

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК КАТАСТРОФИЧЕСКИХ ПАВОДКОВ В БАССЕЙНАХ РЕК ЧЕРНОМОРСКОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КРАСНОДАРСКОГО КРАЯ В УСЛОВИЯХ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

А.Д. Колупаева¹, О.М. Макарьева^{1,2}, Н.В. Нестерова^{1,4}, Т.А. Виноградова^{1,3}

¹Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

²Институт мерзлотоведения им. М.П.Мельникова Сибирского отделения РАН, Якутск, Россия

³ООО «НПО «Гидротехпроект»», Санкт-Петербург, Россия

⁴Государственный гидрологический институт, Санкт-Петербург, Россия

METHODS OF CALCULATION CHARACTERISTICS OF CATASTROPHIC FLOODS IN THE BASINS OF THE BLACK SEA COAST OF KRASNODAR REGION IN THE CONTEXT OF NONSTATIONARITY OF THE ENVIRONMENT

A.D. Kolupaeva¹, O.M. Makarieva^{1,2}, N.V. Nesterova^{1,4}, T.A. Vinogradona^{1,3}

¹Saint-Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

²Melnikov Permafrost Institute, Yakutsk, Russia

³“Gidrotehproekt” LLC, St. Petersburg, Russia

⁴Russia State Hydrological Institute, St. Petersburg, Russia

Рассматриваются проблемы расчета гидрологических характеристик катастрофических паводков на реках Черноморского побережья России. Предложен метод математического детерминированного моделирования в качестве альтернативы стандартным методам расчета в условиях нестационарности окружающей среды.

This paper addresses the use of deterministic mathematical modeling as an alternative to standard methods for calculating the hydrological characteristics of the maximum flow of small rivers under conditions of non-stationary environmental conditions.

Проблема катастрофических паводков является наиболее серьезной для территории Черноморского побережья Кавказа. Малые площади водосборов, особые факторы формирования стока, выпадение осадков высокой интенсивности в совокупности приводят к стремительному подъему и спаду уровня воды, многократному увеличению расходов [1]. Также стоит отметить, что авторы [2] утверждают, что основным фактором выпадения экстремальных осадков на территории Черноморского побережья является увеличение температуры воды в море на 2 градуса за последние 30 лет. На фоне с быстрыми темпами развития региона и сосредоточением населения вблизи русел рек необходимо выполнять точные расчеты максимальных характеристик стока, что зачастую не может быть достигнуто стандартными методами, которые основаны на статистическом анализе рядов наблюдений. Таким образом, для решения этой проблемы необходимо создавать новые методы расчета. Нами был предложен метод детерминированного математического моделирования, позволяющий достаточно точно определять максимальные характеристики стока как для изученных, так и для неизученных водосборов рассматриваемой территории.

В качестве объекта исследования были выбраны два водосбора – водосбор р. Туапсе и р. Цемесс. За последние 20 лет деятельность этих рек на фоне с мощными осадками не только нанесла серьезный материальный ущерб районным центрам, но и унесла десятки человеческих жизней.

Для моделирования максимальных характеристик стока была использована уже зарекомендовавшая себя как инструмент точного расчета суточных расходов воды модель «Гидрограф», учитывающая весь путь формирования стока от выпадения осадков, до стекания воды в замыкающем створе. Для расчета срочных расходов на часовом интервале было предложено использовать плювиографические данные об осадках на близ расположенных метеорологических станциях. Данные плювиографов предварительно были оцифрованы и осреднены до часового интервала.

Для достижения поставленной цели было решено промоделировать выдающиеся паводки, вызванные ливнями экстремальной интенсивности: на реке Туапсе – 1991г., на р. Цемесс – 1988.

Расчет максимальных характеристик для водосбора реки Туапсе (учет сумм осадков со всех близко расположенных точек наблюдения).

Для расчета исторического паводка 1 августа 1991 года были задействованы данные pluвиографов по двум метеостанциям «Горный» и «Туапсе». Общее количество осадков по данным pluвиографов составило 148,1 и 65 мм для метеостанции «Горный» и «Туапсе» соответственно. Максимальные, средние и минимальные значения интенсивности составляют соответственно 1,47, 0,62 и 0,17 мм/мин. Среднесуточный и срочный расходы воды в период прохождения паводка были оценены как 635 и 2 300 м³/с [3].

Результатами моделирования паводка являются: суточный слой осадков, равный 155 мм, что практически совпадает с наблюдаемым суточным слоем стока 156 мм; максимальный 1-часовой расход равный 890 м³/с, суточный 182 м³/с и слой стока за сутки – 45 мм. Как видно, рассчитанные характеристики в 3 раза ниже наблюдаемых. Результаты моделирования показали, что после длительного бездождевого периода траты влаги на насыщение почвы составили 82 мм, суммарные потери на испарение – 7 мм, а приток в подземные стоковые элементы – 18 мм. Таким образом, мы получили, что для формирования столь мощного паводка количество осадков должно быть в два раза больше. В [4] авторы сообщают, что основной объем паводка был сформирован левыми притоками р. Туапсе – р. Пшенахо и р. Малое Псеушко, а также приводят суммы осадков 1 августа для метеорологического поста «Татьяновка» - 241 мм, и на водомерном посту в с.Горное на р. Пшиш – 302 мм. Поэтому было решено провести еще два дополнительных расчета с использованием данных о количестве осадков на метео- и водомерном посту.

Для второго варианта были использованы данные об осадках на метеорологическом посту Татьянаовка и гидропосту в с.Горное, а для третьего – к сумме осадков по pluвиографам были добавлены осадки на посту Татьянаовка.

В результате было получено, что рассчитанные слои осадков и стока за паводок оставили 242 и 148 мм соответственно, срочный и суточный расходы воды 4200 и 600 м³/с для второго варианта, а для третьего слои осадков и стока – 180 и 62 мм, а срочный и суточный расход – 1680 и 250 м³/с. Результаты расчета представлены на рис. 1.

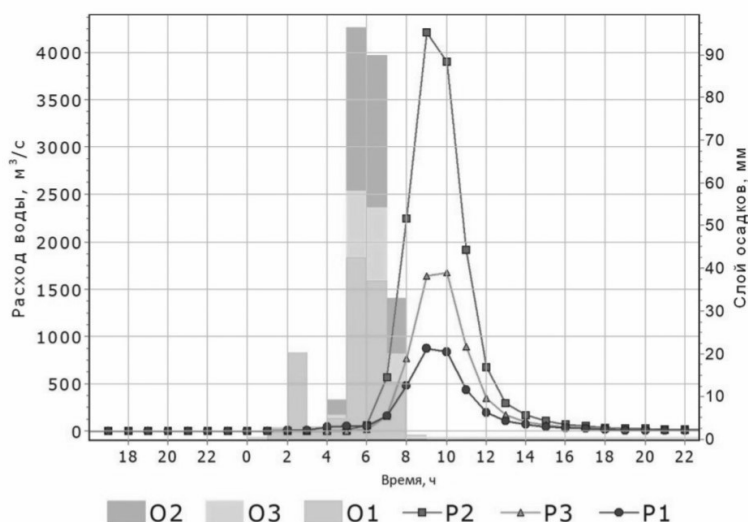


Рис. 1. Результаты моделирования выдающегося паводка 31 июля – 1 августа 1991 года на р. Туапсе; О и Р 1,2,3 – рассчитанные слои осадков и гидрографы паводкового стока соответственно для вариантов расчета 1-3 (расчетный шаг – 1 час).

Расчет максимальных характеристик для водосбора реки Цемесс (учет предпаводочного состояния водосбора).

20 июля 1988 года в бассейне р. Цемесс наблюдались ливни высокой интенсивности. pluвиографами на метеостанции Новороссийск было зафиксировано рекордное количество осадков 179,4 мм за 4 часа 50 минут. Максимальная и средняя интенсивность составили соответственно 2,3 и 0,6 мм/мин. На ряду с высокой интенсивностью фактором формирования

катастрофического паводка явился факт выпадения ливней уже на увлажненную поверхность, о чем свидетельствует выпадение в предшествующие трое суток осадков в общей сумме 97,6 мм.

Результаты моделирования показали, что выпавшие осадки 20 июня не смогли просочиться в почво-грунты из-за того, что за трое суток до формирования паводка количество влаги в бассейне увеличилось более чем на 70 мм, а 20 июня достигло 355 мм, результатом чего стало формирование максимального расхода. Рассчитанный 1-часовой расход воды составил 688 м³/с. Развитие паводка представлено на рис. 2.

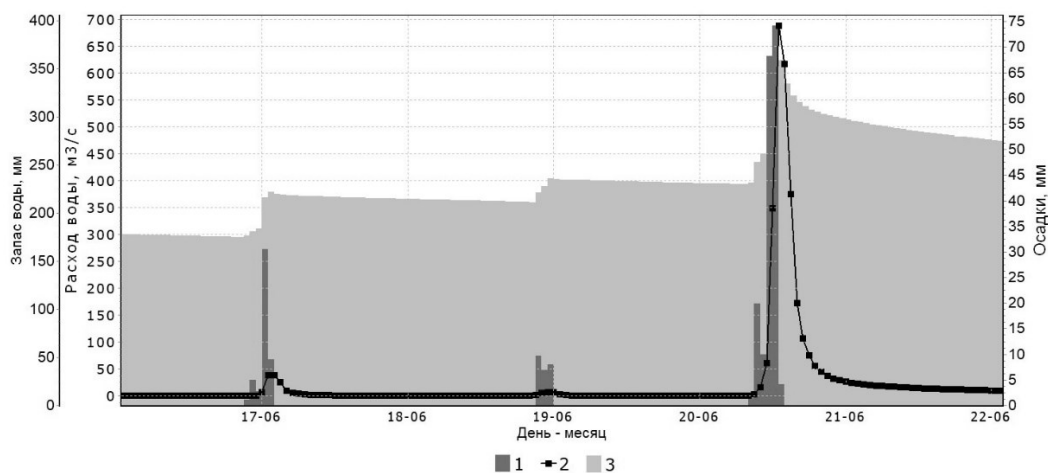


Рис. 2. Развитие паводка 20 июня 1988 года; 1 – осадки, мм, 2 – рассчитанный 1-часовой расход воды, м³/с, 3 – запас воды в бассейне, мм

В итоге работы сделан вывод о возможности расчета максимальных характеристик посредством детерминированного моделирования как для изученных, так и для неизученных водосборов. Но результаты моделирования находятся в прямой зависимости от количества осадкомерных пунктов. Также стоит отметить, что есть возможность предсказания максимальных характеристик на основе предсказанных данных об осадках.

Литература

1. 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. 3–17. <https://doi.org/10.7868/S032105961601003X>.
2. Edmund P. Meredith, Vladimir A. Semenov, Douglas Maraun, Wonsun Park & Alexander V. Chernokulsky «Crucial role of Black Sea warming in amplifying the 2012 Krymsk precipitation extreme» // Nature Geoscience. 2015. V.8, P.615–619.
3. Мельникова Т.Н., 2006. Максимальный сток дождевых паводков рек Северо-Западного Кавказа // Вестник Адыгейского государственного университета, Т. 2. С.237–240.
4. Панов В.Д., Базелюк А.А., Лурье П.М., 2012. Реки Черноморского побережья Кавказа: гидрография и режим стока // Донской издательский дом. Ростов-на-Дону.