

ГИДРАВЛИКА И ИНЖЕНЕРНАЯ ГИДРОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 556.5

doi: 10.31774/2658-7890-2021-3-2-124-133

Изучение гидрологических характеристик реки Темерник по результатам работы системы мониторинга «Эмерсит»

Таисия Сергеевна Пономаренко¹, Анна Викторовна Бреева²

^{1, 2}Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации,
Новочеркасск, Российская Федерация

¹<http://orcid.org/0000-0002-2003-1686>

²<http://orcid.org/0000-0001-5835-1231>

Автор, ответственный за переписку: Анна Викторовна Бреева, rosniipmovpvapk@yandex.ru

Аннотация. Цель: провести анализ работы информационно-аналитической системы мониторинга параметров окружающей среды «Эмерсит-М35», а именно посуточных данных о расходах и уровнях воды с измерительных комплексов № 239 и 241, которые расположены на р. Темерник, а также установить зависимости величин расхода от уровня воды $Q = f(H)$ и произвести расчет коэффициентов стока на основе анализа данных, получаемых с измерительных комплексов системы мониторинга параметров окружающей среды «Эмерсит-М35» на р. Темерник, за весь период ее работы. **Материалы и методы:** нами был проведен анализ посуточных данных о расходах и уровнях воды с измерительных комплексов № 239 и 241, которые расположены на р. Темерник, в т. ч. были построены графики сопоставления расходов и уровней воды, представлены расчетные значения модуля стока за 2018–2020 гг., а также установлены зависимости $Q = f(H)$ за весь период работы исследуемых измерительных комплексов. **Результаты:** нами выявлено, что на измерительном комплексе № 241 наблюдалась синхронность графиков расходов и уровней воды, а степень устойчивости связи $Q = f(H)$ здесь составляла более 80 %, тогда как на измерительном комплексе № 239 связь $Q = f(H)$ отсутствовала. Отмечено, что причиной отсутствия этой связи является местоположение указанного измерительного комплекса, рассматриваемый участок подвержен влиянию р. Дон. **Выводы:** несмотря на выявленный факт, выполненные исследования говорят о возможности применения данных, полученных с измерительных комплексов, для изучения и анализа расходов и уровней воды.

Ключевые слова: измерительный комплекс, уровень воды, расход воды, гидрологические параметры, зависимость, анализ

HYDRAULICS AND ENGINEERING HYDROLOGY

Original article

Study of the hydrological characteristics of the Temernik river based on the results of the Emersit monitoring system

Taisiya S. Ponomarenko¹, Anna V. Breeva²

^{1, 2}Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

¹<http://orcid.org/0000-0002-2003-1686>

²<http://orcid.org/0000-0001-5835-1231>

Corresponding author: Anna V. Breeva, rosniipmovpvapk@yandex.ru



Abstract. Purpose: to analyze the work of the information and analytical system for monitoring environmental parameters “Emersit-M35”, namely, daily data on flows and water levels from measuring complexes no. 239 and 241, located on the Temernik river, as well as to define the dependence of the flow rate on the water level and to calculate the runoff coefficients based on the data analysis obtained from the measuring complexes of Emersit-M35 environmental monitoring system on the Temernik river for the entire period of its work. **Materials and Methods:** the daily data on the flow rates and water levels from the measuring complexes no. 239 and 241, located on the Temernik river were analyzed, including graphs for comparing flow rates and water levels, the calculated values of the runoff module for 2018–2020 were presented, and the dependencies $Q = f(H)$ for the entire operation period of the studied measuring complexes were determined. **Results:** it was found that there was a synchronization of the graphs of the flow rates and water levels on the measuring complex no. 241, and the stability level of the connection $Q = f(H)$ here was more than 80 %, while there was no connection $Q = f(H)$ on the measuring complex no. 239. It is noted that the reason for the absence of this connection is the location of the mentioned measuring complex which is subjected to the influence of the Don river. **Conclusions:** despite the revealed fact, the studies performed indicate the possibility of using the data obtained from the measuring complexes for the study and analysis of flow rates and water levels.

Keywords: measuring complex, water level, water flow rate, hydrological parameters, dependence, analysis

Введение. Измерительный комплекс (ИК) «Эмерсит-М35» [1] предназначен для построения территориально распределенных систем мониторинга состояния защищенности населения и критически важных объектов от угроз природного и техногенного характера, что особенно актуально для малых водотоков, расположенных на урбанизированных территориях [2, 3].

Одной из таких рек является Темерник, более 70 % бассейна которого расположено на территории г. Ростова-на-Дону. Повсеместная застройка территории приводит к изменению морфологических характеристик не только русла, но и всего водосборного бассейна. В частности, из-за асфальтирования территории происходит увеличение коэффициента стока, что приводит к росту максимальных расходов при выпадении большого количества осадков [4, 5].

Так, в июле 2020 г. в Ростове-на-Дону сильнейший ливень вызвал затопление нескольких районов города, в т. ч. объектов инфраструктуры [6]. В связи с этим возникает потребность в использовании современных измерительных средств для прогноза негативных природных явлений, даль-

нейшего изучения и анализа установленных параметров окружающей среды, в первую очередь гидрологических (уровни и расходы воды) [7, 8].

Современный ИК «Эмерсит-М35» состоит из комплекта датчиков или измерительных модулей, средств обеспечения электропитания, управляющего контроллера и средств связи для передачи измерительной и тревожной информации в центр мониторинга [1] (рисунок 1).



Рисунок 1 – Измерительный комплекс № 268
(автор фото Д. В. Мартынов)

В бассейне р. Темерник установлено девять ИК [9], схема расположения и наблюдаемые параметры данных ИК подробно представлены в работах Т. С. Пономаренко, Т. Кошкаровой, Н. В. Осиповой и др. [10–12].

Цель исследования – установление зависимостей $Q = f(H)$ и расчет коэффициентов стока на основе анализа данных, получаемых с ИК системы «Эмерсит-М35» на р. Темерник, за весь период ее работы.

Материалы и методы. Для графического анализа и построения зависимостей использованы посуточные данные о расходах и уровнях воды на ИК 241 и 239 на 0:00 ч в период с 14.02.2018 по 01.10.2020. Данные обо всех измеряемых параметрах находятся в открытом доступе [9] с возмож-

ностью выгрузки в формат Excel. Максимальный период единовременной выгрузки составляет 50 дней. Местоположение исследуемых ИК представлено на рисунке 2.

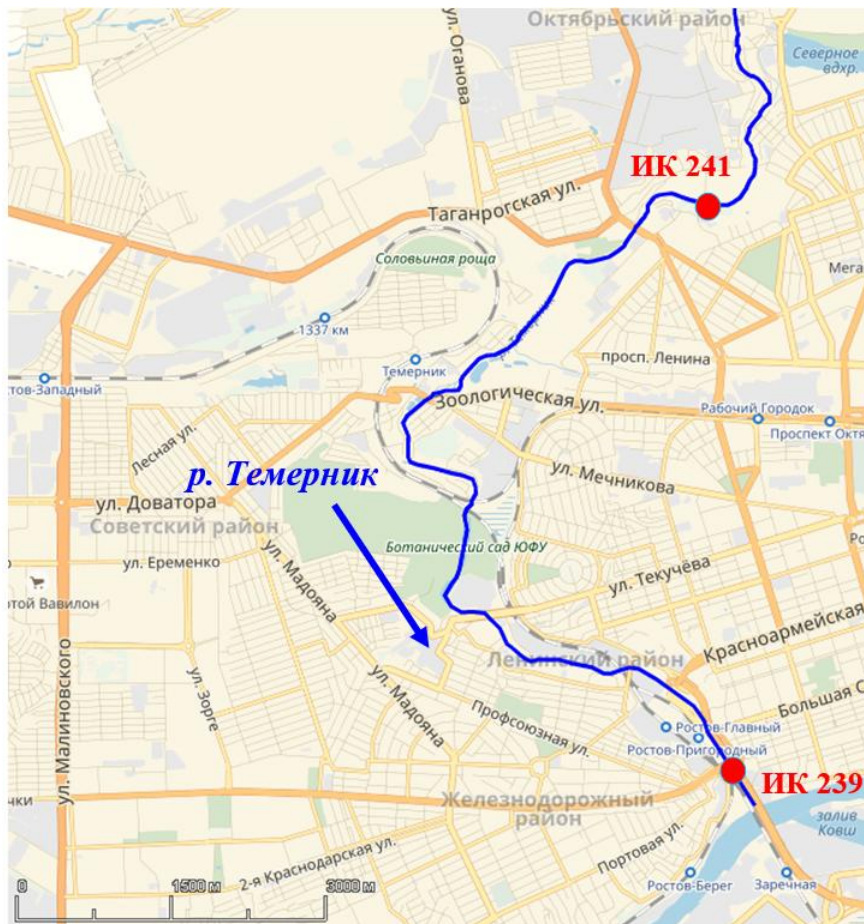


Рисунок 2 – Местоположение исследуемых измерительных комплексов

Результаты и обсуждения. Для анализа синхронности уровней и расходов воды для каждого ИК построены графики сопоставления данных показателей за весь период работы ИК 241 и 239. В створе ИК 241 графики расходов и уровней воды имеют схожую форму и в целом максимальные значения расходов соответствуют максимальным значениям уровней воды (рисунок 3). На устьевом участке на ИК 239 графики уровней и расходов воды совершенно различны. Наивысшие значения уровней воды наблюдаются в период с апреля по июль, при этом в данный период максимальных расходов не зафиксировано (рисунок 4).

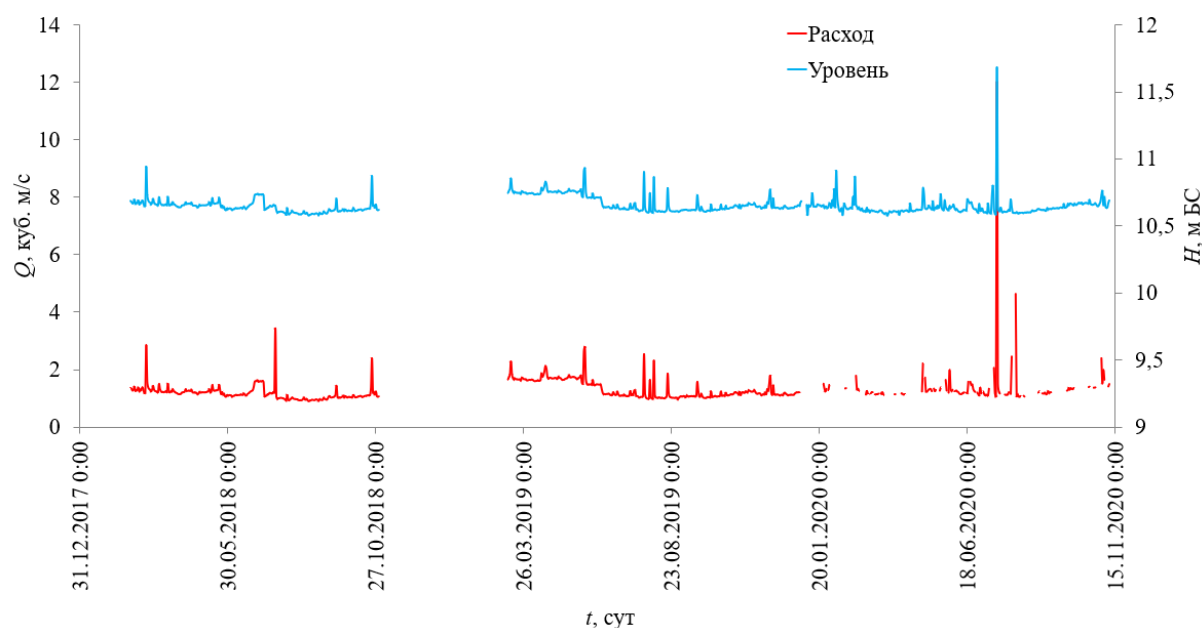


Рисунок 3 – Сопоставление расходов и уровней воды на ИК 241

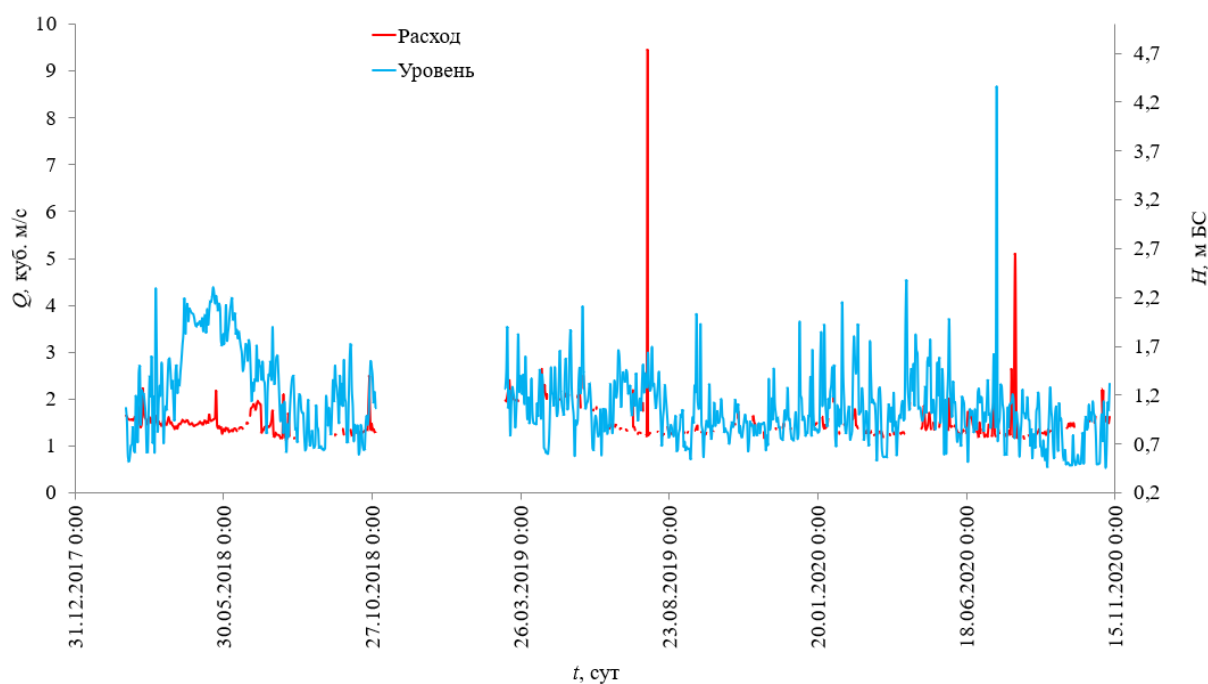


Рисунок 4 – Сопоставление расходов и уровней воды на ИК 239

Наибольшее значение расхода, зафиксированное за весь период наблюдений, составило $8 \text{ м}^3/\text{с}$, при этом уровень воды увеличивался практически на 2 м. Такие показатели наблюдались 17 июля 2020 г. в день сильнейшего ливня, который вызвал частичное затопление различных районов

города. Модуль стока при этом составил 41 л/(с·км²), это значение в 10 раз превысило среднегодовую величину. Расчетное значение модуля стока за каждый месяц по годам представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Среднемесячные значения модуля стока р. Темерник
В л/(с·км²)

Год наблюдения	Месяц											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2018	–	–	4,55	4,14	4,15	4,16	4,17	3,24	3,54	3,88	–	–
2019	–	–	5,82	5,84	5,92	4,39	3,87	3,79	3,69	3,83	4,19	3,93
2020	4,20	4,89	3,95	4,10	4,77	4,30	5,72	4,96	4,19	4,95	–	–

Для данного ИК установлена зависимость $Q = f(H)$ за весь период работы (рисунок 5). Так как для построения зависимости использовались значения на 0 ч 00 мин, на кривой нет максимальных значений, которые есть на графике. Основная задача построения данной кривой – проанализировать степень устойчивости связи $Q = f(H)$, которая согласно данным рисунка 5 составляет более 80 %.

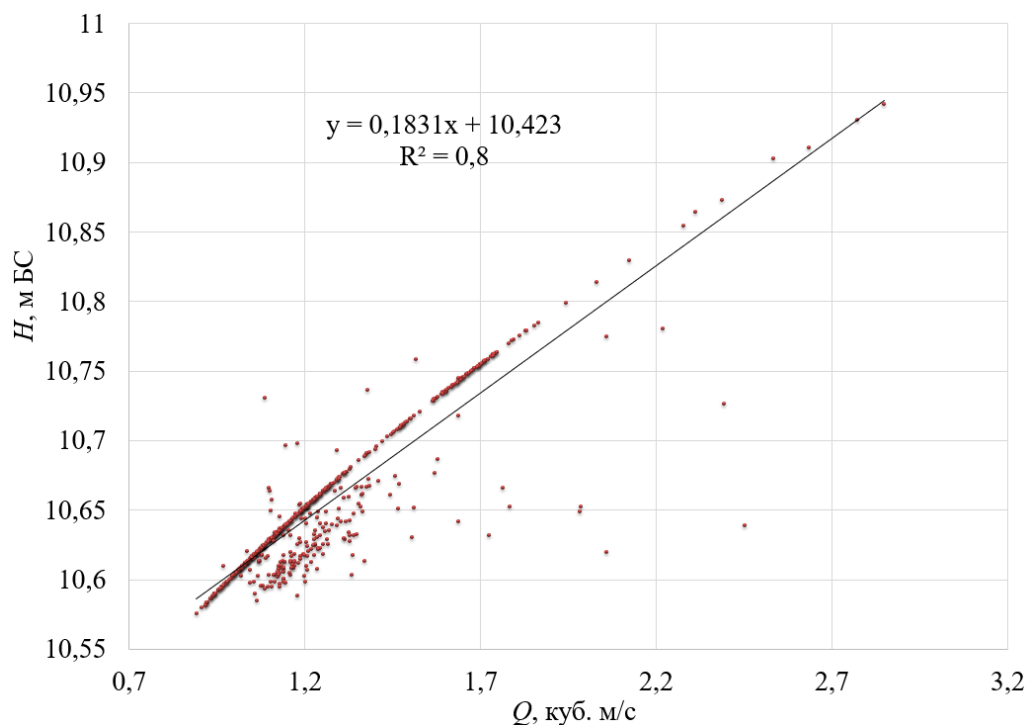


Рисунок 5 – Зависимость $Q = f(H)$ для измерительного комплекса 241

Однако зависимость $Q = f(H)$ для ИК 239 отсутствует (рисунок 6).

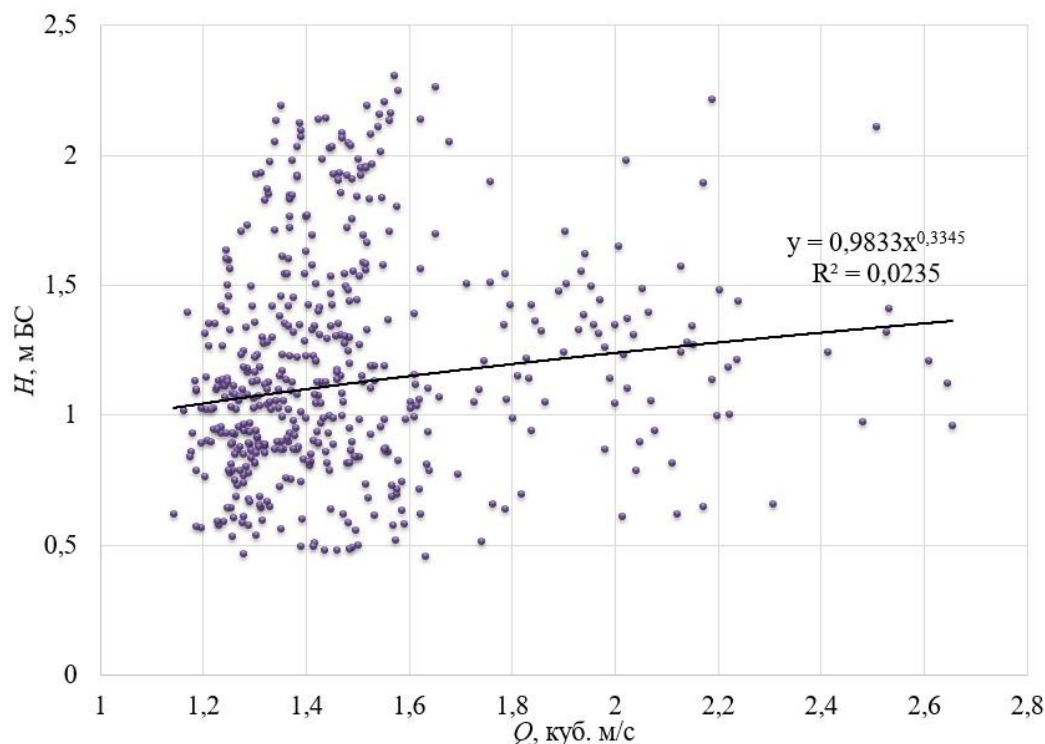


Рисунок 6 – Зависимость $Q = f(H)$ для измерительного комплекса 239

Вероятной причиной такого результата является приустьевое расположение данного участка, который подвержен влиянию р. Дон. Оценить детально не представляется возможным, так как ближайший ИК в русле р. Дон расположен в устье и на него оказывают влияние сгонно-нагонные явления Таганрогского залива. По этой причине модуль стока для ИК 239 не рассчитывался.

Выводы. В результате анализа гидрологических данных выявлено, что устойчивая зависимость $Q = f(H)$ установлена только на ИК 241 (погрешность менее 20 %). Увеличение рядов данных позволит повысить точность кривой для дальнейшего ее применения при вычислении заданных параметров в расчетном створе.

Модуль стока р. Темерник за исследуемый период колеблется от 3,28 до 5,9 л/(с·км²) в зависимости от сезонности.

Выполненные исследования позволяют сделать вывод об эффективности данной системы мониторинга и возможности ее применения

для изучения и анализа таких гидрологических характеристик водного объекта, как расход и уровень воды.

Список источников

1. Измерительный комплекс «Эмерсит М-35» [Электронный ресурс]. URL: <http://emercit.ru/main/production/1.php> (дата обращения: 15.04.2021).
2. Щедрин В. Н. Современное состояние и пути дальнейшего развития мелиорации в России // Проблемы рационального использования природоохозяйственных комплексов засушливых территорий: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф., с. Соленое Займище, 22–23 мая 2015 г. / ФГБОУ ВО «ВолГАУ». Волгоград, 2015. С. 340–352.
3. Environmental safety in the irrigation and watering systems design stage / S. Vasiliev, G. Senchukov, V. Gostishev, T. Ponomarenko // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Scientific Conference “Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development”, 1–5 Oct. 2019. Kislovodsk, Russian Federation, 2019. Vol. 698, iss. 5. 055047. DOI: 10.1088/1757-899X/698/5/055047.
4. Гопченко Е. Д., Овчарук В. А., Шакирзанова Ж. Р. Изменения гидрометеорологических характеристик весеннего половодья на равнинных реках Украины // Украинский гидрометеорологический журнал. 2012. № 10. С. 106–115.
5. Авакян А. Б., Истомина М. Н. Наводнения в мире в последние годы XX в. // Водные ресурсы. 2000. Т. 27, № 5. С. 517–523.
6. Макагон Ю. В., Абросимова Е. Б. Мониторинг экологического состояния р. Темерник в границах микрорайона «Северный» Ростова-на-Дону // Безопасность техногенных и природных систем. 2019. № 3. С. 27–30.
7. Размытый асфальт, затонувшие машины и люди по пояс в воде: показываем последствия потопа в Ростове [Электронный ресурс]. URL: <https://161.ru/text/summer/2020/07/17/69372457/> (дата обращения: 15.04.2021).
8. Пулатов Я. Э. Водосберегающие технологии орошения и эффективность использования воды в сельском хозяйстве // Экология и строительство. 2017. № 4. С. 21–26.
9. Малые реки как наиболее уязвимое звено речной сети / Г. П. Бутаков, А. П. Дедков, А. Н. Кичигин, В. И. Мозжерин, В. Н. Голосов, А. Ю. Сидорчук, А. В. Чернов // Эрозионные и русловые процессы. 1996. Т. 2. С. 56–70.
10. Пономаренко Т. С., Бреева А. В., Ковалев С. В. Анализ работы информационно-аналитической системы мониторинга параметров окружающей среды «Эмерсит» // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2019. № 4(76). С. 160–165.
11. Organization of water accounting and water saving of irrigation water based on world experience in the conditions of changing climate / T. Koshkarova, L. Medvedeva, A. Novikov, L. Voyevodina // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 14 Oct. 2020. Vol. 577, iss. 1. Article number: 012013. DOI: 10.1088/1755-1315/577/1/012013.
12. Осипова Н. В. Оценка характеристик максимального стока весеннего половодья в бассейне р. Дон в нестационарных условиях // Водные ресурсы. 2020. № 6. С. 686–693.

References

1. *Izmeritel'nyy kompleks “Emersit M-35”* [Measuring complex “Emersit M-35”], available: <http://emercit.ru/main/production/1.php> [accessed 15.04.2021]. (In Russian).
2. Shchedrin V.N., 2015. *Sovremennoe sostoyanie i puti dal'neyshego razvitiya melioratsii v Rossii* [Current state and ways of further development of land reclamation in Russia].

Problemy ratsional'nogo ispol'zovaniya prirodokhozyaystvennykh kompleksov zasushlivykh territoriy: sb. nauch. tr. mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Problems of Rational Use of Environmental Complexes in Dry Territories: Proc. of International Scientific Practical Conference]. Volgograd, VolGAU, pp. 340-352. (In Russian).

3. Vasiliev S., Senchukov G., Gostishev V., Ponomarenko T., 2019. Environmental safety in the irrigation and watering systems design stage. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. International Scientific Conference “Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development”, 1-5 Oct. 2019. Kislovodsk, Russian Federation, vol. 698, iss. 5, 055047, DOI: 10.1088/1757-899X/698/5/055047.

4. Gopchenko E.D., Ovcharuk V.A., Shakirzanova Zh.R., 2012. *Izmeneniya gidrometeorologicheskikh kharakteristik vesennego polovod'ya na ravninnykh rekakh Ukrainy* [Changes in the hydrometeorological characteristics of spring floods on the plain rivers of Ukraine]. *Ukrainskiy gidrometeorologicheskii zhurnal* [Ukrainian Hydrometeorological Journal], no. 10, pp. 106-115. (In Russian).

5. Avakyan A.B., Istomina M.N., 2000. *Navodneniya v mire v poslednie gody XX v.* [Floods in the world in the last years of the twentieth century]. *Vodnye resursy* [Water Resources], vol. 27, no. 5, pp. 517-523. (In Russian).

6. Makagon Yu.V., Abrosimova E.B., 2019. *Monitoring ekologicheskogo sostoyaniya r. Temernik v granitsakh mikrorayona “Severnnyy” Rostova-na-Donu* [Monitoring the ecological state of the Temernik river within the boundaries of the Severny microdistrict of Rostov-on-Don]. *Bezopasnost' tekhnogennykh i prirodnnykh sistem* [Safety of Technogenic and Natural Systems], no. 3, pp. 27-30. (In Russian).

7. *Razmytyy asfal't, zatonuvshiye mashiny i lyudi po poyas v vode: pokazyvaem posledstviya potopa v Rostove* [Blurred asphalt, sunken cars and people waist-deep in water: showing the consequences of the flood in Rostov], available: <https://161.ru/text/summer/2020/07/17/69372457/> [accessed 15.04.2021]. (In Russian).

8. Pulatov Ya.E., 2017. *Vodosberegayushchie tekhnologii orosheniya i effektivnost' ispol'zovaniya vody v sel'skom khozyaystve* [Water-saving irrigation technologies and water use efficiency in agriculture]. *Ekologiya i stroitel'stvo* [Ecology and Construction], no. 4, pp. 21-26. (In Russian).

9. Butakov G.P., Dedkov A.P., Kichigin A.N., Mozzherin V.I., Golosov V.N., Sidorchuk A.Yu., Chernov A.V., 1996. *Malye reki kak naibolee uyazvimoe zveno rechnoy seti* [Small rivers as the most vulnerable link in the river network]. *Eroziionnye i ruslovye protsessy* [Erosion and Channel Processes], vol. 2, pp. 56-70. (In Russian).

10. Ponomarenko T.S., Breeva A.V., Kovalev S.V., 2019. *Analiz raboty informatsionno-analiticheskoy sistemy monitoringa parametrov okruzhayushchey sredy “Emersit”* [Analysis of the information-analytical system for monitoring environmental parameters “Emersit”]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshayemogo zemledeliya* [Ways of Increasing the Efficiency of Irrigated Agriculture], no. 4(76), pp. 160-165. (In Russian).

11. Koshkarova T., Medvedeva L., Novikov A., Voyevodina L., 2020. Organization of water accounting and water saving of irrigation water based on world experience in the conditions of changing climate. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 14 Oct., vol. 577, iss. 1, article number: 012013, DOI: 10.1088/1755-1315/577/1/012013.

12. Osipova N.V., 2020. *Otsenka kharakteristik maksimal'nogo stoka vesennego polovod'ya v bassejne r. Don v nestatsionarnykh usloviyakh* [Assessment of the characteristics of the maximum spring flood runoff in the Don river basin under non-stationary conditions]. *Vodnye resursy* [Water Resources], no. 6, pp. 686-693. (In Russian).

Информация об авторах

Т. С. Пономаренко – научный сотрудник, rosniipmovpvapk@yandex.ru

А. В. Бреева – младший научный сотрудник, rosniipmovpvapk@yandex.ru

Information about the authors

T. S. Ponomarenko – Researcher, rosniipmovpvapk@yandex.ru

A. V. Breeva – Junior Researcher, rosniipmovpvapk@yandex.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 13.04.2021; одобрена после рецензирования 03.06.2021; принята к публикации 10.06.2021.

The article was submitted 13.04.2021; approved after reviewing 03.06.2021; accepted for publication 10.06.2021.