ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ОХРАНА ЛАНДШАФТОВ

УДК 504.455; 504.056

DOI: 10.18384/2712-7621-2021-3-34-53

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЗАЛИВОВ ОЗЁРНОГО УЧАСТКА ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В УСЛОВИЯХ ОБРАЗОВАНИЯ УСТЬЕВЫХ АБРАЗИОННО-АККУМУЛЯТИВНЫХ ПЕРЕСЫПЕЙ

Баранова М. С., Объедкова О. А., Кочеткова А. И., Брызгалина Е. С.

*Волгоградский государственный университет, Волжский филиал
404133, Волгоградская область, г. Волжский, ул. 40 лет Победы, д. 11,
Российская Федерация*

Аннотация

Цель. Оценить экологическое состояние заливов озёрного участка Волгоградского водохранилища в условиях образования абразионно-аккумулятивных пересыпей в устьевых створах.

Процедура и методы. В работе были проанализированы материалы полевых исследований заливов 2019–2020 гг. и архивные данные 2008 г. и 2010–2016 гг. Основные методы, используемые в работе: полевые (отбор проб на гидрохимический и гранулометрический анализ, батиметрическая съёмка, визуальная оценка) и аналитические (гидрохимический анализ проб воды, гранулометрический анализ наносов, картографический метод).

Результаты. Выявлено, что существует взаимосвязь между экологическим состоянием заливов озёрного участка Волгоградского водохранилища и процессом образования абразионно-аккумулятивных пересыпей в их входных створах. Во всех исследованных заливах наблюдается изменение экологического состояния в сторону его ухудшения. Закрытые заливы (особенно малые) проявляют признаки деградации экосистемы: накопление большого количества биогенных веществ, повышение концентраций главных ионов в воде (гидрокарбонатов, хлоридов, сульфатов, натрия, калия, иногда кальция), зарастание, занесение и заиление (в т. ч. органогенное), дефицит растворённого кислорода в придонном горизонте (на глубине 2–10 м). Другими признаками деградации служат: отсутствие активности гидробионтов, прогрев водной массы до дна, появление гнилостного запаха в заливе, массовое распространение фитопланктона, увеличение площади мелководной зоны залива. Обнаружена связь между экологическим состоянием водоёма и такими параметрами, как объём и глубина залива.

© СС ВУ Баранова М. С., Объедкова О. А., Кочеткова А. И., Брызгалина Е. С., 2021.

Теоретическая и/или практическая значимость. Обобщён новый материал по исследуемой теме. Результаты исследования вносят вклад в практическое изучение процессов, происходящих в природном аквально-комплексе Волгоградского водохранилища, а именно в изучение процесса образования и развития абразионно-аккумулятивных пересыпей во входных створах заливов.

Ключевые слова: Волгоградское водохранилище, заливы, экологическое состояние водоёмов, абразионно-аккумулятивные пересыпи, качество воды, зарастание, заиливание

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Волгоградской области в рамках научного проекта № 19-45-343002 р_мол_а «Закономерности формирования абразионно-аккумулятивных пересыпей во входных створах заливов озёрного участка Волгоградского водохранилища».

ECOLOGICAL STATE OF THE BAYS OF THE LAKE AREA IN THE VOLGOGRAD RESERVOIR UNDER CONDITIONS OF THE FORMATION OF MOUTH ABRASION-ACCUMULATIVE JUMPERS

M. Baranova, O. Obedkova, A. Kochetkova, E. Bryzgalina

Volzhskiy Branch, Volgograd State University

ul. 40 Let Pobedy 11, Volzhskiy 404133, Volgograd region, Russian Federation

Abstract

Aim. The purpose is to study the general ecological state of the lake area bays of the Volgograd reservoir and the formation of abrasion-accumulative jumpers in its entrance gates.

Methodology. Materials of the field research of the bays from 2019–2020 and archival data from 2008 and 2010–2016 are analyzed. The main methods of the research are field (sampling for hydrochemical and granulometric analysis, bathymetric survey, and visual assessment) and analytical ones (hydrochemical analysis of water samples, granulometric analysis of sediments, and cartographic method).

Results. We have revealed that there is a relationship between the ecological state of the bays of the lake area of the Volgograd reservoir and the process of the formation of abrasion-accumulative jumpers in its entrance gates. Deterioration of the ecological state is observed in all the bays in question. Closed bays (especially small) demonstrate signs of ecosystem degradation: accumulation of large amounts of nutrients, increase in the concentration of the main ions in water (hydrocarbonates, chlorides, sulfates, sodium, potassium, and sometimes calcium), overgrowth, deposition, siltation (including organogenic), and dissolved oxygen deficiency in the bottom horizon (at a depth 2–10 m). Other signs of degradation are lack of signs of aquatic organisms activity, warming up of the water mass to the bottom, the appearance of a putrefactive odor in the bay, mass distribution of phytoplankton, and increase in the area of the shallow zone of the bay. The relationship is found between ecological state of the reservoir and volume and depth of the bay.

Research implications. The research results contribute to the practical understanding of the processes occurring in the natural aquatic complex of the Volgograd reservoir, namely the process of the formation and development of abrasion-accumulative jumpers in the bay's entrance gates.

Keywords: Volgograd reservoir, bays, ecological state, abrasion-accumulative jumpers, water quality, overgrowth, siltation

Acknowledgements. The study was supported by the Russian Foundation for Basic Research and Administration of the Volgograd region according to the research project no. 19-45-343002 r_mol_a “Patterns of the formation of abrasion-accumulative jumpers in the bays’ entrance gates of the lake area of the Volgograd reservoir”.

Введение

Процесс разрушения берегов морей и крупных равнинных водохранилищ вместе с производными процессами вдольберегового транспорта и седиментации продуктов разрушения становится на сегодняшний день одним из наиболее актуальных [1; 3; 11; 15; 13; 14; 16]. Разрушение берегов приводит к ряду негативных последствий как для экосистемы водоёма, так и для хозяйственной деятельности человека. К ним можно отнести: ухудшение качества воды и донных отложений, отчленение заливов, заиливание и занесение ложа водохранилища, угрозу эвтрофикации водоёма, сокращение биоразнообразия, изъятие прибрежной полосы акватории водохранилища из зоны экономической деятельности, деградацию прибрежных ландшафтов [11, с. 135].

Перекрытие устьевых створов заливов абразионно-аккумулятивными пересыпями (ААП) активно развивается и на Волгоградском водохранилище. Ещё при наполнении чаши водохранилища до НПУ (1961), когда переработка берегов развивалась наиболее ускоренно, началось отчленение от основной акватории небольших заливов-балок [3, с. 82]. В настоящее время процесс отделения заливов активно продолжается, наиболее динамично – на озёрном участке водоёма (Волжская ГЭС – пос. Ровное).

Научный интерес к исследованию проблемы перекрытия устьевых створов заливов ААП вызван тем, что в результате данного процесса единая экосистема водохранилища оказывается разобщенной; в заливах создаются условия лимнической экосистемы с признаками её деградации.

Заливы утрачивают возможность водообмена с основной акваторией водоёма, в них ухудшаются качественные показатели воды [11, с. 139]. Гелофиты в устьевой части залива образуют непреодолимый барьер на пути миграций рыб, в т. ч. и нерестовых. Заливы быстро зарастают и заболачиваются, что негативно сказывается на воспроизводстве ихтиофауны [12, с. 26]. Экологическое состояние заливов озёрного участка Волгоградского водохранилища на сегодняшний день мало изучено, за исключением нескольких работ [5; 11; 12 и др.].

Поэтому целью настоящего исследования стала оценка экологического состояния заливов озёрного участка Волгоградского водохранилища на фоне процесса образования ААП в устьевых створах заливов.

В ходе исследования были поставлены следующие задачи:

1. проанализировать изменение экологического состояния заливов на фоне их отчленения от основной акватории водоёма;
2. изучить морфометрические характеристики заливов;

3. оценить экологическое состояние залива по показателям: качество воды, содержание растворённого в воде кислорода, температурный показатель, видовой состав высшей водной растительности и зарастание акватории залива, наличие и активность гидробионтов, занесение и заиливание, признаки деградации экосистемы.

Материалом настоящей работы послужили данные полевых экспедиционных исследований 29 репрезентативных заливов право- и левобережья озёрного участка Волгоградского водохранилища за 2019–2020 гг. Эти материалы были дополнены архивными данными проекта «Волжский плавучий университет» Волжского филиала ВолГУ за 2008 г. и 2010–2016 гг. (рис. 1).

В работе применены полевые и аналитические методы исследования.

В качестве полевых методов исследования использовались:

1. визуальное описание видового состава высшей водной растительности (ВВР, макрофитов) в мелководной части залива (по методикам, изложенным в работах Лисицыной Л. И., Папченкова В. Г. и Артеменко В. И. [7; 9]);

2. отбор проб воды на гидрохимический анализ (по показателям: кальций, магний, натрий и калий, хлориды, сульфаты, карбонаты, гидрокарбонаты, показатель pH и общее солесодержание);

3. отбор проб наносов на гранулометрический анализ (для выявления крупности фракций, участвующих в строительстве устьевых абразионно-аккумулятивных образований);

4. визуальная оценка наличия и активности гидробионтов (для оценки экологического состояния залива);

5. батиметрическая съёмка акватории залива с помощью эхолотного комплекса.

Также применялись аналитические методы: картографический с применением ГИС-технологий; гидрохимический анализ проб воды; гранулометрический анализ проб наносов.

Обследование заливов проводилось в летний период (период максимального прогрева водохранилища). Отбор проб воды на гидрохимический анализ осуществлялся из поверхностного слоя воды (0,2–0,3 м) внутри акваторий заливов (в центральной части и в верховье) и на акватории Волгоградского водохранилища около устья залива. Анализ содержания таких главных ионов, как кальций, магний, натрий и калий, хлориды, сульфаты, карбонаты, гидрокарбонаты, а также показателя pH и общего солесодержания, проводился по стандартным методикам¹. Содержание растворённого в воде кислорода и температура воды определялись с помощью анализатора кислорода МАРК-303М. Батиметрическая съёмка акваторий заливов производилась с лодки с помощью эхолотного комплекса Lowrance.

Понятие об абразионно-аккумулятивных пересыпях в устьевых створах заливов

Под термином «абразионно-аккумулятивная пересыпь» в своём исследова-

¹ Федеральный перечень методик выполнения измерений, допущенных к применению при выполнении работ в области мониторинга загрязнения окружающей природной среды // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200036098> (дата обращения: 15.04.2020).

Рис 1 / Fig. 1. Ключевые участки исследования на Волгоградском водохранилище с типовыми ААП заливов Другалка и Ростовый / Key research areas in the Volgograd reservoir with typical AAJ of Drugalka and Rostovyi bays

Источник: данные и фото авторов

нии мы будем понимать замыкающую аккумулятивную форму рельефа во входном створе залива, образованную вследствие седиментации продуктов размыва (абразии) берегов. «Коса» – это свободная аккумулятивная форма рельефа, образующаяся во входном створе на одном или сразу на обоих берегах залива, вследствие седиментации продуктов размыва (абразии) берегов.

Схема образования типовой абразионно-аккумулятивной пересыпи представлена на рис. 2. В устьях заливов происходит седиментация наносов, принесённых вдольбереговым транспортом. Сначала возникает ак-

кумулятивный выступ у одного или обоих берегов залива, затем по мере нарастания он превращается в свободную аккумулятивную форму (косу). Формирующиеся косы в процессе роста соединяются, образуется замыкающая аккумулятивная форма – пересыпь [3, с. 93; 6, с. 113].

Была проведена классификация заливов Волгоградского водохранилища по стадиям отделения от основной акватории водоёма по спутниковым снимкам Google Планета Земля¹. Разработана авторская методика, согласно которой выделено 6 стадий отделения:

Рис. 2 / Fig. 2. Схема образования типовой пересыпи в устьевом створе залива Рубежный / Scheme of the formation of a typical AAJ in the entrance gate of the Rubezhnyi bay

Источник: составлено авторами по [3; 6]

¹ Google Earth [Электронный ресурс]. URL: <https://www.google.ru/intl/ru/earth/> (дата обращения: 17.07.2021).

1. *Заливы открытые* – заливы, во входных створах которых признаки формирования пересыпи практически отсутствуют;

2. *Заливы в начальной стадии отделения* – заливы, во входных створах которых ААП начали формироваться, но процесс их развития приостановился;

3. *Заливы в активной стадии отделения* – заливы, во входных створах которых пересыпь формируется не только в мелководной, но и в глубоководной части устьевого створа (за пределами береговой отмели);

4. *Заливы в завершающей стадии отделения* – заливы, во входных створах которых ААП практически сформированы; береговая отмель распространена в пределах всего входного створа залива;

5. *Заливы закрытые* – заливы с полностью сформированной ААП во входном створе (отчленившиеся от основной акватории водоёма);

6. *Заливы, входные створы которых подвергались антропогенному воздействию* – в их устьевых створах проводились расчистка, дноуглубление или берегоукрепление.

На сегодняшний день к закрытым или заливам на завершающей стадии отделения относится более половины (63,6% от общего количества) заливов водоёма [10, с. 195].

Морфометрические характеристики заливов

По первоначальному объёму (объёму залива в 1958 г. при создании водохранилища) заливы были классифицированы на [10]:

- малые (объёмом менее 300 тыс. м³);
- средние (300–10 00 тыс. м³);

- большие (1 000–10 000 тыс. м³);
- очень большие (более 10 000 тыс. м³).

Наиболее активно отделяются от основной акватории водоёма малые заливы, в меньшей степени – средние. Во время экспедиций были исследованы наиболее репрезентативные малые, средние и большие заливы (таб. 1).

Расчёт объёма залива был произведён в программе ArcGIS 9.3. с помощью инструмента «Насыпи/Выемки». Предварительно в той же программе были построены батиметрические карты с помощью интерполяции методом «обратно взвешенных расстояний».

Было выявлено, что малые заливы в настоящее время сохраняют достаточный объём, особенно ещё не отделившиеся от основной акватории водоёма (Местный Рубежный, Осиновый, Рубежный и др.). Средняя глубина закрытых заливов не превышает 2 м, за исключением Крестищенской Балки (2,9 м).

Анализ экологического состояния изученных заливов

Анализ экологического состояния исследованных заливов Волгоградского водохранилища был проведён по нескольким показателям:

1) *Качество воды залива и основной акватории Волгоградского водохранилища.*

По ионному составу вода Волгоградского водохранилища относится к гидрокарбонатному классу, кальциевой группе; водоём характеризуется низкой минерализацией и однородностью химического состава воды по глубине и по длине водохранилища [2, с. 56]. В результате исследования выявлено, что сумма ионов

Таблица 1 / Table 1

Современный объём и стадии отделения некоторых заливов озёрного участка Волгоградского водохранилища /
Modern volume and separation stages of some bays of the lake area of the Volgograd reservoir

Название залива	Стадия отделения	Современный объём, тыс. м ³	Название залива	Стадия отделения	Современный объём, тыс. м ³
Малые заливы					
Бахченный Овраг-1	Закрытый	18,3	Безымянный-3	Активная	4,3
Бахченный Овраг-2	Закрытый	2,7	Местный Рубежный	Начальная	73,5
Безымянный-1	Закрытый	0,2	Осиновый	Открытый	49,1
Суводский Яр	Закрытый	8,0	Крестищенская Балка	Средние заливы	152,5
Другалка	Закрытый	26,7			
Третий	Закрытый	18,7			
Ростовый	Закрытый	15,5			
Короткий Липовый	Закрытый	2,0			
Длинный Липовый	Закрытый	14,7	Верхний Ураков	Начальная	576,1
Жаркова	Закрытый	2,1	Даниловский	Начальная	277,5
Мостовой	Закрытый	2,4	Каранчев	Завершающая	150,1
Большие заливы					
Безымянный-2	Закрытый	0,4	Нижний Ураков	Начальная	703,0
Томатный	Закрытый	3,2	Сестренки	Начальная	2381,7
Бориков	Закрытый	78,2	Родники	Начальная	787,2
Рубежный	Активная	55,8	Песчаный	Завершающая	453,8
Беленький	Активная	8,5	Карагачева Балка	Завершающая	168,8
Крутой	Активная	40,8	Кислово	Активная	437,1 ¹
Гусева	Активная	20,6	Яблоновский	Начальная	869,9

Источник: данные авторов

¹ Прим.: Объём залива только во входном створе.

на основной акватории водохранилища вблизи устьевых створов заливов составила от 203,1 до 365,1 мг/дм³.

Суммы основных ионов в изученных заливах (2019–2020 гг.) приведены в таб. 2.

Таблица 2 / Table 2

Сумма основных ионов в некоторых заливах Волгоградского водохранилища, 2019–2020 гг. / The amount of main ions in some bays of the Volgograd reservoir, 2019–2020

№ п/п	Название залива	Сумма ионов, мг/дм ³	№ п/п	Название залива	Сумма ионов, мг/дм ³
Правобережные заливы			14	Ростовый	1018,1
1	Крестищенская Балка	382,8	15	Короткий Липовый	873,8
2	Безымянный-1	205,9	16	Крутой	223,6
3	Бахченый Овраг-1	406,3	17	Местный Рубежный	222,5
4	Бахченый Овраг-2	743,6	18	Осиновый	229,5
5	Суводский Яр	431,3	19	Гусева	246,8
6	Рубежный	375,6	20	Родники	250,8
7	Другалка	358,4	Левобережные заливы		
8	Большой	280,2	21	Карагачева Балка	390,7
9	Третий	247,6	22	Безымянный-2	815,8
10	Безымянный-3	205,6	23	Бирючья Балка	605,3
11	Широкий	219,3	24	Песчаный	381,7
12	Сестренки	232,2	25	Яблонный	238,3
13	Беленький	202,3	26	Кислово	264,8

Источник: данные авторов

В закрытых заливах наибольший вклад в повышение минерализации воды вносят катионы $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, иногда кальция (залив Борики). В анионном составе повышены концентрации гидрокарбонатов, хлоридов и иногда сульфатов (заливы Томатный, Борики) [8, с. 82]. Это объясняется геохимическими особенностями Заволжья, наличием соляно-купольных структур и минерализованных хлоридно-сульфатных подземных вод [4, с. 138].

В закрытых левобережных заливах (Бирючья Балка, Томатный, Борики) и некоторых правобережных (Ростовый, Короткий Липовый) пробы воды оказались примерно в 2–3 раза более ми-

нерализованы по сравнению с водой Волгоградского водохранилища.

Водные массы как право-, так и левобережных заливов, имеющих связь с акваторией Волгоградского водохранилища, по соотношению ионов практически идентичны воде самого водохранилища, но несколько более минерализованы (таб. 2). В 2019–2020 гг. были отмечены случаи превышения ПДК (нормативы для водных объектов рыбохозяйственного значения) в заливах водоёма по содержанию сульфатов (закрытые заливы Крестищенская Балка, Ростовый, Короткий Липовый и др.) и железа общего (заливы Бахченый Овраг-1, Третий, Яблонный и др.).

Повышенные значения концентрации железа общего в воде не только закрытых, но и сообщающихся с Волгоградским водохранилищем заливов во многих случаях можно объяснить привнесением этих ионов грунтовыми водами, в некоторых случаях (залив Сестренки) – антропогенным загрязнением от расположенных поблизости населённых пунктов.

По водородному показателю выявлены превышения нормативов качества воды (щелочная реакция) в некоторых как закрытых (Другалка, Крестищенская Балка и др.), так и не отделённых заливах (Рубежный, Широкий, Безымянный-3 и др.). Повышенные значения рН объясняются тем, что правый берег Волгоградского водохранилища сложен, в т. ч. и карбонатными горными породами, из них в воду переходят карбонат-ионы, обуславливающие щелочную реакцию воды.

Следует отметить, что для большинства исследуемых заливов повышенная минерализация воды и превышения ПДК наблюдаются именно в верховьях, где влияние грунтовых вод, пород, слагающих берега, а также процессов зарастания и осадконакопления выше, чем в центральной части залива.

2) Содержание растворённого в воде кислорода, температурный показатель.

Содержание растворённого в воде кислорода было определено в некоторых заливах водоёма в летний период 2019 г. (таб. 3). Концентрация растворённого O_2 в поверхностном слое воды исследованных заливов сопоставима с концентрацией в воде основной акватории Волгоградского водохранилища около устья залива.

На горизонте воды глубиной в 1 м концентрация растворённого кислорода в воде залива, как правило, существенно ниже, чем в воде водохранилища на том же горизонте. Это связано с хорошим перемешиванием в воде на основной акватории Волгоградского водохранилища. Исключение составил только залив Бахченый Овраг-1. В заливе Карагачева Балка концентрация растворённого в воде кислорода (в горизонте воды глубиной 1 м) сопоставима с его концентрацией в воде Волгоградского водохранилища [8, с. 85].

Дефицит растворённого O_2 отмечается в придонном горизонте изученных правобережных заливов, что связано с процессами разложения растительных остатков на дне. На горизонте в половину глубины залива не было отмечено дефицита растворённого кислорода.

Другим не менее важным показателем для жизни гидробионтов является температура. Температура на поверхности воды в заливах, как правило, практически не отличается от температуры на поверхности открытой акватории Волгоградского водохранилища (таб. 3).

Большинство исследованных заливов характеризуются прямой температурной стратификацией (таб. 3). Хорошо выраженный слой гипolimниона (с резким температурным скачком на глубине) наблюдался в заливах Рубежный, Бирючья Балка, Крестищенская Балка, что связано со значительной глубиной этих заливов (максимальная глубина составляет 3,6 м, 7,2 м, и 12,4 м соответственно). На остальных изученных заливах отмечен сильный прогрев водной массы

Таблица 3 / Table 3

Содержание растворённого кислорода в воде исследованных заливов и в воде Волгоградского водохранилища, 2019 г. /
The concentration of dissolved oxygen in the water of the researched bays and in the water of the Volgograd reservoir, 2019

№ п/п	Место наблюдения	Глубина в точке на- блюдения, м	Горизонт на глубине 1 м		Промежуточный горизонт			Придонный горизонт		
			Концен- трация О ₂ , мг/дм ³	Темпера- тура, °С	Глубина	Концен- трация О ₂ , мг/дм ³	Темпера- тура, °С	Глубина	Концен- трация О ₂ , мг/дм ³	Темпера- тура, °С
Правобережные заливы										
1	Залив Бахченный Овраг-1	3,6	12,64	24,5	2,0	10,54	24,6	3,0	1,54	23,4
2	Залив Бахченный Овраг-2	2,3	6,92	25,4	1,5	5,44	24,7	2,0	1,92	23,9
	Волгоградское водохранилище около устья заливов	3,0	8,58	25,8	-	-	-	3,0	8,91	24,2
3	Залив Рубежный	5,3	8,47	25,0	2,0	8,65	24,6	5,0	0,76	21,7
	Волгоградское водохранилище около устья залива	5,1	8,79	25,4	-	-	-	5,0	8,34	24,3
4	Залив Крестицнская Балка	12,8	8,65	22,6	5,0	7,62	17,2	10,0	0,49	11,5
	Волгоградское водохранилище около устья залива	1,1	9,03	24,8	-	-	-	-	-	-
Левобережные заливы										
5	Залив Карагачева Балка	3,5	8,45	22,7	-	-	-	3,0	7,25	21,9
	Волгоградское водохранилище около устья залива	3,3	8,32	25,4	-	-	-	2,0	8,54	24,4
6	Залив Бирючья балка	3,6	6,82	27,7	1,5	5,73	25,9	2,0	3,61	24,8
	Волгоградское водохранилище около устья залива	2,4	8,28	25,7	-	-	-	3,0	9,58	23,3
7	Залив Песчаный	3,8	6,66	24,8	2,0	4,45	23,6	3,0	3,95	23,3
	Волгоградское водохранилище около устья залива	2,4	8,48	25,5	-	-	-	2,0	8,74	24,6

Источник: данные авторов

до дна, что может негативно сказаться на состоянии биоты.

3) Видовой состав высшей водной растительности и зарастание акватории залива.

На сегодняшний день растительность Волгоградского водохранилища в пределах озёрного участка характеризуется 64 ассоциациями, которые входят в 37 формаций [5, с. 141].

Согласно классификации В. Г. Папченко (2001) макрофиты в пределах Волгоградского водохранилища представлены 5 экологическими группами (экотипами): гидрофиты (I), гелофиты (II), гигрогелофиты (III), гигрофиты (IV), гигромезофиты и мезофиты (V) [9, с. 31]. Для степных и полупустынных зон в эту классификацию добавили ещё 1 группу мезоксерофитов и ксерофитов (VI), которая иногда встречается на обсыхающих мелководьях.

В результате проведённых исследований подтвердилось активное зарастание акваторий всех изученных заливов макрофитами, начиная с верховья, и сильное зарастание закрытых заливов [5, с. 189; 11, с. 138].

Акватории малых заливов активно зарастают погружёнными гидрофитами (роголистником погружённым (*Ceratophyllum demersum* L.) с отдельными группами рдеста пронзеннолистного (*Potamogeton perfoliatus* L.), рдеста блестящего (*Potamogeton lucens* L.), урути колосистой (*Myriophyllum spicatum* L.) и гидрофитами со свободно плавающими на воде листьями (ряска трёхдольная (*Lemna trisulca* L.), многокоренник обыкновенный (*Spirodela polyrrhiza* (L.) Schleid.), водокрас лягушачий (*Hydrocharis morsus-ranae* L.),

сальвиния плавающая (*Salvinia natans* (L.) All.)). В закрытых заливах с большой площадью мелководной зоны и небольшой средней глубиной создаются условия лимнической экосистемы с отсутствием проточности, что в свою очередь неблагоприятно сказывается на биоразнообразии макрофитов и положительно – на их вегетации. Среди гелофитов доминируют формации тростника высочайшего (*Phragmites altissimus* (Benth.) Nabile), тростника южного (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.), рога узколистного (*Typha angustifolia* L.); иногда около входного створа залива встречаются осока береговая (*Carex riparia* Curt.) и ежеголовник прямой (*Sparganium erectum* L. (S. ramosum Huds.)). Гелофиты, как правило, образуют сплошное зарастание своего биотопа по периметру мелководной зоны залива.

Сильное зарастание входного створа высшей водной растительностью, в т. ч. и воздушно-водной, происходит в заливах в активной и завершающей стадиях отделения (Песчаный, Крутой, Широкий и др.).

Флористическое разнообразие закрытых заливов озёрного участка водохранилища характеризуется как достаточно бедное и насчитывает 50 видов растений из 42 родов, 28 семейств и 3 отделов (таб. 4). Самая многочисленная группа растений закрытых заливов относится к гигромезофитам и мезофитам. Виды ВВР были определены по работе «Флора водоёмов Волжского бассейна. Определитель сосудистых растений» [7]. Отделы, классы и семейства в таб. 4 расположены в порядке системы А. Энглера; виды указаны в алфавитном порядке.

Таблица 4 / Table 4

Список флоры макрофитов закрытых заливов озёрного участка Волгоградского водохранилища / List of macrophyte flora of closed bays of the lake area of the Volgograd reservoir

Таксоны	Экотипы	Magnoliopsida	
Polypodiophyta		<i>Salicaceae</i>	
Salviniopsida		<i>Populus canadensis</i> Moench. (<i>P. nigra</i> L. Ч <i>P. deltoides</i> Marsh.)	V
<i>Salviniaceae</i>		<i>Populus nigra</i> L.	V
<i>Salvinia natans</i> (L.) All.	I	<i>Salix alba</i> L.	V
Magnoliophyta		<i>Salix</i> Ч <i>alopecuroides</i> Tausch (<i>S. fragilis</i> L. Ч <i>S. triandra</i> L.)	IV
Liliopsida		<i>Fagaceae</i>	
<i>Typhaceae</i>		<i>Quercus robur</i> L.	V
<i>Typha angustifolia</i> L.	II	<i>Ulmaceae</i>	
<i>Typha austro-orientalis</i> Mavrodiev	II	<i>Ulmus laevis</i> Pall.	V
<i>Sparganiaceae</i>		<i>Polygonaceae</i>	
<i>Sparganium erectum</i> L.	II	<i>Persicaria amphibia</i> (L.) S.F. Gray	I
<i>Potamogetonaceae</i>		<i>Rumex stenophyllus</i> Ledeb.	V
<i>Potamogeton lucens</i> L.	I	<i>Nymphaeaceae</i>	
<i>Potamogeton nodosus</i> Poir.	I	<i>Nyphar lutea</i> (L.) Smith	I
<i>Potamogeton perfoliatus</i> L.	I	<i>Ceratophyllaceae</i>	
<i>Najadaceae</i>		<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	I
<i>Caulinia minor</i> (All.) Coss. et Germ.	I	<i>Grossulariaceae</i>	
<i>Najas major</i> All.	I	<i>Ribes aureum</i> Pursh	V
<i>Alismataceae</i>		<i>Rosaceae</i>	
<i>Alisma plantago-aquatica</i> L.	II	<i>Potentilla reptans</i> L.	V
<i>Butomaceae</i>		<i>Leguminosae</i>	
<i>Butomus umbellatus</i> L.	II	<i>Amorpha fruticosa</i> L.	VI
<i>Hydrocharitaceae</i>		<i>Aceraceae</i>	
<i>Hydrocharis morsus-ranae</i> L.	I	<i>Acer negundo</i> L.	V
<i>Gramineae</i>		<i>Acer tataricum</i> L.	V
<i>Agrostis gigantea</i> Roth	V	<i>Elaeagnaceae</i>	
<i>Agrostis stolonifera</i> L.	III	<i>Elaeagnus angustifolia</i> L.	VI
<i>Leersia oruzoides</i> (L.) Swartz	IV	<i>Lythraceae</i>	
<i>Phalaroides arundinacea</i> (L.) Rausch.	IV	<i>Lythrum salicaria</i> L.	III
<i>Phragmites altissimus</i> (Benth.) Nabile	IV	<i>Oleaceae</i>	
<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.	II	<i>Fraxinus pennsylvanica</i> Marsh.	V
<i>Poa palustris</i> L.	IV	<i>Fraxinus americana</i> L.	V
<i>Cyperaceae</i>		<i>Labiatae</i>	
<i>Carex riparia</i> Curt.	III	<i>Glechoma hederacea</i> L.	V
<i>Scirpus triquetus</i> L.	II	<i>Lycopus europaeus</i> L.	IV
<i>Lemnaceae</i>		<i>Lycopus exaltatus</i> L. Fil.	IV
<i>Lemna trisulca</i> L.	I	<i>Asteraceae</i>	
<i>Spirodela polyrrhiza</i> (L.) Schleid.	I	<i>Bidens radiata</i> Thuill.	IV
<i>Juncaceae</i>		<i>Cirsium setosum</i> (Willd.) Besser	V
<i>Juncus compressus</i> Jacq.	IV	<i>Xanthium albium</i> (Willd.) H. Scholz	V
<i>Iridaceae</i>			
<i>Iris pseudacorus</i> L.	III		

Источник: данные авторов

4) *Наличие и активность гидробионтов в заливах.*

Специальное исследование видового состава гидробионтов в заливах Волгоградского водохранилища во время экспедиций не проводилось. Однако были отмечены: активность ихтиофауны в некоторых заливах (Песчаный, Рубежный, Яблоновый и др.), в т. ч. и в некоторых закрытых (Большой, Другалка, Бахченый Овраг-1, Бирючья Балка); следы недавнего присутствия рыбаков в заливах Большой, Другалка, Рубежный, Местный Рубежный. В большинстве заливов на момент обследования присутствовал малёк (сеголетки, однолетки) (заливы Карагачева Балка, Крестищенская Балка, Песчаный, Бирючья Балка и др.). В заливе Бирючья Балка были встречены водомерка, личинки стрекозы, ручейник; в заливе Карагачева Балка – уж, стрекозы; над заливом Крестищенская Балка – береговые крачки. Это говорит о том, что заливы обитаемы в летний период, в т. ч. и некоторые закрытые. Наличие большого количества малька в закрытых заливах говорит о том, что либо рыба, обитающая в заливе, нерестится здесь же, либо рыба заходит сюда на нерест во время весеннего половодья, когда возникает «переток» воды через пересыпь.

В таких заливах, как Бахченый Овраг-2, Безымянный-2, Ростовый гидробионтов и следов их присутствия не обнаружено. В заливе Третий летом 2020 г. наблюдались заморные явления с гибелью ихтиофауны.

5) *Занесение и заиливание залива; разница уровней воды «залив–водохранилище».*

С 1958 г. (при создании Волгоградского водохранилища) по настоящее

время произошло сильное занесение и заиливание заливов, особенно малых, что подтверждается нашими исследованиями 2008–2020 гг. Заиливание и занесение сказалось на уменьшении глубины, площади распространения мелководной зоны и экологическом состоянии залива. Рыхлый материал, идущий на занесение и заиливание их акваторий, поступает в заливы с вдольбереговым транспортом наносов с берегов водохранилища, а также в результате плоскостной эрозии склонов [3, с. 91].

Были проанализированы пробы донных наносов, отобранные во входном створе залива Рубежный. В гранулометрическом составе наносов присутствуют фракции с размером частиц менее 0,05 мм (предположительно, мелкие пылеватые и иловатые частицы). Содержание таких фракций в пробах доходит до 18,9%. Фракции размером менее 0,05 мм обнаружены в незначительных количествах (0,1–6,3%) в пробах на урезах и других заливов: Безымянный-2, Бирючья Балка, Крестищенская Балка и др. Содержание большого количества фракций наносов размером 1–0,05 мм (крупный песок – крупные пылеватые частицы) в пробах на урезах заливов говорит о процессе занесения последних.

В закрытых заливах и в верховьях ещё не отделённых происходит и так называемое «органогенное заиливание». На дне в большом количестве присутствуют остатки отмирающих растений слоем до 20–30 см – в основном, гелофитов.

Уровень воды отделившихся заливов в большинстве случаев выше уровня воды Волгоградского водохранилища (до 60 см в заливе Крестищенская Балка), благодаря выходу подземных вод.

б) *Признаки изменения и деградации в экосистеме залива.*

На дне большинства закрытых заливов Волгоградского водохранилища присутствуют в большом количестве остатки отмирающих растений. Это связано с большой площадью мелководной зоны и с небольшой средней глубиной заливов (порядка 1–1,2 м). Так как заливы не проточные, то детрит не выносится водным потоком в основную акваторию водохранилища.

В закрытых заливах чувствовался сильный запах сероводорода или сильный гнилостный запах при вскрытии грунтов и отборе проб на урезе залива на гранулометрический анализ (Бахченый Овраг-1, Безымянный-1, Длинный Липовый и др.), что является признаком происходящих в заливе процессов активного разложения растительных остатков в условиях дефицита кислорода.

В малых закрытых заливах наблюдалось массовое распространение фитопланктона с преобладанием сине-зеленых водорослей на большей части акватории залива (заливы Третий,

Крестищенская Балка, Безымянный-1, Ростовый и др.); в средних закрытых заливах и в не отделённых – только в верховье. Массовое распространение цианобактерий происходит из-за большого количества органического вещества (в основном растительных остатков), скапливающегося в заливе.

Явных признаков антропогенного загрязнения акватории всех обследованных заливов не обнаружено. Косвенным признаком воздействия может служить повышенное содержание отдельных ионов в некоторых заливах (железа общего в заливе Сестренки).

Наиболее неблагоприятная экологическая ситуация сложилась в малых закрытых заливах: Ростовый, Третий (рис. 3), Безымянный-2 (рис. 4), Короткий Липовый, Бахченый Овраг-2.

Дадим краткую характеристику заливов.

Залив Ростовый отличается наибольшим содержанием суммы ионов (таб. 2) среди всех изученных заливов. В составе катионов преобладают натрий и калий, суммарное содержание

Рис. 3 / Fig. 3. Верховье малого залива Третий, 28.07.2020 г. / Upper reaches of small bay Tretii, 28.07.2020.

Источник: фото авторов

Рис. 4 / Fig. 4. Малый залив Безымянный-2, 17.08.2019 г. / Little bay Bezymyanniy-2, 17.08.2019.

Источник: фото авторов

которых превышает ПДК (182,58 мг/дм³). Превышение ПДК выявлено и по содержанию сульфатов. Наблюдалось сильное цветение воды и большое количество гидрофитов на акватории залива. Гидробионтов не отмечено; выявлено большое количество растительного опада в заливе.

Залив Третий. На всей акватории залива наблюдалось сильное цветение воды с большим количеством уже отмерших сине-зеленых водорослей (рис. 3). Отмирание цианобактерий сопровождалось сильным запахом сероводорода. Обильное цветение воды, по-видимому, было вызвано эвтрофикацией и сильным перегревом водной массы. В заливе наблюдались заморные явления (и большое количество мёртвой рыбы). Живых гидробионтов в заливе не выявлено. Отмечены превышения нормативов качества воды по показателю pH и по содержанию железа общего.

Залив Безымянный-2 является практически самым маловодным из всех исследованных; максимальная глубина залива не превышает 0,5 м. При обследовании чувствовался резкий запах сероводорода, особенно сильно – в верховье. Практически полностью акватория залива заросла ВВР, в основном гидрофитами (рис. 4). Залив отличается максимальной минерализацией среди левобережных заливов (таб. 3) с повышенным содержанием хлоридов и ионов натрия. Гидробионтов в самом заливе не выявлено.

В некоторых средних закрытых заливах (Большой, Крестищенская Балка, Бирючья Балка) и некоторых малых (Бахченый Овраг-1, Длинный Липовый, Другалка) произошли незначительные изменения в экосистеме.

Это связано со значительной средней глубиной (около 1,3 м) и объёмом залива. Как, например, в малом закрытом заливе Другалка. Гидробионты в заливе активны. Он характеризуется большим видовым разнообразием макрофитов (14 видов). Ухудшение экологического состояния проявляется здесь только в несколько повышенной минерализации (358,34 мг/дм³) и сильном зарастании акватории ВВР. Незначительные изменения экологического состояния объясняются тем, что залив был закрыт относительно недавно (2018 г.) и пока сохраняет достаточный объём и глубину (таб. 1).

Заключение

В результате выполненного исследования были сделаны следующие выводы:

1. Существует взаимосвязь между экологическим состоянием залива и процессом образования абразионно-аккумулятивной пересыпи в его устьевом створе. Изменение экологического состояния в сторону ухудшения отмечено в заливах на всех стадиях отделения, в первую очередь – в малых закрытых заливах;

2. Произошло значительное уменьшение объёмов заливов Волгоградского водохранилища с 1958 г. по настоящее время (в среднем в 10 раз), что, с одной стороны, связано со значительной генерализацией данных на картах 1958 г., с другой – с заилением и занесением самих заливов. В результате исследования обнаружена связь между экологическим состоянием водоёма и такими параметрами, как объём и глубина залива;

3. Проведена оценка экологического состояния залива по ряду показателей.

В большинстве закрытых заливов наблюдается повышение концентраций главных ионов в воде. При этом в одних заливах сумма основных ионов в 2–3 раза выше по сравнению с водой Волгоградского водохранилища (Ростовый – 1 018,1 мг/дм³, Короткий Липовый – 873,8 мг/дм³), в других она не значительно отличается от суммы ионов на основной акватории водоёма (например, Другалка – 358,4 мг/дм³, Крестищенская Балка – 382,8 мг/дм³).

Отмечен дефицит растворённого кислорода в придонном горизонте (на глубине 2–10 м) изученных правобережных заливов Крестищенская Балка (0,49 мг/дм³), Рубежный (0,76 мг/дм³) и др. На левобережье на том же горизонте дефицита растворённого O₂ либо не наблюдается (Карагачева Балка – 7,25 мг/дм³), либо значения не намного ниже нормы (Бирючья Балка – 3,61 мг/дм³).

Хорошо выраженный слой гипolimниона наблюдался в заливах Рубежный (температура на поверхности – 25°C, в придонном горизонте –

21,7°C), Бирючья Балка (соответственно 27,7°C и 24,8°C), Крестищенская Балка (22,6°C и 11,5°C). В других заливах отмечен сильный прогрев водной массы до дна.

Акватории заливов, особенно малых, активно зарастают гидрофитами: роголистником, погружённым с отдельными группами рдеста пронзеннолистного, рдеста блестящего, урути колосистой и др. Среди гелофитов доминируют формации тростника высочайшего, тростника южного и рогоза узколистного. Процесс отчленения заливов неблагоприятно сказывается на биоразнообразии макрофитов и положительно – на их вегетации.

Результаты выполненного исследования вносят вклад в практическое изучение процессов, происходящих в природном аквальном комплексе Волгоградского водохранилища, а именно в изучение процесса образования и развития ААП во входных створах заливов.

Статья поступила в редакцию 01.07.2021

ЛИТЕРАТУРА

1. Гидродинамические процессы и их роль в формировании донных осадков водохранилищ Волжско-Камского каскада / Законнов В. В., Законнова А. В., Цветков А. И., Шерышева Н. Г. // Труды Института биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина РАН. 2018. Вып. 81 (84). С. 35–46.
2. Зенин А. А. Гидрохимия Волги и её водохранилищ. Л.: Гидрометеиздат, 1965. 260 с.
3. Зубенко Ф. С. Берега Волгоградского водохранилища // Материалы к изучению перестроения берегов Волгоградского водохранилища. М., Л.: Наука, 1964. С. 78–124.
4. Ковда В. А. Почвы Прикаспийской низменности (северо-западной части). М.; Л., 1950. 256 с.
5. Кочеткова А. И. Пространственно-временной анализ зарастания Волгоградского водохранилища : дис. ... канд. биол. наук. Борок, 2013. 226 с.
6. Леонтьев О. К. Основы геоморфологии морских берегов. М.: Издательство Московского университета. 1961. 418 с.
7. Лисицына Л. И., Папченков В. Г., Артеменко В. И. Флора водоёмов Волжского бассейна. Определитель сосудистых растений. М., 2009. 219 с.

8. Некоторые гидрохимические особенности заливов озёрного участка Волгоградского водохранилища / Обьедкова О. А., Кочеткова А. И., Баранова М. С., Брызгалина Е. С. // Проблемы устойчивого развития и эколого-экономической безопасности регионов : сб. трудов. Волгоград: Сфера, 2020. С. 81–87.
9. Папченков В. Г. Растительный покров водоёмов и водотоков Среднего Поволжья. Ярославль, 2001. 214 с.
10. Периоды отделения и классификация заливов Волгоградского водохранилища по первоначальному объёму / Баранова М. С., Кочеткова А. И., Леонтьев Д. А., Брызгалина Е. С., Обьедкова О. А. // Региональные геосистемы. 2020. № 44 (2). С. 186–197. DOI 10.18413/2712-7443-2020-44-2-186-197
11. Филиппов О. В., Золотарёв Д. В., Солодовников Д. А. Экологические проблемы заливов и устьевых притоков Волгоградского водохранилища в условиях абразии и вдольберегового транспорта наносов // Проблемы комплексного исследования Волгоградского водохранилища : сб. статей. Волгоград, 2009. С. 119–142.
12. Шашуловский В. А., Мосияш С. С. Формирование биологических ресурсов Волгоградского водохранилища в ходе сукцессии его экосистемы. М., 2010. 250 с.
13. Hemmingsena M., Eikaas H., Marsdena D. A GIS approach to sediment displacement in mixed sand and gravel beach environment // Journal of Environmental Management. 2019. Vol. 249. P. 109083.
14. Ouillon S. Why and how do we study sediment transport? Focus on coastal zones and on-going methods // MDPI : [сайт]. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4441/10/4/390/html> (дата обращения: 10.02.2020).
15. Short term displacements of marked pebbles in the swash zone: Focus on particle shape and size / Grottoli E., Bertoni D., Ciavola P., Pozzebon A. // Marine Geology. 2019. Vol. 367. P. 143–158.
16. Study of the evolution of gravel beaches nourished with sand / Pegan J., Lopez M., Lopez I., Tenza-Abril A., Aragonés L. // Science of the Total Environment. 2018. № 626. P. 87–95.

REFERENCES

1. Zakonnov V. V., Zakonnova A. V., Tsvetkov A. I., Sherysheva N. G. [Hydrodynamic processes and their role in the formation of bottom sediments of the reservoirs of the Volga-Kama cascade]. In: *Trudy Instituta biologii vnutrennikh vod im. I. D. Papanina RAN* [Proceedings of the I. D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters of the Russian Academy of Sciences], 2018, vol. 81 (84), pp. 35–46.
2. Zenin A. A. *Gidrokimiya Volgi i ee vodokhranilishch* [Hydrochemistry of the Volga and its reservoirs]. Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1965. 260 p.
3. Zubenko F. S. [Coasts of the Volgograd reservoir]. In: *Materialy k izucheniyu pereformirovaniya beregov Volgogradskogo vodokhranilishcha* [Materials for the study of the reorganization of the coasts of the Volgograd reservoir]. Moscow, Leningrad, Nauka Publ., 1964. P. 78–124.
4. Kovda V. A. *Pochvy Prikaspiiskoi nizmennosti (severo-zapadnoi chasti)* [Soils of the Caspian lowland (northwestern part)]. Moscow; Leningrad, 1950. 256 p.
5. Kochetkova A. I. *Prostranstvenno-vremennoi analiz zarastaniya Volgogradskogo vodokhranilishcha : diss. ... kand. biol. nauk* [Spatio-temporal analysis of the overgrowth of the Volgograd reservoir: Cand. Sci. thesis in Biological Sciences]. Borok, 2013. 226 p.
6. Leontev O. K. *Osnovy geomorfologii morskikh beregov* [Fundamentals of geomorphology of the seashore]. Moscow, Moscow University Publishing House Publ., 1961. 418 p.
7. Lisitsyna L. I., Papchenkov V. G., Artemenko V. I. *Flora vodoemov Volzhskogo basseina*.

- Opredelitel sosudistyykh rastenii* [Flora of reservoirs of the Volga basin. Keys to vascular plants], Moscow, 2009. 219 p.
8. Obedkova O. A., Kochetkova A. I., Baranova M. S., Bryzgalina E. S. [Some hydrochemical features of the bays of the lake region of the Volgograd reservoir]. In: *Problemy ustoychivogo razvitiya i ekologo-ekonomicheskoi bezopasnosti regionov : sbornik trudov* [Problems of sustainable development and ecological and economic safety of regions : collection of works]. Volgograd, 2020, pp. 81–87.
 9. Papchenkov V. G. *Rastitelnyi pokrov vodoemov i vodotokov Srednego Povolzhya* [Vegetation cover of reservoirs and watercourses of the Middle Volga region]. Jaroslavl, 2001. 214 p.
 10. Baranova M. S., Kochetkova A. I., Leontev D. A., Bryzgalina E. S., Obedkova O. A. [Periods of separation and classification of the bays of the Volgograd reservoir by the primary volume]. In: *Regionalnye geosistemy* [Regional geosystems], 2020, no. 44 (2), pp. 186–197. DOI 10.18413/2712-7443-2020-44-2-186-197
 11. Filippov O. V., Zolotarev D. V., Solodovnikov D. A. [Ecological problems of bays and estuarial tributaries of the Volgograd reservoir in conditions of abrasion and alongshore sediment transport]. In: *Problemy kompleksnogo issledovaniya Volgogradskogo vodokhranilishcha : sbornik statei* [Problems of a complex researching of the Volgograd reservoir : collection of articles]. Volgograd, 2009, pp. 119–142.
 12. Shashulovsky V. A., Mosiyash S. S. *Formirovanie biologicheskikh resursov Volgogradskogo vodokhranilishcha v khode suksessii ego ekosistemy* [The formation of biological resources of the Volgograd reservoir during the succession of its ecosystem]. Moscow, 2010. 250 p.
 13. Hemmingsena M., Eikaas H., Marsdena D. A GIS approach to sediment displacement in mixed sand and gravel beach environment. In: *Journal of Environmental Management*, 2019, vol. 249, p. 109083.
 14. Ouillon S. Why and how do we study sediment transport? Focus on coastal zones and ongoing methods. In: *MDPI*. Available at: <https://www.mdpi.com/2073-4441/10/4/390/htm> (accessed: 10.02.2020).
 15. Grottoli E., Bertoni D., Ciavola P., Pozzebon A. Short term displacements of marked pebbles in the swash zone: Focus on particle shape and size. In: *Marine Geology*, 2019, vol. 367, pp. 143–158.
 16. Pegan J., Lopez M., Lopez I., Tenza-Abril A., Aragones L. Study of the evolution of gravel beaches nourished with sand. In: *Science of the Total Environment*, 2018, no. 626, pp. 87–95.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Баранова Мария Сергеевна – ассистент кафедры математики, информатики и естественных наук Волгоградского государственного университета, Волжский филиал;
e-mail: maria_baranova2902@rambler.ru

Объедкова Ольга Александровна – старший преподаватель кафедры математики, информатики и естественных наук Волгоградского государственного университета, Волжский филиал;
e-mail: obedkova.olga@yandex.ru

Кочеткова Анна Игоревна – кандидат биологических наук, доцент кафедры математики, информатики и естественных наук Волгоградского государственного университета, Волжский филиал;
e-mail: aikochetkova@mail.ru

Брызгалина Елена Сергеевна – старший преподаватель кафедры математики, информатики и естественных наук Волгоградского государственного университета, Волжский филиал;

e-mail: bryzgalina_elena@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Maria S. Baranova – Assistant Lecturer, Department of Mathematics, Informatics and Natural Sciences, Volzhskiy Branch, Volgograd State University;

e-mail: maria_baranova2902@rambler.ru

Olga A. Obedkova – Senior Lecturer, Department of Mathematics, Informatics and Natural Sciences, Volzhskiy Branch, Volgograd State University;

e-mail: obedkova.olga@yandex.ru

Anna I. Kochetkova – Cand. Sci. (Biological), Assoc. Prof., Department of Mathematics, Informatics and Natural Sciences, Volzhskiy Branch, Volgograd State University;

e-mail: aikochetkova@mail.ru

Elena S. Bryzgalina – Senior Lecturer, Department of Mathematics, Informatics and Natural Sciences, Volzhskiy Branch, Volgograd State University;

e-mail: bryzgalina_elena@mail.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Баранова М. С., Обедкова О. А., Кочеткова А. И., Брызгалина Е. С. Экологическое состояние заливов озёрного участка Волгоградского водохранилища в условиях образования устьевых абразионно-аккумулятивных пересыпей // Географическая среда и живые системы. 2021. № 3. С. 34–53.

DOI: 10.18384/2712-7621-2021-3-34-53

FOR CITATION

Baranova M. S., Obedkova O. A., Kochetkova A. I., Bryzgalina E. S. Ecological state of the bays of the lake area in the Volgograd reservoir under conditions of the formation of mouth abrasion-accumulative jumpers. In: *Geographical Environment and Living Systems*, 2021, no. 3, pp. 34–53.

DOI: 10.18384/2712-7621-2021-3-34-53