

Т. С. Пономаренко, А. В. Бреева

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск,
Российская Федерация

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИСПАРЕНИЯ С ПОВЕРХНОСТИ ВОДОЕМОВ В БАССЕЙНЕ РЕКИ КУНДРЮЧЬЯ

Цель: анализ прогнозных потерь воды на испарение с водной поверхности Соколовского водохранилища и прудов, расположенных на р. Кундрючья, в границах исследуемого участка на территории Российской Федерации от с. Ребриковка до створа Соколовского водохранилища и внутригодового распределения испарения в зависимости от процентной обеспеченности. Была дана оценка возможного влияния количественных показателей испарения на водообеспеченность р. Кундрючья и Соколовского водохранилища. **Материалы и методы:** для расчетов объемов осадков, испарения и безвозвратных потерь с водной поверхности водоемов, расположенных в бассейне р. Кундрючья выше створа Соколовского водохранилища, использовались формулы для среднемноголетних условий, формулы для расчета объемов испарения и безвозвратных потерь при $P = 10, 25, 50$ и 75 % обеспеченности, а также карта изолиний. Используемые формулы и карта изолиний были взяты из учебного пособия Г. В. Железнякова «Гидрология, гидрометрия и регулирование стока». **Результаты:** приведены значения месячного испарения в процентах от годовой суммы, а также слои и объемы испарения для Соколовского водохранилища. Установлено, что доля безвозвратных потерь из Соколовского водохранилища составляет 0,87, остальных водоемов составляет 0,13. Суммы безвозвратных потерь при различной обеспеченности колеблются от 2,64 млн м³ (10 %) до 1,85 млн м³ (75 %). **Выводы.** Результаты исследования послужили основой для принятия решения о ликвидации или дальнейшей эксплуатации имеющихся водоподпорных сооружений. Ввиду невысоких значений безвозвратных потерь из водоемов, которые на количественные показатели стока оказывают незначительное влияние, решение принято в пользу дальнейшей эксплуатации.

Ключевые слова: река Кундрючья; Соколовское водохранилище; испарение; осадки; внутригодовое распределение; безвозвратные потери; водообеспеченность; процентная обеспеченность.

T. S. Ponomarenko, A. V. Breyeva

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk,
Russian Federation

STUDY OF QUANTITATIVE INDICATORS OF EVAPORATION FROM THE SURFACE OF WATER BODIES IN THE KUNDRYUCH'YA RIVER BASIN

Purpose: analysis of predicted water losses for evaporation from the water surface of the Sokolovskiy reservoir and ponds located on the river Kundryuch'ya, within the boundaries of the investigated site on the territory of the Russian Federation from Rebrikovka to the Sokolovskiy reservoir site and the annual distribution of evaporation depending



on the percentage availability. An assessment of the possible impact of quantitative indicators of evaporation on the water supply of the river Kundryuch'ya and Sokolovskiy reservoir was made. **Materials and methods:** for calculating the amount of precipitation, evaporation and irretrievable losses from the water surface of reservoirs located in the basin of the river Kundryuch'ya upstream the Sokolovskiy reservoir section, the formulas for average long-term conditions, formulas for calculating the volumes of evaporation and nonrecoverable losses at $P = 10, 25, 50$ and 75 % of supply, as well as a contour map were used. The formulas used and the contour map were taken from the textbook by G. V. Zheleznyakov "Hydrology, Hydrometry and Flow Regulation". **Results:** the values of monthly evaporation as a percentage of the annual amount, as well as layers and volumes of evaporation for the Sokolovskiy reservoir are given. It has been determined that the share of nonrecoverable losses from the Sokolovskiy reservoir is 0.87, from the rest of the water bodies is 0.13. The amount of nonrecoverable losses at different levels of availability range from 2.64 million m^3 (10 %) to 1.85 million m^3 (75 %). **Conclusions.** The research results served as a basis for making a decision on the liquidation or further operation of the existing water retaining structures. In view of the low values of nonrecoverable losses from water bodies, which have an insignificant effect on the quantitative indicators of runoff, the decision was made in favor of further operation.

Key words: the river Kundryuch'ya; the Sokolovskiy reservoir; evaporation; precipitation; intra-annual distribution; nonrecoverable losses; water availability; percentage security.

Введение. Известно, что при производстве водохозяйственных расчетов одной из существенных составляющих потерь являются потери на испарение с водной поверхности [1]. Особенно это касается малых рек, расположенных в степной зоне [2]. Испарение с поверхности прудов данных рек, в т. ч. зарегулированных бессточными плотинами и превращенных в каскады прудов, повышается по сравнению с естественными условиями [3].

Такие естественные потери уменьшают полезный объем водоемов, что приводит к снижению водообеспеченности участников всего водохозяйственного комплекса, а уменьшение количества воды в руслах рек скорее приводит к заилению и пересыханию [4–6].

Все притоки р. Кундрючья относятся к малым рекам и ручьям. Длина реки составляет 244 км, а общая протяженность притоков достигает 137 км [6].

Район исследования включал в себя часть водосборной площади р. Кундрючья от с. Ребриковка Киселевского сельского поселения Красносулинского района до створа плотины Соколовского водохранилища, а также приточные водотоки, чашу Соколовского водохранилища и существующие 53 ГТС на боковой приточности реки (рисунок 1).

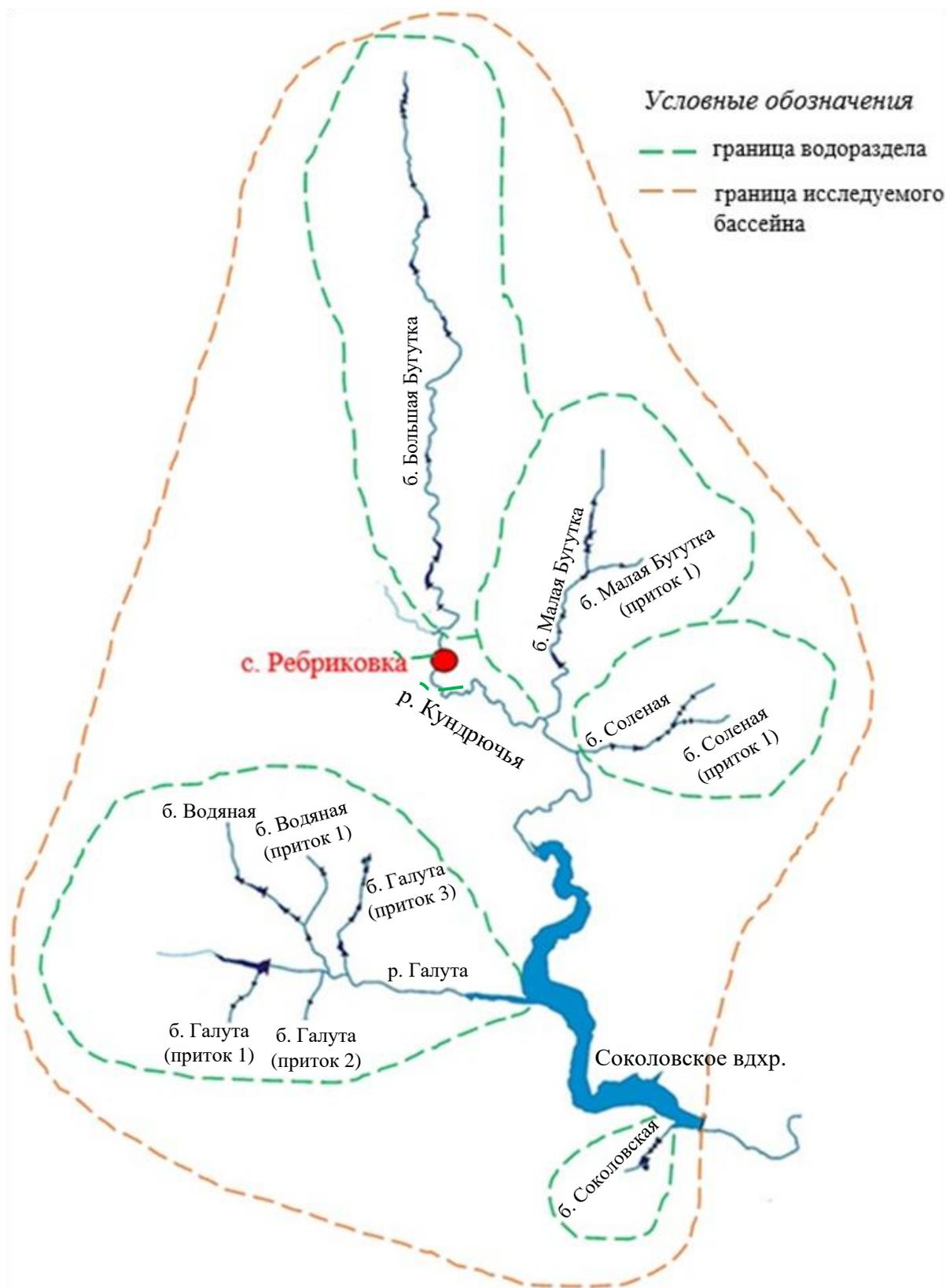


Рисунок 1 – Схема исследуемого района

Водные ресурсы р. Кундрючья активно используются для снабжения водой населения, промышленных, коммунально-бытовых, сельскохозяйст-

венных предприятий и орошения земель, а воды Соколовского водохранилища являются основным источником питьевого водоснабжения г. Новошахтинска и Красного Сулина, а также попутных шахт и поселков [7, 8].

Снижение водообеспеченности реки, в т. ч. по причине увеличения безвозвратных потерь, влечет за собой угрозу дефицита водных ресурсов. Это являлось одной из причин рассмотрения вопроса о ликвидации или дальнейшей эксплуатации имеющихся водоподпорных сооружений.

Материалы и методы. Соколовское водохранилище согласно существующей классификации относится к малым водоемам с площадью зеркала воды при НПУ 3,89 км² и длиной разгона воздушного потока менее 3 км [9].

Среднемноголетнее испарение (норма) $E_{о,в}$ определяется по уравнению:

$$E_{о,в} = \overline{E}_{20} \cdot K_H \cdot K_3 \cdot K_W,$$

где \overline{E}_{20} – среднемноголетнее испарение с бассейна площадью 20 м²;

K_H – поправочный коэффициент на глубину водоема;

K_3 – поправочный коэффициент на защищенность водоема от ветра древесной растительностью, строениями, крутыми берегами и другими препятствиями;

K_W – поправочный коэффициент на площадь водоема.

Среднемноголетнее испарение \overline{E}_{20} для рассматриваемых условий (отсутствие данных многолетних наблюдений) определено по карте изолиний [6].

Для дальнейших расчетов принято: $\overline{E}_{20} = 75$ см; поправка на глубину водоема $K_H = 1,05$; поправка на защищенность $K_3 = 1,0$; поправка на площадь $K_W = 1,15$.

Норма годового испарения для Соколовского водохранилища и искусственных водоемов, расположенных в бассейне р. Кундрючья, составит:

$$E_{о,в} = 75 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,15 = 90 \text{ см.}$$

Зная расчетные значения площадей зеркала воды Соколовского во-

дохранилища и других водоемов, рассчитаем объемы испарения с водной поверхности для среднемноголетних условий:

$$W_{o,b} = 0,01 \cdot E_{o,b} \cdot F_{в,п},$$

где $W_{o,b}$ – объем испарения с водной поверхности водоемов, млн м³;

$E_{o,b}$ – среднемноголетнее испарение, см;

$F_{в,п}$ – площадь зеркала воды водоема, км².

Результаты и обсуждения. Полученные в результате расчета показатели приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты расчетов объемов испарения, осадков и безвозвратных потерь

Водоем	Площадь водной поверхности, км ²	Объем испарения, млн м ³	Осадки		Объем безвозвратных потерь, млн м ³
			см	млн м ³	
Соколовское водохранилище	3,8	3,42	41,4	1,57	1,85
Искусственные водоемы	0,84	0,63	41,4	0,35	0,28
Сумма	4,64	4,05	82,8	1,92	2,13

По результатам расчета (см. таблицу 1) доля безвозвратных потерь (от общей суммы) с водной поверхности Соколовского водохранилища составляет 0,87, а для водоемов, расположенных выше Соколовского водохранилища (в границах обследуемого участка), этот показатель равен 0,13.

Испарение расчетной обеспеченности равно:

$$E_{P\%} = K_{P\%} \cdot E_{o,b} \text{ и } W_{P\%} = K_{P\%} \cdot W_{o,b},$$

где $K_{P\%}$ – ордината кривой обеспеченности, определяемая по коэффициенту вариации C_v и коэффициенту асимметрии C_s . Для зоны Соколовского водохранилища $C_v = 0,10$; $C_s = 0$.

Результаты расчетов годового испарения с водной поверхности водоемов, расположенных в бассейне р. Кундрючья, выше створа Соколовского водохранилища для различной обеспеченности приведены в таблице 2, они показывают, что суммы безвозвратных потерь при различной обеспеченности колеблются от 2,64 млн м³ (10 %) до 1,85 млн м³ (75 %).

Таблица 2 – Испарение с водной поверхности водоемов и объемы безвозвратных потерь различной обеспеченности за год

Обеспеченность $P, \%$	$K_p\%$	Слой испарения с водной поверхности, см		Объем испарения с водной поверхности, млн м ³			Объем безвозвратных потерь, млн м ³		
		Соколовское водохранилище	Другие водоемы	Соколовское водохранилище	Другие водоемы	Сумма	Соколовское водохранилище	Другие водоемы	Сумма
10	1,13	102	85	3,86	0,71	4,57	2,29	0,36	2,64
25	1,07	96	80	3,66	0,67	4,33	2,09	0,32	2,41
50	1,00	90	75	3,42	0,63	4,05	1,85	0,28	2,13
75	0,93	84	70	3,18	0,59	3,77	1,61	0,24	1,85

Примечание – Для расчета объема безвозвратных потерь приняты среднемесячные значения осадков.

По внутригодовому распределению, согласно существующей классификации [10, 11], Соколовское водохранилище относится к 6-й зоне. Для отмеченной зоны в таблице 3 приведены значения месячного испарения в процентах от годовой суммы, а также слои и объемы испарения для Соколовского водохранилища.

Таблица 3 – Внутригодовое распределение испарения и безвозвратных потерь с поверхности Соколовского водохранилища (среднегодовое значения)

Распределение по месяцам	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Проценты, %	0	0	3	6	13	17	20	19	13	7	2	0
Слой, см	0	0	2,7	5,4	11,7	15,3	18	17,1	11,7	6,3	1,8	0
Объем, млн м ³	0	0	0,10	0,21	0,45	0,58	0,68	0,65	0,45	0,24	0,07	0
Осадки, см	2,9	2,9	2,7	3,1	4,1	4,9	5,0	3,5	2,6	3,1	3,2	3,4
Объемы осадков, тыс. м ³	0,11	0,11	0,10	0,12	0,16	0,19	0,19	0,13	0,10	0,12	0,12	0,13
Объемы безвозвратных потерь, млн м ³	-0,11	-0,11	0	0,09	0,29	0,40	0,50	0,52	0,35	0,12	-0,05	-0,13

Выводы. В ходе проведенных исследований установлено, что суммы безвозвратных потерь при различной обеспеченности колеблются от 2,64 млн м³ (10 %) до 1,85 млн м³ (75 %).

Результаты исследования послужили основой для принятия решения

о ликвидации или дальнейшей эксплуатации имеющихся водоподпорных сооружений. Ввиду невысоких значений безвозвратных потерь из водоемов, которые на количественные показатели стока оказывают незначительное влияние, решение принято в пользу дальнейшей эксплуатации.

Список использованных источников

1 Поляков, Б. В. Гидрологические расчеты при проектировании сооружений на реках малых бассейнов / Б. В. Поляков. – М. – Л.: Госэнергоиздат, 1948. – 304 с.

2 Щедрин, В. Н. Современное состояние и пути дальнейшего развития мелиорации в России / В. Н. Щедрин // Проблемы рационального использования природохозяйственных комплексов засушливых территорий: сб. науч. тр. междунар. науч.-практ. конф., с. Соленое Займище, 22–23 мая 2015 г. – С. 340–352.

3 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. – М., 1996. – Т. 2. – С. 56–70.

4 Обухов, Е. В. Обобщенные оценки испарения с водной поверхности Кременчугского водохранилища / Е. В. Обухов, Д. С. Куклева, О. М. Максютя // Украинский гидрометеорологический журнал. – 2013. – № 13. – С. 116–126.

5 Кожухметов, П. Ж. Оценка испарения с водной поверхности на основе фактических данных измерений с помощью ГГИ-3000 (на примере Иле-Балкашского бассейна) / П. Ж. Кожухметов, Г. Е. Монкаева // Гидрометеорология и экология. – 2017. – № 3(86). – С. 49–59.

6 Мухин, Л. Ф. Ресурсы поверхностных вод СССР. Основные гидрологические характеристики. Т. 7. Донской район / Л. Ф. Мухин. – Л.: Гидрометеоздат, 1973. – 460 с.

7 Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 6. Украина и Молдавия. Вып. 3. Бассейн Северского Донца и реки Приазовья / под ред. М. С. Каганера. – Л.: Гидрометеорол. изд-во, 1967. – 492 с.

8 Дандара, Н. Т. Соколовское водохранилище на реке Кундрючья и его акваториальное районирование / Н. Т. Дандара, Д. Е. Немыкина // Вестник современных исследований: сб. науч. тр. / ФГБУ «РосИНВХЦ». – Ростов н/Д., 2019. – Вып. 30. – С. 32–38.

9 Кумачева, В. Д. Общая характеристика водотоков исследуемой части бассейна реки Кундрючья / В. Д. Кумачева, С. А. Гужвин // Научное сообщество XXI века: сб. науч. тр. по материалам V Междунар. науч.-практ. конф., 14 дек. 2019 г. / ФГБОУ ВО «Донской ГАУ». – Анапа, 2019. – С. 42–45.

10 Железняков, Г. В. Гидрология, гидрометрия и регулирование стока / Г. В. Железняков, Т. А. Неговская, Е. Е. Овчаров; под ред. Г. В. Железнякова. – М.: Колос, 1984. – 205 с.

11 Шмидт, Т. С. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик / Т. С. Шмидт. – Л.: Гидрометеоздат, 1984. – 444 с.

References

1 Polyakov B.V., 1948. *Gidrologicheskie raschety pri proektirovanii sooruzheniy na re-kakh malykh basseynov* [Hydrological Calculations for Design of Structures on the Small Basin Rivers]. Moscow, Leningrad, Gosenergoizdat Publ., 304 p. (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 zasushliviyykh territoriy: sbornik nauchnykh trudov mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Issues of Rational Use of Natural Economic Complexes in Arid Territories: Proc. of International Scientific Practical Conf.]. May 22-23, pp. 340-352. (In Russian).

3 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]. Moscow, vol. 2, pp. 56-70. (In Russian).

4 Obukhov E.V., Kukleva D.S., Maksyuta O.M., 2013. *Obobshchennyye otsenki ispareniiya s vodnoy poverkhnosti Kremenchugskogo vodokhranilishcha* [Generalized evaluation of evaporation from the Kremenchug reservoir water area]. *Ukrainskiy gidrometeorologicheskii zhurnal* [Ukrainian Hydrometeorological Journal], no. 13, pp. 116-126. (In Russian).

5 Kozhakhmetov P.Zh., Monkaeva G.E., 2017. *Otsenka ispareniiya s vodnoy poverkhnosti na osnove fakticheskikh dannykh izmereniy s pomoshch'yu GGI-3000 (na primere Ile-Balkashskogo basseyna)* [Evaluation of evaporation from the water surface based on actual measurement data using the GGI-3000 (on the example of the Ile-Balkash basin)]. *Gidrometeorologiya i ekologiya* [Hydrometeorology and Ecology], no. 3(86), pp. 49-59. (In Russian).

6 Mukhin L.F., 1973. *Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. Osnovnye gidrologicheskie kharakteristiki. T. 7. Donskoy rayon* [Surface water resources of the USSR. Basic Hydrological Characteristics. Vol. 7. Don Region]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 460 p. (In Russian).

7 Kaganer M.S., 1967. *Resursy poverkhnostnykh vod SSSR. T. 6. Ukraina i Moldaviya. Vyp. 3. Basseyn Severskogo Dontsa i reki Priazov'ya* [Surface water resources of the USSR. Vol. 6. Ukraine and Moldova. Iss. 3. Basin of the Seversky Donets and the Azov River]. Leningrad, Hydrometeorological Publ., 492 p. (In Russian).

8 Dandara N.T., Nemykina D.E., 2019. *Sokolovskoe vodokhranilishche na reke Kundryuch'ya i ego akvatorial'noe rayonirovanie* [The Sokolovskiy reservoir on the Kundryuch'ya river and its aquatorial zoning]. *Vestnik sovremennykh issledovaniy: sbornik nauchnykh trudov* [Bull. of Modern Research: Collection of Scientific Articles]. Rostov-on-Don, iss. 30, pp. 32-38. (In Russian).

9 Kumacheva V.D., Guzhvin S.A., 2019. *Obshchaya kharakteristika vodotokov issleduemoy chasti basseyna reki Kundryuch'ya* [General characteristics of watercourses in the studied part of the Kundryuch'ya river basin]. *Nauchnoe soobshchestvo XXI veka: sbornik nauchnykh trudov po materialam V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Scientific Community of the XXI Century: Proc. of the V International Scientific Practical Conference]. Don State Agrarian University, Anapa, pp. 42-45. (In Russian).

10 Zheleznyakov G.V., Negovskaya T.A., Ovcharov E.E., 1984. *Gidrologiya, gidrometriya i regulirovanie stoka* [Hydrology, Hydrometry and Flow Regulation]. Moscow, Kolos Publ., 205 p. (In Russian).

11 Schmidt T.S., 1984. *Posobie po opredeleniyu raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik* [A Guide to the Determination of Calculated Hydrological Characteristics]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 444 p. (In Russian).

Пономаренко Таисия Сергеевна

Должность: научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipmoyvparp@yandex.ru

Ponomarenko Taisiya Sergeevna

Position: Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipmovpvapk@yandex.ru

Бреева Анна Викторовна

Должность: младший научный сотрудник

Место работы: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»

Адрес организации: Баклановский пр-т, 190, г. Новочеркасск, Ростовская область, Российская Федерация, 346421

E-mail: rosniipmovpvapk@yandex.ru

Breyeva Anna Viktorovna

Position: Junior Researcher

Affiliation: Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems

Affiliation address: Baklanovsky ave., 190, Novocherkassk, Rostov region, Russian Federation, 346421

E-mail: rosniipmovpvapk@yandex.ru

Поступила в редакцию 07.10.2020

После доработки 19.11.2020

Принята к публикации 27.11.2020