Гидрологическая ситуация на водохранилищах юга европейской части России в 2020 г.

С. С. Шинкаренко^{1,2,3}, Д. А. Солодовников³, С. А. Барталев¹

¹ *Институт космических исследований РАН, Москва, 117997, Россия*

² *Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, Волгоград, 400062, Россия*

³ *Волгоградский государственный университет, Волгоград, 400062, Россия*
E-mail: shinkarenko@volsu.ru

В сообщении приводятся результаты оценки изменения площадей Цимлянского, Краснодарского и Симферопольского водохранилищ в 2020 г. В этом году из-за неблагоприятной гидрометеорологической обстановки и снижения водности Дона, Кубани и крымских рек отмечен рекордно низкий уровень наполнения указанных водохранилищ. Площадь Цимлянского вдхр. уменьшилась по сравнению с проектной практически на 700 км², а Краснодарского и Симферопольского — в два и четыре раза соответственно. Спутниковый мониторинг зеркала различных естественных и искусственных водоёмов должен стать обязательным дополнением к традиционным наблюдениям на гидрологических постах.

Ключевые слова: юг России, водохранилище, дистанционное зондирование, Landsat, Sentinel, гидрология

Одобрена к печати: 30.12.2020

DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-1-248-254

На юге европейской части России с конца 2019 г. и практически весь 2020 г. сохранялась неблагоприятная гидрометеорологическая обстановка, вызванная недостаточным атмосферным увлажнением (суммы осадков намного ниже нормы), а также снижением водности Дона, Кубани и рек Крыма. Это вызвало значительное снижение уровня воды в водохранилищах.

Водохранилищам на Дону и Кубани посвящено достаточно много исследований, охватывающих различные гидрологические, геоморфологические и биологические аспекты (Кочеткова и др., 2019; Курбатова, 2014; Кутузов, 2011; Лагута, Погорелов, 2019; Шевердяев, Клещенко, 2019; Shumova, 2017). Однако работы, оценивающие ситуацию сразу на нескольких объектах разных бассейнов, встречаются достаточно редко, а крымские водохранилища практически не охвачены современными изысканиями с применением данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) (Иванкова, 2017). Цель настоящего исследования заключается в оценке изменения площади водного зеркала наиболее важных в хозяйственном отношении водохранилищ Южного федерального округа в 2020 г. в связи с чрезвычайно низким уровнем наполнения.

Водное зеркало выделялось классификацией с обучением по комбинации красного и ближнего инфракрасного каналов спутниковых данных Sentinel-2, Landsat-5, -8. Этот метод ранее был использован для выделения водного зеркала Северного Аральского моря (Шинкаренко, Солодовников, 2018) и Волго-Ахтубинской поймы (Рулев и др., 2017). Данные об уровнях, притоке и попусках за 2020 г. по Цимлянскому и Краснодарскому водохранилищам приводятся согласно официальному сайту Федерального агентства водных ресурсов (<https://voda.gov.ru/activities/list.php?part=17>); сведения о максимальных уровнях Цимлянского вдхр. предоставлены Волгоградским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды — филиалом ФГБУ «Северо-Кавказское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды».

Цимлянское вдхр. входит в десятку самых крупных по площади и объёму водохранилищ России, является важнейшим объектом инфраструктуры водного транспорта, рыбного и сельского хозяйства на Нижнем Дону. Подпор воды распространяется от плотины на 260 км

до станицы Трёхостровская. Средняя ширина водоёма — около 12 км, а на приплотинном участке — более 20 км (рис. 1). Строительство водохранилища с площадью зеркала 2700 км², полным объёмом 23,9 км³ и полезным — 11,5 км³ при нормальном подпорном уровне (НПУ) 36 м коренным образом изменило внутригодовой режим стока Нижнего Дона. Также климатические изменения в бассейне реки приводят к перераспределению стока и снижению уровней половодья на донских притоках (Solodovnikov, Shinkarenko, 2020).

Рис. 1. Спутниковые изображения оптического диапазона Landsat: *вверху слева* — 20.10.2020, *внизу слева* — 04.08.2015, *внизу справа* — 20.09.1994; *вверху справа* — площади водного зеркала Цимлянского водхр. на указанные даты

Рис. 2. Динамика водохозяйственной обстановки на Цимлянском (*слева*) и Краснодарском (*справа*) водохранилищах в 2020 г.

В работе анализировалось водное зеркало Цимлянского вдхр. ниже г. Калач-на-Дону, поскольку выше его ширина не превышает 1 км и не так сильно изменяется при колебаниях уровня. В конце августа 2020 г. уровень в водохранилище снизился до критических отметок, всего на метр превысив уровень мёртвого объёма (УМО) (рис. 2, см. с. 249), при этом площадь зеркала сократилась почти на четверть — до 2,1 тыс. км². Это практически самый низкий уровень за всю историю водохранилища, только в 2015 г. минимальная отметка была ниже — 31,16 м, что всё-таки превышает УМО (31 м).

Отступление уреза воды на отдельных участках составило 1–2 км (рис. 3). Стоит отметить, что НПУ на водохранилище в последние 30–40 лет наблюдался только в отдельные годы, например в 1994, 2004 и 2018 гг. Также интерес вызывает факт, что на всех других водохранилищах бассейна р. Дон, кроме Цимлянского, уровни значительно выше отметок мёртвого объёма, что может быть вызвано повышенными попусками через Цимлянский гидроузел для обеспечения судоходных глубин в нижнем бьефе водохранилища.

Рис. 3. Примеры динамики уреза водного зеркала Цимлянского вдхр.

Рис. 4. Спутниковые изображения: *вверху слева* — 04.07.1984, *вверху справа* — 28.07.2016, *внизу слева* — 27.10.2020; *внизу справа* — схема площадей водного зеркала Краснодарского вдхр. на разные даты

Для горных и предгорных водохранилищ традиционной проблемой является заполнение чаши водохранилища наносами. В полной мере эта проблема характерна для Краснодарского вдхр. — крупнейшего искусственного водоёма Северного Кавказа. Большое количество наносов поставляют в чашу водохранилища левые притоки Кубани, в первую очередь р. Белая (рис. 4, см. с. 250). После снижения НПУ с 33,65 до 32,7 м в 1993 г. водохранилище фактически разделилось на две части дельтовой областью р. Белой (Курбатова, 2014). В конце второго квартала 2020 г. объём наполнения водохранилища снизился вдвое по сравнению с концом первого квартала, когда водоём был наполнен до НПУ (с 1,7 до 0,8 км³), что было связано с нерестовыми и сельскохозяйственными попусками при недостаточном притоке (см. рис. 2). К концу августа 2020 г. уровень в Краснодарском вдхр. опустился ниже УМО до 25,6 м (по Балтийской системе высот, БС) (объём наполнения всего 0,17 км³) и поднялся выше только к концу первой декады ноября. Если бы не был перенаправлен сток верхней Кубани из Ставропольского канала в русло Кубани, УМО был бы достигнут месяцем раньше.

Симферопольское вдхр. на р. Салгир является самым крупным пресным водоёмом естественного наполнения на территории Республики Крым: площадь водного зеркала при НПУ (292 м БС) составляет 317 га, а объём — 36 млн м³. Летом 2020 г. сложилась критическая ситуация: площадь водного зеркала сократилась в четыре раза по сравнению с НПУ — до 75 га (рис. 5). Поскольку водохранилище является одним из источников водоснабжения крупного города, то возникла угроза исчерпания запасов воды. В начале августа был построен трубопровод из Тайганского вдхр. в Симферопольское, по которому перебрасывалось до 50 тыс. м³ воды в сутки. Это позволило немного стабилизировать ситуацию, однако уровень продолжал падать, и во вторую половину октября водохранилище было наполнено на 10–15 % проектной ёмкости.

Рис. 5. Спутниковые изображения: слева — 02.08.2010, в центре — 24.10.2020; справа — схема водного зеркала Симферопольского вдхр.

Современные возможности спутникового мониторинга позволяют проводить наблюдения изменения площадей водной поверхности естественных и искусственных водоёмов по материалам различного пространственного и временного разрешения. При этом мониторинг может быть автоматизирован и проводиться без участия человека в дополнение к наблюдениям на гидрологических постах. Кроме того, данные дистанционного зондирования позволяют анализировать состояние обсыхающих отмелей и прибрежных экотонів водохранилищ.

Работа выполнена в рамках темы Института космических исследований РАН «Мониторинг» (госрегистрация № 01.20.0.2.00164), а также по теме научно-исследовательской работы Федерального научного центра агроэкологии РАН № АААА-А16-116122010038-9 с использованием инфраструктуры Центра коллективного пользования «ИКИ-Мониторинг» (Лупян и др., 2015) и возможностей информационного сервиса «Вега» (Барталев и др., 2012).

Литература

1. Барталев С. А., Ершов Д. В., Лупян Е. А., Толпин В. А. Возможности использования спутникового сервиса ВЕГА для решения различных задач мониторинга наземных экосистем // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9. № 1. С. 49–56.
2. Иванкова Т. В. Рациональное использование водных ресурсов длительно эксплуатируемого Симферопольского водохранилища на реке Салгир, Республика Крым // Строительство и архитектура. 2017. Т. 4. № 4. С. 212–218.
3. Кочеткова А. И., Брызгалина Е. С., Баранова М. С., Фотина О. С., Михайлова Е. А., Курыкин А. А., Строганов А. В. Тенденция зарастания крупных заливов на месте устьевых областей рек Цимлянского водохранилища за период 1987–2019 гг. // Вестн. Ин-та комплексных исслед. аридных территорий. 2019. № 1-1. С. 149–151.
4. 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.
5. Кутузов А. В. Использование данных дистанционного зондирования для мониторинга систем «вода – суша» на равнинных водохранилищах (на примере Цимлянского водохранилища) // Исслед. Земли из космоса. 2011. № 6. С. 64–72.
6. Лагута А. А., Погорелов А. В. Изменение морфометрических характеристик Краснодарского водохранилища за период эксплуатации (1973–2018 годы) // Материалы Международной конф. «ИнтерКарто/ИнтерГИС-25». 2019. Ч. 2. С. 5–15.
7. Лупян Е. А., Прошин А. А., Бурцев М. А., Балашов И. В., Барталев С. А., Ефремов В. Ю., Кашицкий А. В., Мазуров А. А., Матвеев А. М., Суднева О. А., Сычугов И. Г., Толпин В. А., Уваров И. А. Центр коллективного пользования системами архивации, обработки и анализа спутниковых данных ИКИ РАН для решения задач изучения и мониторинга окружающей среды // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 5. С. 263–284.
8. Рулев А. С., Шинкаренко С. С., Кошелева О. Ю. Оценка влияния гидрологического режима Волги на динамику затопления острова Сарпинский // Ученые записки Казанского ун-та. Сер.: Естественные науки. 2017. Т. 159. Кн. 1. С. 139–151.
9. Шевердяев И. В., Клещенко А. В. Дешифрирование осушек Цимлянского водохранилища при колебаниях уровня // Экология. Экономика. Информатика. Сер.: Геоинформационные технологии и космический мониторинг. 2019. № 4. С. 98–100.
10. Шинкаренко С. С., Солодовников Д. А. Формирование новой дельты Сырдарьи // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 2. С. 267–271.
11. Shumova N. A. Analyzing bedrock shore degradation at the Tsimlyansk reservoir // Arid Ecosystems. 2017. V. 7. No. 3. P. 209–216.
12. Solodovnikov D. A., Shinkarenko S. S. Present-Day Hydrological and Hydrogeological Regularities in the Formation of River Floodplains in the Middle Don Basin // Water Resources. 2020. V. 47. No. 6. P. 719–728.

Hydrological situation in the reservoirs in the south of the European part of Russia in 2020

S. S. Shinkarenko^{1,2,3}, D. A. Solodovnikov³, S. A. Bartalev¹

¹ Space Research Institute RAS, Moscow 117997, Russia

² Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Meliorations and Agroforestry RAS
Volgograd 400062, Russia

³ Volgograd State University, Volgograd 400062, Russia
E-mail: shinkarenko@volsu.ru

The report shows the results of assessment of the Tsimlyansk, Krasnodar and Simferopol reservoirs areas in 2020. Due to the unfavorable hydrometeorological situation and decrease of the runoff of the Don, Kuban and Crimean rivers, record low levels of filling of these reservoirs were recorded in 2020. The area of the Tsimlyansk reservoir decreased in comparison with the design one by almost 700 km², and the areas of the Krasnodar and Simferopol reservoirs decreased 2 and 4 times. Satellite monitoring of the mirror of various natural and artificial water reservoirs should become an addition to traditional observations at hydrological posts.

Keywords: south of Russia, reservoir, remote sensing, Landsat, Sentinel, hydrology

Accepted: 30.12.2020

DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-1-248-254

References

1. Bartalev S. A., Ershov D. V., Loupian E. A., Tolpin V. A., Vozmozhnosti ispol'zovaniya sputnikovogo servisa VEGA dlya resheniya razlichnykh zadach monitoringa nazemnykh ekosistem (Possibilities of Satellite Service VEGA Using for Different Tasks of Land Ecosystems Monitoring), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2012, Vol. 9, No. 1, pp. 49–56.
2. Ivankova T. V., Ratsional'noe ispol'zovanie vodnykh resursov dlitel'no ekspluatiruemogo Simferopol'skogo vodokhranilishcha na reke Salgir, Respublika Krym (Rational use of water resources long exploited the Simferopol reservoir on the Salgir river, Republic of Crimea), *Stroitel'stvo i arkhitektura*, 2017, Vol. 4, No. 4, pp. 212–218.
3. Kochetkova A. I., Bryzgalina E. S., Baranova M. S., Fotina O. S., Mikhailova E. A., Kurykin A. A., Stroganov A. V., Tendentsiya zarastaniya krupnykh zalivov na meste ust'evykh oblastei rek Tsimlyanskogo vodokhranilishcha za period 1987–2019 gg. (The tendency of overgrowing of large bays at the site of estuarine areas of the rivers of the Tsimlyansk reservoir for the period 1987–2019), *Vestnik Instituta kompleksnykh issledovaniy aridnykh territorii*, 2019, No. 1-1, pp. 149–151.
4. Kurbatova I. E., Monitoring transformatsii Krasnodarskogo vodokhranilishcha s ispol'zovaniem sputnikovyykh dannykh vysokogo razresheniya (Monitoring the transformation of Krasnodar Reservoir utilizing high resolution satellite data), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2014, Vol. 11, No. 3, pp. 42–53.
5. Kutuzov A. V., Ispol'zovanie dannykh distantsionnogo zondirovaniya dlya monitoringa sistem “voda – su-sha” na ravninnykh vodokhranilishchakh (na primere Tsimlyanskogo vodokhranilishcha) (Monitoring of the Large Flat Water Reservoirs Using Remote Sensing Data), *Issledovanie Zemli iz kosmosa*, 2011, No. 6, pp. 64–72.
6. Laguta A. A., Pogorelov A. V., Izmenenie morfometricheskikh kharakteristik Krasnodarskogo vodokhranilishcha za period ekspluatatsii (1973–2018 gody) (Change of morphometric characteristics of the Krasnodar water reservoir for the period of its operation (1973–2018)), *Materialy Mezhdunarodnoi konferentsii “InterKarto/InterGIS-25”*, 2019, Pt. 2, pp. 5–15.
7. Loupian E. A., Proshin A. A., Burtsev M. A., Balashov I. V., Bartalev S. A., Efremov V. Yu., Kashnitskii A. V., Mazurov A. A., Matveev A. M., Sudneva O. A., Sychugov I. G., Tolpin V. A., Uvarov I. A., Tsentral'nyy kolektivnyy pol'zovaniya sistemami arkhivatsii, obrabotki i analiza sputnikovyykh dannykh IKI RAN dlya resheniya zadach izucheniya i monitoringa okruzhayushchei sredy (IKI center for collective use of satellite data archiving, processing and analysis systems aimed at solving the problems of environmental study and monitoring), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2015, Vol. 12, No. 5, pp. 263–284.

8. Rulev A. S., Shinkarenko S. S., Kosheleva O. Yu., Otsenka vliyaniya gidrologicheskogo rezhima Volgi na dinamiku zatopleniya ostrova Sarpinskii (Assessment of influence of hydrological regime of the Volga on dynamics of flooding on Sarpinsky island), *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta, Ser.: Estestvennye nauki*, 2017, Vol. 159, Book 1, pp. 139–51.
9. Sheverdyayev I. V., Kleshchenkov A. V., Deshifirovanie osushek Tsimlyanskogo vodokhranilishcha pri kolebaniyakh urovnya (Decoding dewatering areas of the Tsimlyansk reservoir by water level fluctuation), *Ekologiya. Ekonomika. Informatika, Ser.: Geoinformatsionnye tekhnologii i kosmicheskii monitoring*, 2019, No. 4, pp. 98–100.
10. Shinkarenko S. S., Solodovnikov D. A., Formirovanie novoi del'ty Syrdar'i (Formation of a new delta of Syr Darya), *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2018, Vol. 15, No. 2, pp. 267–271.
11. Shumova N. A., Analyzing bedrock shore degradation at the Tsimlyansk reservoir, *Arid Ecosystems*, 2017, Vol. 7, No. 3, pp. 209–216.
12. Solodovnikov D. A., Shinkarenko S. S., Present-Day Hydrological and Hydrogeological Regularities in the Formation of River Floodplains in the Middle Don Basin, *Water Resources*, 2020, Vol. 47, No. 6, pp. 719–728.