

## Динамика площадей водоёмов Западного ильменно-бугрового района дельты Волги

С. С. Шинкаренко<sup>1,2</sup>, С. А. Барталев<sup>1</sup>, А. Н. Берденгалиева<sup>2</sup>, А. А. Выприцкий<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Институт космических исследований РАН, Москва, 117997, Россия  
E-mail: shinkarenkos@vfanc.ru*

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

Сообщение посвящено установлению динамики площадей и количества водоёмов в Западном ильменно-бугровом районе дельты Волги. По спутниковым данным Landsat определены площади существующих и пересохших водоёмов, солончаков в периоды летне-осенней межени 1977–2020 гг. Установлено снижение площади ильменей на 40 % в 2020 г. по сравнению с 1991 г., в котором было экстремально высокое половодье. Среднегодовое количество водоёмов за 2010–2020 гг. сократилось на 135 км<sup>2</sup> по сравнению с периодом 1985–1995 гг. Площадь ильменей связана с максимальными расходами и длительностью половодья. Коэффициент корреляции скользящих по пятилетиям средних значений площадей водоёмов и максимальных расходов половодья составил  $r = 0,93$ . Максимальное уменьшение количества и площадей ильменей отмечалось в экстремально маловодные 1996, 2006 и 2015 гг. В условиях снижения водности и продолжительности половодья следует ожидать дальнейшей деградации водоёмов Западного ильменно-бугрового района. Поскольку здесь отсутствуют гидрологические посты, спутниковый мониторинг может служить источником информации для анализа гидрологических изменений в районе.

**Ключевые слова:** Нижняя Волга, ильмени, дистанционное зондирование, Landsat, гидрология

Одобрена к печати: 15.07.2021

DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-4-285-290

Западные подстепные ильмени (ЗПИ, Западный ильменно-бугровой район) занимают около четверти всей площади дельты Волги (по разным оценкам, 4–5 тыс. км<sup>2</sup>), расположены на территории трёх районов Астраханской обл.: Икрянинского, Лиманского и Наримановского. Это цепочки понижений между Бэровскими буграми, вытянутые в субширотном направлении, заполненные водой и соединённые между собой протоками (Бухарицин и др., 2017). В Западном ильменно-бугровом районе расположено более тысячи таких водоёмов. Этот район имеет значение для обеспечения водой населённых пунктов, орошения, водопоев, рыбного хозяйства и сохранения биоразнообразия. ЗПИ также ключевая орнитологическая территория, это водно-болотные угодья международного значения, охраняемые Рамсарской конвенцией (Holzel et al., 2002).

Наполнение ильменей происходит в половодье из основных водотоков дельты Волги, рукавов и проток, а также через ряд оросительных систем. Протоки искусственно перегорожены гидротехническими сооружениями, которые перекрываются на спаде половодья, чтобы удержать воду в водоёмах (Бухарицин и др., 2017). В связи с зарегулированием стока Волги, снижением уровня Каспия, строительством автомобильных и железных дорог значительно снизилась приточность к ильменям, прекратились нагоны в южной части ЗПИ (Бубер и др., 2017). По этим причинам ильмени наполняются только при высоких половодьях, которые в последние годы отмечаются всё реже (Kuzmina et al., 2018). Соответственно, в западной части района происходит пересыхание ильменей, превращение их в солончаки. Из-за снижения водности ЗПИ практически потеряли своё значение для естественного воспроизводства рыб.

По данным работы (Holzel et al., 2002), в 1998 г. по сравнению с 1989 г. на отдельных участках Западного ильменно-бугрового района произошло сокращение площади водоёмов на 60–80 %, в то время как на некоторых участках, наоборот, из-за ввода новых оросительных систем были заполнены новые ильмени и площадь водоёмов выросла на 30–40 %. Для

всех ЗПИ подобной оценки площади не проводилось, только для отдельных лет в работе (Бухарицин и др., 2017) приведены сведения о доле водоёмов в общей площади района. Поскольку гидрологических наблюдений на ЗПИ не ведётся (водно-балансовые расчёты осуществляются только по данным гидрологических постов на рукавах дельты в Астрахани и с. Оля), то мониторинг площади водоёмов по данным дистанционного зондирования становится актуальной задачей. Даже при визуальной оценке разновременных спутниковых изображений чётко видно уменьшение площади водного зеркала ЗПИ (рис. 1).

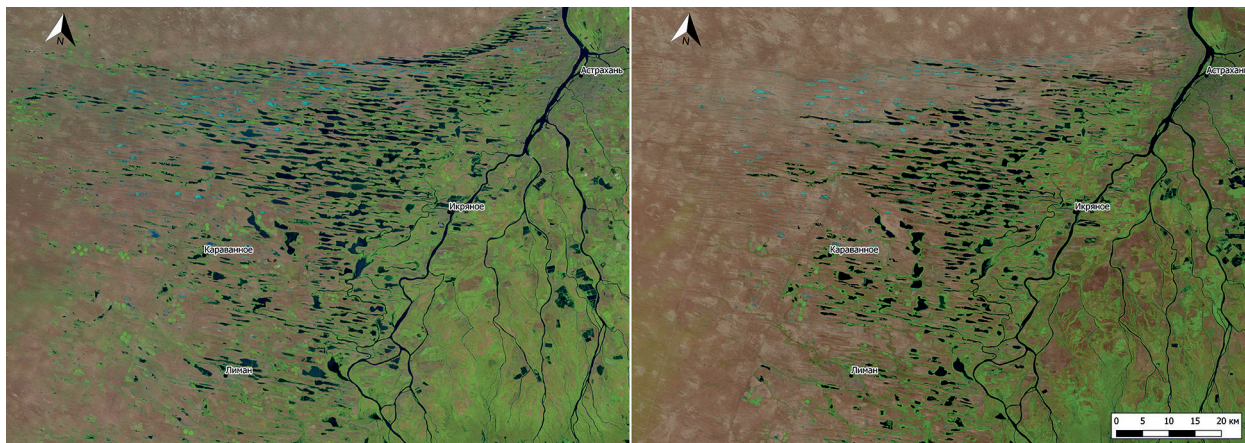


Рис. 1. Спутниковые изображения Западного ильменно-бугрового района, полученные системой Landsat: прибор TM 07.08.1991 (слева); прибор OLI 13.09.2020 (справа)

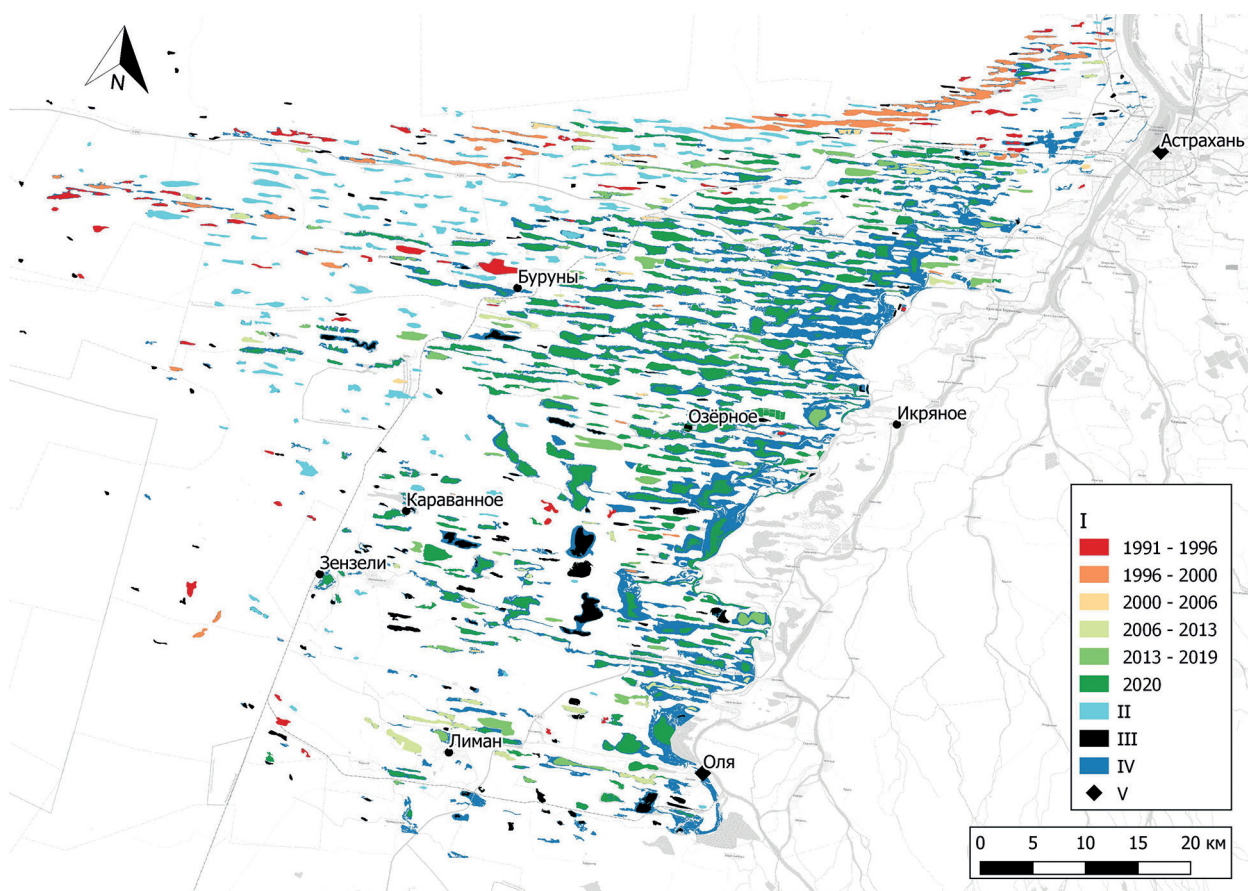


Рис. 2. Изменение площадей ильменей в период 1991–2020 гг.: I — последний год наполнения; II — сухие ильмени и солончаки на 1991 г.; III — водоёмы, существующие в 2020 г., которых не было в 1991 г.; IV — максимальная площадь в половодье 1993–1995 гг.; V — гидрологические посты



Спутниковые данные достаточно широко используются для исследования различных естественных и искусственных водоёмов (Курбатова, 2014; Кутузов, 2011; Шинкаренко и др., 2021). Цель настоящей работы — оценка динамики площади водного зеркала и количества наполненных водой ильменей по спутниковым данным Landsat за период с 1977 по 2020 г. Использовались снимки периода летне-осенней межени (сентябрь). Выбор для проведения исследований данных Landsat пространственного разрешения около 30 м обусловлен особенностями геометрической формы многих ильменей, ширина которых составляет 100–200 м. Водное зеркало классифицировалось по ближнему инфракрасному каналу с использованием ранее опубликованной методики (Рулев и др., 2017; Шинкаренко, Солодовников, 2018). Анализировались объекты площадью более 10 га. На первом этапе были выявлены водоёмы по состоянию на 2020 и 1991 гг. (в 1991 г. наблюдалось самое высокое половодье за последние 30–40 лет) (см. *рис. 1*). Далее для водоёмов, высохших к 2020 г., были определены годы, в которые они были наполнены в последний раз (*рис. 2*, см. с. 286). Расходы воды в створе Волгоградского гидроузла приведены согласно работам (Кривошей, 2015; Лобойко и др., 2018) и данным официального сайта РусГидро (<http://www.rushydro.ru/hydrology/informer>). Расходы и уровни воды по гидрологическим постам дельты Волги отсутствуют в свободном доступе, поэтому использовались данные для Волгоградского гидроузла. Безусловно, это снижает точность оценки связи между гидрологическими условиями в дельте и площадями ЗПИ, тем не менее уровень воды в дельте Волги также связан с расходами через Волжскую ГЭС.

В сентябре 1991 и 1995 гг. площадь водоёмов составляла около 520 км<sup>2</sup>, или 10–12 % всей площади Западного ильменно-бугрового района, солончаки и пересохшие ильмени на тот момент занимали около 60 км<sup>2</sup>. В 1991 г. наблюдалось экстремально высокое половодье, а в 1995 г. кроме высокого половодья произошло заполнение нескольких крупных водоёмов в центральной части ЗПИ через оросительные каналы. После 1991 г. в среднем ежегодно пересыхало 17 водоёмов (*рис. 3*) общей площадью около 8 км<sup>2</sup>. Всего площадь водного зеркала ЗПИ в 2020 г. сократилась на 40 % по сравнению с 1991 г. Среднемноголетняя площадь в 2010–2020 гг. уменьшилась примерно на 135 км<sup>2</sup>, или 30 % от величины 1985–1995 гг. Угловой коэффициент линейного тренда площади равен 9,7 км<sup>2</sup> ( $r = 0,81$ ), а коэффициент корреляции скользящих средних по пятилетиям максимальных расходов половодья и площадей  $r = 0,93$ . Уменьшение количества водоёмов после 1991 г. связано с отсутствием в дальнейшем таких высоких половодий. В период 1985–1995 гг. среднемноголетний максимальный расход составлял 27,9 тыс. м<sup>3</sup>, а в 2010–2020 гг. — 25 тыс. м<sup>3</sup>. Большая часть высохших ильменей прекратила существование после экстремально маловодных лет, например 1996, 2006, 2015 гг. В 2019–2020 гг. максимальные расходы половодья не превышали 25 тыс. м<sup>3</sup>, а период максимальных расходов составлял всего около недели. Этого недостаточно для обводнения ЗПИ, поэтому в последние годы их площадь также существенно сократилась.

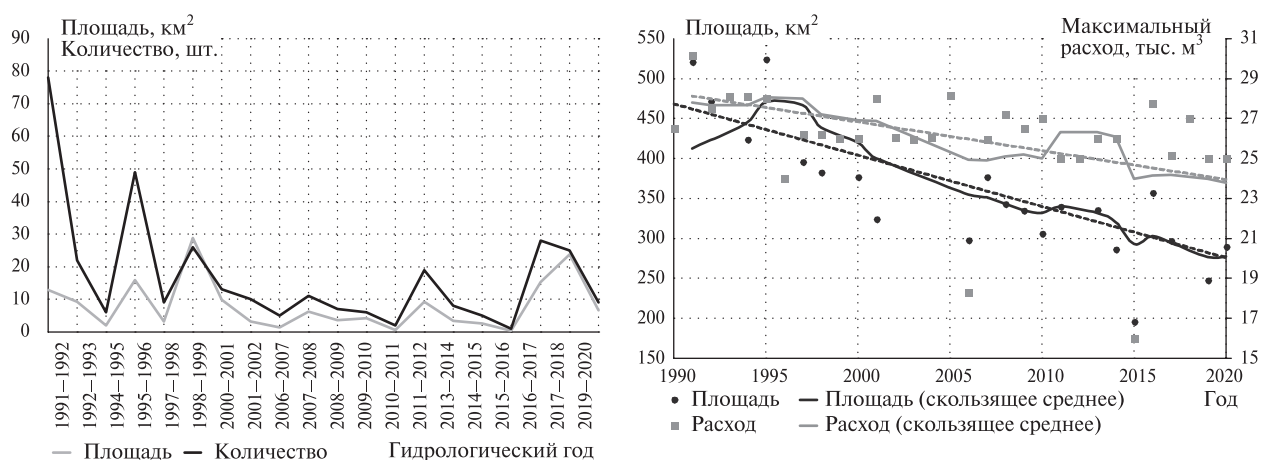


Рис. 3. Количество и площадь высохших ильменей на сентябрь 2020 г. (слева); динамика общей площади водоёмов ЗПИ и максимальных расходов половодья (справа)

Обводнение ЗПИ зависит от половодья на Волге, причём важны не только показатели максимальных расходов воды, но и длительность периода максимальных расходов, определяющая уровень воды и сток (рис. 4). Так, коэффициент корреляции между площадью водоёмов и средними расходами мая (период максимального сброса через Волжскую ГЭС) ниже, чем со средними расходами всего периода половодья (апрель–июнь). Это связано с большой протяжённостью ЗПИ: запаздывание подъёма воды в центральной части района по сравнению с руслом Волги составляет 1–2 нед. (с. Озёрное), а в западной части — 3–4 нед. (с. Буруны) в зависимости от уровня воды в Волге перед началом пика половодья (Бухарицин и др., 2017). Поэтому краткосрочное повышение расходов в половодье не приводит к обводнению центральной и западной частей ЗПИ.

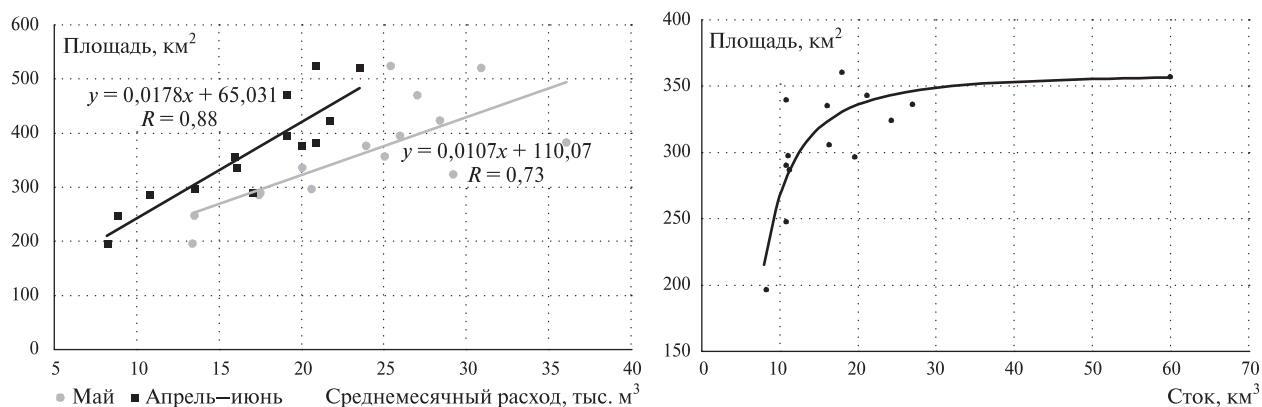


Рис. 4. Связь площади ЗПИ и среднемесячных расходов половодья (слева); связь площади ЗПИ с объёмом стока за период максимальных расходов воды в половодье (справа)

Тенденции изменения уровней и продолжительности половодья на Нижней Волге последних десятилетий направлены на их снижение. Причинами этого выступают как климатические факторы (частые зимние оттепели, недостаточное промерзание почвы, сезонное перераспределение осадков), так и антропогенные (зарегулирование стока, несоблюдение рекомендаций по организации весенних пусков через каскад плотин). В силу этих причин следует ожидать дальнейшей деградации ЗПИ. Спутниковый мониторинг — единственный инструмент оперативных наблюдений и ретроспективного анализа многолетней и сезонной динамики площадей водоёмов ЗПИ, так как гидрологические посты в Западном ильменно-бугровом районе отсутствуют.

Работа выполнена в рамках темы Института космических исследований РАН «Мониторинг» (госрегистрация № 01.20.0.2.00164), а также по теме Федерального научного центра агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН № 0713-2019-0001 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. Бубер А. А., Бородычев В. В., Талызов А. А. Разработка гидродинамической модели дельты реки Волги и Западных подступных ильменей // Изв. Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее образование. 2017. № 2(46). С. 271–284.
3. Бухарицин П. И., Полонский В. Ф., Остроумова Л. П. Устойчивое водообеспечение Западных подступных ильменей дельты Волги. Саарбрюккен: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017. 137 с.

4. *Кривошей В. А.* Река Волга (проблемы и решения). М.: ООО «Журн. «РТ», 2015. 92 с.
5. *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.
6. *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.
7. *Лобойко В. Ф., Овчарова А. Ю., Никитина Н. С.* Особенности водного режима Нижней Волги и его влияние на состояние северо-западной части Волго-Ахтубинской поймы // *Изв. Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее образование*. 2018. № 4(52). С. 89–96. DOI: 10.32786/2071-9485-2018-04-11.
8. *Лулян Е. А., Прошин А. А., Бурицев 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.
9. *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. № 1. С. 139–151.
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. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-2-267-271.
11. *Шинкаренко С. С., Солодовников Д. А., Барталев С. А.* Гидрологическая ситуация на водохранилищах юга европейской части России в 2020 г. // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2021. Т. 18. № 1. С. 248–254. DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-1-248-254.
12. *Holzel N., Haub C., Ingelfinger M. P., Otte A., Pilipenko V. N.* The return of the steppe large-scale restoration of degraded land in southern Russia during the post-Soviet era // *J. Nature Conservation*. 2002. V. 10. Iss. 2. P. 75–85.
13. *Kuzmina Zh. V., Treshkin S. E., Shinkarenko S. S.* Effects of River Control and Climate Changes on the Dynamics of the Terrestrial Ecosystems of the Lower Volga Region // *Arid Ecosystems*. 2018. V. 8. No. 4. P. 231–244. DOI: 10.1134/S2079096118040066.

## Dynamics of water bodies areas in the Western Ilmen Lake Region of the Volga Delta

S. S. Shinkarenko<sup>1,2</sup>, S. A. Bartalev<sup>1</sup>, A. N. Berdengalieva<sup>2</sup>, A. A. Vypritskii<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Space Research Institute RAS, Moscow 117997, Russia*  
*E-mail: shinkarenkos@vfanc.ru*

<sup>2</sup> *Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Meliorations and Agroforestry RAS*  
*Volgograd 400062, Russia*

The report is devoted to determining the dynamics in the number of areas and water bodies in the Western Ilmen Lake Region of the Volga Delta. Landsat satellite data allowed identifying the areas of existing and dry water bodies, as well as salt marshes during the summer-autumn low-water period of 1977–2020. We have revealed a decrease in the ilmen area by 40 % in 2020 as compared to 1991, when an extremely high flood took place. Average long-term area of water bodies over the period of 2010–2020 decreased by 135 km<sup>2</sup> as compared to the period of 1985–1995. The ilmen area is associated with the maximum flow rates and flood duration. The correlation coefficient of the mean values of the areas of water bodies and the maximum flow rates of floods moving over five years made  $r = 0.93$ . The maximum decrease in the number and areas of ilmens was noted in the extremely dry years 1996, 2006 and 2015. In the context of a decrease in water content and the duration of floods, further degradation of the water bodies of the Western Ilmen Lake Region of the Volga delta should be expected. Since there are no hydrological posts in this region, satellite monitoring can serve as a source of information for analyzing hydrological changes in the area.

**Keywords:** Lower Volga, ilmen, remote sensing, Landsat, hydrology

Accepted: 15.07.2021

DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-4-285-290

## References

1. Bartalev S. A., Ershov D. V., Loupian E. A., Tolpin V. A., 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 (in Russian).
2. Buber A. A., Borodychev V. V., Talyzov A. A., Development of the hydrodynamic model of the delta of the river of the Volga and the Western steppe illments, *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee obrazovanie*, 2017, No. 2(46), pp. 271–284 (in Russian).
3. Bukharitsin P. I., Polonskii V. F., Ostroumova L. P., *Ustoichivoe vodoobespechenie Zapadnykh podstepnykh il'menei del'ty Volgi* (Sustainable water supply to the Western steppe ilmen of the Volga delta), Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017, 137 p. (in Russian).
4. Krivoshei V. A., *Reka Volga (problemy i resheniya)* (The Volga River: Problems and Solutions), Moscow: Zhurnal "RT", 2015, 92 p. (in Russian).
5. Kurbatova I. E., 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 (in Russian).
6. Kutuzov A. V., Monitoring of the Large Flat Water Reservoirs Using Remote Sensing Data, *Issledovanie Zemli iz kosmosa*, 2011, No. 6, pp. 64–72 (in Russian).
7. Loboiko V. F., Ovcharova A. Yu., Nikitina N. S., Features of the water regime of the Lower Volga and its impact on the condition of the north-western part of the Volga-Akhtuba floodplain, *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee obrazovanie*, 2018, No. 4(52), pp. 89–96 (in Russian), DOI: 10.32786/2071-9485-2018-04-11.
8. Loupian E. A., Proshin A. A., Burtsev M. A., Balashov I. V., Bartalev S. A., Efremov V. Yu., Kashnitskiy A. V., Mazurov A. A., Matveev A. M., Sudneva O. A., Sychugov I. G., Tolpin V. A., Uvarov I. A., 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 (in Russian).
9. Rulev A. S., Shinkarenko S. S., Kosheleva O. Yu., Assessment of the Influence of the Hydrological Regime of the Volga River on the Dynamics of Flooding on Sarpinsky Island, *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Ser.: Estestvennye nauki*, 2017, Vol. 159, No. 1, pp. 139–151 (in Russian).
10. Shinkarenko S. S., Solodovnikov D. A., Formation of a new delta of Syr Darya, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2018, Vol. 15, No. 2, pp. 267–271 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-2-267-271.
11. Shinkarenko S. S., Solodovnikov D. A., Bartalev S. A., Hydrological situation in the reservoirs in the south of the European part of Russia in 2020, *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*, 2021, Vol. 18, No. 1, pp. 248–254 (in Russian), DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-1-248-254.
12. Holzel N., Haub C., Ingelfinger M. P., Otte A., Pilipenko V. N., The return of the steppe large-scale restoration of degraded land in southern Russia during the post-Soviet era, *J. Nature Conservation*, 2002. Vol. 10, Issue 2, pp. 75–85, DOI: 10.1078/1617-1381-00009.
13. Kuzmina Zh. V., Treshkin S. E., Shinkarenko S. S., Effects of River Control and Climate Changes on the Dynamics of the Terrestrial Ecosystems of the Lower Volga Region, *Arid Ecosystems*, 2018, Vol. 8, No. 4, pp. 231–244, DOI: 10.1134/S2079096118040066.