

тем, создаваемых, развиваемых и эксплуатируемых на единой цифровой платформе Российской Федерации «ГосТех» : Протокол Президиума правительственной комиссии от 30.03.2023 №15. – URL: [www.platform.gov.ru/wp-content/uploads/2023/05/politika-po-upravleniyu-dannymi.pdf](http://www.platform.gov.ru/wp-content/uploads/2023/05/politika-po-upravleniyu-dannymi.pdf) (дата обращения: 27.06.2024). – Текст: электронный.

7. Tasueva, T. S. Information and Communication Technologies in the Formation of Digital Regional Infrastructure / T. S. Tasueva, L. M. Idigova, B. Kh. Rakhimova // European Proceedings of Social and Behavioural Sciences. – 2021. – Pp. 1512–1517.

8. Ibragimova, G. M. Regional information policy in the civil service / G. M. Ibragimova, V. V. Calikova, L. A. Leto, E. A. Tuganova // Journal of Economic & Management Perspectives. – 2017. – Т. 11. – №. 3. – P. 1668–1673.

9. Модель компетенций команды цифровой трансформации в системе государственного управления / Под ред. Шклярчук М.С., Гаркуши Н.С. – М.: РАНХиГС, 2020. – 84 с.

10. Гегедюш, Н. С. Модели цифровой компетентности государственных служащих: подходы к формированию и оценке / Н. С. Гегедюш, Е. В. Масленникова, В. А. Осипов // Вестник университета. – 2022. – № 10. – С. 18–30.

11. Лещенко, Е. М. Совершенствование управления профессиональным развитием государственных гражданских служащих на основе цифровых компетенций (на примере Воронежской области) / Е. М. Лещенко, Г. И. Шахворостов, А. А. Лейбина // Регион: системы, экономика, управление. – 2022. – № 1 (56). – С. 138–146. – DOI 10.22394/1997-4469-2022-56-1-138-146. – EDN FTOTJY.

12. Vasilieva, E. V. Digital competence development of state civil servants in the Russian Federation / E. V. Vasilieva, V. N. Pulyaeva, V. A. Yudina // Бизнес-информатика. – 2018. – №. 4 (46) eng. – С. 28-42.

13. Кабинет Министров Республики Татарстан. Постановления. О создании государственного казенного учреждения «Центр цифровой трансформации Республики Татарстан» : Постановление Кабинета Министров Республики Татарстан от 09.11.2019 №1028. – URL: [www.pravo.tatarstan.ru/rus/file/npra/2019-11/460559/npra\\_460560.pdf](http://www.pravo.tatarstan.ru/rus/file/npra/2019-11/460559/npra_460560.pdf) (дата обращения: 27.06.2024). – Текст: электронный.

14. Крянев, А. В. К вопросу о качестве и надежности экспертных оценок при определении технического уровня сложных систем / А. В. Крянев, С. С. Семенов // Надежность. – 2013. – № 4. – С. 90–99.

УДК 556.557:504.455

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДИНАМИКИ ЗАРАСТАНИЯ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ОЗЕР В РАМКАХ ГОСУДАРСТВЕННОГО МОНИТОРИНГА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

*Александрова А.Б., к.б.н., старший научный сотрудник лаборатории биогеохимии;  
E-mail: [adabl@mail.ru](mailto:adabl@mail.ru);*

*Зиганшин И.И., к.г.н, доцент, старший научный сотрудник лаборатории биогеохимии;  
ORCID: [0000-0003-4449-3444](https://orcid.org/0000-0003-4449-3444);*

*E-mail: [Irek.Ziganshin@tatar.ru](mailto:Irek.Ziganshin@tatar.ru);*

*Иванов Д.В., д.г.н., заместитель директора по научной работе;*

*E-mail: [water-rf@mail.ru](mailto:water-rf@mail.ru);*

*Хасанов Р.Р., научный сотрудник лаборатории биогеохимии Института проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан, Казань, Россия;*

*E-mail: [rustamkhasanov88@gmail.com](mailto:rustamkhasanov88@gmail.com)*

## USING GEOINFORMATION SYSTEMS TO ASSESS THE DYNAMICS OF OVERGROWING OF SPECIALLY PROTECTED LAKES WITHIN THE FRAMEWORK OF STATE MONITORING OF WATER BODIES

*Alexandrova A.B., candidate of biological sciences, senior researcher of the Laboratory of Biogeochemistry;  
E-mail: adabl@mail.ru;*

*Ziganshin I.I., Ph.D., associate professor, senior researcher of the Laboratory of Biogeochemistry;  
ORCID: 0000-0003-4449-3444;*

*E-mail: Irek.Ziganshin@tatar.ru;*

*Ivanov D.V., doctor of geology, Deputy Director for Research;*

*E-mail: water-rf@mail.ru;*

*Khasanov R.R., Researcher of the Laboratory of Biogeochemistry, Institute of Ecology and Subsoil Use,  
Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan, Kazan, Russia;*

*E-mail: rustamkhasanov88@gmail.com*

### Аннотация

В статье представлены результаты изучения динамики зарастания особо охраняемых озер, расположенных на территории Лаишевского муниципального района Республики Татарстан с использованием ГИС Google Earth Pro путем обозначения векторных слоев за период с 2003 по 2023 гг. Зарастание рассматриваемых озер варьирует от 0,03 до 0,7 га/год и в среднем составляет  $0,2 \pm 0,05$  га в год. Максимальные площади зарастания (более 50%) характерны для памятников природы регионального значения озера Чистое и озера Столбище. Для своевременного предупреждения возможных негативных последствий антропогенного воздействия на особо охраняемые озера необходимо формирование регулярной системы наблюдений за динамикой их зарастания водной растительностью. Сведения, полученные в результате исследования, могут быть использованы при проведении государственного мониторинга водных объектов Республики Татарстан.

### Abstract

The article presents the results of studying the dynamics of overgrowing of specially protected lakes located on the territory of Laishevsky municipal district of the Republic of Tatarstan using GIS Google Earth Pro by marking vector layers for the period from 2003 to 2023. Overgrowth of the lakes under consideration varies from 0.03 to 0.7 ha/year and averages  $0.2 \pm 0.05$  ha/year. Maximum overgrowing areas (more than 50%) are characteristic for the natural monuments of regional importance Lake Chistoe and Lake Stolbishche. For timely prevention of possible negative consequences of anthropogenic impact on specially protected lakes, it is necessary to form a regular system of observations of the dynamics of their overgrowing with aquatic vegetation. The data obtained as a result of the study can be used in the state monitoring of water bodies of the Republic of Tatarstan.

**Ключевые слова:** государственный мониторинг водных объектов, особо охраняемые природные территории, озера, зарастание, водная растительность, геоинформационные технологии, Лаишевский муниципальный район

**Keywords:** state monitoring of water bodies, specially protected natural territories, lakes, overgrowth, aquatic vegetation, geoinformation technologies, Laishevsky district

### Введение

В настоящее время геоинформационные технологии (далее – ГИС) повсеместно используются и востребованы в целях изучения земной поверхности [7, 9-12]. Они позволяют охватить большие по площади территории, что является актуальным с точки зрения государственного мониторинга водных объектов, включающего организацию регулярных наблюдений

за состоянием дна, берегов, состоянием и режимом использования водоохранных зон и изменениями морфометрических особенностей водных объектов или их частей [1, 2, 6]. При этом упрощается объем трудоемких полевых исследований, возможно исследовать значительные площади за короткий промежуток времени и провести предварительный пространственный анализ территории на предмет изменения обстановки, в частности зарастания озер. В связи с этим использование ГИС-технологий для решения экологических задач представляет собой важную практическую задачу.

Цель работы: оценить зарастание высшей водной растительностью особо охраняемых озер с применением ГИС.

#### *Материал и методы исследования*

Объектом исследования были 12 озер, имеющих особый природоохранный статус, расположенных на территории Лаишевского муниципального района Республики Татарстан (рис. 1).



Рис. 1. Месторасположение особо охраняемых озер Лаишевского муниципального района Республики Татарстан

Лаишевский муниципальный район Республики Татарстан занимает первое место среди всех административных районов РТ по числу озер, имеющих статус особой охраны [3]. Относительно близкое пространственное расположение особо охраняемых озер в границах района, высокая озерность и разнообразие площадей водного зеркала представляет научный и практический интерес на предмет выявления возможностей исследования скорости зарастания озер.

Особо охраняемые озера Лаишевского района Республики Татарстан выполняют важные природоохранные и рекреационные функции, являясь одними из самых востребованных водных объектов у рекреантов и туристов [5]. Вследствие усиленного рекреационного воздействия, озера подвержены процессам антропогенного эвтрофирования, зарастания высшей водной растительностью, обмеления, приводящего изменению их основных морфометрических характеристик [4, 12]. В связи с этим, изучение динамики зарастания озер является актуальной с точки зрения проведения государственного мониторинга водных объектов Республики Татарстан, в т.ч. с целью прогноза возможной их утраты.

Изучение зарастания озер проводилось с использованием программы Google Earth Pro, в которой были созданы векторные слои в виде многоугольников по контуру котлована озера и водного зеркала озер за период 2003 г. и 2023 г. Исходный файл с векторными слоями был сохранен в формате kml и использовался в качестве основного материала для подсчета площадей векторных слоев в программе QGIS 3.26, а также для визуализации и составления карт зарастания озер (рис. 2).

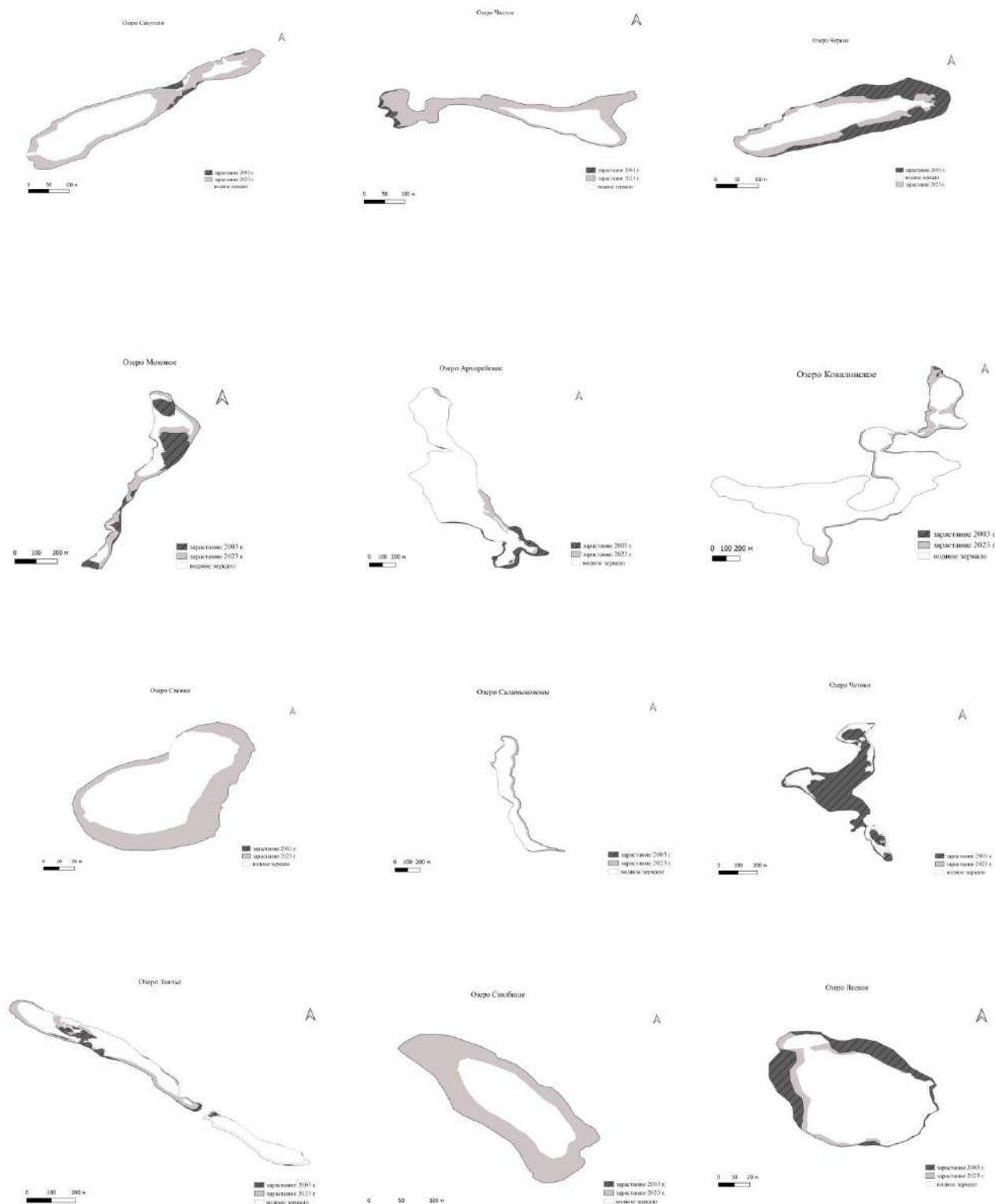


Рис. 2. Динамика зарастания озер на период 2003 и 2023 гг.

### Результаты и обсуждение

На картах (рис. 2) хорошо заметны различия в характере зарастания озер. В 2003 г. значительная площадь зарастания диагностировалась у озера Четово, меньшие площади зарастания были у озер Черное, Моховое, Лесное. Озера Свежее, Столбище, Саламыковское, Ковалинское характеризовались отсутствием зарастания в 2003 г. За последние 20 лет, связи с увеличением площадей застроек и расширением садоводческих товариществ, значитель-

ные площади зарастания обозначились у озер Столбище и Свежее, а также у озер Сапуголи и Чистое.

Были рассчитаны площади обозначенных контуров по охвату береговой и водной зон озер добавлением новой колонки в таблице атрибутов. Численные характеристики были систематизированы в табличные данные Excel. По разности площадей береговой и водной зон вычислялись площадь и процент зарастания озер. Статистические параметры исследованных объектов были получены с использованием программы Statistica 8.0.

Результаты исследований показали, что зарастание озер варьирует в широких пределах, что подтверждается высоким коэффициентом вариации (табл. 1).

Таблица 1

**Статистические параметры зарастания озер ООПТ Лаишевского района РТ  
с 2003 по 2023**

	<b>M*</b>	<b>Me</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Q25</b>	<b>Q75</b>	<b>StDev</b>	<b>CV%</b>	<b>m</b>
Скорость зарастания, га/год	0,2	0,2	0,03	0,7	0,1	0,2	0,2	87,0	0,05
Скорость зарастания м <sup>2</sup> /год	1975,9	1881,6	32,8	6800,9	1014,9	2341,8	1718,1	87,0	496,0
Площадь акватории озера, га	23,1	11,1	1,0	104,4	5,7	20,0	32,3	139,7	9,3
Зарастание, %	25,7	20,8	4,4	59,6	9,1	38,8	19,3	75,2	5,6

\*M – среднее; Me – медиана; Min – минимум; Max – максимум; Q25 – нижний квартиль; Q75 – верхний квартиль, StDev – стандартное отклонение; CV% – коэффициент вариации; m – ошибка среднего

Это обусловлено размерами и глубиной озера, наличием мелководных участков, на которых создаются благоприятные условия для произрастания гидрофильной растительности (рогоза, тростника и др.). Также была подтверждена положительная корреляционная связь между скоростью зарастания озер и уменьшением площади чаши озер ( $r=0,69$ ). Как правило, с уменьшением размеров чаши озер увеличивается их зарастание. Кроме того, большую роль играет и такой антропогенный фактор, как забор воды в летний период, что способствует снижению уровня воды в озере, впоследствии образованию мелей и их зарастанию.

Площадь акватории исследованных озер изменялась от 1 до 104 га и в среднем составила 23,1 га. Следует отметить близкие средние и медианные значения скорости зарастания в год.

По степени зарастания озера распределились в следующий убывающий ряд (рис. 3).

Максимальные площади зарастания характерны для озер Чистое и Столбище. Эти озера имеют небольшую глубину, а также подвержены значительному антропогенному влиянию. Половина исследованных озер вошла в градацию зарастания от 17,5 до 39%, что составляет диапазон второго и третьего квартиля, характеризующего срединную часть выборки. Минимальными значениями зарастания (менее 10%) характеризуются четыре озера: Архирейское, Ковалинское, Четово, Лесное.

Таким образом, с использованием ГИС была установлена скорость зарастания особо охраняемых озер Лаишевского района РТ за 20-летний период. Зарастание рассматриваемых озер варьирует от 0,03 до 0,7 га/год и в среднем составляет  $0,2 \pm 0,05$  га в год.

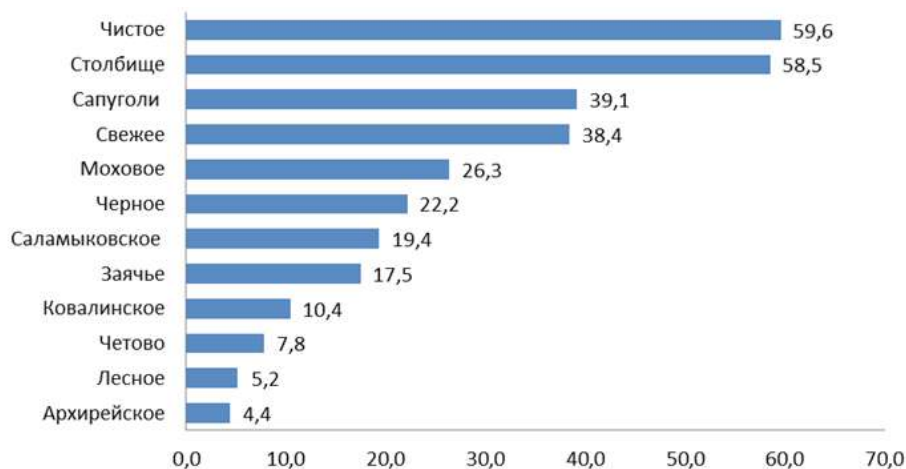


Рис. 3. Процент зарастания озера от площади акватории с 2003 по 2023 гг.

### Список литературы

1. Белов, Н. С. Использование ГИС при географических исследованиях / Н. С. Белов, А. Р. Данченков // Научно-практический электронный журнал «Аллея Науки». – 2017. – № 16. – С. 77–86.
2. Гончаров, Е. А. Возможности ГИС-технологий для изучения гидрологических характеристик водного объекта и экологических параметров его водосборной площади / Е. А. Гончаров, А. Н. Фадеев, А. А. Иванов, М. Ю. Тимофеева // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2022. – Т. 28. – № 2. – С. 691–708.
3. Государственный реестр ООПТ в РТ. Издание второе. – Казань, Издательство «Идел-Пресс», 2007. – 408 с.
4. Зиганшин, И. И. Динамика морфометрических показателей особо охраняемых водоемов Лаишевского района Республики Татарстан / И. И. Зиганшин, Д. В. Иванов, Р. Р. Хасанов // Российский журнал прикладной экологии. – 2017. – №1. – С. 38–43.
5. Зиганшин, И. И. Рекреационная емкость как показатель эколого-туристского потенциала особо охраняемых озера Республики Татарстан / И. И. Зиганшин, Д. В. Иванов // Теоретическая и прикладная экология. – 2017. – №1. – С. 95–102.
6. Постановление Правительства РФ от 10.04.2007 №219 (ред. от 18.04.2014) «Об утверждении Положения об осуществлении государственного мониторинга водных объектов».
7. Al Sghair F.G. Remote sensing and GIS for wetland vegetation study : Doctor's (Philosophy) Thesis. Glasgow: Institute of Biodiversity, Animal Health and Comparative Medicine College of Medical, Veterinary and Life Sciences Publ., University of Glasgow Publ., 2013. 281 p.
8. Bandini F, Jakobsen, J., Olesen D., Reyna-Gutierrez J.A., Bauer-Gottwein P. Measuring water level in rivers and lakes from lightweight Unmanned Aerial Vehicles. Journal of Hydrology. 2017. Vol. 548. P. 237–250. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2017.02.038.
9. Duan P., Wang M., Lei Ya., Li J. Research on Estimating Water Storage of Small Lake Based on Unmanned Aerial Vehicle 3D Model. Water resources. 2021. Vol. 48. № 5. P. 690–700. DOI: 10.1134/S0097807821050109.
10. Nahirnick N.K., Reshitnyk L., Campbell M., HensingLewis M., Costa M., Yakimishyn J., Lee L. Mapping with confidence; delineating seagrass habitats using Unoccupied Aerial Systems (UAS) // Remote Sensing in Ecology and Conservation. 2019. Vol. 5, issue 2. Pp. 121–135.
11. Yadav S., Yoneda M., Susaki J., Tamura M., Ishikawa K., Yamashiki Y. A satellite-based assessment of the distribution and biomass of submerged aquatic vegetation in the optically shallow basin of Lake Biwa // Remote Sensing. 2017. Vol. 9, issue 9. e966.
12. Ziganshin I.I., Ivanov D.V., Khasanov R.R. Analysis of the dynamics of morphometric indicators of nature-monument lakes on the territory of the Republic of Tatarstan // Journal of Applied Ecology. 2018. № 2. P. 17.