



# **ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ: ИЗУЧЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ**

**(школа-практика)**

**Материалы VI Международной конференции  
молодых ученых**

**1–5 сентября 2020 г., Петрозаводск**

# **WATER RESOURCES: RESEARCH AND MANAGEMENT**

**(School and Workshop)**

**Proceedings of the 6<sup>th</sup> International  
Young Scientists Conference**

**September 1–5, 2020, Petrozavodsk**

УДК 556.55:001.891-057.4(063)  
ББК 26.222.6  
В62

## Р е ц е н з е н т ы

д.г.н., чл.-корр. РАН **Н. Н. Филатов**, ИВПС КарНЦ РАН  
к.г.н. **М. С. Потахин**, ИВПС КарНЦ РАН  
к.г.н. **А. В. Толстик**, ИВПС КарНЦ РАН  
к.б.н. **Л. А. Беличева**, Карельский филиал ФГБУН «ВНИРО»  
к.х.н. **А. В. Рыжаков**, ИВПС КарНЦ РАН  
к.ф.-м.н. **М. К. Чебанова**, ИВП РАН  
к.х.н. **Н. Е. Галахина**, ИВПС КарНЦ РАН

**Водные ресурсы: изучение и управление (школа-практика).** Материалы VI Международной конференции молодых ученых, 1–5 сентября 2020 г., Петрозаводск / отв. ред. Н. Е. Галахина, А. В. Толстик, Т. И. Регеранд. – Петрозаводск : КарНЦ РАН, 2020. – 190 с.

ISBN 978-5-9274-0884-9

Представлены результаты исследований молодых ученых по направлениям: география и гидрология, гидрофизика, гидробиология, гидрохимия, донные отложения континентальных водоемов. ИВПС КарНЦ РАН имеет многолетний опыт проведения международной молодежной конференции «Водные ресурсы: изучение и управление (школа-практика)». Однако в 2020 году опыт значительно расширяется: возникла необходимость изменения формата и ввода удаленного участия с использованием интернета в связи с событием, которое существенным образом повлияло на жизнь человечества – пандемия, связанная с распространением коронавируса COVID-19.

Необходимо отметить, что в этой непростой ситуации молодые ученые проявили активную общественную позицию и подготовили результаты своих исследований в виде статей, представленных в данном сборнике, так и выступлений в он-лайн режиме.

Мероприятие направлено на усиление взаимодействия талантливой молодежи в сфере науки и образования при тесном сотрудничестве с отечественными и зарубежными учреждениями высшего образования и научными организациями.

УДК 556.55:001.891-057.4(063)  
ББК 26.222.6

**Water Resources: Research and Management (School and Workshop).** Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Young Scientists Conference, September 1–5, 2020, Petrozavodsk / ed. N. E. Galakhina, A. V. Tolstikov, T. I. Regerand. – Petrozavodsk : KRC RAS, 2020. – 190 p.

The Proceedings of the Conference provide an overview of most of contemporary research of young scientists on issues associated with hydrology, hydrophysics, hydrobiology, hydrochemistry, geography, bottom sediments of continental water bodies. NWPI has many years of experience in organization of International Young Scientists Conference “Water Resources: Research and Management (School and Workshop)”. However in 2020 it was significantly expended as a result of the necessity to change the format and introduction of the remote participation using the Internet in connection with the occasion that had the significant impact on the life of humanity – the pandemic connected with the spread of the coronavirus COVID-19.

It should be noted that in this difficult situation young scientists have shown an active public position and prepared the results of their research work in the form of articles presented in this Proceedings as well as on-line mode presentations.

The event is initiated as an open forum for researchers working on different topics of water resources and to promote interactions among talented young people in the sphere of science and education in close cooperation with domestic and foreign institutions of higher education and research organizations.

*Проведение VI Международной конференции молодых ученых «Водные ресурсы: изучение и управление (школа-практика)» и издание материалов осуществляются при финансовой поддержке РФФИ (№ 20-05-22041)*

ISBN 978-5-9274-0884-9

© Авторы статей, 2020  
© Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН, 2020  
© ФИЦ «Карельский научный центр РАН», 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Предисловие (Филатов Н. Н.)</i> .....	7
<i>Белкина Н. А.</i> Изучение современного седиментационного режима водоемов гумидной зоны (на примере озер Карелии) .....	9
<i>Веницианов Е. В., Лепихин А. П.</i> Актуальные проблемы управления качеством вод .....	13
<i>Фруммин Г. Т.</i> Экологические проблемы трансграничных водных объектов .....	17

### География и гидрология

<i>Давыденко Е. В.</i> Определение максимальных уровней воды неизученных озер на примере водоемов Северо-Запада РФ .....	22
<i>Корнеевкова Н. Ю.</i> Оценка многолетней динамики площадей озер юга Западной Сибири по данным спутниковых снимков .....	25
<i>Ломов В. А.</i> Изучение эмиссии метана с поверхности долинного водохранилища с применением математического моделирования .....	28
<i>Панова Н. В., Воякина Е. Ю.</i> Исследование лимнологических параметров озера Сисьярви (Валаамский архипелаг, Ладожское озеро) .....	33
<i>Одинокова К. Д., Примак Е. А.</i> Оценка устойчивости трансформированных водных объектов Карелии с учетом нелинейности .....	35
<i>Чекмарева Е. А.</i> Ограничения рекреационного водопользования озер северо-запада Тверской области . . .	39
<i>Чернов И. А., Толстиков А. В., Яковлев Н. Г.</i> Численное моделирование биогеохимических процессов в Белом море с учетом экосистемы морского льда .....	43
<i>Яковлев Н. Г., Чернов И. А.</i> Новая совместная модель Северного Ледовитого океана и морского льда	46

### Гидрохимия

<i>Беспалова К. В.</i> Формирование и качество водных ресурсов реки Большой Кинель .....	48
<i>Зобкова М. В., Галахина Н. Е., Ефремова Т. А., Зобков М. Б.</i> Методика определения содержания микропластика в донных отложениях вод суши .....	52
<i>Макарова М. А., Шелутко В. А.</i> Оценка влияния урбанизированных территорий на формирование стока биогенных элементов в реке Великой .....	56
<i>Никерина Н. В., Задонская О. В.</i> Оценка природных фоновых концентраций в истоке и устье реки Нарвы .....	60
<i>Постевая М. А., Слуковский З. И., Даувальтер В. А.</i> Сезонная динамика химических показателей воды озера Семеновского (город Мурманск) в 2019 г. ....	63
<i>Проскуракова М. М., Слуковский З. И., Елизарова И. Р.</i> Снег как индикатор загрязнения поверхностных водоемов на примере озера Семеновского (город Мурманск) .....	67
<i>Строков А. А., Санин А. Ю.</i> Оценка природной составляющей металлов в воде Онежского озера . . .	71
<i>Титова К. В., Кокрятская Н. М., Жибарева Т. А.</i> Сульфатредукция в донных отложениях системы озер юга Архангельской области .....	75
<i>Фруммин Г. Т., Циньлин Ч., Дроздов В. В.</i> Оценка экологического состояния озер Дунчан-ху и Даминг-ху в условиях антропогенного воздействия промышленных районов Северо-Восточного Китая .....	78

### Гидробиология

<i>Вокуева С. И., Денисов Д. Б.</i> Использование диатомовых комплексов донных отложений для оценки состояния водных экосистем в зоне влияния городских объектов .....	82
<i>Зуева Н. В., Гришуткин О. Г., Зуев Ю. А., Ефимов Д. Ю., Бобров А. А.</i> Оценка экологического состояния системы реки Паз по гидробиологическим показателям .....	86
<i>Лантушенко А. О., Мегер Я. В., Кладченко Е. С., Андреева А. Ю.</i> Антиоксидантный статус клеток жабр мидий в условиях кратковременной гипоксии .....	88
<i>Лопичева О. Г.</i> Особенности фитопланктона реки Свири как природно-техногенного участка Онежско-Балтийского водного пути .....	92

## CONTENT

<i>Preface (Filatov N. N.)</i> . . . . .	7
<i>Belkina N. A.</i> Study of the modern sedimentation regime in lakes of the humid zone (example of Karelia) . . .	9
<i>Venitsianov E. V., Lepikhin A. P.</i> Topical problems of water quality management . . . . .	13
<i>Frumin G. T.</i> Environmental problems of transboundary water objects . . . . .	17

### Geography and hydrology

<i>Davydenko E. V.</i> Calculation of maximum water levels of unexplored lakes: lakes of north-west Russia as an example . . . . .	22
<i>Korneenkova N. Yu.</i> Assessment of the long-term dynamics of the lake areas in the south of Western Siberia using satellite images . . . . .	25
<i>Lomov V. A.</i> Research on methane emissions from a valley-based storage reservoir by mathematical modeling methods . . . . .	28
<i>Panova N. V., Voyakina E. Yu.</i> Research into the limnological parameters of Lake Sisjarvi (Valaam archipelago, Lake Ladoga) . . . . .	33
<i>Odinokova K. D., Primak E. A.</i> Assessment of the resistance of transformed water bodies in Karelia with allowances for non-linearity . . . . .	35
<i>Chekmareva E. A.</i> Limitation of recreational water use of lakes in north-western Tver region . . . . .	39
<i>Chernov I. A., Tolstikov A. V., Iakovlev N. G.</i> Numerical simulation of biogeochemical processes in the White sea, including the sea-ice ecosystem . . . . .	43
<i>Iakovlev N. G., Chernov I. A.</i> A new integrated model of the Arctic ocean and sea ice . . . . .	46

### Hydrochemistry

<i>Bespalova K. V.</i> Formation and quality of water resources of the Bolshoy Kinel river . . . . .	48
<i>Zobkova M. V., Galakhina N. E., Efremova T. A., Zobkov M. B.</i> A technique for microplastics content determination in inland water sediments . . . . .	52
<i>Makarova M. A., Shelutko V. A.</i> Assessment of urban impact on the formation of the nutrient flow in the Velikaya river . . . . .	56
<i>Nikerina N. V., Zadonskaya O. V.</i> Estimation of natural background concentrations in the Narva river source and mouth . . . . .	60
<i>Postevaya M. A., Slukovskii Z. I., Dauvalter V. A.</i> Seasonal variations of chemical parameters in Lake Semenovskoye (city of Murmansk) in 2019 . . . . .	63
<i>Proskuriakova M. M., Slukovskii Z. I., Elizarova I. R.</i> Snow as an indicator of surface water pollution: the case of Lake Semenovskoye (Murmansk) . . . . .	67
<i>Strokov A. A., Sanin A. Yu.</i> Assessment of the natural component of Lake Onego water quality . . . . .	71
<i>Titova K. V., Kokryatskaya N. M., Zhibareva T. A.</i> Sulfate reduction in bottom sediments in the system of lakes in southern Arkhangelsk region . . . . .	75
<i>Frumin G. T., Chen Jenlin, Drozdov V. V.</i> Assessment of the environmental status of lakes Donchang and Daming under anthropogenic impact from industrial areas of north-east China . . . . .	78

### Hydrobiology

<i>Vokueva S. I., Denisov D. B.</i> Using diatom assemblages in sediments to assess the state of aquatic ecosystems in the urban impact zone . . . . .	82
<i>Zuyeva N. V., Grishutkin O. G., Zuyev Yu. A., Efimov D. Yu., Bobrov A. A.</i> Assessment of the ecological state of the Paz river system by hydrobotanical indicators . . . . .	86
<i>Lantushenko A. O., Meger Ya. V., Kladchenko E. S., Andreeva A. Yu.</i> Antioxidant status of cells in mussel gill tissue under short-term hypoxia . . . . .	88
<i>Lopicheva O. G.</i> Characteristics of phytoplankton in river Svir as a seminatural section of the Onega-Baltic waterway . . . . .	92
<i>Makarova E. M.</i> Long-term patterns of pelagic bacterial plankton in Petrozavodsk bay of Lake Onego . . . . .	95

*Дмитриев В. В., Огурцов А. Н.* Устойчивость сложных систем в природе и обществе: методология, оценка, результаты // Учен. зап. РГГМУ. 2017. № 48. С. 72–84.

*Дмитриев В. В., Пряхина Г. В., Огурцов А. Н., Примак Е. А., Амаро Медина Д.* Оценка эмерджентных свойств водных объектов: трофический статус, устойчивость, экологическое благополучие // Третьи Виноградовские чтения. Грани гидрологии: сб. докл. Междунар. науч. конф. памяти выдающегося русского гидролога Юрия Борисовича Виноградова. Санкт-Петербург. 28–30 марта 2018 г. Научно-технологические. С. 347–354.

*Озера Карелии* [Электронный ресурс]: справочник. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2013(2015). 463 с.

*Поздняков Ш. Р.* Озера России. Озера, образовавшиеся в пределах Карельского сегмента Балтийского кристаллического щита. 2001. Режим доступа: <http://win.limno.org.ru/db/lrus.htm>, свободный.

*Примак Е. А.* Интегральная оценка устойчивости и экологического благополучия водных объектов: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. геогр. наук. СПб., 2009. 24 с.

*Филатов Н. Н., Лозовик П. А., Литвиненко А. В.* Современное состояние водных объектов Республики Карелия: Препринт доклада на Президиуме КарНЦ РАН. Петрозаводск, 1998. 30 с.

## **ASSESSMENT OF THE RESISTANCE OF TRANSFORMED WATER BODIES IN KARELIA WITH ALLOWANCES FOR NON-LINEARITY**

***K. Odinkova, E. Primak***

*Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg*

The question of the resistance of natural and anthropogenic ecosystems is of major importance in the study of natural systems. First and foremost, this is because one of the main properties of an ecosystem is stable self-reproduction in a constantly changing external as well as internal environment. Integral indexes were developed to assess the resistance of water bodies to changes in the parameters of natural and anthropogenic regimes. In addition, we have designed an integral index to assess the resistance of water bodies to changes in water quality taking into account the non-linear relationship between the source and the result of the impact.

## **ОГРАНИЧЕНИЯ РЕКРЕАЦИОННОГО ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ОЗЕР СЕВЕРО-ЗАПАДА ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ**

***Е. А. Чекмарева***

*Институт водных проблем РАН, Ивановская НИС, Конаково*

Рекреационное водопользование в РФ имеет важное значение как перспективный вид отдыха и восстановления сил, занятий водными видами спорта человеком с использованием водных ресурсов. Были разработаны уровни доступа к озерам с целью оценки возможности использования акватории и береговой зоны водоемов для рекреации. Озера северо-запада Тверской области испытывают незначительную антропогенную нагрузку, качество воды в них соответствует ПДК, установленным в РФ. Ограничениями к рекреационному водопользованию озер являются слабая изученность экологического состояния, ограничение в доступе к акватории и береговой линии озер (отсутствие автодорог, залесенность и заболоченность берегов).

Оценка доступа населения к водоемам с хорошим качеством воды является важной частью мировой политики в отношении водных ресурсов. Европейское агентство по окружающей среде контролирует качество воды водоемов стран Европы для рекреационного водопользования, в том числе для купания [European Environment Agency, Council Directive 2006/7/EC..., 2006]. В России контроль за качеством воды сложно проводить на водоемах, удаленных от крупных городов, к таким водоемам относятся озера северо-запада Тверской области.

Процесс рекреационного водопользования заключается в использовании водоема для отдыха и восстановления сил человека, занятий водными видами спорта. Он включает в себя

использование акватории (купание, эксплуатация маломерного флота и устройств, предназначенных для перемещения по воде и под водой, рыбалка) и береговой зоны (пляжный отдых, туризм, занятия спортом, организация пикников, прогулки).

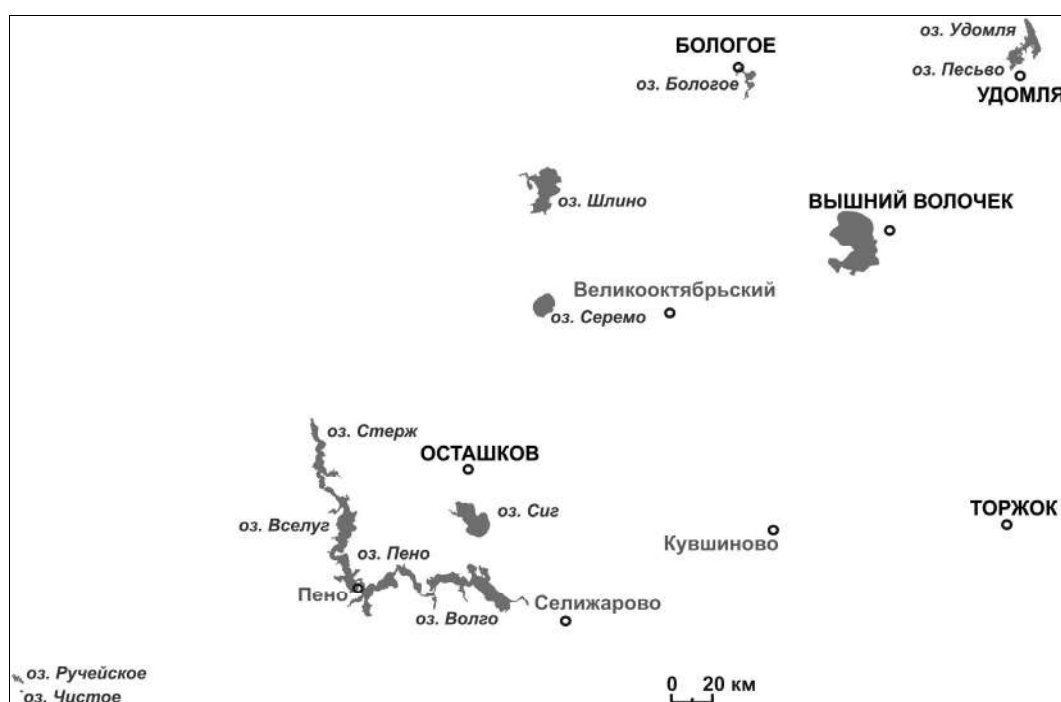
Ограничение рекреационного водопользования заключается в несоответствии водоема, его береговой зоны и района, в котором находится водоем, заявленным требованиям. Водоем и его береговую зону оценивают по ряду характеристик (рекреационный потенциал и социально-экономическая структура района местонахождения озера, экологическое состояние водоема), выявляя уровень доступа для рекреационного водопользования (табл. 1).

Таблица 1. Уровни рекреационного доступа к водному объекту

Уровень	Соответствуют всем показателям	Показатели можно улучшить	Ограничения к безопасной эксплуатации
Рекреационно-доступный	да	да	нет
Рекреационно-доступный с ограничениями	нет (незначительно)	да (несложно)	есть (неопасные)
Рекреационно-доступный с сильными ограничениями	нет (значительно)	да (сложно)	есть
Рекреационно-недоступный	нет	нет	есть (опасно)

В рамках исследования проведена оценка экологического состояния озер северо-запада Тверской области.

Гидрохимические исследования качества воды в озерах проведены сотрудниками Ивановской НИС Института водных проблем РАН с 2008 г., результаты последних исследований опубликованы [Григорьева и др., 2019]. Пробы воды отбирали из озер согласно ГОСТ 3161-2012 «Вода. Общие требования к отбору проб» [ГОСТ 3161-2012, 2013]. Анализ проб воды по стандартным методикам проводили в аттестованной химической лаборатории ИВНИС ИВП РАН (г. Конаково, Тверская область; аттестат аккредитации RA.RU.21АН96 от 28.10.2016). Химический анализ воды включал определение: физико-химических показателей, макрокомпонентного состава, биогенных элементов, показателей содержания органических соединений, содержания кислорода, нефтепродуктов, СПАВ, тяжелых металлов. Объекты исследования – озера, расположены в Тверской области (рис.): Бологое (г. Бологое), Волго (с. Селище, п. Пено), Шлино (д. Красилово, д. Яблонька, д. Комкино), Пено (д. Нечаевщина), Сиг (д. Краклово), Вселуг (с. Широкое), Песьво и Удомля (Удомльский р-н).



Карта расположения озер северо-запада Тверской области

В воде озер северо-запада Тверской области наблюдается снижение концентраций загрязняющих веществ ( $\text{SO}_4^{2-} < 4,8 \text{ мг/дм}^3$ ,  $\text{Cl}^- < 4,6 \text{ мг/дм}^3$ ,  $\text{Fe}_{\text{общ.}} < 0,3 \text{ мг/дм}^3$ ,  $\text{Mn} < 0,1 \text{ мг/дм}^3$ ,  $\text{NO}_3^- < 1,06 \text{ мг/дм}^3$ ,  $\text{PO}_4^{3-} < 0,054 \text{ мг/дм}^3$ ,  $\text{Pb} < 0,01 \text{ мг/дм}^3$ ) из-за отсутствия источников загрязнения, кроме озер Бологое, Удомля и Песьво, где техногенная нагрузка на водоемы выше. С заболоченного водосбора идет подпитка озер высокоцветными водами с высокими концентрациями железа и марганца. Вода в озерах не превышает предельно допустимых концентраций (ПДК) в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (водоемы второй категории), установленных в РФ [ГН 2.1.5.1315-03, 2003].

Гидрохимические характеристики исследованных озер Тверской области представлены в табл. 2 и 3.

Таблица 2. Диапазоны значений (min–max) некоторых гидрохимических характеристик исследованных озер Тверской области, лето 2009–2018 гг.

Показатель	Бологое/2009 г.	Сиг/2009 г.	Серемо/2012 г.	Шлино/2017 г.	Узван/2017 г.	Вселуг/2018 г.	Пено/2018 г.
pH, ед. pH	7,6–8,0	6,4	–	7,1–7,2	7,0	7,8	8,0
M., мг/дм <sup>3</sup>	193–202	76	40	79–97	93	125	108
SiO <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	0,5–0,6	0,3	2,0	0,56–0,72	0,65	0,81	0,66
Fe <sub>общ.</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	0,07–0,08	0,08	0,12	0,12–0,16	0,07	0,30	0,21
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	0,7–1,1	1,06	0,64	0,33–0,72	0,37	0,23	0,18
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	0,01–0,02	0,006	0,028	0,018–0,027	0,015	0,017	0,021
Цв., град.	35–42	23	60	56–64	25	80	70
Мут., мг/дм <sup>3</sup>	–	–	10,3	2,0–6,2	0,30	3,5	2,1
Pb, мг/дм <sup>3</sup>	< 0,01	< 0,01	–	–	–	–	–

Примечание. M. – минерализация, Цв. – цветность, Мут. – мутность.

Таблица 3. Диапазоны значений (min–max) некоторых гидрохимических характеристик исследованных озер Тверской области, лето 2019 г.

Показатель	Волго/2019 г.	Песьво/2019 г.	Ручейское/2019 г.	Стерж/2019 г.	Удомля/2019 г.	Чистое/2019 г.
pH, ед. pH	7,6–7,9	8,5	7,7	7,9	8,4	7,7
M., мг/дм <sup>3</sup>	111–119	290	108	125	308	102
SiO <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	0,29–0,51	0,78	0,63	0,46	0,98	0,56
Fe <sub>общ.</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	0,07–0,08	0,03	0,15	0,23	0,03	0,14
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	0,35–0,44	0,8	0,34	0,42	0,51	0,38
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	0,017–0,019	0,086	0,015	0,054	0,054	0,014
Цв., град.	40–45	30	30	50	35	10
Мут., мг/дм <sup>3</sup>	4,2–5,6	1,5	0,39	0,77	1,0	0,71
Pb, мг/дм <sup>3</sup>	0,004–0,0046	–	–	0,01	–	–

Примечание. M. – минерализация, Цв. – цветность, Мут. – мутность.

Для северо-запада Тверской области характерны природные лесные и водные типы реакционных ландшафтов, они представляют собой саморегулируемые лесные и водные экосистемы. Часто это труднодоступные (сложно добраться на автомобильном транспорте) территории с низкой плотностью населения (2,5–14,5 чел./км<sup>2</sup>), где отсутствует или слабо развита инфраструктура.

Озера Бологое, Шлино, Удомля и Песьво относятся к природно-антропогенным (природные, измененные человеком) водным рекреационным ландшафтам. Это частично саморегулируемые природные водные системы, где функционирование водных систем происходит с участием человека (укрепление берегов, расчистка дна, выкашивание мелководий, высадка высших водных растений, разведение рыб, земноводных и птиц, контроль уровня воды). Доступные (в отношении автомобильного транспорта) для рекреации территории, где слабо- и среднеразвита инфраструктура.

Верхневолжские озера Стерж, Вселуг, Пено и Волго образуют Верхневолжское водохранилище, в котором осуществляется сезонное регулирование стока.



Морфометрические характеристики озер рассчитаны при дешифровке спутниковых снимков высокого разрешения НАСА со спутника Ландстат 8, проведена оценка уровня зарастания, застроенности, залесенности, заболоченности акватории водоемов (табл. 4). Уровень зарастания, установленный по спутниковым снимкам, включает в себя площади прибрежной надводной высшей водной растительности и крупных сплавин плавающей водной растительности. Методика оценки рекреационного потенциала описана в ряде публикаций [Ланцова и др., 2005; Чекмарева, 2019].

Таблица 4. Морфометрические характеристики и оценка рекреационного потенциала исследованных озер Тверской области

Показатель	Бологое	Верхне-вожские озера	Ручейское	Серемо	Сиг	Шлино
S акватории, тыс. м <sup>2</sup>	5,7	183	1,5	15,7	31,1	36,0
Длина тах/ширина тах, м	4,7/3,5	92,5/44	2,8/1,2	5,3/4,2	8,9/5,6	9,2/7
Глубина тах/сред., м	4,3/3	16/4,4	27/9	3/0,8	-/6,2	3/1,9
S зарастания акватории, %	9,5	< 5	–	10,5	5,6	7,6
S общедост. берег. зоны, тыс. м <sup>2</sup>	392,4	4500	202,52	309,3	652	940,2
S застроенности, %	36,4	–	0	0	18,5	38,8
S залесенности, %	39,1	–	87,9	74,4	73,6	40,3
S заболоченности, %	24,5	–	12,1	25,6	7,9	20,9
Рекреац. потенциал, тыс. чел.	78,48	900	40,5	61,85	130,4	188

Примечание. Верхневолжские озера – по: [Вода России, 2017].

По результатам исследований можно отметить, что озера северо-запада Тверской области являются рекреационно-доступными с ограничениями для рекреационного водопользования. Это связано с тем, что данных анализа воды озер на микробиологическое и паразитологическое загрязнение (наличие диких птиц и сброс неочищенных коммунально-бытовых вод указывает на возможное загрязнение) нет; зоны отдыха на берегу не выделены либо недостаточно благоустроены для купания; подход к берегу затруднен (зарос, залесен, заболочен); озера удалены от автомобильных дорог с качественным покрытием.

Для исследованных озер рекомендовано разработать документацию по установлению статуса водоема либо его участка «Для рекреационного водопользования». Присвоение водоему статуса «Для рекреационного водопользования» предполагает ограничение хозяйственной деятельности на акватории, в береговой зоне водоема либо на его участке, в том числе контроль за источниками загрязнения, экологическим состоянием водоема (организация мониторинговых наблюдений) и уборкой в его береговой зоне (коммунальные службы города). Ограничение хозяйственной деятельности предполагает запрет на размещение вредных производств вблизи водоема и переориентацию на рациональное природопользование уже существующих производств (переход на новые технологии и системы очистки, снижение нагрузки на водоем и его водосборную территорию, запрет на создание полигонов ТКО).

При оценке доступа к водоему и его безопасной эксплуатации необходимо учитывать гидрологические и морфометрические параметры. На исследуемых озерах можно провести зонирование в пунктах рекреационного водопользования: обустройство пляжных, пикниковых, спортивных, детских, развлекательных, информационных зон, зон питания, проката оборудования, стоянки, активного отдыха на акватории, туалета, хранения мусора, при этом предусмотрено сохранение природных зон (нерестилищ, заводей с растительностью, мест гнездования птиц и обитания зверей). Важно учитывать виды водопользования, некоторые рекомендовано исключить из использования на конкретном водном объекте для сохранения природной среды. Так, для рекреационного водопользования на озерах северо-запада Тверской области рекомендовать пеший туризм и отдых с палатками, научно-познавательный туризм, отдых с использованием плавательных средств, купание (в разрешенных местах), рыбалку, дайвинг, подводную охоту, спортивный водный туризм, экстремальный туризм, экскурсии, фототуризм.

Работа выполнена при поддержке научного проекта РФФИ № 18-35-00609.

#### Список литературы

Григорьева И. Л., Комиссаров А. Б. Верхневолжское водохранилище // Научно-популярная энциклопедия «Вода России», 2017 [Электронный ресурс] / URL: <http://water-ru.ru> (дата обращения: 20.03.2020 г.).



Григорьева И. Л., Комиссаров А. Б., Кузовлев В. В., Чекмарева Е. А. Современное состояние качества воды различных типов озер Тверской области // Озера Евразии: проблемы и пути их решения: сб. тр. II Междунар. конф. (Казань, 19–24 мая 2019 г.). Ч. 2. Казань: Изд-во Академии наук РТ, 2019. С. 60–65.

ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. М.: Стандартиформ, 2003. 84 с.

ГОСТ 3161-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. 2013. 32 с.

Ланцова И. В., Григорьева И. Л., Тихомиров О. А. Геоэкологические проблемы рекреационного водопользования Иваньковского водохранилища // Водные ресурсы. 2005. Т. 32, № 1. С. 115–122.

Чекмарева Е. А. Рекреационная доступность озер ЦФО России // Озера Евразии: проблемы и пути их решения: сб. тр. II Междунар. конф. (Казань, 19–24 мая 2019 г.). Ч. 1. Казань: Изд-во Академии наук РТ, 2019. С. 205–209.

European Environment Agency, Council Directive 2006/7/EC concerning the management of bathing water quality and repealing Directive 76/160/EEC // EU, OJ L 64, 4.3. 2006. P. 37–51.

## LIMITATION OF RECREATIONAL WATER USE OF LAKES IN NORTH-WESTERN TVER REGION

*E. Chekmareva*

*Ivankovskaya Research Station, Branch of the Water Problems Institute of the Russian Academy of Sciences, Konakovo*

Recreational water use in the Russian Federation is an important form of rest, recuperation, and water sports. Levels of access to lakes and use of the water area and coastal zone of reservoirs for recreation have been developed. Lakes in the North-West of the Tver Region are not exposed to heavy anthropogenic pressure, and their water quality meets MPC for the Russian Federation. Recreational water use on lakes is constrained by a lack of knowledge of the environmental status, poor access to the water area and shoreline of lakes (lack of roads, wooded and boggy shores).

## ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В БЕЛОМ МОРЕ С УЧЕТОМ ЭКОСИСТЕМЫ МОРСКОГО ЛЬДА

*И. А. Чернов<sup>1</sup>, А. В. Толстиков<sup>2</sup>, Н. Г. Яковлев<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> *Институт прикладных математических исследований КарНЦ РАН,  
ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск*

<sup>2</sup> *Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН,  
ФИЦ «Карельский научный центр РАН», Петрозаводск*

<sup>3</sup> *Институт вычислительной математики РАН, Москва*

Представлена численная модель Белого моря JASMINE, воспроизводящая динамику вод и льда, биогеохимические процессы в пелагической экосистеме и экосистеме морского льда. Обсуждаются результаты моделирования моря с пространственным разрешением 3 км, а также моделирование экосистемы льда.

Быстрое развитие вычислительной техники за последнее десятилетие – рост производительности и числа процессоров и процессорных ядер, емкости устройств хранения данных, скорости передачи данных, рост доступности и снижение стоимости – открыло новые возможности численного моделирования сложных систем, в том числе в науках о Земле. Тем не менее детальное комплексное описание системы моря все еще представляет серьезную трудность и требует значительной мощности и большого количества процессорного времени. Необходимо описывать трехмерные течения, динамику температуры и солености морской воды, меняющийся уровень