

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОХРАНИЛИЩ И ИХ ВОДОСБОРОВ

MODERN PROBLEMS OF RESERVOIRS AND THEIR CATCHMENTS

Труды VIII Всероссийской
научно-практической конференции
с международным участием
(г. Пермь, 27–30 мая 2021 г.)



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВОДОХРАНИЛИЩ И ИХ ВОДОСБОРОВ

MODERN PROBLEMS OF RESERVOIRS AND THEIR CATCHMENTS

Труды VIII Всероссийской научно-практической конференции
с международным участием
(г. Пермь, 27–30 мая 2021 г.)



Пермь 2021

УДК 556.552: 551.579
ББК 26.222
С568

Современные проблемы водохранилищ и их водосборов = Modern problems of reservoirs and their catchments [Электронный ресурс] : труды VIII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием (г. Пермь, 27–30 мая 2021 г.) / науч. ред. А. Б. Китаев, В. Г. Калинин, О. В. Ларченко, М. А. Бакланов ; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Электронные данные. – Пермь, 2021. – 8,20 Мб ; 542 с. – Режим доступа: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/sborniki/modern-problems-of-reservoirs-and-their-catchments.pdf>. – Заглавие с экрана.

ISBN 978-5-7944-3639-6

Рассматриваются вопросы влияния глобальных изменений климата на гидрологический режим естественных и искусственных водных объектов; особенности водного баланса, уровня, скоростного и ледового режимов озер и водохранилищ. Представлены последствия протекания оползневых и абразионно-аккумулятивных процессов на берегах водохранилищ Волжско-Камского каскада; представлены предложения по оптимизации режима работы водохранилищ; рассмотрены вопросы водопользования в трансграничных регионах России и Казахстана, водообеспеченности вододефицитных районов Средней Азии.

Представлены вопросы загрязнения естественных и искусственных водных объектов России и стран ближнего зарубежья. Изучена трансформация биогенных и органических веществ в водохранилищах. Дана оценка химического состава донных отложений; рассмотрена миграция и трансформация лекарственных веществ в водных объектах; дана оценка фосфорной нагрузки на озера различных ландшафтов.

Рассмотрено влияние сбросов тепловых электростанций на окружающую среду; представлены гидроэкологические проблемы водоохраных зон водных объектов; рассмотрены вопросы качественного водоснабжения городов; дана оценка качества воды водохранилищ по индексам разнообразия и сапробности; рассмотрены особенности развития фито- и зоопланктона в различных частях водоемов.

Конференция посвящена памяти Заслуженного деятеля науки и техники РФ, академика РАН, доктора географических наук, профессора Матарзина Юрия Михайловича.

Материалы конференции предназначены для специалистов в области гидрологии, водного хозяйства, геоэкологии и гидробиологии.

УДК 556.552: 551.579
ББК 26.222

Печатается по решению оргкомитета конференции

Научные редакторы: А. Б. Китаев, В. Г. Калинин, О. В. Ларченко, М. А. Бакланов

ISBN 978-5-7944-3639-6

© ПГНИУ, 2021

UDC 556.552: 551.579
LBK 26.222

Modern problems of reservoirs and their catchments: proceedings of the VIII All-Russian scientific-practical conference with international participation (Perm, May, 27-30, 2021): Scientific editors A.B. Kitaev, V.G. Kalinin, O.V. Larchenko, M.A. Baklanov; Perm State University. – Perm, 2021. – 8,20 Mb ; 542 pp.

ISBN 978-5-7944-3639-6

The issues of the influence of global climate changes on the hydrological regime of natural and artificial water bodies; features of the water balance, level, speed and ice regime of lakes and reservoirs are considered. The consequences of landslide and abrasion-accumulative processes on the banks of reservoirs of the Volga-Kama cascade are presented; proposals for optimizing the operation of reservoirs are given; the issues of water use in the transboundary regions of Russia and Kazakhstan, water supply of water-deficient regions of Central Asia are considered.

The issues of pollution of natural and artificial water bodies in Russia and neighboring countries are considered. The transformation of biogenic and organic substances in reservoirs (Ivankovo, Mozhaishk, Bureya, Kanev, etc.) is presented. The chemical composition of bottom sediments is estimated; the migration and transformation of medicinal substances in water bodies is considered; the phosphorus load on lakes of various landscapes is estimated; the methane flow at the boundaries "bottom sediments-water" and "water-atmosphere" is estimated (on the example of the Mozhaishk reservoir).

The influence of thermal power plant discharges on the environment is considered; hydroecological problems of water protection zones of water bodies are presented; the issues of quality water supply in cities and settlements are considered; the water quality of reservoirs is assessed according to the indices of diversity and saprobity; the features of the development of phyto- and zooplankton in different parts of reservoirs are considered.

The conference is dedicated to the memory of Honored Worker of Science and Technology of the Russian Federation, Doctor of Geographical Sciences, Professor Y. Matarzin.

The conference proceedings may be interesting for the specialists in hydrology and geoecology.

UDC 556.552: 551.579
LBK 26.222

Published on the decision of the Organization Committee

Scientific editors: A.B. Kitaev, V.G. Kalinin, O.V. Larchenko, M.A. Baklanov

ISBN 978-5-7944-3639-6

© Perm State University, 2021

А.А. Строков¹, А.Ю. Санин^{1,2}, eather86@mail.ru

¹Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова,
Росгидромет, г. Москва, Россия

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
г. Москва, Россия

ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НА БЕРЕГАХ ВЕРХНЕ-СВИРСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА КАЧЕСТВО ВОД ВОДОЕМА

Рассмотрены динамические процессы, характерные для берегов Верхне-Свирского водохранилища, их распространение, интенсивность, влияние на хозяйственную деятельность человека. Проведено комплексное исследование в юго-восточной части водохранилища с целью оценки динамических процессов и их влияния на качество вод водохранилища по 10 литофильным элементам и тяжелым металлам. Показаны характерные отличия в геохимии абразионных и дельтовых берегов.

Ключевые слова: водохранилище, абразия, склоновые процессы, качество вод, литофильные элементы, тяжелые металлы, корреляция.

A. A. Strokov¹, A. Yu. Sanin^{1,2}, eather86@mail.ru

¹N. N. Zubov's State Oceanographic Institute, Roshydromet, Moscow, Russia

²Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

DYNAMIC PROCESSES ON THE UPPER-SVIR RESERVOIR COASTS AND THEIR IMPACT ON THE RESERVOIR WATER QUALITY

The dynamic processes characteristic of the Upper-Svir reservoir coasts, their distribution, intensity, impact on human economic activity have been considered. A comprehensive study in the south-eastern part of the reservoir has been carried out to assess the dynamic processes and their impact on the water quality of the reservoir by 10 lithophilic elements and heavy metals. Characteristic differences in geochemistry of abrasive and delta coasts have been shown.

Keywords: reservoir, abrasion, slope processes, water quality, lithophilic elements, heavy metals, correlation.

Введение

Среди динамических процессов, характерных для берегов озерной части Верхне-Свирского водохранилища (Онежского озера), можно выделить абразию и размыв берегов, аккумулятивные процессы на них, склоновые процессы (формирование оползней и оплывин, обвалов, блоков отседания и др.), линейная (образование рытвин, оврагов, балок) и плоскостная эрозия.

Представляется актуальной оценка влияния динамических процессов, свойственных берегам, на качество вод водохранилища, так как запасы его

пресных вод имеют стратегическое и все возрастающее значение для всего северо-западного региона России.

Ведущую роль в формировании качества вод водохранилища играет поступление терригенного материала с твердым стоком рек, в основном Водлы, Шуи и Суны. Таким образом поступает примерно 50-70% загрязняющих веществ природного происхождения [3; 4]. Однако следует отметить отдельные участки побережья с активными абразионными процессами, на которых отсутствуют крупные впадающие притоки, и где ведущую роль в поступлении загрязняющих веществ может играть именно абразия.

Цель настоящего исследования – изучение влияния динамических процессов, происходящих на берегах Верхне-Свирского водохранилища, на содержание литофильных элементов (Fe, Mn, Al) и тяжелых металлов (Zn, Cu, Ni, Cr, Pb, Co, Cd) в воде. Задачи исследования следующие:

1. Поиск участков прибрежной зоны водохранилища с характерными динамическими процессами и геохимическими особенностями;
2. Отбор и последующий химический анализ проб воды, донных и берегоформирующих отложений в береговой зоне и прилегающей акватории водохранилища на содержание литофильных элементов и тяжелых металлов;
3. Оценка влияния динамических процессов, свойственным берегам, на качество воды с использованием корреляционных зависимостей.

Материалы и методы исследования

Базисом исследования является морфогенетическая классификация берегов водохранилища. Выделено 7 их типов: первичные (слабоизмененные), абразионные, абразионно-аккумулятивные, аккумулятивные, дельтовые, лагунные и антропогенные [2]. Для каждого из выделенных типов берегов характерны свои особенности динамических процессов.

Для оценки динамических процессов проводились комплексные геолого-геофизические исследования береговой зоны водохранилища в 2014-2015 годах с использованием гидролокации бокового обзора, георадарной съемки, математического моделирования и прогноза развития береговой зоны [2]. Для оценки воздействия динамических процессов на берегах водохранилища на качество его вод в октябре 2019 года авторами проводились подробные геохимические исследования на двух ключевых участках (по 4 створа в каждом):

- в районе Андомской горы (д. Гневашевская, Вытегорский район Вологодской области) по причине максимальной репрезентативности участка с точки зрения абразионных процессов (абразионный тип берега);
- в районе устья р. Водлы (п. Шальский, Пудожский район Республики Карелия) по причине близости крупного притока (дельтовый тип берега).

Каждый створ был разбит на две зоны: береговая и прибрежная. В береговой зоне отбирались пробы берегоформирующих пород в условно фоновом месте (10-20 м от уреза) и на пляже. В прибрежной зоне водохранилища назначались по 3 вертикали, которые отражали вероятность потенциального волнового воздействия: урез воды (глубины до 0,1 м); зона волнового воздействия (ЗВВ) (глубины до 5 м); вне ЗВВ (глубины более 5 м).

Было отобрано 47 проб воды (28 из поверхностного горизонта и 19 – из придонного), 26 проб донного грунта, 16 проб берегоформирующих отложений на анализ содержания литофильных элементов и тяжелых металлов. Гидрохимические данные сравнивались с рыбохозяйственными нормативами предельно допустимых концентраций (ПДК) [5] по причине важности водохранилища как рыбохозяйственного водоема.

Полученный массив гидро- и геохимических данных был использован для оценки влияния динамических процессов, имеющих место на рассматриваемых участках водохранилища на качество его вод. Проведен корреляционный анализ пар «дно-вода» и «берег-дно» с использованием стандартного набора статистических операций по расчету коэффициентов корреляции (Пирсона и Спирмена) программы STATISTICA v.7.0.

Анализ результатов

Значительная площадь Верхне-Свирского водохранилища обуславливает сходство рельефообразующих процессов на его берегах с аналогичными на морском побережье, так как ветровые волны здесь достигают высоты до 1,5 метров и более [1], и оказывают заметное воздействие на берега.

Семь выделенных типов берегов имеют следующее распространение. Первичные, или слабоизмененные озером скальные, практически не подверженные волновому воздействию берега преобладают в Северном Прионежье (за исключением Заонежского и Повенецкого заливов). На западном побережье водохранилища и восточном побережье Заонежского и Повенецкого залива преобладают абразионные и абразионно-аккумулятивные берега. Для южного и восточного (к югу от поселка Шальский) берега характерно преобладание абразионно-аккумулятивных и аккумулятивных берегов. Местам впадения крупных рек чаще всего соответствуют дельтовые берега, территориям городов (Петрозаводск, Медвежьегорск и др.) – техногенные. Лагунные берега встречаются на южном и восточном берегу водоема.

На ключевом участке в районе Андомской горы преобладают абразионные и абразионно-аккумулятивные типы берега, в районе устья реки Андомы есть небольшие участки дельтовых берегов, к северу от него преобладают аккумулятивные берега. Береговой уступ характеризуется высотой от 5 до 20 м и более, что превышает характерные средние для водоема значения. Темпы абразии не превышают несколько десятков сантиметров в год [2]. Отмечены оползни, осыпи, блоки отседания и оплывины, линейные эрозионные формы. Аккумулятивным процессам способствует как выносимый рекой Андома материал, так и продукты разрушения абразионных берегов. Валунные и глыбы на подводном береговом склоне сдерживают волновое воздействие.

На ключевом участке около устья р. Водлы берега относятся к дельтовым, севернее и южнее преобладают абразионно-аккумулятивные берега. Высота их уступа не превышает 5-8 м, ширина пляжей для дельтовых участков 10-25 м, для абразионно-аккумулятивных – 5-15 м. Подводный береговой склон достаточно отмелый, что сдерживает волновое воздействие.

Гидро- и геохимическое исследование, проведенное на ключевых участках, показало следующие результаты. В поверхностном слое воды в районе

Андомской горы несоответствие ПДК характерно для Fe (до 2,7 ПДК), Mn (до 4,9 ПДК), Pb (до 3,6 ПДК), Al (5,3 ПДК), Cu (до 11,1 ПДК). Остальные металлы имеют широкую вариабельность концентраций, которые не превышают ПДК. В придонном слое воды выделяется Pb (1,8-1,9 ПДК). Превышение ПДК отмечено также для Mn (в 2,7-5,2 раза) и Cu (в 6,7-8,3 раза).

В поверхностном слое воды в районе впадения р. Водлы отмечаются нарушения ПДК по тем же металлам, что и в районе Андомского берега. Отличие наблюдается только в кратности превышения ПДК. Концентрации Mn достигают 15,2 ПДК; Fe – 15 ПДК; Cu – 20 ПДК; Pb – 2,3 ПДК; Al – 10,8 ПДК. Для придонного слоя воды здесь характерны следующие концентрации металлов. Концентрация Mn достигает 14,4 ПДК; Fe – 11,5 ПДК; Cu – 13,8 ПДК; Pb – 1,9 ПДК; Al – 8,1 ПДК.

В районе Андомской горы концентрация Fe в донных отложениях находится в диапазоне 18-45 мг/кг, Mn – в диапазоне 37-68 мг/кг. Концентрации Cu и Al не превышают 2 мг/кг, Zn и Pb – 1 мг/кг. В районе впадения р. Водлы концентрация Fe составляет 14-22 мг/кг, Mn – 10-17 мг/кг.

Для берегоформирующих отложений озера также характерны сравнительно высокие содержания Fe и Mn. В районе Андомской горы концентрация Fe находится в пределах 20-44 мг/кг, Mn – 31-56 мг/кг. В районе впадения р. Водлы содержание Fe достигает 41 мг/кг, Mn – 12 мг/кг. Суммарная концентрация литофильных элементов и тяжелых металлов на склоне к востоку от Андомской горы составила 112 мг/кг, на пляже – 55 мг/кг. В районе устья р. Водлы их концентрация находилась в пределах от 42 мг/кг (склон) до 52 мг/кг (пляж).

Корреляционный анализ пары «дно-вода» на ключевых участках показал широкий разброс значений коэффициентов корреляции (по модулю): в районе Андомской горы – 0,68-0,82 по Al, 0,09-0,80 по Cu, 0,02-0,43 по Fe, 0,10-0,22 по Mn, 0,24-0,84 по Pb, 0,21-0,39 по Zn; в районе устья р. Водлы – 0,13-0,50 по Al, 0,18-0,45 по Cu, 0-0,22 по Fe, 0,02-0,21 по Mn, 0,01-0,34 по Pb, 0,08-0,65 по Zn. Значимая корреляция отмечена только в районе Андомской горы в отношении Al, Cu и Pb.

Корреляционный анализ пары «берег-дно» также показал большой разброс значений (по модулю), однако статистически незначимый: в районе Андомской горы – 0,55 по Al, 0,35-0,62 по Cu, 0,30-0,41 по Fe, 0,08-0,19 по Mn, 0,22-0,26 по Pb, 0,55-0,65 по Zn; в районе устья р. Водлы – 0,12-0,37 по Al, 0,03-0,06 по Cu, 0,45-0,47 по Fe, 0,05-0,30 по Mn, 0,18 по Pb, 0,01-0,08 по Zn.

Выводы

Выделено 7 типов берегов Верхне-Свирского водохранилища, для каждого из которых динамические процессы имеют свои особенности. В частности, аккумуляция преобладает на лагунных, дельтовых и аккумулятивных берегах, на первичных берегах динамические процессы сдерживаются устойчивостью берегоформирующих пород и слабостью волн, на техногенных – подавлены человеком. Особенности динамических процессов определяют объемы и концентрации поступающих загрязняющих веществ (в частности литофильных элементов и тяжелых металлов).

Для Верхне-Свирского водохранилища среди природных факторов поступления химических веществ наибольшую роль играет твердый сток рек. В ходе исследования 2019 года показано, что на отдельных участках ведущую роль играет абразия, особенно для акватории, смежной с абразионными берегами и для участков берега, характеризующихся отсутствием крупных притоков.

Концентрации литофильных элементов и тяжелых металлов в воде на момент обследования превышали рыбохозяйственные нормативы ПДК до 20 раз в отношении Mn, Fe, Cu, Zn, Pb и Al. Озерная вода в районе Андомского берега характеризуется низким и средним уровнем загрязненности (кратности превышения ПДК находятся в диапазоне от 1 до 10), в районе впадения р. Водлы – средним и высоким (кратности превышения ПДК находятся в диапазоне от 10 до 50). Отмечается выраженное влияние реки Водлы на гидрохимический режим в данном конкретном районе на момент обследования.

Корреляционный анализ показал отсутствие фиксируемого статистическими методами влияния со стороны донных осадков водохранилища в прибрежной зоне на содержание большинства показателей. Достоверные результаты получились для района Андомской горы, где была отмечена сильная (не менее 0,7) корреляция в отношении Al, Cu и Pb.

Исследование 2019 года проведено при поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-35-00545 мол_а «Оценка воздействия береговых процессов на экологическое состояние Онежского озера».

Библиографический список

1. *Забраилов А.Ю.* Ветроволновой режим и условия плавания на Ладожском и Онежском озерах. М.: Транспорт, 1966. 83 с.
2. *Игнатов Е.И., Борщевко Е.В., Загоскин А.Л., Землянов И.В., Санин А.Ю., Терский П.Н., Фатхи М.О.* Связь геологического строения побережья, истории развития рельефа и динамики берегов Онежского озера // Труды Карельского научного центра РАН, серия Лимнология. 2017. №3. С. 65–78.
3. Крупнейшие озера-водохранилища Северо-Запада европейской территории России: современное состояние и изменения экосистем при климатических и антропогенных воздействиях / Главный редактор Н.Н.Филатов. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2015. 375 с.
4. *Лозовик П.А., Кулик Н.В., Ефременко Н.А.* Литофильные элементы и тяжелые металлы в Онежском озере: источники поступления, содержание и трансформация // Труды КарНЦ РАН. 2020. №4. С. 62–74.
5. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектах рыбохозяйственного значения. Утверждены приказом Минсельхоза России от 13.12.2016 № 552 (зарегистрировано в Минюсте РФ 13.01.2017 №45203) – 151 с.