологические посты	Кубань – Успенское	1,00																
	Кубань – Армавир	0,89	1,00															
	Уруп – Стеблицкий	0,69	0,85	1,00														
	Сочи – Пластунка	0,32	0,21	0,28	1,00													
	Сочи – Сочи	0,26	0,30	0,32	0,82	1,00												
	Мзымта – Казачий Брод	0,04	-0,05	0,09	0,52	0,31	1,00											
	Кума – Александрийская	0,37	0,45	0,37	-0,11	-0,13	-0,28	1,00										
	Кума – Будёновск	0,28	0,36	0,29	-0,09	-0,08	-0,27	0,86	1,00									
	Терек – Владикавказ	0,30	0,41	0,31	-0,03	0,17	-0,11	0,51	0,43	1,00								
	Терек – Степное	-0,14	0,09	-0,03	-0,34	-0,11	-0,19	0,11	0,14	0,48	1,00							
Метеорологические станции	Армавир	0,06	0,13	0,11	-0,24	-0,05	-0,05	0,06	0,02	0,08	0,33	1,00						
	Минеральные воды	0,53	0,56	0,43	0,08	0,16	-0,08	0,17	0,03	0,37	-0,06	0,05	1,00					
	Будёновск	0,17	0,19	0,11	-0,18	-0,05	-0,06	0,10	0,27	-0,04	0,07	0,31	0,11	1,00				
	Сочи	-0,04	-0,07	-0,02	0,28	0,25	0,07	-0,19	0,00	-0,12	0,00	0,12	-0,01	-0,02	1,00			
	Красная Поляна	0,14	0,08	0,13	0,31	0,18	0,52	-0,04	-0,16	0,04	-0,20	-0,08	0,06	0,10	0,01	1,00		
	Владикавказ	0,13	0,18	0,15	0,11	0,00	0,26	0,28	0,27	0,19	0,25	-0,02	0,04	0,14	0,03	0,02	1,00	
	Гудермес	0,02	-0,04	0,02	-0,04	0,04	0,02	0,09	0,03	0,16	0,24	0,12	-0,04	0,16	-0,12	0,08	0,14	1,00

Приложение 10

Линейная схема размещения водохозяйственных объектов в бассейне р. Кубани

[https://www.kbv.ru/_files/ovos/ris2_lin_shema.pdf]



Приложение 11

Перечень гидрологических постов на реках Северного Кавказа, задействованных в исследовании

(в столбце «№» значком □ отмечены посты с информацией об отметках НЯ и ОЯ, ∇ – о датах прохождения максимальных срочных годовых уровней воды, • – о максимальных срочных годовых расходах воды)

№	Река	Пост	Код поста	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км ²	Отметка нуля поста, м БС	Период действия поста		
							открыт	закрыт	
1	балка Амта Бургуста	пгт Советский (с. Кетченеры)	84004	19	99,2	49	17.09.1957	Действует	
2	□ ∇ •	Кума	ст. Александрийская	84029	572	3630	244	13.05.1930	Действует
3	□ ∇ •	Кума	г. Зеленокумск	84034	452	9960	140,08	01.01.1963	Действует
4	□ ∇ •	Кума	г. Будённовск	84037	305	15000	80,56	10.11.1922	Действует
5	□ ∇ •	Золка	х. Михайловский	84064	15	717	192,89	04.08.1965	Действует
6	∇	Сулак	пгт Сулак	84827	3	15200	-29,47	07.03.1925	Действует
7	∇ •	Андийское Койсу	с. Чиркота	84302	8,8	4620	376,24	10.10.1927	Действует
8	∇ •	Аварское Койсу	с. Голотль	84312	64	2960	762,26	21.09.1927	Действует
9	∇ •	Казикумухское Койсу	с. Гергебиль	84321	0,3	1850	655,1	18.11.1927	Действует
10	∇ •	Самур	с. Лучек	84342	148	926	1430,87	01.03.1932	Действует

№	Река	Пост	Код поста	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км ²	Отметка нуля поста, м БС	Период действия поста		
							открыт	закрыт	
11	▽ •	Самур	с. Ахты	84343	102	2210	999,82	20.12.1914	Действует
12	▽ •	Самур	с. Усухчай	84344	84	3620	824,64	27.05.1941	Действует
13	▽	Кара-Самур	с. Лучек	84346	0,5	481	1436,06	01.03.1932	Действует
14	▽ •	Курах	с. Касумкент	84354	4	1060	443,92	01.04.1926	Действует
15	□ ▽ •	Вулан	с. Архипо-Осиповка	82010	2,4	265	-2,64	24.01.1917	Действует
16	□ ▽ •	Куапсе	с. Мамедова Щель	82023	1.00	14.60	26,44	07.07.1945	Действует
17	□ ▽	Белая	пос. Гузерибль	83340	222	547	659,35	01.07.1946	Действует
18	□ ▽ •	Белая	пос. Каменноостский	83348	180	1850	373,09	10.11.1922	Действует
19	□	Белая	х. Грозный	83350	135	2310	232	01.01.1956	Действует
20	•	Дах	ст. Даховская	83369	2,8	402	442,9	01.01.1954	Действует
21	□ ▽ •	Курджиц	ст. Нижегородская	83372	70	263	381,04	24.06.1955	Действует
22		Лучка	пос. Краснооктябрьский	83374	0,6	59	195,84	05.07.1945	Действует
23	□ ▽	Пшеха	с. Черниговское	83456	92	641	294,02	01.10.1928	Действует
24	□ ▽	Пшиш	г. Хадыженск	83385	183	710	100,86	01.03.1930	Действует

№	Река	Пост	Код поста	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км ²	Отметка нуля поста, м БС	Период действия поста		
							открыт	закрыт	
25	□ ▽	Пшиш	ст. Бжедуховская	83386	78.00	1480	40,03	25.05.1943	01.01.2020
26	□ ▽ •	Афипс	ст. Смоленская	83409	43	298	31,1	04.01.1928	Действует
27	□ ▽ •	Убин	ст. Северская	83415	17	201	38,97	13.01.1927	Действует
28	□ ▽ •	Адегой	ст. Шапсугская	83437	1,5	125	75,43	18.02.1966	Действует
29	□ ▽ •	Адагум	г. Крымск	83441	62	328	15,36	01.06.1923	Действует
30		Челбас	ст. Каневская	83110	26	4080	0,8	19.02.1967	Действует
31	□ ▽	Кубань	с. Успенское	83157	629	12800	202,09	01.01.1956	Действует
32	□ ▽ •	Кубань	г. Армавир	83161	584	16900	158,98	14.01.1913	Действует
33	□ ▽ •	Кубань	ст. Ладожская	83174	354	19800	35,11	01.01.1928	Действует
34	□ ▽ •	Уруп	ст. Удобная	83286	149	1370	548,46	10.03.1930	Действует
35	□ ▽ •	Уруп	х. Стеблицкий	83288	16	3190	198,93	22.12.1945	Действует
36	□ ▽ •	Лаба	х. Догужиев	83314	17	12000	36,95	19.02.1920	Действует

№	Река	Пост	Код поста	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км ²	Отметка нуля поста, м БС	Период действия поста		
							открыт	закрыт	
37	□ ▽ •	Малая Лаба	пос. Бурный	83318	37	1090	724,31	28.02.1926	Действует
38	□ ▽ •	Большая Лаба	ниже Азиатского моста	83323	52	1180	821,01	06.03.1930	Действует
39	□ ▽	Чамлык	ст. Вознесенская	83333	175	554	365,46	01.11.1947	Действует
40	□ ▽ •	Фарс	ст. Дондуковская	83338	79	1240	134,49	15.09.1931	Действует
41	□ ▽	Шахе	с. Солох-аул	82026	22.00	423.00	133,04	10.02.1926	Действует
42	□ ▽	Сочи	с. Пластунка	82034	15.00	238.00	91,61	18.01.1927	Действует
43	□ ▽	Сочи	г. Сочи	82039	1.00	296.00	1,67	24.09.1913	Действует
44	□ ▽	Мзымта	с. Казачий Брод	82060	14.00	839.00	68,12	01.07.1967	Действует
45	□ ▽ •	Терек	г. Владикавказ	84108	530	1490	678,64	31.07.1911	Действует
46	□ ▽ •	Терек	ст. Котляревская	84119	437	8920	212,82	01.04.1902	Действует
47	□ ▽	Терек	г. Моздок	84122	359	20600	119,9	03.11.1932	Действует
48	□ ▽ •	Терек	с. Хангиш-Юрт (с. Степное)	84801	165	35400	20,78	01.03.1924	Действует
49	▽	Терек	Каргалинский гидроузел	84803	105	37400	-2	05.10.1960	Действует

№	Река	Пост	Код поста	Расстояние от устья, км	Площадь водосбора, км ²	Отметка нуля поста, м БС	Период действия поста		
							открыт	закрыт	
50	▽	Терек	с. Аликазган	84822	21	39600	-24,73	23.06.1960	Действует
51	□ ▽ •	Цея	пгт Бурон	84157	0,3	100	1203,01	01.08.1950	Действует
52	□ ▽	Фиэгдон	с. Мичурино	84398	10	474	448,45	01.07.1960	Действует
53	□ ▽ •	Урсдон (Белая)	с. Кора-Урсдон	84179	30,5	304	575,04	16.08.1925	Действует
54	□ ▽	Урух	с. Хазнидон	84185	42	1150	647,32	01.05.1965	Действует
55	□ ▽ •	Малка	с. Каменноостское	84192	135	1540	792,72	02.02.1926	Действует
56	□ ▽ •	Малка	ст. Прохладная (г. Прохладный)	84200	24	9820	181,21	28.04.1902	Действует
57	□ ▽ •	Баксан	с. Заюково	84215	82	2100	658,31	01.02.1931	Действует
58	□ ▽ •	Чегем	с. Нижний Чегем	84233	48	739	875,76	16.03.1925	Действует
59	□ ▽ •	Нальчик	с. Белая Речка	84245	27	140	661,32	25.02.1941	Действует

Приложение 12

Результаты статистического анализа рядов максимальных срочных годовых уровней воды рек Северного Кавказа

(**жирным** шрифтом выделены значения критериев, превышающие заданный р-уровень значимости, красной заливкой выделены характеристики, для которых характерно их статистически значимое увеличение, зеленой заливкой – характеристики, для которых характерно статистически значимое уменьшение; m_1 и m_2 – значения математических ожиданий рядов максимальных срочных уровней воды периодов 1961–1990 и 1991–2017 гг. соответственно; D_1 и D_2 – значения дисперсий рядов максимальных срочных уровней воды периодов; Δm , ΔD и ΔC_v – изменение математического ожидания, дисперсии и коэффициента вариации от первого ко второму периоду)

№	Река	Пост	Площадь водосбора, км ²	m_1 , см	m_2 , см	t-значение Стьюдента	D_1 , см ²	D_2 , см ²	p-значение Фишера	Δm , %	ΔD , %	ΔC_v , %
1	балка Амга Бургуста	пгт Советский (с. Кетченеры)	99,2	151,9	169,6	-0,95	2799,2	3381,9	0,73	10,40	17,23	-1,54
2	Кума	ст. Александрийская	3630	574,2	596,5	-0,60	10241,4	17918,6	0,24	3,73	42,85	21,47
3	Кума	г. Зеленокумск	9960	377,0	297,0	2,85	8283,9	7129,7	0,73	-26,94	-16,19	15,08
4	Кума	г. Будённовск	15000	670,1	677,8	-0,22	12713,4	11540,4	0,80	1,13	-10,16	-6,16
5	Золка	х. Михайловский	717	216,3	191,4	2,64	967,9	778,6	0,61	-13,00	-24,31	1,33
6	Сулак	пгт Сулак	16600	238,6	302,9	-6,11	807,7	1235,3	0,40	21,24	34,61	-2,68
7	Андийское Койсу	с. Чиркота	4604	212,4	206,0	0,38	2576,4	2957,2	0,79	-3,06	12,88	9,44
8	Аварское Койсу	с. Голотль	2960	271,9	240,4	2,35	2355,2	1288,7	0,19	-13,10	-82,76	-19,53
9	Казикумухское Койсу	с. Гергебиль	1860	311,3	267,7	3,32	2025,8	1410,3	0,42	-16,26	-43,64	-3,08
10	Самур	с. Лучек	926	203,7	184,1	1,76	1403,5	1227,2	0,75	-10,65	-14,37	3,35
11	Самур	с. Ахты	2210	375,9	360,3	1,20	3083,8	936,1	0,01	-4,32	-229,44	-73,98

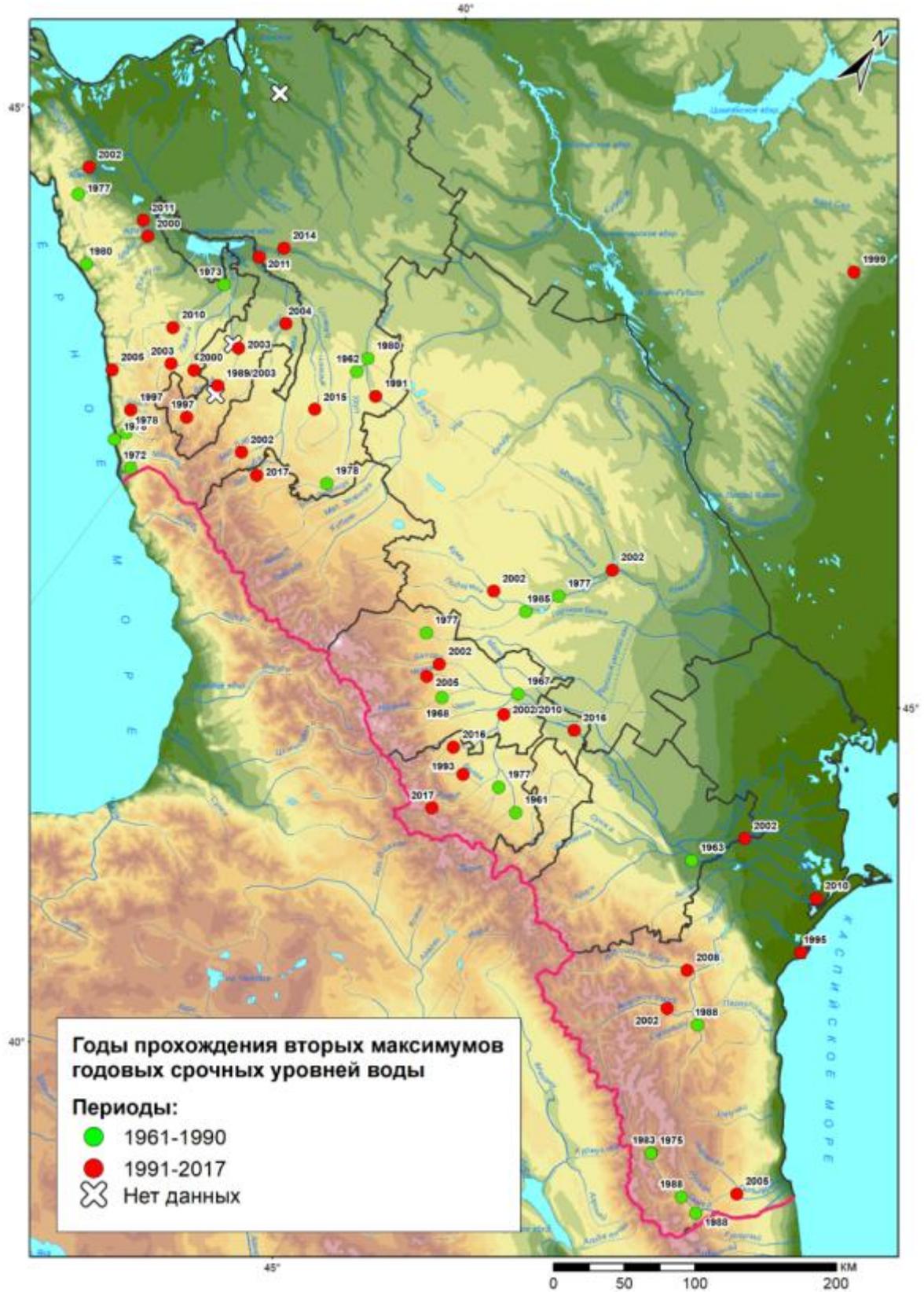
12	Самур	с. Усуччай	3620	388,6	332,1	3,74	1967,5	2848,4	0,42	-17,03	30,93	28,98
13	Кара-Самур	с. Лучек	481	289,8	218,4	5,83	2425,0	1057,3	0,06	-32,65	-129,37	-14,18
14	Курах	с. Касумкент	1060	195,0	213,4	-1,38	1674,4	1571,8	0,87	8,62	-6,53	-12,95
15	Вулан	с. Архипо-Осиповка	265	637,1	611,0	0,84	5772,7	20238,3	0,00	-4,26	71,48	48,78
16	Куапсе	с. Мамедова Щель	14.6	220,3	244,2	-2,77	506,5	1494,9	0,01	9,80	66,12	35,47
17	Белая	пос. Гузерибль	547	312,9	332,6	-1,59	1564,9	2818,2	0,13	5,94	44,47	20,78
18	Белая	пос. Каменноостский	1850	653,9	575,1	5,62	1802,7	3808,8	0,05	-13,69	52,67	39,49
19	Белая	х. Грозный	2310	388,6	458,0	-3,74	3011,7	6194,2	0,07	15,16	51,38	17,81
20	Дах	ст. Даховская	402	287,7	284,9	0,20	3086,6	1990,1	0,29	-0,98	-55,10	-23,33
21	Курджиц	ст. Нижегородская	263	328,2	313,3	1,39	1467,8	1767,6	0,63	-4,77	16,96	13,02
22	Лучка	пос. Краснооктябрьский	59	501,9	506,0	-0,28	3313,5	2248,8	0,34	0,81	-47,35	-22,38
23	Пшеха	с. Черниговское	641	293,8	260,2	2,12	2998,4	4081,1	0,42	-12,89	26,53	24,07
24	Пшиш	г. Хадыженск	710	644,2	607,4	1,32	4943,0	17496,1	0,00	-6,06	71,75	49,88
25	Пшиш	ст. Бжедуховская	1480	993,5	955,0	1,04	11045,6	19551,4	0,19	-4,04	43,51	27,75
26	Афипс	ст. Смоленская	308	1019,4	1044,2	-1,08	3906,3	9901,0	0,02	2,38	60,55	35,66
27	Убин	ст. Северская	201	744,9	736,4	0,32	10901,6	7596,7	0,37	-1,15	-43,51	-18,43
28	Адегой	ст. Шапсугская	125	247,2	302,7	-1,88	7401,5	14114,1	0,12	18,34	47,56	11,32
29	Адагум	г. Крымск	328	517,0	585,9	-2,02	7920,1	24507,8	0,00	11,76	67,68	35,58
30	Челбас	ст. Каневская	4080	263,9	290,2	-4,13	345,4	638,2	0,15	9,07	45,88	19,10
31	Кубань	с. Успенское	12800	308,2	297,4	0,62	1775,2	7183,8	0,00	-3,66	75,29	52,04

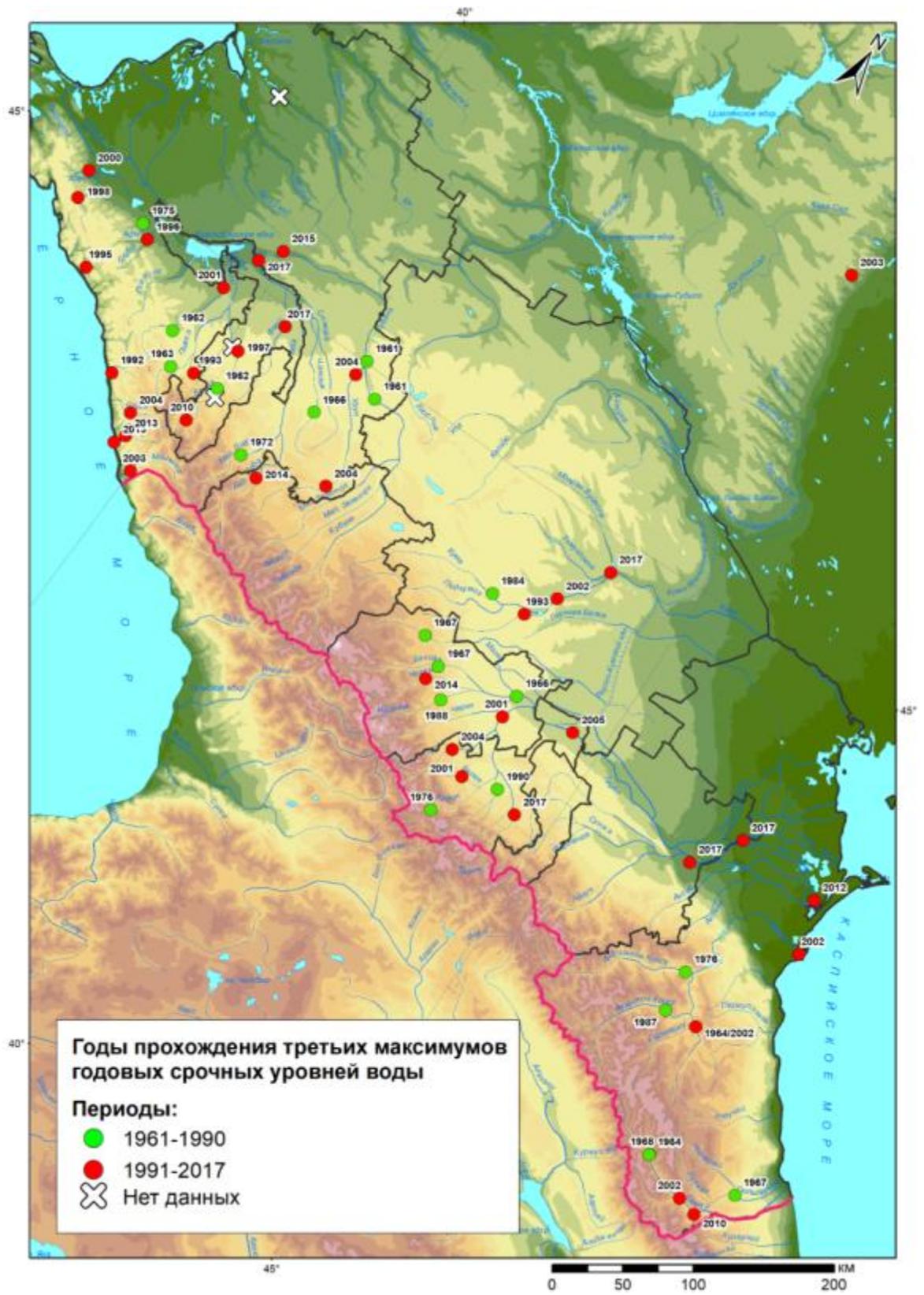
32	Кубань	г. Армавир	16900	483,8	501,5	-1,11	1642,4	5739,3	0,00	3,52	71,38	44,55
33	Кубань	ст. Ладожская	19800	653,8	718,6	-5,16	1522,1	2976,6	0,08	9,02	48,86	21,40
34	Уруп	ст. Удобная	1370	377,6	390,2	-0,62	1959,2	8897,9	0,00	3,22	77,98	51,52
35	Уруп	х. Стеблицкий	3190	325,5	326,4	-0,04	4616,4	10615,8	0,03	0,28	56,51	33,87
36	Лаба	х. Догужиев	12000	414,5	454,5	-2,96	1431,3	3848,3	0,01	8,80	62,81	33,13
37	Малая Лаба	пос. Бурный	1090	371,7	329,7	3,41	2136,3	2001,9	0,88	-12,74	-6,72	8,37
38	Большая Лаба	Ниже Азиатского моста	1180	343,3	375,7	-2,94	1174,1	2304,8	0,08	8,64	49,06	21,87
39	Чамлык	ст. Вознесенская	554	358,5	411,0	-1,63	15485,8	12595,6	0,61	12,77	-22,95	-27,11
40	Фарс	ст. Дондуковская	1240	416,1	477,8	-2,52	6769,7	10207,7	0,29	12,91	33,68	6,49
41	Шахе	с. Солох-аул	423	485,0	507,9	-2,22	900,9	1893,8	0,07	4,51	52,43	27,77
42	Сочи	с. Пластунка	238	550,9	526,6	1,64	1476,2	4729,5	0,00	-4,61	68,79	46,59
43	Сочи	г. Сочи	296	266,5	287,5	-1,43	2332,3	3267,4	0,41	7,32	28,62	8,84
44	Мзымта	с. Казачий Брод	839	354,9	315,2	3,27	1381,8	2266,1	0,24	-12,62	39,02	30,66
45	Терек	г. Владикавказ	1490	133,8	153,8	-2,53	698,9	1032,0	0,32	13,02	32,28	5,38
46	Терек	ст. Котляревская	8920	263,1	327,1	-5,47	1797,9	2101,9	0,68	19,56	14,46	-14,97
47	Терек	г. Моздок	20600	320,8	368,1	-3,68	1931,4	2701,1	0,39	12,84	28,49	2,99
48	Терек	с. Хангиш-Юрт (с. Степное)	35400	304,0	326,8	-2,79	601,8	636,5	0,86	7,00	5,44	-4,56

49	Терек	Каргалинский гидроузел	37400	326,5	357,9	-2,81	1902,9	1149,1	0,23	8,77	-65,59	-41,05
50	Терек	с. Аликазган	39600	295,2	356,8	-4,53	1178,6	2699,4	0,07	17,25	56,34	20,15
51	Цея	пгт Бурон	100	649,2	655,0	-0,55	2238,7	575,7	0,00	0,89	-288,84	-98,95
52	Фиэгдон	с. Мичурино	474	200,1	155,9	3,46	1442,0	1643,4	0,81	-28,35	12,26	27,02
53	Урсдон (Белая)	с. Кора-Урсдон	304	200,2	228,2	-1,79	822,1	6159,7	0,00	12,27	86,65	58,36
54	Урух	с. Хазнидон	1150	257,2	296,6	-3,95	878,3	1430,8	0,26	13,28	38,61	9,65
55	Малка	с. Каменноостское	1540	81,1	108,5	-2,58	1840,8	1087,6	0,20	25,31	-69,25	-74,19
56	Малка	ст. Прохладная (г. Прохладный)	9820	205,2	166,2	2,24	2422,0	5967,9	0,02	-23,47	59,42	48,40
57	Баксан	с. Заюково	2100	172,0	193,0	-1,93	1475,9	1712,3	0,70	10,86	13,81	-4,15
58	Чегем	с. Нижний Чегем	739	138,9	143,0	-0,48	1080,3	812,5	0,49	2,87	-32,97	-18,71
59	Нальчик	с. Белая Речка	140	245,7	216,8	2,08	2222,1	2943,8	0,47	-13,37	24,51	23,36

Приложение 13

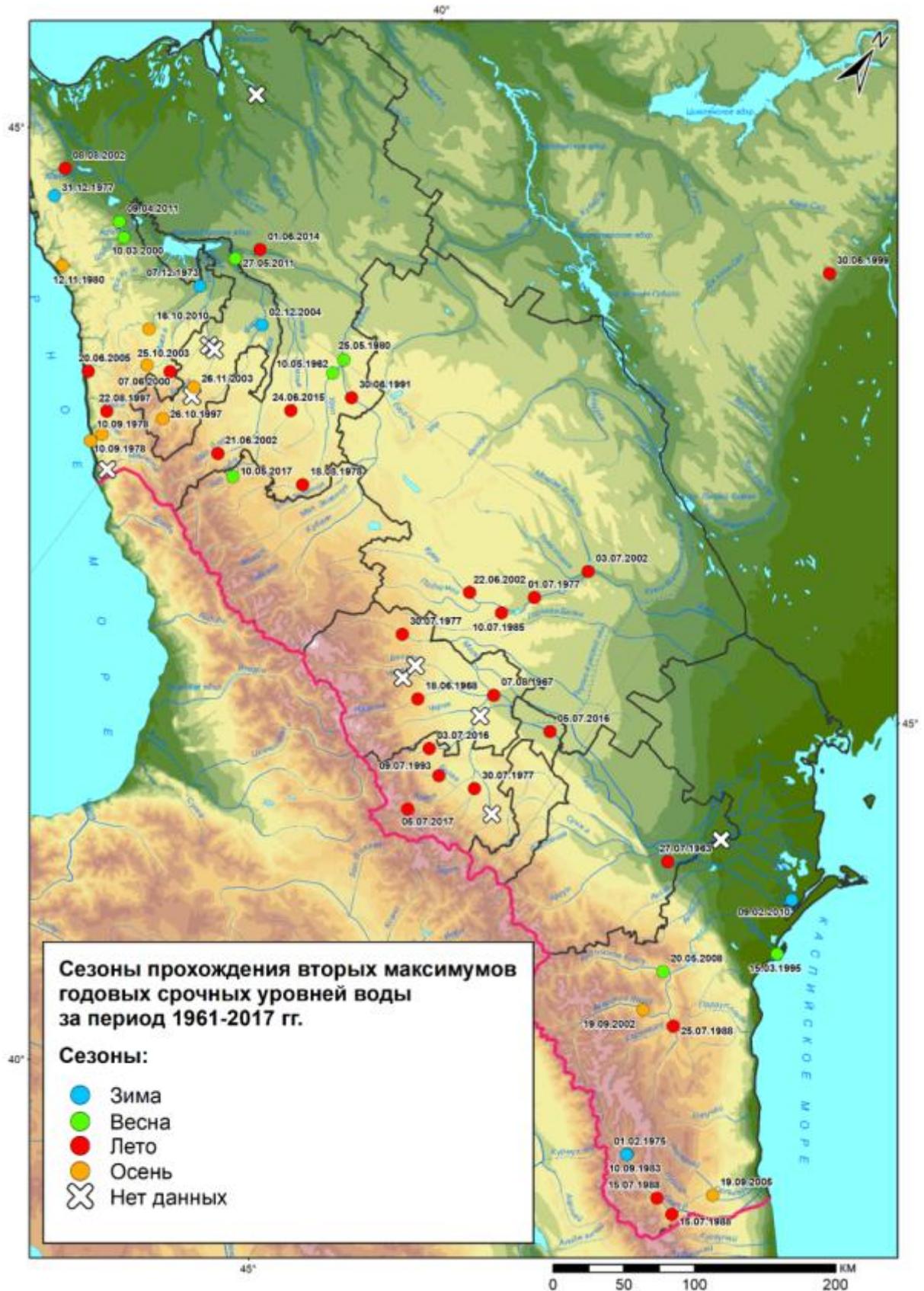
Годы прохождения вторых и третьих максимумов рядов максимальных срочных годовых уровней воды рек Северного Кавказа при сравнении 1961–1990 и 1991–2017 гг.

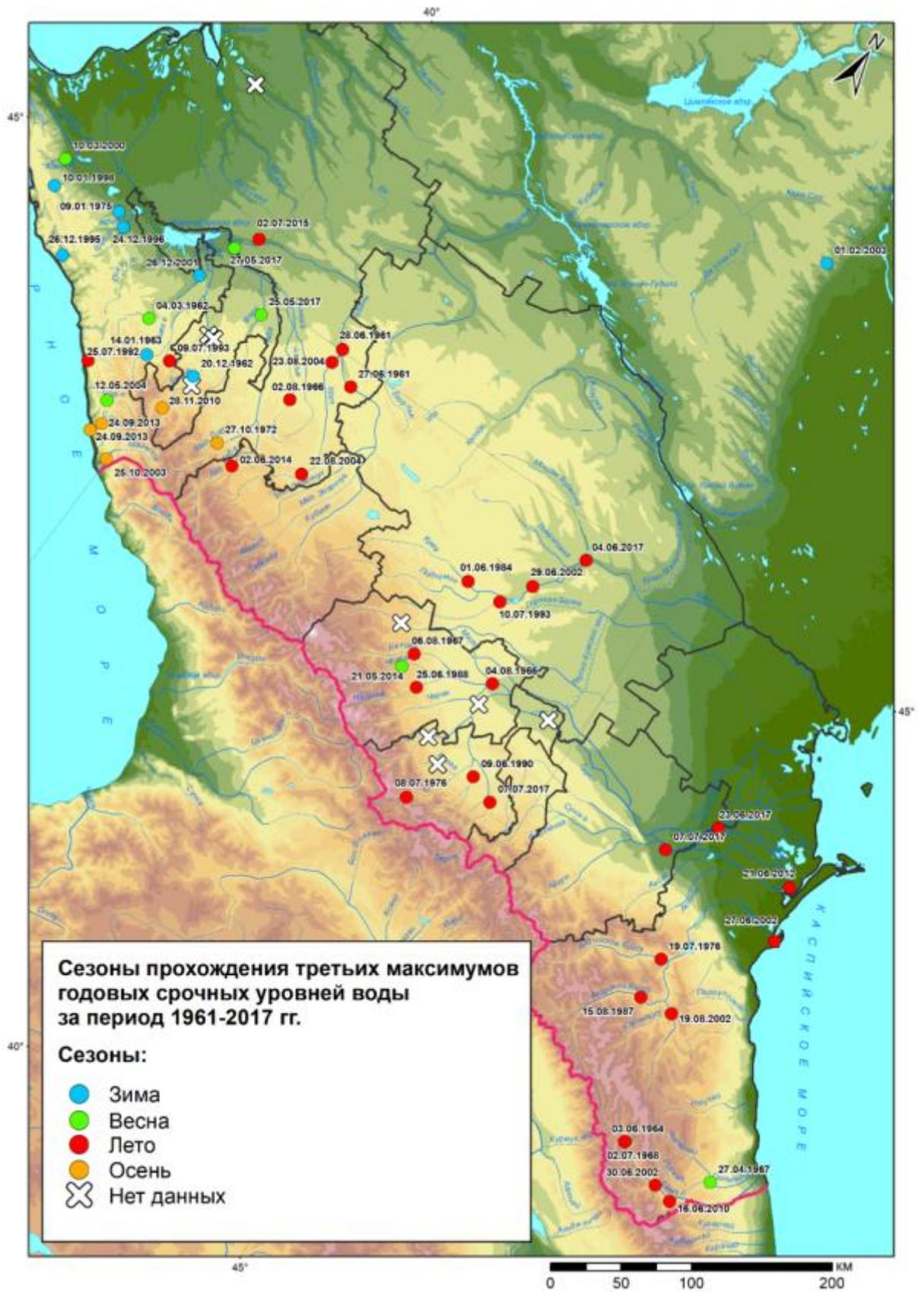




Приложение 14

Сезоны прохождения вторых и третьих максимумов рядов максимальных срочных годовых уровней воды рек Северного Кавказа при сравнении 1961–1990 и 1991–2017 гг.





Приложение 15

Сезонное распределение максимальных срочных годовых уровней воды на реках Северного Кавказа

(в числителе дроби – диапазон значений повторяемости максимальных срочных годовых уровней воды за сезон, %;

в знаменателе – средняя повторяемость максимальных срочных годовых уровней воды группы рек за сезон, %; группы рек

в рамках одной области расположены в порядке убывания повторяемости максимумов уровней воды преобладающего сезона)

Об- ласть	Ин- декс	Реки в области	Кол -во г/п	Повторяе- мость зимних дат, %	Повторяе- мость весенних дат, %	Повторяе- мость летних дат, %	Повторяе- мость осенних дат, %	Сезонное распре- деление максимумов уровней воды, %
I	Нн _{max}	бассейн Кубани (Адагум, Адегой, Афипис, Пшиш, Убин)	6	$\frac{59 - 74}{66}$	$\frac{8 - 25}{14}$	$\frac{2 - 8}{6}$	$\frac{6 - 24}{14}$	
		реки побережья Ч.м. (Вулан)	1	57	9	9	25	
	В среднем для области		7	$\frac{57 - 74}{64}$	$\frac{8 - 25}{14}$	$\frac{2 - 9}{7}$	$\frac{6 - 25}{15}$	
II _a	ah _{max}	реки побережья Ч.м. (Сочи, Шахе), бас- сейн Кубани (Белая)	4	$\frac{13 - 28}{20}$	$\frac{13 - 30}{20}$	$\frac{15 - 31}{23}$	$\frac{30 - 41}{37}$	
	hh _{max}	реки побережья Ч.м. (Куапсе), бассейн Кубани (Пшеха)	2	$\frac{28 - 38}{33}$	$\frac{16 - 21}{19}$	$\frac{16 - 26}{21}$	$\frac{25 - 30}{27}$	

Об- ласть	Ин- декс	Реки в области	Кол -во з/п	Повторяе- мость зимних дат, %	Повторяе- мость весенних дат, %	Повторяе- мость летних дат, %	Повторяе- мость осенних дат, %	Сезонное распре- деление максимумов уровней воды, %
	ph _{max}	реки Ч.м. (Мзымта)	1	26	31	20	23	
	В среднем для области		7	$\frac{13 - 38}{25}$	$\frac{13 - 31}{21}$	$\frac{15 - 31}{22}$	$\frac{23 - 41}{32}$	
II _b	eh _{max}	бассейн Кубани (Курджипс, Лаба, Малая Лаба)	3	$\frac{0 - 7}{4}$	$\frac{34 - 40}{38}$	$\frac{36 - 46}{41}$	$\frac{11 - 23}{17}$	
	ph _{max}	бассейн Кубани (Белая, Фарс)	2	16	$\frac{39 - 46}{43}$	$\frac{16 - 30}{23}$	$\frac{7 - 29}{18}$	
	В среднем для области		5	$\frac{0 - 16}{9}$	$\frac{34 - 46}{40}$	$\frac{16 - 46}{34}$	$\frac{7 - 29}{17}$	
III	Eh _{max}	бассейн Самура (Кара-Самур, Курах)	2	$\frac{0 - 11}{6}$	$\frac{15 - 28}{21}$	$\frac{64 - 74}{69}$	$\frac{0 - 8}{4}$	
		бассейн Кубани (Большая Лаба, Кубань, Уруп, Чамлык)	6	$\frac{0 - 4}{2}$	$\frac{13 - 42}{28}$	$\frac{53 - 78}{63}$	$\frac{0 - 22}{7}$	
		бассейн Терека (Нальчик, Терек, Уредон, Фиэгдон)	5	$\frac{0 - 27}{9}$	$\frac{9 - 41}{26}$	$\frac{54 - 77}{63}$	$\frac{0 - 5}{2}$	

Об- ласть	Ин- декс	Реки в области	Кол -во з/п	Повторяе- мость зимних дат, %	Повторяе- мость весенних дат, %	Повторяе- мость летних дат, %	Повторяе- мость осенних дат, %	Сезонное распре- деление максимумов уровней воды, %
		бассейн Сулака (Сулак)	1	20	11	58	11	
		бассейн Кумы (Кума, Золка)	3	$\frac{0 - 15}{7}$	$\frac{19 - 40}{33}$	$\frac{51 - 55}{53}$	$\frac{5 - 12}{7}$	
		В среднем для области	17	$\frac{0 - 27}{6}$	$\frac{9 - 42}{27}$	$\frac{51 - 78}{62}$	$\frac{0 - 22}{5}$	
IV	E	бассейн Терека (Баксан, Малка, Терек, Урух, Цея, Че- гем)	10	$\frac{0 - 8}{1}$	$\frac{0 - 18}{6}$	$\frac{81 - 100}{92}$	$\frac{0 - 5}{1}$	
		бассейн Сулака (Аварское Койсу, Андийское Койсу, Казикумухское Койсу)	3	0	$\frac{5 - 19}{12}$	$\frac{81 - 95}{86}$	$\frac{0 - 5}{2}$	
		бассейн Самура (Самур)	3	0	$\frac{9 - 13}{12}$	$\frac{83 - 87}{84}$	4	
		В среднем для области	16	$\frac{0 - 8}{1}$	$\frac{0 - 19}{8}$	$\frac{81 - 100}{89}$	$\frac{0 - 5}{2}$	

Приложение 16

Сопоставление картографических обобщений, посвященных опасности наводнений на реках Северного Кавказа

[Мироненко, Рец, Фролова, 2018]

№	Название картографического изображения	Единица районирования	Картографируемая характеристика	Градации (жирным отмечены встречающиеся в исследуемой области градации)	Показатели, используемые при расчете картографируемых характеристик
1	2	3	4	5	6
1	Индекс природной опасности наводнений [Hydrological hazards ... , 2017]	субъект РФ	Индекс природной опасности наводнений Kh	<0,25, 0,25–0,35, 0,35–0,45, 0,45–0,55, 0,55–0,65, >0,65	При расчете индекса опасности наводнений учитываются: максимальная глубина затопления, вероятность наступления уровней начала наводнения, средняя продолжительность наводнения, доля потенциальной площади затопления в общей площади территории, русловой фактор
2	Опасность наводнений и паводков [Атлас природных ... , 2008]	без привязки к АД	Опасность наводнений и масштаб ЧС	Малоопасный: локальный масштаб ЧС, максимальный уровень подъема воды $H_{max} < 0,8$ м, площадь затопления поймы $F < 40\%$, повторяемость превышения максимального уровня воды $f = 1$ раз в 2–10 лет. Умеренно опасный: муниципальный/межмуниципальный масштаб ЧС, $H_{max} = 0,8–1,5$ м, $F = 40–60\%$, $f = 1$ раз в 10–20 лет. Опасный: региональный масштаб ЧС, $H_{max} = 1,5–2,0$ м, $F = 60–75\%$, $f = 1$ раз в 20–50 лет. Очень опасный: межрегиональный масштаб ЧС, $H_{max} = 2,0–3,2$ м, $F = 75–90\%$, $f = 1$ раз в 50–100 лет. Чрезвычайно опасный: федеральный масштаб ЧС, $H_{max} > 3,2$ м, $F > 90\%$, $f = 1$ раз в 100–1000 лет	Максимальный уровень подъема воды (м) над уровнем начала затопления прибрежных территорий, площадь затопления поймы реки (%), повторяемость превышения максимального уровня воды 1 раз в n лет
3	Карта типологического районирования территории РФ по степени опасности наводнений [Гладкевич, Терский, Фролова, 2012]	субъект РФ	Классы опасности наводнений	Низкая опасность $K_{инт} < 0,2$; незначительная опасность 0,2–0,25; средняя опасность 0,26–0,3; высокая опасность 0,31–0,35; очень высокая опасность 0,36–0,4; чрезвычайно высокая опасность	Комплекс природных и социально-экономических факторов (см. подробнее пункты 1 и 8 настоящей таблицы)

№	Название картографического изображения	Единица районирования	Картографируемая характеристика	Градации (жирным отмечены встречающиеся в исследуемой области градации)	Показатели, используемые при расчете картографируемых характеристик
				>0,4	
4	Интегральная схема опасности прохождения паводков в г. Крымск в условиях естественного русла [Шевердяев, 2017]	произвольно	Опасность затопления	Малая опасность, средняя опасность, сильная опасность	Уровень затопления, максимальная скорость течения и кинетическая энергия в условиях естественного русла
5	Интегральная схема опасности прохождения паводков в г. Крымск в условиях трансформированного русла [Шевердяев, 2017]	произвольно	Опасность затопления	Малая опасность, средняя опасность, сильная опасность	Уровень затопления, максимальная скорость течения и кинетическая энергия в условиях измененного русла
6	Уязвимость субъектов РФ к природным источникам ЧС [Атлас природных ... , 2008]	субъект РФ	Индекс уязвимости	Ниже среднего по РФ; на уровне среднего по РФ; выше среднего по РФ	Уязвимость субъектов РФ к природным источникам ЧС определялась как отношение общего числа реализовавшихся источников природных ЧС к количеству вызванных ими ЧС
7	Картосхема индекса уязвимости территории прибрежных зон Азово-Черноморского побережья Краснодарского края [Земцов, Крыленко, Юмина, 2012]	муниципальный район	Индекс уязвимости	0,4–0,45; 0,45–0,5; 0,5–0,55; 0,55–0,6; 0,6–0,75	<i>I</i> уязвимости складывается в равных долях из индексов восприимчивости (<i>I в</i>), недостаточности ликвидационных способностей (<i>I нлс</i>), недостаточности адаптивных способностей (<i>I нас</i>) <i>I в</i> = <i>f</i> (длина водопровода, длина канализации, доля людей, проживающих в ветхом и аварийном жилье, доля населения, живущего на доходы ниже прожиточного минимума, получающих соц. поддержку на оплату ЖКХ, обслуживаемого отделениями социального обслуживания на дому, количество отгруженных товаров собственного производства). <i>I нлс</i> = <i>f</i> (уровень безработицы, доля собственных доходов бюджета, количество больничных коек / 10 000 чел., количество врачей / 10 000 чел., доля участников добровольных формирований населения по охране общественного порядка, средняя месячная заработная плата / чел.) <i>I нас</i> = <i>f</i> (доля образованных граждан среди работающих, доля наблюдаемой площади затопления к максимальной, диверсификация занятости по отраслям (Индекс Херфиндаль-Хиршмана), частные инвестиции / чел.)

№	Название картографического изображения	Единица районирования	Картографируемая характеристика	Градации (жирным отмечены встречающиеся в исследуемой области градации)	Показатели, используемые при расчете картографируемых характеристик
8	Карта социально-экономической уязвимости территории при наводнениях [Гладкевич, Терский, Фролова, 2012]	субъект РФ	Индекс уязвимости социально-экономической сферы $K2$	<0,25; 0,25–0,35; 0,35–0,45; 0,45–0,55; >0,55	$K2 = f$ (плотность населения в регионах, доля населения, проживающая в зоне потенциального затопления при наводнениях, стоимость основных производственных и непроизводственных фондов, антропогенная обусловленность риска стихийных бедствий)
9	Картосхема индекса подверженности территории прибрежных зон Азово-Черноморского побережья Краснодарского края [Земцов, Крыленко, Юмина, 2012]	муниципальный район	Индекс подверженности	0,05–0,1; 0,1–0,15; 0,15–0,3; 0,3–0,45; 0,45–0,75	Индекс подверженности равен доле населения, проживающего на затопляемых территориях
10	Районирование территории Южного Федерального округа по риску ЧС [Шагин, 2010]	субъект РФ	Риск ЧС по среднегодовому количеству ЧС на 1 тыс. жителей	Очень слабый (до 0,06), слабый (0,07–0,08), средний (0,09–0,12), высокий (более 0,12)	Среднегодовое количество ЧС на 1 тыс. чел.
11	Районирование территории Южного Федерального округа по риску ЧС [Шагин, 2010]	субъект РФ	Риск ЧС по среднегодовому количеству ЧС на 1 тыс. км ²	Очень слабый (до 0,20), слабый (0,21–0,40), средний (0,41–0,50), высокий (более 0,50)	Среднегодовое количество ЧС на 1 тыс. км ²
12	Районирование территории Южного Федерального округа по риску природных ЧС [Шагин, 2010]	субъект РФ	Риск ЧС по среднегодовому количеству природных ЧС на 1 тыс. жителей	Очень слабый (до 0,02), слабый (0,021–0,030), средний (0,031–0,050), высокий (более 0,050)	Среднегодовое количество природных ЧС на 1 тыс. чел.
13	Районирование территории Южного Федерального округа по риску природных ЧС [Шагин, 2010]	субъект РФ	Риск ЧС по среднегодовому количеству природных ЧС на 1 тыс. км ²	Очень слабый (до 0,20), слабый (0,21–0,40), средний (0,41–0,50), высокий (более 0,50)	Среднегодовое количество природных ЧС на 1 тыс. км ²

№	Название картографического изображения	Единица районирования	Картографируемая характеристика	Градации (жирным отмечены встречающиеся в исследуемой области градации)	Показатели, используемые при расчете картографируемых характеристик
14	Районирование территории по индивидуальному риску ЧС [Шагин, 2010]	субъект РФ	Риск ЧС по среднегодовому количеству погибших на 1 тыс. жителей	Очень слабый (до 0,01), слабый (0,011–0,020), средний (0,021–0,050), высокий (более 0,050)	Среднегодовое количество погибших на 1 тыс. чел.
15	Районирование территории по индивидуальному риску ЧС [Шагин, 2010]	субъект РФ	Риск ЧС по среднегодовому количеству погибших на 1 тыс. км ²	Очень слабый (до 0,20), слабый (0,21–0,50), средний (0,51–1,00), высокий (более 1,00)	Среднегодовое количество погибших на 1 тыс. км ²
16	Среднемноголетняя повторяемость наводнений на реках с затоплением прибрежных территорий [Атлас природныя ... , 2008]	без привязки к АТД	Повторяемость наводнений	0,2–0,3 (один раз в 3–5 лет), 0,3–0,4 (один раз в 2,5–3 года), более 0,4 (один раз в 2,5 года и чаще)	Число наводнений за год
17	Районирование Краснодарского и Ставропольского краев, республик Адыгея и Карачаево-Черкесской по числу наводнений различного генезиса за период с 1980 по 2013 гг. [Магрицкий, Самохин, Юмина, 2013]	муниципальный район	Число наводнений стокового, стоково-заторного и локально ливневого генезиса за период с 1980 по 2013 гг.	0–1, не менее 1, 2–3, 4–5, 6–7, 8–9, 10–15, >16	Количество наводнений
18	Карта ежегодной повторяемости связанных с водным режимом чрезвычайных ситуаций на территории РФ [Национальный атлас ... , 2007]	субъект РФ	Повторяемость ЧС в год	1–5, 6–10, 11–15, 16–20, 21–25, 26–30, 31–35	Число ЧС, связанных с водным режимом, в год

Приложение 17

**Порядок расчета, размеры и способы определения размера составляющих оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций
в соответствии с Методикой МЧС [Об утверждении Методики ... , 2020]**

Составляющие оценки ущерба	Расчет составляющих оценки ущерба	Наименование составляющей ущерба	Размер / порядок расчета составляющей ущерба	Способ определения размера ущерба
1. Оценка размера вреда жизни и здоровью людей, имуществу физических лиц в части имущества первой необходимости, а также недвижимого имущества	1.1. Оценка размера вреда жизни и здоровью людей, имуществу физических лиц в части имущества первой необходимости осуществляется путем расчета затрат на оказание помощи гражданам, члены семей которых погибли в результате чрезвычайной ситуации, а также пострадавшим гражданам	1.1.1. Выплата единовременного пособия членам семей граждан, погибших (умерших) в результате чрезвычайной ситуации, включая пособия на погребение	- 1 млн руб. на каждого погибшего (умершего) в равных долях каждому члену семьи - стоимость услуг, предоставляемых согласно гарантированному перечню услуг по погребению, установленному законодательством РФ	Ущерб рассчитывается умножением количества граждан, нуждающихся в оказании помощи соответствующего вида, на размер этой помощи
		1.1.2. Выплата единовременного пособия гражданам, получившим в результате чрезвычайной ситуации тяжкий или средней тяжести вред здоровью	400 тыс. руб. на человека	
		1.1.3. Выплата единовременного пособия гражданам, получившим в результате чрезвычайной ситуации легкий вред здоровью	200 тыс. руб. на человека	
		1.1.4. Оказание финансовой помощи гражданам, постоянно проживающим в жилых помещениях, попавших в зону чрезвычайной ситуации, и зарегистрированным в них по месту жительства, в связи с частичной утратой имущества первой необходимости	50 тыс. руб. на человека	
		1.1.5. Оказание финансовой помощи гражданам, постоянно проживающим в жилых помещениях, попавших в зону чрезвычайной ситуации, и зарегистрированным в них по месту жительства, в связи с полной утратой имущества первой необходимости	100 тыс. руб. на человека	
	1.2. Оценка размера вреда	1.2.1. Реализация мер социальной	Определяется расчетным путем	Ущерб рассчитывается умноже-

	<p>имуществу физических лиц в части недвижимого имущества осуществляется путем расчета расходов на реализацию мер социальной поддержки граждан, жилые помещения которых утрачены и (или) повреждены в результате чрезвычайной ситуации.</p>	<p>поддержки граждан, жилые помещения которых утрачены</p>		<p>нием количества утраченных жилых помещений и их суммарных общих площадей на показатель средней рыночной стоимости 1 кв. метра общей площади жилого помещения в субъекте РФ, определенных Минстроем России в соответствии с [О Министерстве строительства ... , 2013]</p>
<p>2. Оценка размера вреда имуществу государственных учреждений, созданных РФ или субъектом РФ, муниципальных учреждений, созданных муниципальным образованием, государственному или муниципальному имуществу</p>	<p>2.1. Оценка размера вреда имуществу государственных учреждений, созданных РФ или субъектом РФ, муниципальных учреждений, созданных муниципальным образованием, государственному или муниципальному имуществу осуществляется путем расчета расходов на проведение неотложных аварийно-восстановительных работ на объектах жилищного фонда и социально значимых объектах образования, здравоохранения и социальной поддержки населения, находящихся в государственной и муниципальной собственности</p>	<p>Проведение неотложных аварийно-восстановительных работ на находящихся в государственной и муниципальной собственности объектах: – жилищного фонда – образования – здравоохранения – социальной поддержки населения</p>	<p>Определяется на основе оценки и сметных расчетов.</p> <p>При определении расходов на проведение неотложных аварийно-восстановительных работ исполнительные органы государственной власти субъекта Российской Федерации совместно с органами местного самоуправления осуществляют их оценку в соответствии с актами обследования поврежденных объектов и сметными расчетами на проведение работ</p>	<p>Ущерб рассчитывается умножением количества поврежденных жилых помещений и их суммарных общих площадей на показатель стоимости капитального ремонта 1 кв. метра общей площади поврежденного жилого помещения, определенного [Об утверждении Правил ... , 2019а]</p>
	<p>2.2. Оценка размера вреда</p>	<p>Ущерб по отраслям:</p>	<p>Определяется на основе оценки.</p>	<p>Ущерб рассчитывается прямым</p>

	<p>имуществу государственных учреждений, созданных РФ или субъектом РФ, муниципальных учреждений, созданных муниципальным образованием, государственному или муниципальному имуществу в размере ущерба энергетике, жилищно-коммунальному хозяйству, транспортной инфраструктуре и сельскому хозяйству</p>	<ul style="list-style-type: none"> – энергетика – жилищно-коммунальное хозяйство – транспортная инфраструктура – сельское хозяйство 	<p>Расчет ущерба осуществляется исполнительными органами государственной власти субъекта РФ, на территории которого произошла чрезвычайная ситуация, в соответствии с их сферой ведения. При оценке затрат на восстановление утраченных или поврежденных объектов учитываются только объекты, находящиеся в государственной и муниципальной собственности.</p>	<p>подсчетом суммы прямого действительного ущерба энергетике, жилищно-коммунальному хозяйству, транспортной инфраструктуре и сельскому хозяйству</p>
<p>3. Оценка размера вреда окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений</p>	<p>Расчет составляющих вреда окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений (при наличии такой возможности) осуществляется соответствующими исполнительными органами государственной власти субъекта РФ на основании методических и иных документов Правительства РФ, Минприроды России и Росрыболовства</p>	<p>3.1. Ущерб, нанесенный поверхностным и подземным водам 3.2. Ущерб, нанесенный животным и растениям, за исключением сельскохозяйственных 3.3. Ущерб, причиненный лесам и находящимся в них природным объектам (по оперативным данным) 3.4. Ущерб, нанесенный атмосферному воздуху, поверхностному слою почвы, недрам, а также ущерб, нанесенный объектам растительного и животного мира, занесенным в Красную книгу РФ, красные книги субъектов РФ, водным биологическим ресурсам, а также иным объектам животного мира, не относящимся к объектам охоты и рыболовства и среде их обитания</p>	<p>Определяется на основании методических и иных документов Правительства РФ, Минприроды России и Росрыболовства</p>	<p>Определяется на основании методических и иных документов Правительства РФ, Минприроды России и Росрыболовства</p>

Приложение 18

Справка об оценке ущерба от чрезвычайной ситуации

[Об утверждении Методики ... , 2020]

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель высшего
исполнительного органа
государственной власти
субъекта Российской Федерации

(подпись, фамилия, инициалы)

«__» _____ 20__ г.

М.П.

СПРАВКА об оценке ущерба от чрезвычайной ситуации

(наименование чрезвычайной ситуации)

№ п/п	Наименование составляющей ущерба	Оценка разме- ра ущерба, тыс. рублей	Примечание
1.	Оценка размера вреда жизни и здоровью людей, имуществу физических лиц в части имущества первой необходимости:		
	1.1. Выплата единовременного пособия членам семей граждан, погибших (умерших) в результате чрезвычайной ситуации, включая пособия на погребение		
	1.2. Выплата единовременного пособия гражданам, получившим в результате чрезвычайной ситуации тяжкий или средней тяжести вред здоровью		
	1.3. Выплата единовременного пособия гражданам, получившим в результате чрезвычайной ситуации легкий вред здоровью		
	1.4. Оказание финансовой помощи в связи с частичной утратой имущества первой необходимости		
	1.5. Оказание финансовой помощи в связи с полной утратой имущества первой необходимости		
2.	Оценка размера вреда имуществу физических лиц в части недвижимого имущества:		
	2.1. Реализация мер социальной поддержки граждан, жилые помещения которых утрачены		
	2.2. Реализация мер социальной поддержки граждан, жилые помещения которых повреждены		
3.	Оценка размера вреда имуществу государственных учреждений, созданных Российской Федерацией или субъектом Российской Федерации, муниципальных учреждений, созданных муниципальным образованием, государственному или муниципальному имуществу:		
	Проведение неотложных аварийно-восстановительных работ на находящихся в государственной и муниципальной собственности объектах:		
	3.1. Жилищного фонда		
	3.2. Образования		
	3.3. Здравоохранения		
	3.4. Социальной поддержки населения		
	Ущерб по отраслям:		
	3.5. Энергетика		
	3.6. Жилищно-коммунальное хозяйство		

	3.7. Транспортная инфраструктура		
	3.8. Сельское хозяйство		
4.	Оценка размера вреда окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений, в том числе:		
	4.1. Ущерб, нанесенный поверхностным и подземным водам		
	4.2. Ущерб, нанесенный животным и растениям, за исключением сельскохозяйственных		
	4.3. Ущерб, причиненный лесам и находящимся в них природным объектам (по оперативным данным)		
	4.4. Ущерб, нанесенный атмосферному воздуху, поверхностному слою почвы, недрам, а также ущерб, нанесенный объектам растительного и животного мира, занесенным в Красную книгу Российской Федерации, красные книги субъектов Российской Федерации, водным биологическим ресурсам, а также иным объектам животного мира, не относящимся к объектам охоты и рыболовства и среде их обитания		
	ИТОГО		

Частные владения	Количество, ед.	Количество подъездов, шт.	Количество этажей, шт.	Количество квартир на этаже, шт.	Количество квартир в категории, шт.	Норма общей площади для расчета компенсации, исходя из среднего размера домохозяйства, м ²	Общая площадь жилых помещений, учитываемая для выплаты компенсации, м ²	Средний размер домохозяйства (семьи), чел.	Число жителей, всего, чел.	Численность населения, оказавшегося в зоне затопления, имеющего право на компенсацию, чел.
частично в зоне затопления	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X
полностью в зоне затопления	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Частные дома (house)										
всего, в том числе	112	1	1	1	112	49,2	5510,4	2,6	291	X
частично в зоне затопления	0	1	1	1	0	49,2	0,0	2,6	0	0
полностью в зоне затопления	5	1	1	1	5	49,2	246,0	2,6	13	13
Многоэтажные дома (residential)										
всего, в том числе	14	1	5	4	280	49,2	13 776,0	2,6	728	X
частично в зоне затопления	3	1	5	4	60	49,2	590,4	2,6	31	31
полностью в зоне затопления	3	1	5	4	60	49,2	590,4	2,6	31	31
Место розничной торговли (retail)										
всего, в том числе	2	X	X	X	X	X	X	X	X	X
частично в зоне затопления	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X
полностью в зоне затопления	2	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Нет данных о типе здания (no data) (принято за частный дом)										
всего, в том числе	265	1	1	1	265	49,2	13 038,0	2,6	689	X

Частные владения	Количество, ед.	Количество подъездов, шт.	Количество этажей, шт.	Количество квартир на этаже, шт.	Количество квартир в категории, шт.	Норма общей площади для расчета компенсации, исходя из среднего размера домохозяйства, м²	Общая площадь жилых помещений, учитываемая для выплаты компенсации, м²	Средний размер домохозяйства (семьи), чел.	Число жителей, всего, чел.	Численность населения, оказавшегося в зоне затопления, имеющего право на компенсацию, чел.
частично в зоне затопления	3	1	1	1	3	49,2	147,6	2,6	8	8
полностью в зоне затопления	86	1	1	1	86	49,2	4231,2	2,6	224	224

Приложение 20

Оценка размера вреда государственному муниципальному имуществу в части группы объектов «Административные здания»

в расчете на одно опасное гидрологическое явление – наводнение – для микрорайона

Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края

Административные здания	Количество, ед.	Средняя общая площадь 1 помещения, м ²	Общая площадь помещений, м ²	Единица измерения для норматива	Укрупненный норматив цены строительства, руб.	Коэффициент перехода от цен базового района (Московская область) к уровню цен субъектов РФ	Коэффициент, учитывающий изменение стоимости строительства на территориях субъектов РФ, связанное с региональными климатическими условиями	Стоимость восстановления, руб.	Стоимость капитального ремонта 1 м ² общей площади поврежденного жилого помещения, руб.	Стоимость капитального ремонта, руб.	Стоимость восстановления и капитального ремонта, руб.
всего	6	450	2700	1 м ² общей площади	60 700	0,86	0,98	X	X	X	X
частично в зоне затопления	1	450	450		60 700	0,86	0,98	X	6 000	2 700 000	2 700 000
полностью в зоне затопления	2	450	900		60 700	0,86	0,98	23 021 082	6 000	2 700 000	25 721 082

Приложение 21

Оценка размера вреда государственному муниципальному имуществу в части группы объектов «Жилые здания» в расчете на одно опасное гидрологическое явление – наводнение – для микрорайона Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края

Жилые здания	Количество, ед.	Количество подъездов, шт.	Количество этажей, шт.	Количество квартир на этаже, шт.	Количество квартир в категории, шт.	Средняя площадь 1 квартиры, м ²	Общая площадь жилых помещений, м ²	Единица измерения для норматива	Укрупненный норматив цены строительства, руб.	Коэффициент перехода от цен базового района (Московская область) к уровню цен субъектов РФ	Коэффициент, учитывающий изменение стоимости строительства на территориях субъектов РФ, связанное с регионально-климатическими условиями	Стоимость восстановления, руб.	Стоимость капитального ремонта 1 м ² общей площади поврежденного жилого помещения, руб.	Стоимость капитального ремонта, руб.	Стоимость восстановления и капитального ремонта, руб.
всего	4	2	2	4	64	49,2	3149	1 м ² общей площади квартир	38 370	0,79	0,98	X	X	X	X
частично в зоне затопления	1	2	2	4	16	49,2	787		38 370	0,79	0,98	X	6000	2 361 600	2 361 600
полностью в зоне затопления	2	2	2	4	32	49,2	1574		38 370	0,79	0,98	X	6000	4 723 200	4 723 200

Приложение 22

Оценка размера вреда государственному муниципальному имуществу в части группы объектов «Объекты народного образования»
(детский сад) в расчете на одно опасное гидрологическое явление – наводнение – для микрорайона

Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края

Объекты народного образования (детский сад)	Количество, ед.	Средняя общая площадь 1 помещения, м ²	Общая площадь помещений, м ²	Количество мест	Единица измерения для норматива	Укрупненный норматив цены строительства, руб.	Коэффициент перехода от цен базового района (Московская область) к уровню цен субъектов РФ	Коэффициент, учитывающий изменение стоимости строительства на территориях субъектов РФ, связанное с регионально-климатическими условиями	Стоимость восстановления, руб.	Стоимость капитального ремонта 1 м ² общей площади поврежденного жилого помещения, руб.	Стоимость капитального ремонта, руб.	Стоимость восстановления и капитального ремонта, руб.
всего	1	450	450	150	1 место	787 010	0,87	0,98	X	X	X	X
частично в зоне затопления	0	450	0	150	1 место	787 010	0,87	0,98	X	6000	0	0
полностью в зоне затопления	1	450	450	150	1 место	787 010	0,87	0,98	100 650 709	6000	1 350 000	102 000 709

Приложение 23

**Оценка ущерба энергетике (ЛЭП) от наводнения в микрорайоне Совхоз Приморский
города-курорта Сочи Краснодарского края**

Таблица 23.1 – Оценка ущерба энергетике (ЛЭП) от наводнения в микрорайоне Совхоз
Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края

ЛЭП	Количество, км	Количество КТП 0,4; ВЛ 6-10 кВ, ед.	Строительство ВЛ 6-10 кВ L=1 км проводом марки АС-70 (при 22 железобетонных опорах)	Строительство КТП 0,4; 6-10 кВ киоскового (проходного) типа с одним трансформатором ТМ	Стоимость восстановления, руб.
всего	0	0	1 471 600	1 500 000	0
в зоне затопления	0	0	1 471 600	1 500 000	0

Таблица 23.2 – Оценка ущерба энергетике (опоры ЛЭП) от наводнения в микрорайоне Совхоз
Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края

Опоры ЛЭП	Количество опор 110 кВ, ед.	Количество опор ВЛ 6-10 кВ, ед.	Установка железобетонной опоры 110 кВ с учетом материалов (1 опора)	Установка железобетонной опоры ВЛ 6-10 кВ с траверсами без приставок с двумя подкосами для подвески изолированного провода, руб.	Стоимость восстановления опор 110 кВ, руб.	Стоимость восстановления опор 6-10 кВ, руб.	Общая стоимость восстановления опор ЛЭП, руб.
всего	0	0	350 160	68 210	0	0	0
в зоне затопления	0	0	350 160	68 210	0	0	0

Таблица 23.3 – Оценка ущерба энергетике (уличное освещение) от наводнения в микрорайоне
Совхоз Приморский города-курорта Сочи Краснодарского края

Уличное освещение	Количество, км	Количество светильников, ед.	Количество опор ВЛ 0,38 кВ, ед.	Монтаж провода ВЛИ напряжением 0,38 кВ (8 переходов), 1 км, руб.	Монтаж и подключение 1 светильника уличного освещения к ВЛ 0,38 кВ, руб.	Установка железобетонной опоры ВЛ 0,38 кВ одностоячной (стойка СВ-95) (с материалом)	Стоимость восстановления уличного освещения, руб.
всего	0	0	0	104 990	6450	20 360	0
в зоне затопления	0	0	0	104 990	6450	20 360	0