

УДК 627.81 (477.75)

В. А. Табунщик

***Изменение площади зеркал водохранилищ
естественного стока на территории
Крымского полуострова (сравнение данных
на начало апреля 2019 и 2020 года)***

ФГБУН ФИЦ «Институт биологии южных морей имени
А. О. Ковалевского РАН»,
г. Севастополь, Российская Федерация
e-mail: tabunshchuk@ya.ru

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы изменения площади водохранилищ естественного стока на территории Крымского полуострова с 2019 по 2020 гг. в связи с проблемами водообеспечения Республики Крым и города Севастополь в связи с маловодными осенью-зимой 2019 года и зимой – весной 2020 года. Установлено что площадь все водохранилищ естественного стока на территории Крымского полуострова уменьшилась в 2020 году при сравнении данных на начало апреля 2019 и 2020 года.

Ключевые слова: Крым, Крымский полуостров, водохранилище, водные проблемы, водоснабжение.

Введение

Территория Крымского полуострова, как показано во многих работах, является вододефицитной. Решением этой проблемы являлся Северо-Крымский канал, построенный в середине XX века и перебрасывающий часть вод Днепра на территорию Крымского полуострова. Однако на данный момент он не функционирует, после перекрытия Украиной подачи воды. Поэтому проблема недостатка водных ресурсов на территории Крымского полуострова становится все ощутимее.

В целом в литературе в гидрологическом отношении водохранилища Крымского полуострова изучены недостаточно. Имеется лишь ряд скудных статистических данных [22, 24, 25]. При этом есть большая группа работ, в которых водохранилища Крымского полуострова рассматриваются как объекты гидротехнического строительства [17–21]. Одновременно с этим многие авторы отмечают что территория Крымского полуострова бедна и испытывает дефицит водных ресурсов [1–6, 20]. В [1] отмечается, что в 2014 г. Крым впервые за пятьдесят лет столкнулся с острым дефицитом водных ресурсов, который возник в результате прекращения подачи воды по Северо-Крымскому каналу, обеспечивавшим промышленность, сельское хозяйство и прочих потребителей до 85% ранее используемой для различных хозяйственных нужд пресной воды. При этом в 3 раза сократился объем потребления пресных вод (с 768,63 млн м³ в 2013 г. до 261,67 млн м³ в 2017 г.) [1].

В последние годы в научных исследованиях в том числе и гидрологических исследованиях применяются геоинформационные методы. Особенно геоинформационные методы исследования применяются при

мониторинге водных объектов [7–10], расчёте морфометрических показателей [11–13], моделировании [14–16, 21] и пр.

Материалы и методы

Согласно [24], на территории Крымского полуострова выделяется 15 водохранилищ естественного стока (табл. 1). Большинство из них, согласно [25], расположены на реках северо-западных склонов Крымских гор и реке Салгир с притоками. Стоит отметить что водохранилищ естественного стока нет в Равнинном Крыму и на территории Керченского полуострова (рис. 1).



Рис. 1. Географическое положение водохранилищ естественного стока Крымского полуострова

(1 – Альминское, 2 – Аянское, 3 – Балановское, 4 – Бахчисарайское,
5 – Белогорское, 6 – Загорское, 7 – Изобильненское, 8 – Кутузовское,
9 – Львовское, 10 – Партизанское, 11 – Симферопольское,
12 – Старокрымское, 13 – Счастливое-2, 14 – Тайганское,
15 – Чернореченское)

Для выявления динамики площади зеркала водохранилища использовались космические снимки Sentinel-2 с минимальным облачным покрытием за 07 апреля 2019 года и 11 апреля 2020 года, т. е. был выбран примерно годовой временной интервал. Обработка космических снимков производилась с использованием программного комплекса ArcGIS.

Методика исследования для выявления динамики береговой линии водного объекта и изменения площади его водного зеркала состоит в выполнении следующих шагов:

1. Получение космических снимков с разрешением 10x10 м Sentinel-2 на официальном сайте Европейского космического агентства — <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>.

2. Так как космические снимки Sentinel-2 покрывающие территорию Крымского полуострова представлены нарезкой из нескольких квадратов, причем в пределы однодневной съемки может попадать не вся территория Крымского полуострова, особенно часто случается «обрезка» территории Керченского полуострова, необходимо проводить предварительное объединение квадратов. В частности, для снимков за 07 апреля 2019 года были использованы квадраты T367VQ, T36TVR, T36TWQ, T36TWR, T36TWS, T36TXQ, T36TXR, T36TXS, T36TYQ, T36TYR, а для снимков за 11 апреля 2020 года были использованы квадраты T36TVR, T36TVST36TWQ, T36TWR, T36TWS, T36TXP, T36TXQ, T36TXR, T36TXS, T36TYQ, T36TYR, T36TYS. Объединение для каждого канала многоканальных космических снимков Sentinel-2 производилось с использованием группы инструментов «Растр» набора «Управление данными» ArcGIS Toolbox. В результате были получены растры космических снимков за 07 апреля 2019 года и 11 апреля 2020 года (рис. 2).

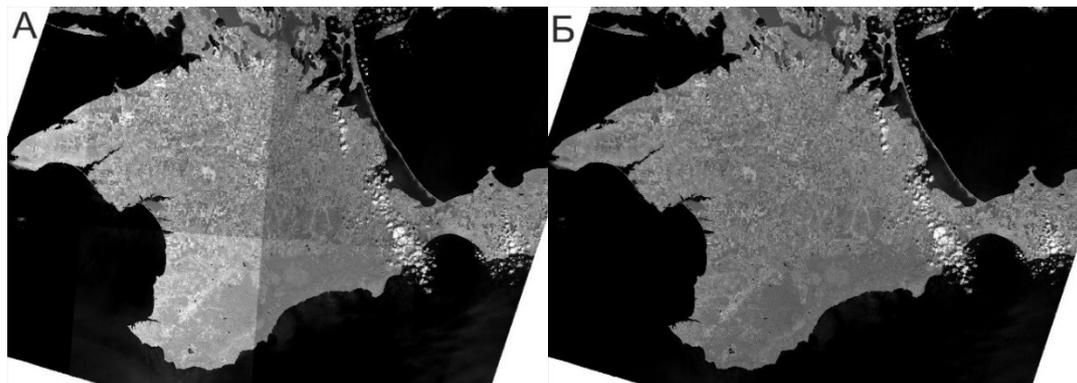


Рис. 2. Пример объединения квадратов снимка Sentinel-2 (на примере канала № 8)

3. Для выявления площади зеркала водного объекта были использованы две методики. Выделение водного объекта производилось путем создания RGB-композиции космического снимка и вычисления индекса NDVI (водные объекты принимают отрицательные значения индекса NDVI). Обе методики показали одинаковые результаты, однако в дальнейшем была использована именно вторая.

4. Для полученных растров значений NDVI с помощью инструмента «Переклассификация» были отобраны отрицательные значения индекса NDVI, так как водные объекты принимают отрицательные значения индекса NDVI.

5. С помощью инструмента «Растр в полигоны» полученные отрицательные значения были конвертированы в полигональный векторный shp-файл с предварительной обработкой сглаживания границ.

6. В полученных shp-файлах за 07 апреля 2019 года и 11 апреля 2020 года была произведена очистка от мусора, путем удаления не нужных контуров, мусорных пикселей и получены границы рассматриваемых водных объектов.

7. Для каждого водохранилища естественного стока Крымского полуострова с помощью инструмента «Area» была рассчитана площадь водного зеркала и ее изменение в период с 07 апреля 2019 года по 11 апреля 2020 года.

Результаты и обсуждение

В результате для каждого водохранилища естественного стока Крымского полуострова были получены контуры береговой линии на 07 апреля 2019 года и 11 апреля 2020 года. Анализ площади зеркала для каждого водохранилища естественного стока на территории показывает значительные уменьшения для каждого водохранилища (табл. 2).

Стоит отметить что рассчитанные площади зеркала водохранилищ для большинства из них меньше чем проектируемые площади при нормальном подпорном уровне (НПУ) водохранилища (табл. 1, 2).

Таблица 1
Водохранилища естественного стока Крымского полуострова, по [24]

№ п/п	Название	Местоположение	Источник питания – река	Площадь при НПУ, га	Полный объем при НПУ, млн м ³	Назначение
1	Альминское	с. Почтовое, Бахчисарайский район	Альма	80	6,2	Орошение
2	Аянское	с. Заречное Симферопольский район	Аян	40	3,9	Водоснабжение
3	Балановское	с. Баланово Белогорский район	Зуя	41	5,1	Орошение
4	Бахчисарайское	г. Бахчисарай	Кача	100	6,9	Орошение
5	Белогорское	г. Белогорск	Биюк-Карасу	225	23,3	Орошение
6	Загорское	с. Синапное Бахчисарайский район	Кача	156	27,9	Водоснабжение
7	Изобильненское	с. Изобильное Городской округ Алушта	Улу-Узень	61	13,3	Водоснабжение
8	Кутузовское	с. Нижняя Кутузовка Городской округ Алушта	Демерджи	9	1,1	Водоснабжение Орошение
9	Льговское	с. Долинное Кировский район	б. Змеиная	28	2,2	Орошение
10	Партизанское	с. Партизанское Симферопольский район	Альма	225	34,4	Водоснабжение
11	Симферопольское	г. Симферополь	Салгир	323	36,0	Водоснабжение Орошение
12	Старокрымское	г. Старый Крым	Чорух-Су	43	3,2	Комплексное
13	Счастливое-2	с. Счастливое Бахчисарайский район	Манаготра	67	11,8	Водоснабжение
14	Тайганское	г. Белогорск	б. Джавайганская	200	13,8	Орошение
15	Чернореченское	пос. Озерное, Севастополь	Черная	604	64,2	Водоснабжение

Составлено автором

Таблица 2

Изменение площади зеркала водохранилищ естественного стока Крымского полуострова за период с 2019.04.07 по 2020.04.11 гг.

№ п/п	Название	Площадь при НПУ, га	Расчетная площадь зеркала водохранилища, га		Изменение площади зеркала водохранилища за период с 2019.04.07 по 2020.04.11	
			2019.04.07	2020.04.11	га	%
1	Альминское	80	71,8	67,2	-4,6	-6,4
2	Аянское	40	36,8	31,4	-5,4	-14,7
3	Балановское	41	29,0	25,0	-4,0	-13,8
4	Бахчисарайское	100	84,0	59,4	-24,6	-29,3
5	Белогорское	225	191,8	116,9	-74,9	-39,1
6	Загорское	156	124,0	94,9	-29,1	-23,5
7	Изобильненское	61	60,7	47,8	-12,9	-21,3
8	Кутузовское	9	9,1	6,8	-2,3	-25,3
9	Льговское	28	18,6	18,2	-0,4	-2,2
10	Партизанское	225	179,5	103,3	-76,2	-42,5
11	Симферопольское	323	256,6	131,9	-124,7	-48,6
12	Старокрымское	43	32,0	28,2	-3,8	-11,9
13	Счастливое-2	67	57,6	46,7	-10,9	-18,9
14	Тайганское	200	187,3	114,9	-72,4	-38,7
15	Чернореченское	604	605,3	457,7	-147,6	-24,4

Составлено автором

Как видно из таблицы 2, для большинства водохранилищ естественного стока расчетная площадь зеркала водохранилища на 07 апреля 2019 года отличается от площади водохранилища при НПУ. При этом для двух водохранилищ (Чернореченское и Кутузовское) она больше проектной площади при НПУ — на 1,1% для Кутузовского водохранилища и на 0,2% для Чернореченского водохранилища. Для остальных водохранилищ площадь зеркала на 07 апреля 2019 года меньше чем при НПУ. Однако, для ряда водохранилищ она отличается незначительно (Тайганское, Альминское, Аянское и др.), в то время как ряд водохранилищ (Балановское, Загорское, Льговское, Партизанское, Симферопольское, Старокрымское) имеют значительно меньшую площадь зеркала, чем при НПУ.

На 11 апреля 2020 года площадь зеркал всех водохранилищ значительно уменьшилась — и по сравнению с площадями при НПУ и при сравнении с площадями водохранилищ за 07 апреля 2019 года, в связи с тем, что осень-зима 2019 г. и зима-весна. При этом площади зеркал водохранилищ уменьшились более чем на 16%. В тоже время площадь зеркала Симферопольского и Партизанского водохранилищ уменьшилась более чем на 50%. Все это создает неблагоприятные предпосылки для развития водохозяйственного комплекса Республики Крым и города федерального значения Севастополь.

Таблица 3

Уменьшение площади зеркала водохранилищ естественного стока Крымского полуострова на 2019.04.07 и 2020.04.11 по сравнению с площадью при НПУ.

№ п/п	Название	Площадь при НПУ, га	Изменение площади зеркала водохранилища на 2019.04.07 по сравнению с площадью при НПУ		Изменение площади зеркала водохранилища на 2020.04.11 по сравнению с площадью при НПУ	
			га	%	га	%
1	Альминское	80	-8,2	-10,3	-12,8	-16,0
2	Аянское	40	-3,2	-8,0	-8,6	-21,5
3	Балановское	41	-12	-29,3	-16	-39,0
4	Бахчисарайское	100	-16	-16,0	-40,6	-40,6
5	Белогорское	225	-33,2	-14,8	-108,1	-48,0
6	Загорское	156	-32	-20,5	-61,1	-39,2
7	Изобильненское	61	-0,3	-0,5	-13,2	-21,6
8	Кутузовское	9	0,1	1,1	-2,2	-24,4
9	Львовское	28	-9,4	-33,6	-9,8	-35,0
10	Партизанское	225	-45,5	-20,2	-121,7	-54,1
11	Симферопольское	323	-66,4	-20,6	-191,1	-59,2
12	Старокрымское	43	-11	-25,6	-14,8	-34,4
13	Счастливое-2	67	-9,4	-14,0	-20,3	-30,3
14	Тайганское	200	-12,7	-6,3	-85,1	-42,6
15	Чернореченское	604	1,3	0,2	-146,3	-24,2

Составлено авторами

Выводы

Результаты дистанционного мониторинга за площадями зеркал водохранилищ естественного стока Крымского полуострова показывают, что на апрель 2020 года сложилась критическая ситуация с уменьшением площади зеркал всех рассматриваемых водохранилищ. При этом площадь зеркал всех водохранилищ, кроме Альминского, уменьшилась более чем на 20%, а Партизанского и Симферопольского водохранилищ уменьшилась более чем на 50%. Если сравнивать площади зеркал водохранилищ за апрель 2019 и 2020 гг. то уменьшение площади не такие большие, однако они так же достигают для большинства водохранилищ значений более 10%, за исключением Альминского и Львовского водохранилища где эти показатели 6,4 и 2,2% соответственно.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках темы НИР «Изучение пространственно-временной организации водных и сухопутных экосистем с целью развития системы оперативного мониторинга на основе данных дистанционного зондирования и ГИС-технологий. Регистрационный номер: АААА-А19-119061190081-9».

Литература

1. Мираньков Д. Б. Проблемы преодоления дефицита водных ресурсов в Республике Крым: адаптация зарубежного опыта // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Экономика и управление. 2018. Т. 4 (70). № 4. С. 93–107.
2. Сейтумеров Э. Э. Актуальные проблемы водообеспечения Крыма // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2017. № 2 (66). С. 21–27.
3. Василенко В. А. Водные ресурсы — сдерживающий фактор социально-экономического развития Крыма // Регион: Экономика и Социология. 2019. № 4 (104). С. 245–267.
4. Иванкова Т. В. Проблемы водообеспеченности Республики Крым и возможности их решения // Гидротехника. 2019. № 2 (55). С. 60–63.
5. Батанина Е. В. Дефицит пресной воды на полуострове Крым: проблемы и способы решения // Эпоха науки. 2016. № 6. С. 1.
6. Маслов В. В., Фурсенко А. В. Актуальные проблемы водоснабжения Крымского полуострова // Экономика и социум. 2017. № 5–1 (36). С. 903–907.
7. Плетнева Л. А., Плетнев А. Л., Плетнев А. А. Информационные технологии и математическое моделирование мониторинга водных ресурсов Орловской области // Известия Орловского государственного технического университета. Серия: Информационные системы и технологии. 2008. № 1–2. С. 163–169.
8. Новикова Н. М., Уланова С. С. Геоэкологический мониторинг водных объектов Калмыкии с использованием информационных технологий // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2007. № 4 (140). С. 106–108.
9. Курбатова И. Е. Мониторинг трансформации Краснодарского водохранилища с использованием спутниковых данных высокого разрешения // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2014. Т. 11. № 3. С. 42–53.
10. Солодовников Д. А., Хаванская Н. М., Вишняков Н. В., Иванцова Е. А. Методические основы геофизического мониторинга грунтовых вод речных пойм // Юг России: экология, развитие. 2017. Т. 12. № 3. С. 106–114.
11. Сутырина Е. Н. Определение морфометрических характеристик проектируемых и строящихся водохранилищ Ангарского каскада ГЭС по данным дистанционного зондирования // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. 2014. Т. 10. С. 101–114.
12. Землянов И. В., Горелиц О. В., Павловский А. Е., Шикунова Е. Ю. Использование геоинформационных технологий для оценки современных морфометрических характеристик водных объектов // Труды Государственного океанографического института. 2009. № 212. С. 260–271.
13. Красильников В. М., Соболев И. С. Уточнение морфометрических параметров водохранилищ на базе цифровых моделей рельефа // Вестник МГСУ. 2012. № 10. С. 272–280.
14. Бородин Д. В. Анализ и оценка планируемого экономического потенциала малой гидроэнергетики в Алтайском крае // Вестник КрасГАУ. 2014. № 2 (89). С. 35–39.

15. Спиридонова В. В. ГИС-анализ комплекса природных и техногенных рисков Северо-кавказского экономического района // Проблемы региональной экологии. 2016. № 3. С. 124–131.
16. Ясинский С. В., Вишневская И. А., Шапоренко С. И., Бибилова Т. С. Современные проблемы организации водоохраных зон водных объектов (на примере Угличского водохранилища) // Водные ресурсы. 2018. Т. 45. № 4. С. 366–379.
17. Кореновский А. М., Бакланова Д. В. Оценка риска аварии гидротехнических сооружений Тайганского водохранилища в Республике Крым // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2016. № 2 (62). С. 113–119.
18. Волосухин В. А., Мордвинцев М. М., Кувалкин А. В. Комплекс мероприятий по обеспечению безопасности водохранилищ Крыма при пропуске расходов редкой повторяемости // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2016. № 4–1 (22). С. 48–58.
19. Волосухин Я. В. Техническое состояние существующих систем водоводов водозаборного сооружения Чернореченского водохранилища Республики Крым // Приволжский научный журнал. 2020. № 1 (53). С. 162–170.
20. Кунцевич Ф. Б., Танклевский М. М., Ткачевский И. Д. К решению проблемы водоснабжения Крымского полуострова гидроизолированными водоемами // Инновационный транспорт. 2016. № 4 (22). С. 33–38.
21. Дунаева Е. А., Попович В. Ф., Ляшевский В. И. Анализ динамики количественных и качественных характеристик водных ресурсов с использованием открытых ГИС и агрогидрологических моделей // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2015. № 1 (17). С. 127–141.
22. Олиферов А. Н. Гидроэнергетическая мощность рек Крыма // Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского. Серия «География». 2013. Том 26 (65). № 3. С. 243–252.
23. Иванов В. А., Прусов А. В. Оценка пространственно-временной изменчивости поверхностного стока Крыма (гидравлическая модель) // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2005. № 13. С. 126–150.
24. Тимченко З. В. Гидрография и гидрология рек Крыма. Симферополь: АРИАЛ, 2012. 289 с.
25. Олиферов А. Н., Тимченко З. В. Реки и озера Крыма. Симферополь: Доля, 2005. 214 с.

V. A. Tabunshchik

Changes in the area of natural runoff reservoirs in the Crimean Peninsula (April 2019 and 2020)

A. O. Kovalevsky Institute of Biology of the Southern Seas of RAS, Sevastopol, Russian Federation
e-mail: tabunshchik@ya.ru

Annotation. In the article the issues of changing the area of natural runoff reservoirs on the territory of the Crimean Peninsula from 2019 to 2020 was discussed. In connection with the problems of water supply in the Republic of Crimea and

Sevastopol in connection with low-water fall-winter 2019 and winter-spring 2020. It was established that the area of all natural runoff reservoirs on the territory of the Crimean Peninsula decreased in 2020 when comparing data as of early April 2019 and 2020.

Keyword: *Crimea, Crimean peninsula, reservoir, water problems, water supply.*

References

1. Miran'kov D. B. Problemy preodoleniya deficita vodnyh resursov v Respublike Krym: adaptaciya zarubezhnogo opyta // Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Ekonomika i upravlenie. 2018. T. 4 (70). № 4. S. 93–107. (in Russian)
2. Sejtumerov E. E. Aktual'nye problemy vodoobespecheniya Kryma // Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya. 2017. № 2 (66). S. 21–27. (in Russian)
3. Vasilenko V. A. Vodnye resursy — sderzhivayushchij faktor social'no-ekonomicheskogo razvitiya Kryma // Region: Ekonomika i Sociologiya. 2019. № 4 (104). S. 245–267. (in Russian)
4. Ivankova T. V. Problemy vodoobespechennosti Respubliki Krym i vozmozhnosti ih resheniya // Gidrotekhnika. 2019. № 2 (55). S. 60–63. (in Russian)
5. Batanina E. V. Deficit presnoj vody na poluostrove Krym: problemy i sposoby resheniya // Epoha nauki. 2016. № 6. S. 1. (in Russian)
6. Maslov V. V., Fursenko A. V. Aktual'nye problemy vodosnabzheniya Krymskogo poluostrova // Ekonomika i socium. 2017. № 5–1 (36). S. 903–907. (in Russian)
7. Pletneva L. A., Pletnev A. L., Pletnev A. A. Informacionnye tekhnologii i matematicheskoe modelirovanie monitoringa vodnyh resursov Orlovskoj oblasti // Izvestiya Orlovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Informacionnye sistemy i tekhnologii. 2008. № 1–2. S. 163–169. (in Russian)
8. Novikova N. M., Ulanova S. S. Geoekologicheskij monitoring vodnyh ob"ektov Kalmykii s ispol'zovaniem informacionnyh tekhnologij // Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Severo-Kavkazskij region. Estestvennye nauki. 2007. № 4 (140). S. 106–108. (in Russian)
9. Kurbatova I. E. Monitoring transformacii Krasnodarskogo vodohranilishcha s ispol'zovaniem sputnikovyh dannyh vysokogo razresheniya // Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa. 2014. T. 11. № 3. S. 42–53. (in Russian)
10. Solodovnikov D. A., Havanskaya N. M., Vishnyakov N. V., Ivancova E. A. Metodicheskie osnovy geofizicheskogo monitoringa gruntovyh vod rechnyh pojm // YUg Rossii: ekologiya, razvitie. 2017. T. 12. № 3. S. 106–114. (in Russian)
11. Sutyryna E. N. Opredelenie morfometricheskikh harakteristik proektiruemyh i stroyashchihsya vodohranilishch Angarskogo kaskada GES po dannym distancionnogo zondirovaniya // Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Nauki o Zemle. 2014. T. 10. S. 101–114. (in Russian)
12. Zemlyanov I. V., Gorelic O. V., Pavlovskij A. E., SHikunova E. YU. Ispol'zovanie geoinformacionnyh tekhnologij dlya ocenki sovremennyh morfometricheskikh harakteristik vodnyh ob"ektov // Trudy Gosudarstvennogo okeanograficheskogo instituta. 2009. № 212. S. 260–271. (in Russian)

13. Krasil'nikov V. M., Sobol' I. S. Utochnenie morfometricheskikh parametrov vodohranilishch na baze cifrovyyh modelej rel'efa // Vestnik MGSU. 2012. № 10. S. 272–280. (in Russian)
14. Borodin D. V. Analiz i ocenka planiruемого ekonomicheskogo potentsiala maloj gidroenergetiki v Altajskom krae // Vestnik KrasGAU. 2014. № 2 (89). S. 35–39. (in Russian)
15. Spiridonova V. V. GIS-analiz kompleksa prirodnyh i tekhnogennyh riskov Severo-kavkazskogo ekonomicheskogo rajona // Problemy regional'noj ekologii. 2016. № 3. S. 124–131. (in Russian)
16. YAsinskij S. V., Vishnevskaya I. A., SHaporenko S. I., Bibikova T. S. Sovremennye problemy organizacii vodoohrannyh zon vodnyh ob"ektov (na primere Uglichskogo vodohranilishcha) // Vodnye resursy. 2018. T. 45. № 4. S. 366–379. (in Russian)
17. Korenovskij A. M., Baklanova D. V. Ocenka riska avarii gidrotekhnicheskikh sooruzhenij Tajganskogo vodohranilishcha v Respublike Krym // Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya. 2016. № 2 (62). S. 113–119. (in Russian)
18. Volosuhin V. A., Mordvincev M. M., Kuvalkin A. V. Kompleks meropriyatij po obespecheniyu bezopasnosti vodohranilishch Kryma pri propuske raskhodov redkoj povtoryaemosti // Vestnik Donskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2016. № 4–1 (22). S. 48–58. (in Russian)
19. Volosuhin YA. V. Tekhnicheskoe sostoyanie sushchestvuyushchih sistem vodovodov vodozabornogo sooruzheniya CHernorechenskogo vodohranilishcha Respubliki Krym // Privolzhskij nauchnyj zhurnal. 2020. № 1 (53). S. 162–170. (in Russian)
20. Kuncевич F. B., Tanklevskij M. M., Tkachevskij I. D. K resheniyu problemy vodosnabzheniya Krymskogo poluostrova gidroizolirovannymi vodoemami // Innovacionnyj transport. 2016. № 4 (22). S. 33–38. (in Russian)
21. Dunaeva E. A., Popovich V. F., Lyashevskij V. I. Analiz dinamiki kolichestvennyh i kachestvennyh harakteristik vodnyh resursov s ispol'zovaniem otkrytyh GIS i agrogidrologicheskikh modelej // Nauchnyj zhurnal Rossijskogo NII problem melioracii. 2015. № 1 (17). S. 127–141. (in Russian)
22. Oliferov A. N. Gidroenergeticheskaya moshchnost' rek Kryma // Uchenye zapiski Tavricheskogo nacional'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Seriya «Geografiya». 2013. Tom 26 (65). № 3. S. 243–252. (in Russian)
23. Ivanov V. A., Prusov A. V. Ocenka prostranstvenno-vremennoj izmenchivosti poverhnostnogo stoka Kryma (gidravlicheskaya model') // Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoj i shel'fovoj zon i kompleksnoe ispol'zovanie resursov shel'fa. 2005. № 13. S. 126–150. (in Russian)
24. Timchenko Z. V. Gidrografiya i gidrologiya rek Kryma. Simferopol': ARIAL, 2012. 289 s. (in Russian)
25. Oliferov A. N., Timchenko Z. V. Reki i ozera Kryma. Simferopol': Dolya, 2005. 214 s. (in Russian)

Поступила в редакцию 21.11.2020 г.