УДК 551.482; 556.02

ГЕОГРАФО-ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА НАВОДНЕНИЙ В РОССИЙСКОМ ПРИЧЕРНОМОРЬЕ¹

© 2016 г. И.А. Вишневская*, Л.В. Десинов*, С.В. Долгов*, Н.И. Коронкевич*,
С.И. Шапоренко*, М.Б. Киреева**, Н.Л. Фролова**, Е.П. Рец***, С.Н. Голубчиков****

*Институт географии РАН, Москва, Россия

**Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет, Россия

***Институт водных проблем РАН, Москва, Россия

****Отдел экологии журнала Президиума РАН “Энергия: экономика, техника, экология”, Москва, Россия

e-mail: hydro-igras@yandex.ru, hydro.msu@gmail.com, retska@mail.ru, s_golubchikov@mail.ru

Поступила в редакцию 05.12.2014 г.

На основе географо-гидрологического метода с использованием ГИС-технологий и статистических методов выполнен региональный пространственно-временной анализ процессов формирования максимального стока. Дана характеристика природных и антропогенных предпосылок формирования наводнений. Сделан вывод о ведущей роли природных факторов в образовании наводнений, прежде всего экстремально высоких осадков, участвовавших в последние десятилетия. Выявлены особенности пространственно-временной изменчивости максимальных уровней воды. Моделирование зон затоплений выполнено с помощью геоинформационной системы и цифровой модели рельефа. Расчетные уровни воды устанавливались по многолетним рядам наблюдений, а при их отсутствии – по меткам высоких вод. В ряде населенных пунктов осуществлена реконструкция экстремальных наводнений, предложены рекомендации по снижению возможного ущерба при их прохождении в будущем.

Ключевые слова: максимальный сток, экстремальное количество осадков, моделирование зон затоплений, многолетние ряды наблюдений, рекомендации по снижению ущерба наводнений.

Введение. Среди участвовавших и усилившихся в последние десятилетия опасных гидрометеорологических явлений наводнения на Северном Кавказе занимают особое место из-за человеческих жертв и огромного экономического ущерба. Однако многих тяжелых последствий наводнений можно было бы избежать, если бы более глубоким было знание закономерностей формирования экстремальных паводков. Учет такой генетической основы создает дополнительные возможности для совершенствования системы мониторинга и создания достаточно эффективной противопаводковой защиты.

Для региональной оценки опасности затопления населённых пунктов, дорог, мостов, сельскохозяйственных угодий и других объектов хозяйственной деятельности, разработки мер по снижению ущерба необходимы достаточно детальные знания о генезисе, особенностях про-

странственно-временной изменчивости стокоформирующих факторов и о возможной величине экстремально высокого речного стока. Данная работа посвящена рассмотрению этих вопросов, весьма актуальных для российского Причерноморья.

Хронология наводнений на реках Причерноморья. На реках Черноморского побережья наводнения – достаточно частое явление. Практически все приустьевые участки находятся в зоне очень высоких природных рисков. Паводки характеризуются здесь интенсивным подъемом уровней и высокой скоростью (до 5 м/с и более) перемещения воды. Водные потоки транспортируют в большом количестве наносы, деревья, мусор. Нередко они обладают огромной разрушительной силой, которая может усиливаться при их трансформации в сели. Затопление продолжается чаще всего несколько часов, после него вода начинает стекать с поймы в русло и в море, оставляя следы разрушений, отложения наносов, мусор, заломы и т. п.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РГО (пр. 25/2013-НЗ), ОНЗ (пр. № 10).

Наводнениями на р. Кубань и притоках (Афипс, Убинка, Абин, Адагум, Псекупс и др.) наносится значительный ущерб экономике Краснодарского края и Республики Адыгея [1, 5, 8, 13, 14, 16, 17 и др.]. Так, последние катастрофические наводнения, имевшие место в 2002 и 2012 гг., принесли огромные разрушения и многочисленные человеческие жертвы, экономика понесла миллиардные убытки. Первое зарегистрированное крупное наводнение, которым была затоплена вся территория низовий Кубани площадью около 660 тыс. гектаров, относится к 1877 г. За последние 125 лет выдающиеся наводнения наблюдались также в 1931 и 1966 гг. Достаточно высокие наводнения были зафиксированы в 1888, 1889, 1917, 1919 и 1932 гг., менее крупные – в 1898, 1907, 1915, 1928, 1933, 1939, 1944, 1946, 1949, 1954, 1963 и 1992 гг.

Информация о наиболее крупных наводнениях на рассматриваемой территории за период 1966–2012 гг. представлена в табл. 1.

Методология и методические особенности исследований. В качестве методологического инструментария принят географо-гидрологический подход, ориентирующий на выявление причинно-следственных связей водного режима рек с комплексом природных и антропогенных факторов формирования стока на их водосборах. Этот подход, как нам представляется, относится к числу наиболее перспективных как для выявления генезиса уже произошедших катастрофических наводнений в Причерноморье, так и для оценки риска их развития в будущем и разработки мер по снижению возможного ущерба.

Региональная оценка рисков развития катастрофических наводнений предполагает анализ информации о прохождении в прошлом экстремально высоких паводков. Недостаточная репрезентативность гидрометеорологической сети и слабая изученность пространственно-временной изменчивости стокоформирующих факторов весьма ограничивают возможности использования физико-математического моделирования, поэтому в данной работе последствия прохождения паводков – площади и глубины затопления населенных пунктов, определяются с помощью ГИС-моделей, без промежуточных ступеней расчетов, т. е. без учета динамики процесса. Расчетные уровни воды устанавливаются при этом по имеющимся многолетним рядам наблюдений, а при их отсутствии – по меткам высоких вод. Их планово-высотная привязка (а также других точек геодезической съемки) осуществлена с помощью спутниковых приемников сигналов (GR-3 фирмы Topcon) Глобальных спутниковых навигационных

систем и электронного тахеометра (Sokkia SET-530), что позволило выполнить большой объем полевых работ за короткий промежуток времени (июль–август 2014 г.).

Для поиска региональных пространственно-временных закономерностей развития наводнений анализировались многолетние данные наблюдений Росгидромета за уровенным режимом рек (по состоянию на 2012 г.). Направленные изменения в рядах уровней выявлялись по линейным трендам, статистическая значимость которых оценивалась по критерию Спирмена.

Возможная катастрофичность паводков, проходящих по реке, оценивалась по исторической амплитуде колебаний уровня воды, отражающей наблюдаемый подъем уровня относительно характерных меженных значений. Она зависит как от характеристик водности данной конкретной реки, так и от морфометрии долины и антропогенных ее преобразований. Для анализируемых речных бассейнов были рассчитаны амплитуды максимальных подъемов уровня (по срочным и среднесуточным данным) относительно абсолютных минимумов за весь период наблюдений ($\Delta H_{\text{ср}}$ и $\Delta H_{\text{сут}}$) и максимальные внутригодовые амплитуды колебания уровня (наибольшее значение в ряду разности годового максимума и минимума уровней – $\Delta H_{\text{ср год}}$ и $\Delta H_{\text{сут год}}$).

Предложенные методы апробированы на ключевых участках малых рек (с площадью водосбора менее 1000 км²) по замкнутому маршруту: Анапа – Крымск – Краснодар – Горячий Ключ – пос. Джубга – Новороссийск – Анапа с населенными пунктами в предгорных и горных районах Северного Кавказа, наиболее подверженных наводнениям. На ключевых участках (рис. 1) обследовались различные элементы речной долины – русло, пойма и примыкающие к ней склоны. Определялись морфометрические параметры речных русел и пойм, скорости течения и расходы воды в реках. Фиксировались места развития оползней, разрушения паводками дорог и мостовых переходов через реки. Особое внимание уделялось поиску меток наиболее высоких вод, представляющих собой следы, оставляемые илистыми отложениями на береговых откосах, в том числе у мостов, сору на деревьях, линиям на стенах зданий, а также реперам, закрепляющим положение уровня, и т. п. Значительная часть меток высоких вод была установлена путем опроса местного населения, но предпочтение отдавалось меткам-реперам. На каждом обследуемом участке реки метки высоких вод определялись не менее чем по двум створам. Одновременно фиксировалось положение уреза воды в реке. Планово-

Таблица 1. Сведения о наводнениях (по [1–9, 12, 14–16, 20, 21 и др.]

Дата	Слой осадков, мм	Реки и населенные пункты	Подъем уровня воды во время паводка, м	Человеческие жертвы	Генезис
11–13.06.1966	–	Мезыбь, Адерба (г. Геленджик, пос. Дивноморское)	1.5 м на р. Адерба	–	ливневые осадки
9.07.1975	196.4 мм за сутки (Архипо-Осиповка)	Вулан	–	–	”
31.12.1977	–	Мезыбь, Пшадла, Вулан (пос. Дивноморское, с. Михайловский перевал, пос. Архипо-Осиповка)	3.5–4.0 м на р. Вулан в пос. Архипо-Осиповка и на р. Мезыбь в пос. Дивноморское	–	”
11–12.11.1980	–	Вулан (пос. Архипо-Осиповка)	5.5 м и выше, расход воды 1050 м ³ /с	–	”
11.11.1981	–	Вулан (пос. Архипо-Осиповка)	3.9 м, расход воды 676 м ³ /с	–	”
01–04.08.1982	–	Джубга (пос. Джубга)	до 3 м	2	ливневые осадки, водяные смерчи
24.11.1989	–	Вулан (пос. Архипо-Осиповка)	4.7 м (2% обеспеченности), расход – 445 м ³ /с	–	”
01.08.1990	МС Джубга – 205 мм/10 ч	Джубга (пос. Джубга)	–	–	”
21.06.1992	–	Цемес (г. Новороссийск)	до 5 м на р. Вулан в пос. Архипо-Осиповка, 1.9 м на р. Мезыбь, 2.5 м на р. Адерба в пос. Светлый, до 1 м над дорогой Новороссийск–Крымск	–	продолжительные осадки
25–26.12.1995	–	Сукко, Цемес, Яшамба, Суаран, Мезыбь, Пшадла, Вулан	–	–	”
7.01.1996	–	Пскекупс, Пшиш, Пшеха (г. Горячий Ключ, г. Белореченск)	–	–	ливневые дожди, активное снеготаяние
16–17.12.1996	–	Джубга (пос. Джубга, пос. Дефановка)	–	–	ливневые дожди
24.12.1996	–	Вулан (пос. Архипо-Осиповка)	4.9 м, расход – 487 м ³ /с	–	”
26.10.1997	–	Мезыбь (пос. Дивноморское)	–	–	”
18.02–07.03.1998	–	Реки бассейна р. Кубань (р. Чилбас)	обеспеченность максимальных уровней воды 10–30%	1	таяние снега, дожди
10.03–12.03.2000	–	Реки Крымского, Абинского, Северского районов	–	–	сильные и продолжительные дожди
31.08.2000	–	Вулан (пос. Архипо-Осиповка)	до 4.5 м, расход – 451 м ³ /с	–	”
02.07.2001	–	Джубга (пос. Джубга)	–	–	ливневые дожди
19–31.12.2001	–	Реки Абинского, Крымского, Северского, Туапсинского и др. районов и Республики Адыгея	–	–	интенсивное таяние снега, дожди, сбросы воды из водохранилищ

Таблица 1 (окончание)

Дата	Слой осадков, мм	Реки и населенные пункты	Подъем уровня воды во время паводка, м	Человеческие жертвы	Генезис
01.01. – 02.01.2002	–	реки Кубань и Протока (гг. Темрюк, Славянск-на-Кубани и др.)	–	–	интенсивное таяние снега, дожди, затопления, сбросы воды из водохранилищ
09.01–01.02.2002	–	Кубань и Протока (Темрюкский, Анапский, Славянский районы)	–	–	затопление дамб, затрудненный поверхностный сток талых вод через дорожное полотно
08.08–17.08.2002	в Новороссийске 5 авг. выпало 69 мм осадков, 6 и 7 авг. 10–20 мм, 8–9 авг. 115 мм (месячная норма 45 мм)	реки Дюрсо, Цемес, Баканка, Сукко, Озерейка; оз. Абрау-Дюрсо (гг. Новороссийск, Анапа, Крымск, Геленджик; пос. Абрау-Дюрсо, Дюрсо, Южная Озереевка, Глебовское, Васильевка, Цемдолина, Широкая Балка, Горный, Тарусино, Мысхако, Нижнебаканский, Верхнебаканский, Раевская, Неберджаевская, Анапская, Джубга) Реки Цемес и др. (Геленджикский район, г. Новороссийск, пос. Кабардинка) р. Псекупс (г. Горячий Ключ, ст. Саратовская) Цемес (г. Новороссийск) Джубга, Пляхо, Нечепсухо, Туапсе и др.	в г. Новороссийске к вечеру 8 августа подъем уровня в городских кварталах составил от 0.5 до 2.0 м	59	ливневые дожди, сели, оползни, разгрузка атмосферного вихря (смерча) над побережьем, разрушение дамб
06.10.2002	–		–	–	сильные дожди
12.11.2002	–		–	–	”
1.08.2003	–		–	–	ливневые дожди
15–16.10.2010	95 (Туапсе)		в р. Джубга уровень воды поднимался от 6 до 8 м на 2.5 м в р. Пшада и р. Адербиевка	17	”
5.10.2011	60	Вулан, Пшада, Мезыбь, Адербиевка (пос. Архипо-Осиповка, пос. Береговое, пос. Адербиевка, пос. Дивноморское)	–	–	дожди
06–07.07.2012	282 (Геленджик), 275 (Новороссийск)	Реки Новороссийского и Геленджикского районов Яшамба, Цемес, Суа-ран, Мезыбь, Яшамба, Аберда, Дооб (г. Новороссийск, пос. Кабардинка, Голубая бухта, Дивноморское)	–	11	ливневые дожди
06–07.07.2012	171 (Крымск)	Адагум, Абин, Баканка, Богото, Неберджай и др. (г.Крымск, г.Абин и др.)	7–8 м в г. Крымске, на левобережье город затоплен на глубину 0.5–1 м и на правобережье – на 1.5–2 м	168	”
21–22.08.2012	с 19 ч. 21 авг. до 4 ч. утра 22 авг. в районе выпало ок. 135 мм осадков, в пос. Дефановка (водосбор р. Шапсухо) – 165 мм.	реки Туапсинского района – Шапсухо, Пляхо и Нечепсухо	на р. Нечепсухо подъем уровня составил около 5 м	4	”

Примечание: (–) – нет данных.

Рис. 1. Схема расположения обследуемых участков рек.

высотная геодезическая привязка меток высоких вод и точек маршрутов определялась с помощью GPS-приемников². Эти данные затем использовались для реконструкции наибольших затоплений ряда населенных пунктов.

Природные и антропогенные предпосылки формирования наводнений. Речной сток на рассматриваемой территории формируется в основном в условиях низко- и среднегорья. Самой высокой является г. Тхаб с отметкой вершины 905 м. Лишь нижние участки речных водосборов находятся в пределах равнинного Предкавказья. Оно представлено Азово-Кубанской равниной – слаборасчлененной и с небольшим наклоном к северо-западу. Средняя высота речных водосборов (с учетом горной и равнинной частей) изменяется преимущественно в пределах от 200 до 400 м,

а средний их уклон – от 120–520‰, что определяет небольшое время добегания паводковой волны до замыкающего створа.

Почвенный покров весьма разнообразен и представлен светло-каштановыми, серыми лесными оподзоленными, горно-лесными бурыми, горно-луговыми, лугово-черноземными почвами, черноземами (выщелоченными и оподзоленными) и др. В формировании паводочного стока важную роль играют горно-лесные и горно-луговые почвы, распространенные в горной части рассматриваемой территории. Малая их мощность в сочетании со значительными уклонами рельефа является одной из причин быстрого стока дождевых и талых вод в русловую сеть. В равнинном предгорье образованию стока способствуют выщелоченные и слитые черноземы, которые характеризуются низкой водопроницаемостью и практически везде распахан.

² Геодезические работы выполнены сотрудником МНЭПУ С.И. Березенко.

При других одинаковых условиях (тип почвы, высота и уклон водосбора, экспозиция склонов и т. д.) существенное влияние на формирование паводков может оказывать лесная растительность, которая, по сравнению с полевыми участками, уменьшает поверхностный склоновый сток с водосбора за счет более высокой инфильтрационной способности почвогрунтов, пронизанных многочисленными корнями. В то же время растительность поймы снижает скорость водного потока во время паводков, выкорчеванные и транспортируемые рекой деревья и их фрагменты нередко образуют заторы, вызывая дополнительный подъем уровня воды на затопливаемых прибрежных территориях [13, 15, 17]. Лесистость речных водосборов на рассматриваемой территории достаточно высока, изменяется в пределах от 52% (р. Гастогай) до 90–95 % (реки Абин, Адегой, Джубга и др.).

Предгорное левобережье р. Кубань, от г. Лабинска до Варнавинского водохранилища, занимают ландшафты аллювиальных террасированных равнин с растительностью, представленной буково-грабовыми и дубово-грабовыми лесами на серых лесных почвах [22]. Широко распространены распаханые луговые степи на типичных и выщелоченных черноземах. Для северо-западных предгорий (в том числе Крымский, Абинский, Анапский районы) характерны ландшафты низких гор и возвышенностей с дубовыми лесами (часто полностью уничтоженными) на серых лесных почвах и с распаханными предгорными лугами. В районе Анапы естественный растительный покров представлен степным разнотравьем с перелесками из ксерофильных деревьев и засухоустойчивых кустарников.

Черноморское побережье от Анапы до Геленджика занимают нарушенные ландшафты предгорий и низких гор, сложенных породами палеогена и неогена. Характерны предгорные полынно-злаковые степи в сочетании с листопадными, часто засухоустойчивыми, кустарниками и низкорослыми деревьями и ксероморфными полукустарниками, а также злаково-пыльной растительностью на каштановых и черноземовидных почвах. Южнее (до р. Джубга) расположены ландшафты аллювиальных равнин и предгорных впадин, выполненных плиоценовыми и четвертичными отложениями, с серией ниже- и верхнечетвертичных террас, с луговыми степями на аллювиальных и лугово-черноземных почвах, большей частью распаханых.

Выше (вплоть до вершин хребтов) располагаются среднегорные ландшафты с широким распространением меловых флишевых отложений

и дубовых лесов на горно-лесных бурых и дерново-карбонатных почвах. Здесь кроме дубовых развиты и буковые леса – объект лесозаготовок. Широко распространены сосняки, особенно по глубоким ущельям с маломощными щебнистыми почвами.

Распределение осадков по рассматриваемой территории весьма неравномерное [18]. Их годовое количество колеблется от 560 мм в районе города Анапы в Предкавказье до 1000 мм и более у п.г.т. Джубга на Черноморском побережье и в горах. По долинам рек прослеживается увеличение количества осадков при подъеме в горы. Существенным фактором в горах является не только высота, но и экспозиция склонов. На наветренных склонах, обращенных к влагонесущим ветрам, увлажненность ландшафтов осадками возрастает.

Высокая изменчивость свойственна также распределению осадков во времени [18]. В многоводные годы их выпадает в 1.5–2.5 раза больше, чем в маловодные годы. Неравномерно и внутригодовое распределение осадков. В теплый период осадков выпадает более 60% от их годовой суммы – 400–600 мм в горах и 300–360 мм в равнинных районах. В горах увеличивается число дней с ливнями – до 60–70, особенно в июне–июле. Второй максимум осадков обычно приходится на сентябрь–октябрь или даже на зимние месяцы, что характерно для бассейнов рек, впадающих в Черное море.

Важным фактором, определяющим возможность экстремально высокого увлажнения Причерноморья, является характер циркуляции атмосферы. Весьма существенное местное влияние на циркуляцию атмосферы оказывают горные хребты. Они задерживают влагонесущие воздушные массы, замедляют движение атмосферных фронтов, увеличивают количество осадков в горах и предгорьях. Но процессы циркуляции атмосферы в рассматриваемом регионе обусловлены не только особенностями рельефа. Они отражают также глобальные изменения во взаимодействии суши и океана и изменяются во времени. Анализируя циркуляцию атмосферы за 1899–2012 гг., Н.К. Кононова [11] пришла к выводу, что современный ее характер способствует увеличению вероятности и интенсивности наводнений на Северном Кавказе. Начиная с 1998 г. растёт продолжительность процессов, при которых средиземноморские циклоны, выходя на Северный Кавказ, задерживаются на этой территории, встречая на своём пути преграду в виде стационарного антициклона на юге Русской равнины. Это приводит к обострению атмосферных фронтов и выпадению обиль-

ных осадков, достигающих нескольких месячных норм за несколько дней. Такая синоптическая ситуация наблюдалась, в частности, в июле 2012 г. и привела к образованию катастрофических наводнений, в том числе в г. Крымске на р. Адагум.

Образованию высоких паводков и наводнений на рассматриваемой территории способствуют и невысокая водопоглощающая способность различных элементов вертикальной структуры ландшафтов, а также значительные уклоны рельефа, приводящие к быстрому стоку дождевых и талых вод, особенно в горной части речных водосборов, где находится основная зона формирования речного стока, в том числе паводков. Неблагоприятны в отношении способности снижать высоту паводков и гидрогеологические условия этой зоны. Вследствие небольшой поглощающей способности подземной емкости речных водосборов, достаточно быстрой инфильтрации через зону аэрации, особенно в верховьях рек, где встречаются карстовые формы (котловины, воронки, карстовые источники и др.), и интенсивного водообмена в подземных водоносных горизонтах динамика подземного стока из них в русловую сеть практически повторяет динамику поверхностной составляющей руслового стока. Из-за небольшой подземной емкости речных водосборов и малого времени склонового добега в условиях значительной расчлененности рельефа происходит быстрый сброс в русловую сеть ливневых осадков. Это способствует, особенно на фоне предшествующего увлажнения почвогрунтов зоны аэрации, образованию экстремально высоких паводков, даже катастрофических.

Характер и быстрота подъема уровней воды также определяется генезисом пиков водности. Например, для некоторых рек исследуемого региона характерен паводочный режим, в то время как для других наблюдается сочетание паводков и весенне-летнего половодья, связанного с таянием снегов на горных склонах. При этом создается возможность наложения высоких уровней дождевого паводка на плавный подъем уровней половодья, в результате уровни воды в реках могут резко увеличиваться.

Сочетание горного, предгорного и равнинного рельефа обуславливает и другие специфические особенности формирования максимальных уровней воды на реках рассматриваемой территории. Так, в данных условиях водность реки определяется не только площадью водосбора, но и его средней высотой, с увеличением которой она возрастает, поскольку увеличиваются атмосферные осадки. Зависимость стока от средней высоты отчетливо прослеживается, в частности, для лево-

Рис. 2. Зависимость максимальной наблюдаемой суточной амплитуды колебаний уровня от площади водосбора. 1 – левобережные притоки Кубани ($y = 0.01x + 2.56$, $R = 0.94$); 2 – остальные реки ($y = 0.004x + 2.13$, $R = 0.92$).

бережных притоков Кубани и рек Черноморского побережья [10].

Другая особенность – значительное снижение уклона водосбора при выходе долины горной реки на предгорную равнину, что приводит к уменьшению скорости течения и увеличению подъема уровня воды во время паводков (низовья рек Адагум, Абин, Вулан и др.). Немаловажную роль при этом играет уменьшение пропускной способности речной долины за счет заторов, образованных подмытыми и поваленными деревьями, их фрагментами (как местного происхождения, так и поступивших с верхней части водосбора), а также антропогенных воздействий. Для изучаемых рек прослеживается тенденция снижения максимальной наблюдаемой амплитуды колебаний уровня с ростом уклона водосбора. Чем меньшим уклоном обладает водосбор, тем больше колебания уровня воды в реке.

Морфометрические характеристики речных водосборов в данных условиях коррелированы. Чем большую площадь водосбора имеет бассейн, тем меньшей средней высотой и меньшим средним уклоном он обладает. Наиболее отчетливо выражена зависимость амплитуды колебаний уровней воды от площади водосбора. Для рек рассматриваемой территории она имеет две ветви (рис. 2). Реки, относящиеся к первой ветви зависимости, при тех же площадях водосбора имеют значительно более высокую амплитуду колебаний уровня воды и локализованы преимущественно в предгорных и низкогорных районах левобережья Кубани – от р. Ахтырь до р. Шебш включительно. По-видимому, большие амплитуды уровней на реках данной группы наблюдаются благодаря меньшим уклонам водосбора, относительно

небольшим длинам, определяющим небольшое время добегания, и относительно узким речным долинам. Также здесь реализуется преимущественно паводочный тип водного режима. На вторую ветвь зависимости попадают все остальные реки рассматриваемой территории.

Рассмотренным физико-географическим предпосылкам формирования наводнений антропогенные факторы по своей значимости пока в целом уступают. Однако на отдельных участках рек, особенно в наиболее освоенных низовьях, испытывающих интенсивную антропогенную нагрузку (промышленную, сельскохозяйственную, транспортную, рекреационную и др.), негативная ее роль в формировании экстремально высоких подъемов уровней в настоящее время весьма существенна.

Негативную роль играют антропогенные преобразования ландшафтов и на самих речных водосборах, что не всегда берется во внимание при оценках и прогнозах паводков. За многолетнюю историю хозяйственного освоения ландшафтная структура рассматриваемой территории претерпела значительные изменения. Природно-антропогенные, техногенные и урбанизированные ландшафты занимают большие площади в пределах предгорий и низкогорий. Рост площадей, занятых населенными пунктами, развитие дачного и рекреационного строительства, строительство дорог и мостов, вырубка лесов, изменение их породно-возрастного состава, распашка и замещение естественной растительности сельскохозяйственными культурами привели к нарушению водорегулирующих функций ландшафтов. Это способствует увеличению поверхностного склонового стока и интенсивности речных паводков.

В 1990-е годы антропогенная нагрузка на ландшафты Краснодарского края, в отличие от многих других регионов России, не испытала резкого спада. Напротив, по ряду показателей она даже возросла, в том числе по степени использования рекреационного потенциала, по расширению площадей населенных пунктов, строительству дорог, газо- и нефтепроводов и т.д. Усилились как раз те виды антропогенной нагрузки, которые определяют интенсивность водно-эрозионных склоновых процессов, активизируют формирование паводков. На наиболее освоенных участках речных водосборов (за исключением горных верховий рек) антропогенные факторы по интенсивности и масштабам воздействий стали соизмеримы с воздействиями природных (физико-географических) факторов, способствуя возникновению опасных стихийных явлений (наводнений, селей, оползней и др.) и усиливая их негативные последствия.

Немаловажную негативную роль играет субъективный фактор. В процессе освоения территории нередко заселялись затопляемые в многоводные годы берега речных долин, что стало, например, одной из причин трагедии на Черноморском побережье летом 2012 г. Несмотря на ограничительные меры, застройка паводкоопасных прибрежных территорий продолжается и в последние годы.

Особенно тяжелый характер негативные последствия паводков приобретают при неготовности власти и населения к чрезвычайным ситуациям. Как отмечают авторы книги [8], “профилактика паводков, прогнозы, отселение, и главное – ремонт дамб и проведение противопаводковых мероприятий, в том числе и экстренных, позволяют предотвратить порядка 70% обычных паводков. При этом затраты на профилактику и ликвидацию идут 1:30”. Однако до настоящего времени противопаводковая защита остается недостаточно развитой и неадекватной возросшим рискам прохождения экстремально высоких паводков, не обеспечивает гарантированной защиты от паводков. В основном она включает в себя дамбы обвалования, техническое состояние которых в большинстве случаев неудовлетворительное. Многие из них требуют реконструкции с учетом зафиксированных в последние годы максимальных расходов воды в реках. Противопаводковой защитой не предусмотрена возможность уменьшения расхода воды при прохождении паводков за счет создания на реках регулирующих емкостей.

Результаты экспедиционного обследования участков рек в населенных пунктах, подверженных наводнениям, подтвердили вывод о преобладающей роли природных факторов в образовании наводнений, прежде всего экстремально высоких осадков, участвовавших в последние десятилетия на рассматриваемой территории. Но к наиболее тяжелым последствиям приводит наложение неблагоприятных природных факторов как на негативное антропогенное воздействие, приводящее к захламленности поймы и русла, низкой пропускной способности мостов и водопропусков через дорожные насыпи, замусоренности ливневой канализации и т.д., так и на недостаточную эффективность инженерной противопаводковой защиты и системы мониторинга. При совершенствовании противопаводковой защиты и разработки мер по снижению ущерба от наводнений важно учитывать как природную составляющую в их образовании, так и антропогенную.

Особенности пространственно-временной изменчивости уровней воды. Реки рассматриваемого региона характеризуются паводочным режимом стока с возможным формированием

максимальных расходов и уровней воды в любой сезон и неоднократно в течение года. Более выровненным внутригодовым распределением стока, с повышенными расходами воды в зимний период, отличаются черноморские реки. Кроме зимнего максимума паводков на этих реках отчетливо выражен и летний максимум (в июне–августе). Для левобережных притоков Кубани восточнее р. Афипс характерно прохождение максимального стока в марте–апреле, западнее, как правило, – в феврале. Соответственно повторяемость прохождения высоких паводков для Адагума, Абина, Убинки и др. наибольшая в январе, для Афипса, Псекупса, Шиша и др. они могут встречаться практически с одинаковой степенью вероятности в декабре–марте.

Несмотря на частые паводки в холодный период, наводнения за 100 лет наблюдений отмечались преимущественно в летне-осенний период (в 65% случаев с июля по октябрь). Обычно их причиной становились ливневые осадки, связанные с прохождением мощных циклонов, атмосферных фронтов и редко с выходом на побережье так называемых водяных смерчей (этот фактор не является общепризнанным). Лишь незначительная часть наводнений в регионе связана с интенсивным таянием снежного покрова на водосборах (например, в 1922 г. на р. Цемес), прорывом плотин водохранилищ. Самые распространенные и разрушительные – наводнения ливневого генезиса.

Максимальная наблюденная амплитуда колебаний уровней воды изменяется в широком диапазоне – от 2 до 10 м. При этом наибольшие колебания уровня наблюдаются на левобережных притоках Кубани – Афипс, Убинка, Адагум и др. На этих реках также зафиксированы наиболее частые превышения уровня воды опасных отметок, вызывающие затопление населенных пунктов.

Анализ многолетних колебаний максимальных и минимальных уровней воды показал, что характерной их чертой является неоднородность рядов наблюдений³. Причем возможна разнонаправленность тенденций на соседних реках и даже на соседних участках одной и той же реки. Лишь в отдельных случаях направленных изменений в многолетних колебаниях амплитуды уровней, максимальных и минимальных уровней не обнаруживается (р. Афипс – ст. Смоленская, р. Убинка – ст. Северская).

Чаще всего встречается синхронное снижение среднего значения максимальных и минимальных уровней воды (рис. 3). Ряд многолетних колебаний годовой амплитуды уровня воды при этом остается однородным. В этом случае становится возможным определение расчетных характеристик глубины затопления речной долины при прохождении высоких паводков. Такой характер изменений (р. Гастогай – ст. Гастогаевская, р. Псекупс – г. Горячий Ключ, р. Шебш – пос. Шабановский, р. Абин – г. Абинск, р. Адегой – ст. Шапсугская) способствует уменьшению возможного ущерба от затопления жилой застройки и хозяйственных объектов на прибрежной территории. Наиболее вероятная причина подобных изменений заключается в направленной вертикальной деформации русловой сети. Период ее врезания в днище речной долины на 1 м, оцененный по динамике минимальных уровней воды, сравнительно небольшой и составляет от 15 лет (реки Псекупс и Абин) до 45–50 лет (реки Гастогай и Шебш).

При уменьшении пропускной способности речной долины, в том числе за счет антропогенного воздействия, нередко наблюдается увеличение максимальных уровней воды. Причем минимальные уровни могут оставаться при этом неизменными (или даже снижаться), а годовая амплитуда уровней возрастает (р. Вулан – п.г.т. Архипо-Осиповка, р. Шебш – ст. Новодмитриевская, р. Адагум – г. Крымск). Интенсивность увеличения максимальных уровней воды наибольшая в створе р. Шебш – ст. Новодмитриевская (1.5 м за 10 лет) (рис. 4), в остальных анализируемых створах она составляет 0.2–0.7 м за 10 лет. Такие существенные направленные изменения свидетельствуют о необходимости их учета в расчетах максимальных уровней низкой обеспеченности (1% и меньше) как при строительстве новых гидротехнических сооружений и хозяйственных объектов, так и при эксплуатации построенных в прошлом.

Особенностью расчета характеристик максимального стока (максимальные уровни, расходы воды) является необходимость оценки величин низкой обеспеченности (1% и меньше), для чего длины имеющихся рядов гидрометрических данных недостаточно. Таким образом, оценка максимальных уровней воды 1%-ной вероятности превышения ($H_{\max} 1\%$) возможна только для створов с достаточно продолжительным периодом наблюдений и отсутствием интенсивных направленных изменений среднего значения в течение периода наблюдений. Для рек с синхронным изменением максимальных и минимальных уровней воды можно получить расчетные характеристики максимального годового диапазона уровней воды

³ В том числе вследствие изменений климата и направленных русловых процессов, как естественных, так и антропогенных.

Рис. 3. Многолетние колебания характеристик уровня режима р. Абин – Абинск.

Рис. 4. Многолетние колебания характеристик уровня режима р. Шебш – ст. Новодмитриевская.

Таблица 2. Расчетные характеристики максимальных (срочных и осредненных за сутки) уровней воды 1% обеспеченности

Река	Пост	$H_{\max}$ 1%, м БС		$\Delta H_{\text{год}}$ 1%, м	
		Сроч.	Сут.	Сроч.	Сут.
Гастогай	Гостагаевская	—	—	3.62	2.05
Вулан	Архипо-Осиповка	6.09	3.93	—	—
Псекупс	Горячий Ключ	—	—	4.85	3.37
Афипс	ст. Смоленская	43.68	42.00	—	—
Шебш	пос. Шабановский	—	—	3.41	2.99
Убинка	ст. Северская	48.30	46.80	—	—
Абин	г. Абинск	—	—	3.53	2.50
Адегой	ст. Шапсугская	—	—	3.32	2.63
Адагум	г. Крымск	23.39	25.50	—	—

($\Delta H_{\text{год}}$), характеризующего глубину затопления долины реки при прохождении максимальных уровней воды (табл. 2).

Моделирование зон затоплений населенных пунктов с использованием ГИС. Моделирование затоплений проведено с помощью геоинформационной системы (ГИС ArcGis 9.3) и цифровой модели рельефа (ЦМР). Использовались функциональные возможности дополнительных модулей Spatial Analyst и 3D Analyst.

Моделированию предшествовало создание ряда векторных карт путем оцифровки топографических и тематических карт. В качестве исходной информации использовались также материалы с цифровых крупномасштабных карт. Для уточнения границ картографируемых объектов применена “Схема территориального планирования Краснодарского края”, полученная в Департаменте по строительству и архитектуре Краснодарского края. Созданные векторные карты содержат следующие тематические слои:

1. Гидрография – реки, озера, водохранилища, пруды и др.
2. Населенные пункты – границы населенных пунктов, города, поселки, кварталы, отдельные строения.
3. Промышленные, сельскохозяйственные и социально-культурные объекты, промышленные зоны и др.
4. Дорожная сеть – железные дороги, автомобильные дороги федерального и регионального уровня.
5. Растительный покров – леса, кустарники и т.д.
6. Границы и ограждения – государственная граница РФ, границы административных районов и муниципальных образований.

В качестве цифровой модели рельефа использовалась глобальная цифровая модель рельефа ASTER GDEM [<http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/>], разработанная совместно METI и NASA. Из глобальных данных о рельефе был вырезан участок на исследуемую территорию, затем исходные данные пересчитаны в поверхность рельефа TIN (нерегулярная триангуляционная сеть), сложенную из непересекающихся треугольников разного размера. Поверхность каждого треугольника, вершинами которого являются точки с известными координатами x , y , z , представляет собой плоскость.

Для того чтобы моделировать наводнение и оценивать площадь затопления, необходимо построить поверхность, имитирующую поверхность воды в реке. Для этого создавалась новая линейная тема поперечных сечений русла реки. Поперечные сечения были проведены через каждые 150 м. Предположительное положение водной поверхности задавалось по отметкам уреза воды в реке в каждом поперечнике. В случае, если информация об урезе воды в поперечнике отсутствовала, значения уреза воды задавались равными значениям высот в ячейках сетки рельефа, в местах пересечения с береговой линией. Далее из линий сечений создавалась поверхность TIN. Построенная поверхность, имитирующая водную поверхность, является базовой для дальнейших расчетов площади затопления населенных пунктов (в том числе Крымск и Абинск).

Для территорий населенных пунктов (Крымск и Абинск) были выбраны темы, содержащие информацию о контурах населенных пунктов, кварталах, отдельных строениях, объектах промышленности, дачных участках, пашнях, пастбищах, садах, лесах и орошаемых землях. Для вычисления площади затопления каждого вида зем-

Таблица 3. Площадь затопления (м²) при уровнях высоких вод паводка 2012 г.

Объекты затопления	Крымск (47.5 км ²) Превышение уровня воды в р. Адагум в среднем на 8 м	Абинск (32.3 км ²) Превышение уровня воды в р. Абин в среднем на 6 м
Территория населенного пункта	10 088 650	16 264 091
Кварталы	7 239 425	7 636 299
Объекты промышленности и инфраструктуры	1 520 275	159 937.4
Отдельные строения	70 650	13 576.9
Дачные участки	—	4 462
Пашня	2 215 825	276 925
Фруктовые сады	260 725	110.2
Пастбища	—	34 999

лепользования использовалась опция “Разность TIN” модуля 3D Analyst.

В результате для ключевых участков рек (Адагум – г. Крымск, Абин – г. Абинск, Вулан – пос. Архипо-Осиповка, Убин – ст. Северская, Адегой и Абин – ст. Шапсугская, Афипс – ст. Смоленская) по меткам высоких вод, определенных при экспедиционном обследовании, выполнена реконструкция затоплений населенных пунктов при прохождении экстремально высоких паводков. В качестве примера результаты моделирования максимального затопления городской территории Абинска и Крымска и отдельно – для различных видов землепользования: кварталов со сплошной застройкой и редко застроенных, объектов промышленности и инфраструктуры, дачных участков, пашни, пастбищ, фруктовых садов и т.д. – представлены в табл. 3 и на рис. 5, 6.

Заключение. На рассматриваемой территории сложился комплекс природных и антропогенных факторов, весьма благоприятный для формирования высоких паводков и наводнений. Главную роль в этих процессах чаще всего играют атмосферные осадки, выпадающие в горной части речных водосборов (со слабым влиянием хозяйственной деятельности или способствующей, как рубки леса, экстремальности паводков), где, по сравнению с предгорьями, их количество существенно больше, а время добега до русловой сети талых и дождевых вод значительно меньше. В населенных пунктах на водосборной площади и на дорогах с уплотненной почвой или твердым покрытием коэффициент стока осадков возрастает, что также способствует формированию паводков. Однако осадков, выпадающих на таких локальных участках речных водосборов, оказывается все же недостаточно для образования экстремально высоких паводков.

В последние годы паводкообразующие осадки в рассматриваемом районе увеличились. Начиная с

1998 г., к выпадению в теплый период года обильных осадков, достигающих нескольких месячных норм, стало приводить блокирование выходящих на Северный Кавказ средиземноморских циклонов стационарным антициклоном, формирующимся на юге Русской равнины. Разрушительному эффекту быстро развивающихся при этом паводков способствуют также недостатки в организации хозяйственной деятельности на речных водосборах.

Вследствие того что многие населенные пункты находятся на участках речных долин, подверженных затоплению даже в немногочисленные годы, и невозможности разработки достаточно эффективных прогнозных моделей из-за высокой изменчивости климатических факторов полностью устранить угрозу наводнений в настоящее время не представляется возможным. Однако вполне возможно минимизировать возможные потери с помощью предупредительных защитных мероприятий.

Полученные результаты могут быть использованы в качестве информационной базы для снижения возможного ущерба от будущих наводнений и развития сети мониторинга, проведения природо- и водоохранных мероприятий, разработки и уточнения Генеральных планов и паспортов безопасности населенных пунктов. Они создают дополнительные возможности для прогнозирования ряда других опасных гидроэкологических процессов, в том числе оползней и селей. Вместе с тем весьма актуальным остается дальнейшее изучение этих процессов на основе комплексного географо-экологического подхода.

Существенное осложнение в расчеты и прогнозы максимально возможных затоплений часто вносят нестационарность и небольшая продолжительность рядов наблюдений, весьма высокая степень пространственно-временной изменчивости стокоформирующих процессов. В связи с этим

Крымск

Рис. 5. Затопление территории Крымского района до уровня высоких вод (площадь затопления 87,6 км²).

целесообразно провести пересчет характеристик паводочного стока расчетной обеспеченности с учетом данных за последние годы⁴, возобновить наблюдения на закрытых постах Росгидромета, прежде всего за уровнями и осадками. Целесообразно организовать работу региональных водно-балансовых стационаров, позволяющих изучать формирование всех элементов водного баланса и взаимосвязи между ними во всем спектре природных и хозяйственных условий.

К числу наиболее важных задач дальнейших исследований также относятся:

1. Разработка и совершенствование физико-математических и физико-статистических моделей

⁴ Как показало катастрофическое наводнение в Крымске в 2012 г., характеристики экстремальных паводков в последние годы могут значительно превышать 1%-ную их обеспеченность, рассчитанную по материалам наблюдений за прошлые годы.

прогнозирования экстремально высоких уровней воды в горных условиях.

2. Дальнейшее изучение закономерностей пространственно-временной изменчивости процессов формирования паводочного стока рек Северного Кавказа.

3. Районирование Причерноморья по условиям формирования уровня режима рек во время прохождения паводков.

Рекомендации по снижению возможного ущерба от наводнений в российском Причерноморье могут быть сведены к следующему:

1. Для прогнозирования с наибольшей достоверностью максимальных величин паводочного стока и уровней воды весьма информативны гидрометеорологические наблюдения в горных верховьях рек, где наиболее активны стокоформирующие процессы. Систему прогнозирования целесообразно дополнить зависимостями площа-

Рис. 6. Затопление территории Абинского района до уровня высоких вод (площадь затопления территории 70.2 км²).

дей и глубин возможного затопления населенных пунктов при различных уровнях воды во время паводков. Необходимо совершенствование системы мониторинга, ее автоматизация (что уже сделано в бассейне р. Адагум), дополнение существующей наблюдениями за поверхностным стоком, подземными водами и увлажненностью водосборов, а также наблюдениями за селями и оползнями. Наблюдательная сеть гидрометрических створов и метеорологических постов должна быть достаточно густой и адекватно учитывать высокую пространственно-временную изменчивость паводочного стока и осадков.

2. Создание достаточно эффективной системы своевременного оповещения местных жителей и отдыхающих о возникновении угрозы наводнения и возможной эвакуации.

3. Приведение в соответствие действующему законодательству режима природо- и водопользования в водоохранных зонах и прибрежных

защитных полосах (в том числе в г. Крымске, пос. Дюрсо, Дивноморское, Архипо-Осиповка и др.). Хозяйственную деятельность на затопляемых территориях целесообразно регламентировать также через введение дифференцированных ставок налогообложения и страхования, в том числе в зависимости от нахождения объекта в зонах с разной глубиной возможного затопления. В ряде случаев целесообразно рассмотреть возможность переноса отдельных жилых и хозяйственных строений из прибрежной зоны с высоким и регулярным затоплением (в г. Крымске, пос. Дюрсо, пос. Светлый и др.).

4. Совершенствование и ремонт противопаводковой защиты, которая строилась в течение длительного периода времени с начала 1950-х гг. и не обеспечивает гарантированной защиты от паводков. Необходимо отремонтировать (или построить там, где ее нет) ливневую дренажную систему в населенных пунктах (расчистить от

мусора канавы по улицам, трубы в них должны быть с диаметром, достаточным для отвода талых и дождевых вод, и т.д.). В качестве примера можно привести станицу Шапсугскую, в которой в июле 2013 г. несколько домов оказались затопленными дождевой водой, поступившей с горных склонов, поскольку дренажная система для отвода дождевых вод в реку оказалась во многих местах разрушенной и замусоренной. В системе противопаводковой защиты целесообразно более широко применять небольшие водохранилища, аккумулирующие в верховьях рек паводочный сток, или каналы для частичного отвода его за пределы населенных пунктов.

Достаточно эффективной альтернативой таким дорогостоящим каналам может служить замена в населенных пунктах естественного речного русла канализованным⁵ и мероприятия по инженерной защите прибрежной территории [17], включая работы по расчистке и планировке русла и поймы, обвалованию и укреплению берегов, ремонту дамб, в том числе в г. Крымске на р. Адагум, г. Абинске на р. Абин и др. Для увеличения пропускной способности речного русла в ряде случаев целесообразна реконструкция мостов, возможно, до арочного типа с повышенной пропускной способностью (например, моста в центральной части г. Крымска). В большинстве случаев требуют укрепления, заглубления в речное дно или поднятия на недостижимую паводками высоту различные трубопроводы, нависающие на небольшой высоте над рекой (например, у нижнего моста в г. Крымске, находящегося над урезом воды лишь на 10–20 см, в г. Абинске и др.). В некоторых населенных пунктах (например, в станице Смоленской на р. Афипис, в пос. Светлый на р. Адерба и др.) необходимо укрепить прибрежную зону от размыва и остановить развитие оползневых процессов, особенно в местах близкого от реки расположения домов, объектов инфраструктуры и т.д.

5. Проведение мероприятий, направленных на повышение водоудерживающих (водовпитывающих) функций ландшафтов (сохранение старовозрастных лесов с глубокими корневыми системами и мощными подстильно-гумусовыми горизонтами, строительство русловых водохранилищ на малых реках и т.д.) на речных водосборах для снижения разрушительной силы паводков.

⁵ По данным М.В. Болгова и др. [17], создание канализованного русла р. Адагум в г. Крымске, спроектированного на прохождение паводка 1%-ной обеспеченности, позволило бы уменьшить величину ущерба от наводнения 2012 г. на 44%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеевский Н.И., Магрицкий Д.В., Крыленко И.Н., Юмина Н.М., Айбулатов Д.Н., Ефремова Н.А. Строе-ние и опасные гидрологические явления в Черномор-ской природно-экономической зоне побережья // При-родные и социальные риски в береговой зоне Черного и Азовского морей. М.: Триумф, 2012. С. 4–16.
2. Атлас природных и техногенных опасностей и рис-ков чрезвычайных ситуаций РФ. Южный федераль-ный округ. М.: ИПЦ “Дизайн. Информация. Карто-графия”, 2007. 315 с.
3. Атлас природных и техногенных опасностей и рис-ков ЧС. М.: Дизайн. Информация. Картография, 2010. 696 с.
4. Базелюк А.А. Опасные гидрометеорологические яв-ления на юге европейской территории России // При-родные и социальные риски в береговой зоне Черно-го и Азовского морей. М.: Триумф, 2012. С. 33–41.
5. Базелюк А.А., Лурье П.М. Проблемы наводнений на юге России: Причины возникновения и оценка последствий // ЭКВАТЭК 2008: Управление водно-ресурсными системами в экстремальных услови-ях. Международная выставка и конгресс. Москва, 4–5 июня 2008 г.
6. Баринов А.Ю. Геоморфологическая оценка ливневой селеопасности Черноморского побережья: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М.: МГУ, 2009. 23 с.
7. Болгов М.В., Коробкина Е.А. Реконструкция дожде-вого паводка на реке Адагум на основе математиче-ских моделей формирования стока // Водное хозяй-ство России. 2013. № 3. С. 87–102.
8. Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И. Катаст-рофические наводнения начала XXI века: уроки и выводы. М.: ДЭКС-Пресс, 2003. 352 с.
9. Добровольский С.Г., Истомина М.Н. Наводнения мира. М.: ГЕОС, 2006. 256 с.
10. Комлев А.М., Мельникова Т.Н. Максимальный дож-девой сток Северо-Западного Кавказа // Изв. РАН. Сер. геогр. 2009. № 1. С. 118–120.
11. Кононова Н.К. Циркуляция атмосферы как фактор стихийных бедствий на Северном Кавказе в XXI веке // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2012. Т. 8. Вып. 1–2. С. 72–103.
12. Коровин В.И., Галкин Г.А. Генетическая структура наводнений и паводков на реках Северо-Западного Кавказа за 275-летний период // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1979. № 3. С. 90–94.
13. Котляков В.М., Десинов Л.В., Долгов С.В., Корон-кевич Н.И., Лихачева Э.А., Маккаев А.Н., Медве-дев А.А., Рудаков В.А. Наводнение 6–7 июля 2012 года в городе Крымске // Изв. РАН. Сер. геогр. 2012. № 6. С. 80–88.
14. Лурье П.М. Водные ресурсы и водный баланс Кав-каза. СПб.: Гидрометеиздат, 2002. 506 с.

15. Матишов Г.Г., Клещенков А.В. Кубанский паводковый кризис. Климат, геоморфология, прогноз. Крымск, июль 2012 г. Ростов-н/Д.: Изд. ЮНЦ РАН, 2012. 128 с.
16. Основные положения “Схемы комплексного использования и охраны водных ресурсов р. Кубани”. Краснодар, 2005.
17. Предотвращение катастрофических паводков и обеспечение безопасности Крымского района Краснодарского края / Под ред. В.И. Данилова-Данильяна и М.В. Болгова. М.: ООО “Альтаир”, 2013. 36 с.
18. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 8. Северный Кавказ. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 447 с.
19. Таратунин А.А. Наводнения на территории Российской Федерации. Екатеринбург: Аква-Пресс, 2000. 308 с.
20. Таратунин А.А. Наводнения на территории Российской Федерации / Под ред. Н.И. Коронкевича. Екатеринбург: Изд-во ФГУП РосНИИВХ, 2008. 432 с.
21. Ткаченко Ю.Ю. Опасные гидрометеорологические явления на Черноморском побережье, связанные с выпадением сильных осадков // Природные и социальные риски в береговой зоне Черного и Азовского морей. М.: Триумф, 2012. С. 42–45.
22. Шальнев В.А. Эволюция ландшафтов Северного Кавказа: Автореф. дис. ... докт. геогр. наук. Ставрополь: СГУ, 2007. 48 с.

Geographical and Hydrological Assessment of Floods in the Russian Black Sea Region

**I.A. Vishnevskaya*, L.V. Desinov*, S.V. Dolgov*,
N.I. Koronkevich*, S.I. Shaporenko*, M.B. Kireeva**, N.L. Frolova**,
E.P. Rets***, and S.N. Golubchikov******

**Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

***Faculty of Geography, Moscow State University, Moscow, Russia*

****Water Problems Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

*****Department of Ecology, Journal of the Presidium of the Russian Academy of Sciences*

“Energy: economics, technology, ecology”, Moscow, Russia

e-mail: hydro-igras@yandex.ru, hydro.msu@gmail.com, retska@mail.ru, s_golubchikov@mail.ru

The regional spatial-temporal analysis of the formation of the maximum flow was made on the basis of geographical and hydrological method using GIS-technologies and statistical methods. The characteristics of natural and anthropogenic prerequisites for the formation of floods were performed. Conclusion about the leading role of natural factors in the formation of floods, especially extremely high rainfall, which have become more frequent in recent decades, was made. The features of spatial-temporal variability of maximum water levels were shown. Simulation of flood zones was performed using a geographic information system and digital elevation models. Calculated water levels were set by long-term observation series and in their absence by high water marks. The extreme floods were reconstructed in some settlements, some recommendations to reduce potential damage as they pass in the future were provided.

Keywords: maximum flow, extremely high rainfall, simulation of flood zones, long-term observation series, recommendations to reduce potential damage.

doi:10.15356/0373-2444-2016-1-131-146