УДК: 627.512 **DOI: 10.35595/2414-9179-2022-2-28-655-665**

И.В. Шевердяев[1,2], С.А. Мисиров[2]

ОЦЕНКА ПАВОДКОВОЙ ОПАСНОСТИ НА РЕКАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КАВКАЗА СРЕДСТВАМИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО АНАЛИЗА С УЧЕТОМ ОСАДКОВ И НАБЛЮДЕНИЙ УРОВНЯ В 2014–2020 гг.

АННОТАЦИЯ

Реки Северо-Западного Кавказа, не смотря на паводочный режим стока, до 2013 г. не были охвачены регулярными наблюдениями за уровнем вод. Сеть автоматических уровнемеров накопила наблюдения за каждые 10 мин. в 2014–2020 гг. Средствами пространственного анализа были рассчитано распределение скоростей добегания паводков и распределение на водосборах уровнемеров времени добегания воды. Построены гистограммы группировки площадей водосборов уровнемеров по времени добегания и рассчитаны гидрографы для экстремальных осадков на примере 6–7 июля 2012 г. в Крымске. В данных наблюдениях выделены периоды роста уровня воды более 20 см, сопровождаемые выпадением интенсивных осадков, – 4110 паводочных случаев на 69 уровнемерах. По росту уровня паводочные случаи отнесены в 4 группы: до 0,5 м, до 1,0 м, до 2,0 м и более 2,0 м. Водосборы уровнемеров ранжированы по количеству паводочных случаев каждой группы. Рассмотрено распределение максимальных суточных осадков по данным ERA5-Land по водосборам уровнемеров. Проведенные расчеты и наблюдения показали, что наибольшие расходы и высокие и частые паводочные уровни присутствуют на реках северного макросклона Кавказского водораздела – рр. Абин, Шебш и Пшиш. На южном макросклоне выделяются рр. Мезыбь, Вулан, Пшада, Шапсухо и Джубга, однако они уступают водосборам северного макросклона. Масштаб и количество паводковых подъемов уровня на северных водосборах (левые притоки р. Кубань) возрастают с запада на восток и в соответствии с ростом площади водосбора. На южных водосборах тенденция похожая, но, вследствие меньших площадей водосборов, не так явно выражена. Наибольшее значение отношения максимального расхода к общему стоку наблюдается в самых малых водосборах, то есть на них происходят внезапные паводки, однако, ввиду малой площади водосбора, эти паводки не формируют опасных паводочных уровней. Малое число паводковых случаев на водосборах западной части региона обусловлено характером осадков в 2012–2020 гг. и малыми площадями.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: паводки, Северо-Западный Кавказ, уровнемер, цифровая модель рельефа, ERA5-Land

---

[1] Федеральный исследовательский центр «Субтропический научный центр Российской академии наук» (СНЦ РАН), ул. Яна Фабрициуса, д. 2/28, 354002, г. Сочи, Россия; *e-mail*: **ig71089@yandex.ru**

[2] Федеральный исследовательский центр «Южный научный центр Российской академии наук» (ЮНЦ РАН), пр. Чехова, д. 41, 344006, г. Ростов-на-Дону, Россия; *e-mail*: **sam.misirov@gmail.com**

Igor V. Sheverdyaev[1],[2], Samir A. Misirov[2]

FLOOD HAZARD ON THE RIVERS OF THE NORTHWESTERN CAUCASUS BY SPATIAL ANALYSIS ACCORDING TO PRECIPITATIONS AND LEVEL OBSERVATIONS IN 2014–2020

ABSTRACT

The rivers of the North-Western Caucasus, despite the flood regime of runoff, until 2013 were not covered by regular observations of the water level. The network of automatic level gauges accumulated level observations every 10 minutes in 2014–2020. Spatial analysis tools were used to calculate the distribution of flood runoff velocities and the distribution of water runoff time on watersheds. Histograms of the distribution of watershed areas of level gauges by travel time were obtained and hydrographs for extreme precipitation were calculated using the example of July 6–7, 2012 in Krymsk. In the water level observation data, periods of level growth of more than 20 cm, accompanied by intense precipitation – 4110 flood events at 69 level gauges, were identified. Flood cases are divided according to level growth into groups: up to 0.5 m, up to 1.0 m, up to 2.0 m and more than 2.0 m. The distribution of maximum daily precipitation according to ERA5-Land data for the watersheds of level gauges is considered. The calculated discharges and observations of the level showed that the highest discharges and high and frequent flood levels are observed on the rivers of the northern macroslope of the Caucasian watershed – rivers Abin, Shebsh and Pshish. On the southern macroslope, rivers are distinguished. Mezyb, Vulan, Pshada, Shapsho and Dzhubga, however, they are inferior to the watersheds of the northern macroslope. The scale and number of flood level rises in the northern watersheds (left tributaries of the Kuban River) increases from west to east and in accordance with the growth of the watershed area. In the southern watersheds, the trend is similar, but due to smaller watersheds in general, less noticeable. The highest value of the ratio of the maximum discharge to the total runoff is observed in the smallest watersheds, i.e. the most sudden floods are observed on them, however, due to the small catchment area, they do not form dangerous flood levels. A small number of flood events in the watersheds of the western part of the region is due to the nature of precipitation in 2012–2020 and small areas.

KEYWORDS: flood, Northwestern Caucasus, gauge, digital elevation model, ERA5-Land

ВВЕДЕНИЕ

Северо-Западный Кавказ сейчас – это быстро развивающийся регион с растущим населением, занимающий ключевые позиции в России во многих отраслях: рекреационной, транспортной, сельскохозяйственной. Гидрологически Северо-Западный Кавказ охватывает две группы водосборов – левые притоки Кубани, впадающие ниже Краснодарского водохранилища, и реки черноморского побережья России, впадающие севернее г. Туапсе. Водосборы региона имеют сложное строение, обусловленное сложной орографией западной части Кавказского хребта. Одной из особенностей Северо-Западного Кавказа, сильно влияющих на его социально-экономическое развитие, является паводковый режим рек[3] [*Панов и др.,* 2012; *Алексеевский и др.,* 2016]. Недостаточное внимание к паводковой опасности при освоении

[1] Federal Research Centre the Subtropical Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Yana Fabricius str., 2/28, 354002, Sochi, Russia; *e-mail:* **ig71089@yandex.ru**

[2] Federal Research Centre The Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Chekhova avenue, 41, 344006, Rostov-on-Don, Russia; *e-mail:* **sam.misirov@gmail.com**

[3] Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 8: Северный Кавказ. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1973. 450 с.

территорий может привести к существенному материальному ущербу для региона, сопровождающемуся человеческими жертвами. В XXI веке паводки с наибольшими последствиями наблюдались в 2002 и 2012 гг. В 2002 г. паводок охватил как реки Северо-Западного Кавказа, так и весь бассейн Кубани, а также Терека [*Воробьев и др.,* 2003]. Один из крупнейших в регионе – паводок 6–7 июля 2012 г. – отличался не только масштабами материального ущерба, но и повышенным вниманием научного сообщества. Он стал одним из самых хорошо изученных: был выпущен отчет Росгидромета [*Георгиевский, Ткаченко*, 2012], в котором рассматривалось развитие паводка, опубликованы монографии и статьи специалистами Института водных проблем РАН [*Болгов, Коробкина,* 2013], Института географии РАН [*Котляков и др.,* 2012], Московского государственного университета [*Алексеевский и др.,* 2014], Южного научного центра РАН [*Матишов, Клещенков,* 2012]. Паводковый режим рек Северо-Западного Кавказа обусловлен физико-географическими условиями региона: отсутствием оледенения, значительного снежного покрова вкупе с особенностями орографии и выпадением ливневых осадков. Малые, а порой и пересыхающие в меженный период, реки за несколько дождливых часов превращаются в бурные потоки, сопровождающиеся скачками уровней вод (до 10 м) и затоплением речных долин. За последние 50 лет все районы Краснодарского края, расположенные на территории Северо-Западного Кавказа, подвергались воздействию опасных паводков [*Магрицкий и др.,* 2013]. В рамках работы [*Вишневская и др.,* 2016] был проведен анализ наводнений на Черноморском побережье Северо-Западного Кавказа: рассмотрена повторяемость различных типов наводнений, а также показан небольшой рост частоты опасных паводков со второй половины XX века. Географическая компактность региона обусловливает схожие синоптические условия формирования паводков. Поэтому различия в паводковой опасности разных водосборов определяются, прежде всего, водорегулирующими свойствами конкретных водосборов – особенностями растительного и почвенного покрова, орографии, строения речных бассейнов.

С 2013 г. в Краснодарском крае работает автоматическая система мониторинга паводковой ситуации (АС МПСКК), которая состоит из сети автоматических уровнемеров, фиксирующих наблюдения с дискретностью 10 мин. на реках Западного Кавказа, в том числе 69 уровнемеров установлены на реках Северо-Западного Кавказа[1]. Высокая дискретность наблюдений позволяет фиксировать паводковые случаи, развивавшиеся всего несколько часов на малых реках, которые не охвачены системой Росгидромета. В настоящей статье предпринимается попытка оценить паводковую опасность на реках Северо-Западного Кавказа, полученную с помощью расчетов гипотетических паводков средствами пространственного анализа и сравнить ее с накопленными АС МПСКК наблюдениями уровня вод в 2014–2020 гг.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для оценки паводковой опасности средствами пространственного анализа в качестве материалов использовались:

- данные ЦММ SRTM с разрешением 1 угловая секунда (на широтах Кавказа это около 30 м);
- гидрографические векторные данные Openstreetmap;
- площади лесного покрова в 2014 г.[2]

---

[1] Monitoting. Emercit. URL: www.emercit.com/newmap

[2] Hansen M.C., P.V. Potapov, R. Moore, M. Hancher, S.A. Turubanova, A. Tyukavina, D. Thau, S.V. Stehman, S.J. Goetz, T.R. Loveland, A. Kommareddy, A. Egorov, L. Chini, C.O. Justice, and J.R.G. Townshend. 2013. “High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change.” Science 342 (15 November): 850–53. Data available on-line from:http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest

Для оценки паводковой опасности водосборов предлагается имитировать формирование паводков на всех водосборах Северо-Западного Кавказа при равномерном выпадении экстремальных осадков (почасовых наблюдений в Крымске 6–7 июля 2012 г.). Построение гидрографа на основе выпадающих осадков на крупнейших водосборах региона производилось со следующими условиями:

1) осадки равномерно распределены на всей территории Северо-Западного Кавказа, благодаря этому возможно сравнить именно реакции свойств водосборов на выпадение осадков;

2) эффективные осадки составляли 80 % от выпавших осадков на протяжении всего расчетного времени, при этом уравниваются способности водосборов удерживать выпадающие осадки;

3) осадки моментально формируют поверхностный сток;

4) скорости добегания воды принимались постоянными;

5) не учитывалось влияние на прохождение паводков существующих водохранилищ.

Для расчета скорости добегания для каждой ячейки ЦММ использовались следующие уравнения [*Белоногова и др.,* 2016]:

$$v = a \cdot Q_{1\%}^{0.25} i_{\text{ср}}^{0.33};$$

$$a = 0.15\left(\frac{1}{20n}\right)^{0.75},$$

где v – скорость добегания в ячейке; a – гидравлический параметр, характеризующий шероховатость русла водотока в ячейке; $Q_{1\%}$ – расход 1 % обеспеченности, м^3/с; $i_{\text{ср}}$ – средневзвешенный уклон, ‰; n – коэффициент шероховатости по шкале Срибного, который зависит от типа растительности.

Так как водосбор большинства ячеек имеет площадь менее 200 км^2, то для определения $Q_{1\%}$ использовалось следующее уравнение [*Белоногова и др.,* 2016]:

$$Q_{1\%} = q'_{1\%}\varphi H_{1\%}\delta A,$$

где $q'_{1\%}$ – относительный модуль максимального срочного расхода воды ежегодной вероятности превышения P = 1 %, представляющий отношение:

$$q'_{1\%} = q_{1\%}/\varphi H_{1\%};$$

$$q_{1\%} = \frac{B}{\sqrt{A}};$$

$$Q_{1\%} = B\delta\sqrt{A};$$

$$\delta = 1/(1 + C_0 A_{\text{оз}}),$$

где $q_{1\%}$ – модуль максимального срочного расхода воды реки расчетной вероятности превышения 1%, м^3/(с·км^2); B – географический параметр, для данного региона принимается за 60; A – площадь водосбора ячейки; δ – коэффициент, учитывающий снижение максимальных расходов воды в залесенных бассейнах (бассейны рек Северо-Западного Кавказа считаем залесенными); C_0 – коэффициент, принимаемый для лесной зоны 0,2; $A_{\text{оз}}$ – коэффициент озерности водосбора.

Исходя из представленных уравнений, для расчета скорости добегания были построены растры распределения по ячейкам ЦММ n (параметра шероховатости поверхности по типам: лес, луга, русла рек с коэффициентами шероховатости по И.Ф. Карасеву и М.Ф. Срибному), $A_{оз}$ (коэффициент озерности водосбора ячейки), $i_{ср}$ (средневзвешенного уклона ячейки), А (площади водосбора ячейки). Стоит отметить, что использовались коэффициенты для лесной зоны, поскольку рассматриваемые водосборы сильно залесены: только 9 из 69 водосборов имеют залесенность менее 50 % площади (водосборы АГК на р. Анапка преимущественно заняты сельскохозяйственными угодьями, а в Новороссийске и в Кабардинке – урбанизированы), еще 9 водосборов в западной части региона обладают залесенностью 50–75 %, еще 17 – 75–90 % и оставшиеся 34 водосбора в центральной и восточной части залесены более, чем на 90 %. Распределение АГК АС МПСКК, средняя залесенность и средний уклон водосборов представлены на рисунке 1.

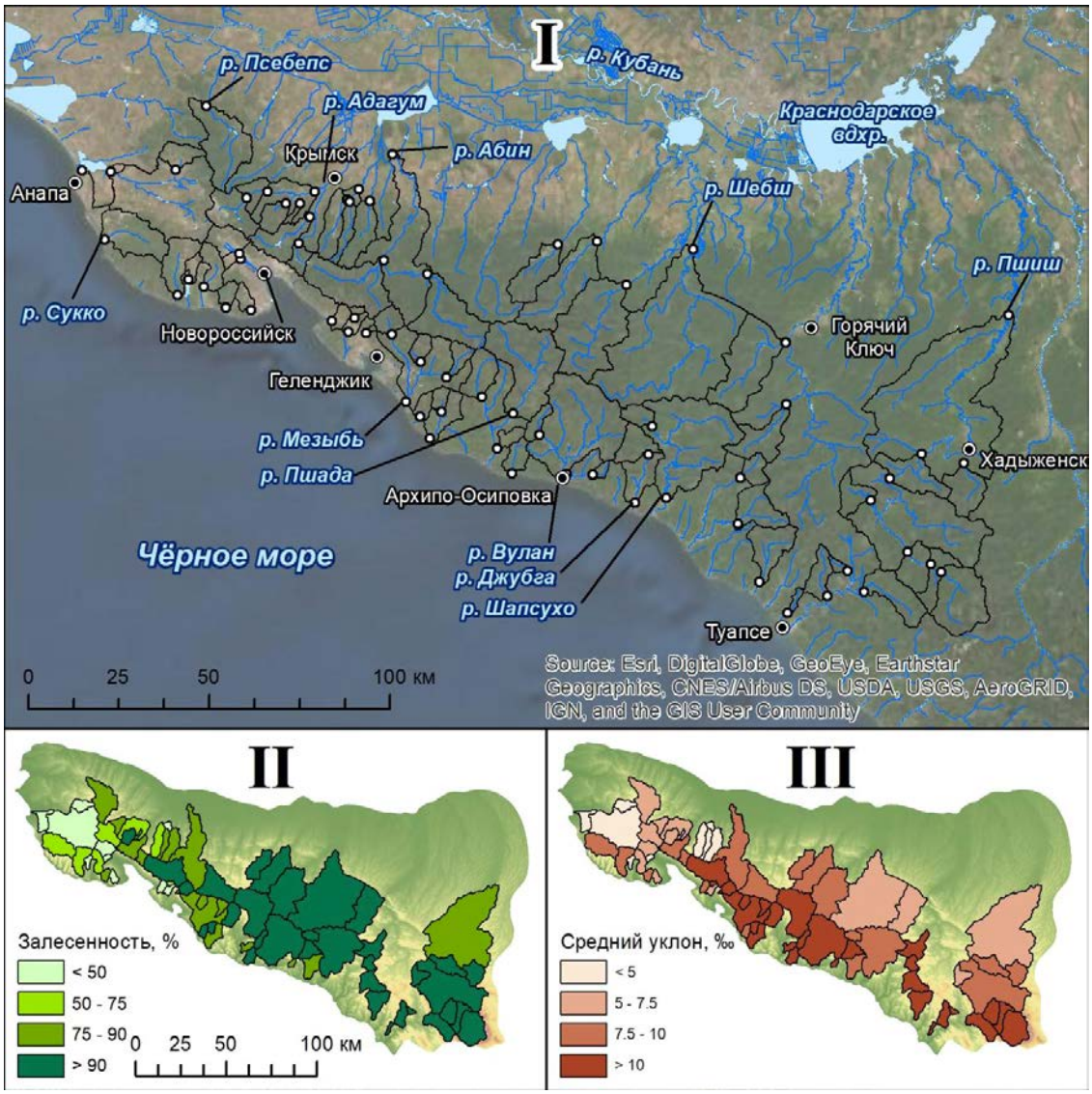

Рис. 1. Водосборы АГК АС МПСКК на реках Северо-Западного Кавказа (I), распределение водосборов по залесенности (II), распределение водосборов по среднему уклону (III)

Fig. 1. Automatic gauge catchments on the Northwestern Caucasus rivers (I), catchments distribution by forestry (II), catchments distribution by average slope (III)

По скоростям добегания и цифровым моделям местности (ЦММ) были рассчитаны гистограммы распределения площадей на водосборе по времени добегания с них стока до замыкающих створов, соответствующих АГК АС МПСКК. На основе гистограмм были рассчитаны гидрографы по часовым осадкам в Крымске 6–7 июля 2012 г. (всего 48 часов). Полученные гидрографы показывают, насколько по-разному на экстремальные осадки реагируют выбранные водосборы рек Северо-Западного Кавказа согласно использованных в расчетах уравнений.

Обработка наблюдений уровня на АГК в 2014–2020 гг.

Для сопоставления оценок реакции водосборов АГК АС МПСКК на экстремальные осадки с происходившими в 2014–2020 гг. паводками, проводился анализ наблюдений уровня на 69 уровнемерах (АГК) АС МПСКК в 2014–2020 гг. (рис. 1). Ход уровней содержит достаточно много артефактов – различного рода скачков уровня, не обусловленных гидрологическими причинами. Они связаны с техническими особенностями сбора наблюдений – регистрацией отраженного от поверхности сигнала – в случае, когда сигнал попадает на неводную поверхность, например, на листву пойменных растений в местах установки уровнемера, на человека или животных, тогда и регистрируется необоснованный скачок уровня. Кроме этого, в архивах наблюдений встречаются сдвиги, обусловленные перемещением подвеса уровнемера или смещением нуля измерений, а также пропуски, когда уровнемер не работал.

Для корректировки этих ошибок и артефактов для каждого архива наблюдений было проведено следующее:

- заполнение пропусков без наблюдений для приведения наблюдений всех уровнемеров к единой временной шкале;
- приведение рядов наблюдений к единому нулю измерений для каждого уровнемера;
- отбраковка необоснованных выбросов значений (скачки более, чем на 0,5 м, за 1 временной шаг – 10 мин.);
- ранжирование уровенного ряда на периоды роста, падения, стагнации уровня.

Для выделения периодов мы на основе отсеянных данных построили ряды уровня, сглаженные в течение часа. По сглаженным рядам мы выделили периоды роста (34 778 периодов), стагнации (70 135 периодов), падения (39 485 периодов) и пропусков (42 032 периода). Мы принимаем паводковыми ситуациями скачки уровня более, чем на 20 см, продолжительностью более 1 часа, сменяющиеся падением, продолжающимся более 1 часа на более 20 см на основе сглаженного хода. Тогда периодов роста осталось 7839. Далее отсеивались такие периоды, когда во время роста и сопряженного с ним падения есть шаги, составляющие более половины кумулятивного за период роста или падения. Из оставшихся 6089 периодов мы выбрали такие, которые сопровождались осадками более 1 мм в сутки за эти и предыдущие сутки, согласно данным реанализа ERA5-Land[1] по осадкам. Осталось 4110 периодов роста, которые были распределены по отдельным АГК и ранжированы по максимальному подъему уровня.

[1] Muñoz Sabater J., (2019): ERA5-Land hourly data from 1981 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). (Accessed on 25-Oct-2021), https://doi.org/10.24381/cds.e2161bac

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате расчета гидрографов АГК АС МПСКК при равномерном выпадении экстремальных осадков 6–7 июля 2012 г. в Крымске были получены данные максимального расхода и время наступления максимального расхода как свойства паводкового стока, которые иллюстрируют наибольшую опасность паводков. На рисунке 2 представлено распределение водосборов АГК по максимальным расходам, модулю стока, отношению максимального расхода к среднему за паводок и временной лаг между пиками осадков и расходов. Из представленного можно заключить, что максимальные расходы формируются в наибольших по площади водосборах, однако модуль стока и отношение максимального расхода к среднему паводочному стоку, наоборот, наблюдается в самых малых водосборах, преимущественно южного макросклона. То же и с временем пика паводка – чем меньше водосбор, тем быстрее наступает пик. Для паводковой опасности важно 2 фактора: интенсивность паводка, т.е. формирование таких расходов, при которых вода в русле выходит из берегов и затапливает освоенную хозяйственной деятельностью пойму; и время наступления пика паводка, которое определяет условия для организации эвакуации населения. Представленные на рисунке 2 расходы дают основание предположить, что опасность представляют средние водосборы (площадью от 100 до 300 км^2), в которых в нашем случае формируются расходы уже более 500 м^3/с и разница между пиками осадков и паводка еще не превышает 6 ч. К таким относятся водосборы западной части региона (рр. Анапка, Сукко, Псебепс, Адагум), а также южного макросклона (Мезыбь, Вулан, Джубга). Более обширные водосборы, конечно, отличаются расходами больше 1500 м^3/с, однако они наступают уже позже 8 ч.

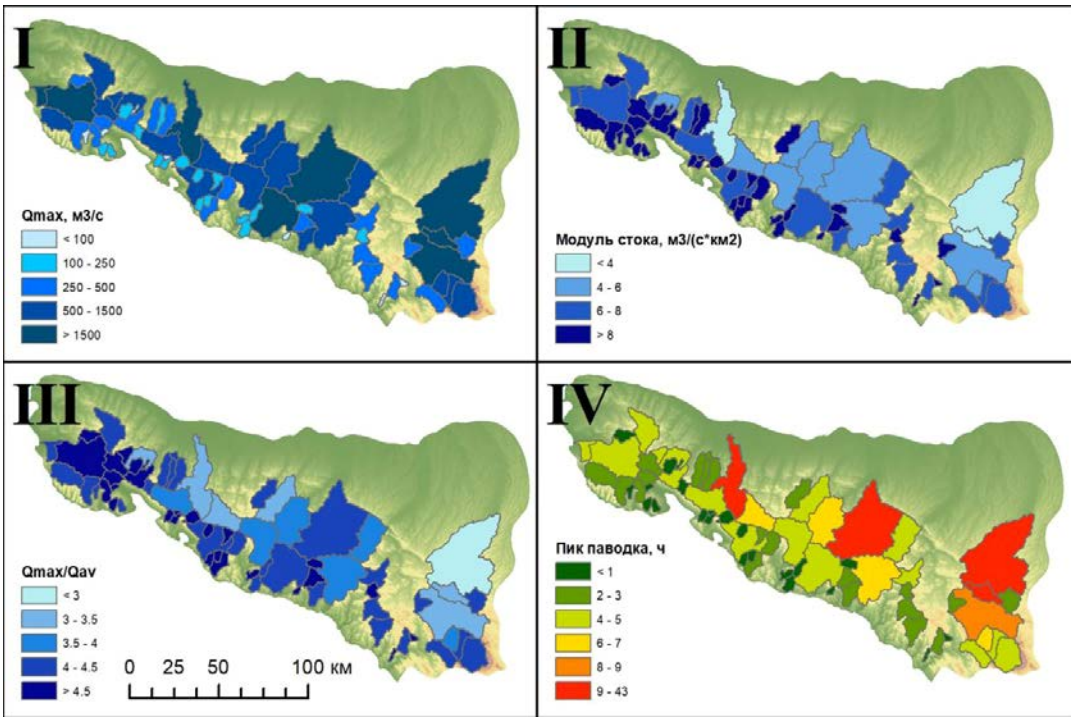

*Рис. 2. Распределение водосборов АГК по рассчитанному максимальному расходу, м^3/с (I); модулю стока, л/(с*км^2) (II); отношению максимального расхода к среднему (III); временной лаг между пиками осадков и паводка, ч (IV)*

*Fig. 2. Distribution of automatic gauge catchments by calculated max discharge, m^3/sec (I); riverflow per area, l/(sec*km^2) (II); max discharge/average discharge (III); time lag between max discharge and max precipitation, hour (IV)*

Наблюдение уровней АГК

Рассмотрим, насколько расчетные паводочные расходы отражаются в скачках уровня АГК АС МПСКК в 2014–2020 гг. По результатам оценки наблюдений было зафиксировано 4110 периодов роста уровня, сопровождаемого интенсивными осадками, мы считаем их паводочными случаями. На рисунке 3 представлено распределение водосборов по количеству паводочных случаев по максимальным уровням – 0,5 м, 1,0 м, 2,0 м и более 2,0 м. Кроме того, показано общее количество паводочных случаев и рассчитанные в предыдущем разделе максимальные расходы.

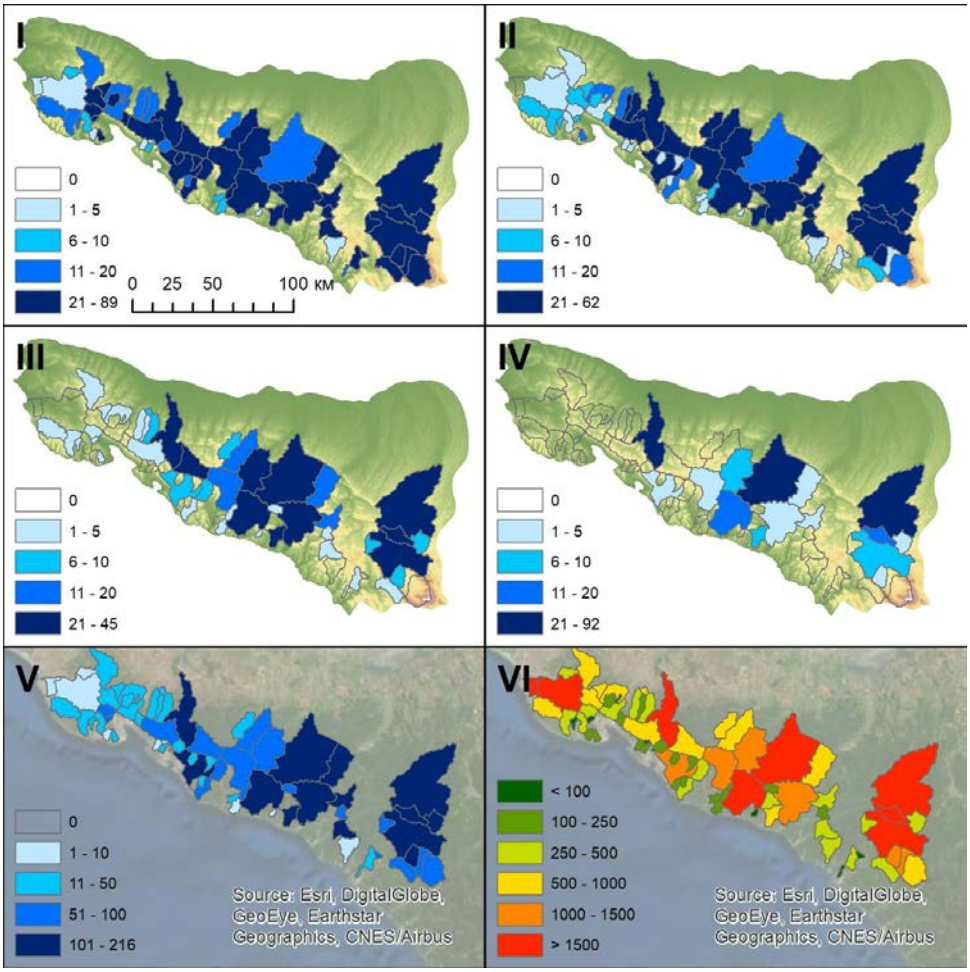

Рис. 3. Распределение водосборов АГК по числу паводковых случаев с максимальным подъемом уровня воды до 0,5 м (I), до 1,0 м (II), до 2,0 м (III), выше 2,0 м (IV), по общему числу паводковых случаев (V) и по максимальному расходу, м^3/с (VI – соответствует I рисунка 2)

Fig. 3. Distribution of automatic gauge catchments by number of flood event max level to 0.5 m (I); to 1.0 m (II); to 2.0 m (III); more 2.0 m (IV); total flood events (V) and max discharge, m^3/sec (VI – equal to part I of fig. 2)

Часть АГК за 2014–2020 гг. не показали паводочных случаев, они имеют небольшую площадь водосборов. Малое количество паводков зафиксировано на АГК в западной части рассматриваемой области – между Анапой и Новороссийском на черноморской стороне и западнее Крымска на северной. Наибольшее количество случаев с подъемами уровня более 2,0 м наблюдались в регионе восточнее Геленджика, в особенности на северных водосборах

рек Абин (49), Шебш (61) и Пшиш (92). На южной стороне более 10 случаев высокого уровня зафиксировано на р. Вулан (15) в Архипо-Осиповке, 6 на р. Джубга и до 5 на рр. Шапсухо (3), Пшаде (1) и Мезыби (1). Таким образом, масштаб и количество паводковых подъемов уровня вод в 2014–2020 гг. на северных водосборах (левые притоки р. Кубань) возрастает с запада на восток и в соответствии с ростом площади водосбора. На южных водосборах тенденция похожая, но вследствие меньших водосборов, выражена слабее. В целом, в сравнении с паводковой опасностью по расчетным гидрографам, наблюдается пониженное число паводковых случаев на реках западной части региона.

Отсутствие или минимальное число подъемов уровня более 1 метра на ряде водосборов может объясняться характером осадков в рассматриваемый период. На рисунке 4 представлены максимальные суточные осадки, отношение максимальных часовых осадков к суточным и даты максимальных суточных осадков на водосборах для 2012–2020 гг. по данным реанализа ERA5-Land[1]. Четко прослеживается группировка водосборов по датам максимальных осадков, причем в западной части региона это 6 июля 2012 г., т.е. с того времени до 2020 г. не зафиксировано обильных осадков. Кроме того, наблюдается закономерность снижения максимальных суточных осадков с востока на запад, с более 350 мм/сутки до менее 100 (за исключением рек водосбора р. Адагума и Цемеса – городов Крымск и Новороссийск соответственно). Хотя при этом отношение максимальных часовых осадков к суточным, наоборот, с востока на запад возрастает, т.е. в западной части региона максимальные суточные осадки формируются кратковременными интенсивными осадками (до 5 часов), в то время как в восточной части интенсивные осадки имеют гораздо большую продолжительность.

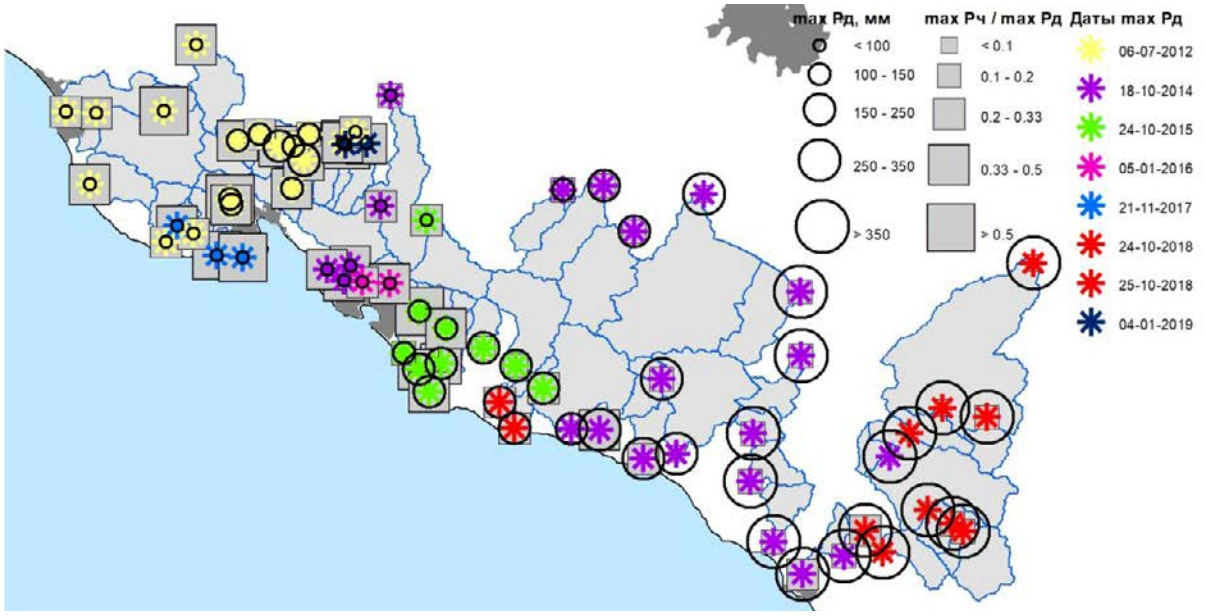

Рис. 4. Распределение по водосборам АГК АС МПСКК максимальных суточных осадков, отношения максимальных часовых осадков к суточным и дат максимальных суточных осадков

Fig. 4. Distribution by gauge catchments of maximum day precipitation, maximum hour precipitation divided by maximum day precipitation and dates of maximum day precipitation

[1] Muñoz Sabater J., (2019): ERA5-Land hourly data from 1981 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). (Accessed on 25-Oct-2021), https://doi.org/10.24381/cds.e2161bac.

ВЫВОДЫ

Рассчитанные расходы и наблюдения уровня АГК в 2014–2020 гг. показывают, что наибольшие расходы и высокие и частые паводочные уровни наблюдаются на реках северного макросклона Кавказского водораздела – рр. Абин, Шебш и Пшиш.

Масштаб и количество паводковых подъемов уровня в 2014–2020 гг. на северных водосборах (левые притоки р. Кубань) возрастает с запада на восток и в соответствии с ростом площади водосбора. На южных водосборах тенденция похожая, но вследствие меньших водосборов, в целом, менее выражена.

Наибольшее значение отношения максимального расхода к общему стоку наблюдается в самых малых водосборах, то есть на них происходят внезапные паводки, однако, ввиду малой площади водосбора, эти паводки не формируют опасных паводочных уровней.

По частоте и масштабу паводковых случаев на Северо-Западном Кавказе на южном макросклоне выделяются рр. Мезыбь, Вулан, Пшада, Шапсухо и Джубга, однако они уступают водосборам северного макросклона.

Распределение осадков в 2012–2020 гг. обусловило пониженное число паводковых случаев на водосборах западной части региона.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке РФФИ, грант № 19-35-60028 и в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН, № 122013100131-9.

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was funded by the Russian Foundation of Basic Research, grant No. 19-35-60028 and as part of the implementation the state assignment research of SSC RAS, project No. 122013100131-9.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеевский Н.И., Крыленко И.Н., Беликов В.В., Кочетков В.В., Норин С.В.* Численное гидродинамическое моделирование наводнения в г. Крымске 6–7 июля 2012 г. Гидротехническое строительство. 2014. № 3. С. 29–35.
2. *Алексеевский Н.И., Магрицкий Д.В., Колтерманн П.К., Торопов П.А., Школьный Д.И., Белякова П.А.* Наводнения на черноморском побережье Краснодарского края. Водные ресурсы. 2016. Т. 43. № 1. С. 1–14. DOI: 10.7868/S032105961601003X.
3. *Белоногова Н.А., Виноградов А.Ю., Коротыгина У.Е., Кузьмин Н.А., Минаев А.Н., Мотовилов Б.П., Никитина И.С., Салминен Э.О.* О времени добегания и гидроморфометрических характеристиках при расчетах ливневых паводков на малых неизученных реках. Региональная экология. 2016. № 40. С. 68–80.
4. *Болгов М.В., Коробкина Е.А.* Реконструкция дождевого паводка на реке Адагум на основе математических моделей формирования стока. Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2013. № 3. С. 87–102.
5. *Вишневская И.А., Десинов Л.В., Долгов С.В., Коронкевич Н.И., Шапоренко С.И., Киреева М.Б., Фролова Н.Л., Рец Е.П., Голубчиков С.Н.* Географо-гидрологическая оценка наводнений в российском Причерноморье. Известия Российской академии наук. Серия географическая. 2016. № 1. С. 131–146. DOI: 10.15356/0373-2444-2016-1-131-146.
6. *Воробьев Ю.Л., Акимов В.А., Соколов Ю.И.* Катастрофические наводнения начала XXI века: уроки и выводы. М.: ДЭКС-Пресс, 2003. 352 с.
7. *Георгиевский В.Ю., Ткаченко Ю.Ю.* Катастрофический паводок в бассейне р. Адагум 6–7 июля 2012 г. и его причины. 2012. С. 42. http://meteoweb.ru/biblio/27.pdf.

8. *Котляков В.М., Десинов Л.В., Долгов С.В., Коронкевич Н.И., Лихачева Е.А., Маккавеев А.Н., Медведев А.А., Рудаков В.А.* Наводнение 6–7 июля 2012 года в городе Крымске. Известия РАН. Серия географическая. 2012. № 6. С. 80–88. DOI: 10.15356/0373-2444-2012-6-80-88.
9. *Магрицкий Д.В., Самохин М.А., Юмина Н.М.* Наводнения в Краснодарском крае и республике Адыгея. Наука. Техника. Технология. 2013. № 4. С. 44–63.
10. *Матишов Г.Г., Клещенков А.В.* Кубанский паводковый кризис. Климат, геоморфология, прогноз. Крымск, июль 2012 г. Ростов-на-Дону: Изд. ЮНЦ РАН, 2012. 128 с.
11. *Панов В.Д., Базелюк А.А., Лурье П.М.* Реки Черноморского побережья Кавказа: гидрография и режим стока. Ростов на-Дону: Донской изд. дом, 2012. 607 с.

REFERENCES

1. *Alekseevskii N.I., Krylenko I.N., Belikov V.V., Kochetkov V.V., Norin S.V.* Numerial hydrodynamic modeling of inundation in Krymsk on 6–7 July 2012. Power Technology and Engineering. 2014. No. 3. P. 179–186. DOI: 10.1007/s10749-014-0505-y (in Russian).
2. *Alekseevskii N.I., Magritskii D.V., Koltermann P.K., Toropov P.A., Shkol'nyi D.I., Belyakova P.A.* Inundatios on the Black Sea coast of Krasnodar krai. Water Resources. 2016. No. 43. P. 1–14. DOI: 10.1134/S0097807816010036 (in Russian).
3. *Belonogova N.A., Vinogradov A.Yu., Korotygina U.E., Kuzmin N.A., Minaev A.N., Motovilov B.P., Nikitina I.S., Salminen E.O.* About travel time and hydromorphometric characteristics in the calculation of flash floods on small unexplored rivers. Regional'naya ecologia. 2016. No. 40. P. 68–80 (in Russian).
4. *Bolgov M.V., Korobkina E.A.* Reconstruction of rain food at the Adagum River on the basis of mathematical models for discharge formation. Vodnoe khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravlenie. 2013. No 3. P. 87–102 (in Russian).
5. *Georgievsky V.Yu., Tkachenko Yu.Yu.* Catastrophic food in the Adagum River basin on July 6–7, 2012 and its causes. 2012. 42 p. Available at: http://meteoweb.ru/biblio/27.pdf (accessed 21 October 2020) (in Russian).
6. *Kotlyakov V.M., Desinov L.V., Dolgov S.V., Koronkevich N.I., Likhacheva E.A., Makkaveev A.N., Medvedev A.A., Rudakov V.A.* Flash Flood in Krymsk, July 6–7, 2012. Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya. 2012. No. 6. P. 80–88. DOI: 10.15356/0373-2444-2012-6-80-88 (in Russian).
7. *Magritsky D.V., Samokhin M.A., Yumina N.M.* Inundations in the Krasnodar Region and the Republic of Adygeya. Science. Engineering. Technology (polytechnical bulletin). 2013. No. 4. P. 44–63 (in Russian).
8. *Matishov G.G., Kleshchenkov A.V.* Kuban food crisis. Climate, geomorphology, forecast. Krymsk, July 2012. Rostov-on-Don: Southern Scientifc Centre of the Russian Academy of Sciences Publishers, 2012. 128 p. (in Russian).
9. *Panov V.D., Bazelyuk A.A., Lurye P.M.* Rivers of Black Sea Coast of Caucasus: hydrography and runoff regime. Rostov-on-Don: Donskoy izdatelsky dom, 2012. 607 p. (in Russian).
10. *Vishnevskaya I.A., Desinov L.V., Dolgov S.V., Koronkevich N.I., Shaporenko S.I., Kireeva M.B., Frolova N.L., Rets E.P., Golubchikov S.N.* Geographical and hydrological assessment of foods in the Russian Black Sea Region. Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geografcheskaya. 2016. No. 1. P. 131–146. DOI: 10.15356/0373-2444-2016-1-131–146 (in Russian).
11. *Vorob'ev Yu.L., Akimov V.A., Sokolov Yu.I.* Disastrous foods of the beginning of the XXI century: lessons and conclusions. Moscow: DEKS-PRESS, 2003. 352 p. (in Russian).