

Издатель

ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»
Российская Федерация, г.Петрозаводск, пр.Ленина,33

Научный электронный журнал

ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИИ

<http://ecopri.ru>

№ 1 (43). Март, 2022

Главный редактор

А. В. Коросов

Редакционный совет

В. Н. Большаков
А. В. Воронин
Э. В. Ивантер
Н. Н. Немова
Г. С. Розенберг
А. Ф. Титов
Г. С. Антипина
В. В. Вапиров
А. М. Макаров

Редакционная коллегия

Т. О. Волкова
Е. П. Иешко
В. А. Илюха
Н. М. Калинкина
J. P. Kurhinen
А. Ю. Мейгал
J. B. Jakovlev
В. Krasnov
А. Gugořek
В. К. Шитиков
В. Н. Якимов

Службы поддержки

А. Г. Марахтанов
Е. В. Голубев
С. Л. Смирнова
Н. Д. Чернышева
М. Л. Киреева

ISSN 2304-6465

Адрес редакции

185910, Республика Карелия, г.Петрозаводск, пр. Ленина, 33. Каб. 453

E-mail: ecopri@psu.karelia.ru

<http://ecopri.ru>





УДК 574.52

ДИНАМИКА ЗАРАСТАНИЯ ВОЛГОГРАДСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (1972–2018 ГГ.)

КОЧЕТКОВА
Анна Игоревна

канд. биол. наук, Волжский филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Волгоградский государственный университет, AIKochetkova@mail.ru

БРЫЗГАЛИНА
Елена Сергеевна

Волжский филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Волгоградский государственный университет, bryzgalina_elena@mail.ru

ФИЛИППОВ
Олег Васильевич

канд. геогр. наук, Волжский филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Волгоградский государственный университет, ovfilippov@list.ru

БАРАНОВА
Мария Сергеевна

Волжский филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Волгоградский государственный университет, unlesi@mail.ru

Ключевые слова:
Волгоградское водохранилище
высшая водная растительность
картографирование
динамика зарастания
уровенный режим
космические снимки
ГИС-технологии

Аннотация: В статье представлены результаты оценки пространственно-временной динамики зарастания мелководий Волгоградского водохранилища высшей водной растительностью за период с 1972 по 2018 г. Результаты тематической обработки снимков Landsat, картографического анализа процессов зарастания с использованием ГИС-технологий и сопоставление с данными натурных исследований позволили выявить особенности и динамику зарастания для водохранилища в целом и участков в частности. Выявлена общая многолетняя тенденция, выраженная в последовательной смене двух фаз зарастания мелководий водохранилища. Первая фаза медленного зарастания акватории водохранилища длилась с 1972 по 1991 г. с показателем 0.9 % от площади водного объекта, вторая фаза быстрого импульсивного зарастания – с 1991 по 2018 г. с показателем 6.7–10.5 %. При этом установлено, что динамика зарастания в значительной степени связана с уровнем режимом водохранилища. Пространственно-временная структура зарастания высшей водной растительностью Волгоградского водохранилища характеризуется гетерогенностью по участкам. По степени зарастания (процент от исследуемого участка) за современный 5-летний период очень слабо заросшим является озерный (нижний) участок от пос. Ровное до плотины Волжской ГЭС у города Волжский (3.8–4.1 %); слабо заросшим является речной (верхний) участок от плотины Саратовской ГЭС до города Маркс (6.8–8.9 %); умеренно заросший – озерно-речной (средний) участок от города Маркс до пос. Ровное (12.0–14.3 %).

© Петрозаводский государственный университет

Рецензент: В. В. Соловьева

Рецензент: П. А. Любин

Получена: 07 декабря 2019

Подписана к печати: 25 марта 2022

Введение

Волгоградское водохранилище образовано перекрытием Волги плотиной Волжской ГЭС выше Волгограда 31 октября 1958 г. Протяженность Волгоградского водохранилища составляет 524 км; полный объем при нормальном подпорном уровне (НПУ) – 31,5 км³; площадь водной поверхности при НПУ – 3120 км²; объем сливной призмы – 8,3 км³; средняя ширина близка к 6,0 км, а наибольшая – к 17 км (с островами). Средняя глубина водохранилища на момент его создания составляла 10,1 м, а максимальная – 41 м (Волгоградское водохранилище..., 1976). Следует отметить, что после своего создания Волгоградское водохранилище входило в первую тройку величайших водохранилищ мира по площади зеркала (если учитывать только водохранилища в долинах крупных равнинных рек), уступая Куйбышевскому и Рыбинскому. А по общему объему водной массы было вторым после Куйбышевского. В настоящее время оно входит во вторую десятку рейтинга крупнейших водохранилищ мира.

Волгоградское водохранилище играет многофункциональную роль в народном хозяйстве: забор воды на питьевые, промышленные и сельскохозяйственные нужды населения, туризм, судоходство, рыболовство и рыбоводство. И в связи с этим актуальным является вопрос, связанный с сохранением его природного аквального комплекса и возможного приумножения возобновляемых ресурсов, в частности водных биологических. В водных экосистемах важную средообразующую и трофическую функции выполняют высшие водные растения (ВВР). Известно, что макрофиты формируют около 30 % общей первичной продукции водной экосистемы Волгоградского водохранилища и степень их развития во многом зависит от уровня режима водоема. Интенсивное зарастание мелководий макрофитами приводит к рыбохозяйственной деградации наиболее рыбопродуктивных мелководных участков (Шашуловский, Мосияш, 2010). В качестве примера можно привести зарастание отмелей и кос, образующихся на выходе из заливов, которое часто приводит к их отделению от основной акватории и, следова-

тельно, уменьшению мест для нереста рыб.

В связи с вышесказанным целью работы является анализ динамики зарастания высшей водной растительностью и уровня режима воды Волгоградского водохранилища с 1972 по 2018 г.

Задачи, поставленные для достижения данной цели:

1. Обобщение архивных фондовых и библиографических материалов по оценке зарастания Волгоградского водохранилища.
2. Подбор информации по средневзвешенным уровням воды на участках водохранилища.
3. Создание базы данных космических снимков для последующего анализа и вычисления показателя зарастания.
4. Агрегирование информации по зарастанию Волгоградского водохранилища из разных источников и анализ зависимостей данного показателя от уровня режима мето

Материалы

В качестве материалов для написания данной статьи были использованы космические снимки Landsat, архивные данные результатов экспедиций и библиографические сведения. Для анализа зарастания Волгоградского водохранилища были использованы космические снимки Landsat OLI за период с 2014 по 2018 г.

Полевые материалы по зарастанию репрезентативных мелководий Волгоградского водохранилища были получены в ходе экспедиций 2009–2017 гг. по проекту «Волжский плавучий университет» и экспедиций ФГУ «Управление эксплуатации Волгоградского водохранилища». К таким мелководьям относились заливы Даниловский, Мордовский, Карагачев, Карагачева балка, Другалка, Томатный, Суводский, Нижний Ураков.

Информация о гидрологическом режиме Волгоградского водохранилища в работе представлена в виде средневзвешенных уровней воды с 1986 по 2018 г. Материалы по среднегодовым значениям уровня воды предоставлены Волгоградским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды в рамках сотрудничества.

На основании обобщений литературных

источников, приведенных в работе А. И. Кочетковой (2013), сделан ретроспективный анализ зарастания за 1972, 1981, 1991, 1995, 2003, 2000, 2007, 2010 гг. В результате агрегирования данных из литературных источников с 1972 по 2010 г. и материалов космомониторинга за 2014, 2015, 2017, 2018 гг. появилось полноценное представление о процессе зарастания Волгоградского водохранилища с момента его появления и по настоящее время. Материалы по степени зарастания Волгоградского водохранилища, представленные в данной работе за 1972 г. (Экзерцев, Лисицина, 1984) и 1981 г. (Закора, Синицына, 1983), были получены ранее исследователями методами визуального анализа.

Результаты за 1991–2010 г. по зарастанию Волгоградского водохранилища были получены авторами на основании обобщения материалов полевых исследований, архивных данных Института биологии внутренних вод РАН и, в некоторой степени, дистанционных методов исследования.

В целях оценки динамики зарастания за период 2014–2018 гг. была создана база данных, состоящая из космических снимков Landsat OLI. Выходные данные используемых космических снимков приведены в табл. 1. Следует отметить, что для анализа зарастания были подобраны снимки, охватывающие период пика вегетативной активности высшей водной растительности.

Таблица 1. Информация о спутниковых снимках, используемых в анализе зарастания Волгоградского водохранилища за 2014–2018 гг.

№ п/п	Наименование файла	Дата съемки
1	LC08_L1TP_172026_20140810_20170420_01_T1	10.08.2014
2	LC08_L1TP_171025_20140904_20170420_01_T1	04.09.2014
3	LC08_L1TP_171024_20140920_20170419_01_T1	20.09.2014
4	LC08_L1TP_172026_20150813_20170406_01_T1	13.08.2015
5	LC08_L1TP_171024_20150907_20170404_01_T1	07.09.2015
6	LC08_L1TP_171025_20150907_20170404_01_T1	07.09.2015
7	LC08_L1TP_171025_20170811_20170824_01_T1	11.08.2017
8	LC08_L1TP_171026_20170811_20170824_01_T1	11.08.2017
9	LC08_L1TP_171024_20170912_20170928_01_T1	12.09.2017
10	LC08_L1TP_172024_20180821_20180829_01_T1	21.08.2018
11	LC08_L1TP_172025_20180821_20180829_01_T1	21.08.2018
12	LC08_L1TP_172026_20180821_20180829_01_T1	21.08.2018
13	LC08_L1TP_170024_20180908_20180912_01_T1	08.09.2018
14	LC08_L1TP_171024_20180915_20180928_01_T1	15.09.2018

Методы

Для оценки степени зарастания использовались методы натурных наблюдений, дистанционного зондирования (ДЗЗ), ГИС-технологий, литературного анализа.

Для оценки зарастания методом ДЗЗ был выбран часто используемый для дешифрирования растительности синтез каналов 5–4–3, в котором растительные сообщества представлены многообразием оттенков красного цвета (Высоцкий и др., 2012). Корректность результатов дешифрирования проверялась данными полевого картографирования репрезентативных участков зарастания. Методика оценки зарастания высшей водной растительностью дистанционными методами исследования была апробирована в диссертационном исследовании

А. И. Кочетковой (2013). Анализ космических снимков выполнялся в программном комплексе ScanEx Image Processor 3.6. Выделение высшей водной растительности производилось методом ISODATA.

Полевые методы включали в себя картографирование и геоботаническое описание высшей водной растительности. Картирование растительности проводилось с лодки маршрутным методом на 8 участках Волгоградского водохранилища в пределах Волгоградской области. Полевые исследования были реализованы в июле – это период максимальной физиологической активности высших водных растений (рис. 1). Картографирование производилось с лодки маршрутным методом и включало в себя сплошное оконтуривание растительных группировок с

помощью GPS-приемников. При реализации данных работ использовались методики В. М. Катанской (1981), В. Г. Папченкова (2001).

Сравнительный анализ данных по зарастанию акватории за июль 2010 г., получен-

ных в результате полевых исследований и дешифрированию космических снимков за аналогичный временной период, показал расхождение результатов в среднем на 8.6 %, что составляет 31049 м² (табл. 2).

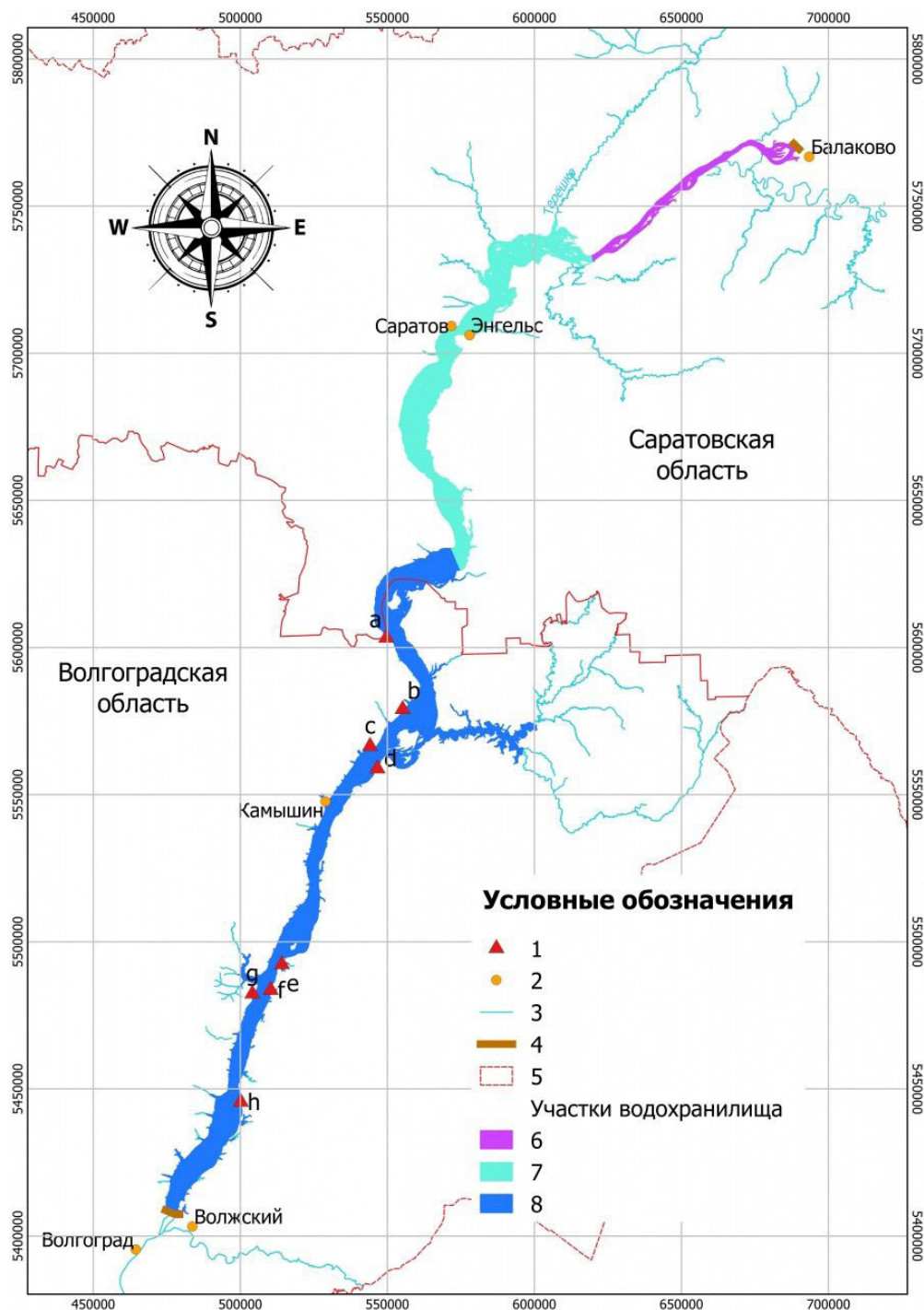


Рис. 1. Схема Волгоградского водохранилища и расположение участков исследования: 1 – репрезентативные мелководья (а – Даниловский; б – Другалка; с – Нижний Ураков; д – Томатный; е – Карагачёв; ф – Мордовский; г – Суводская балка; h – Карагачёва балка); 2 – населенные пункты; 3 – гидросеть; 4 – плотины ГЭС; 5 – административные границы. Участки водохранилища: 6 – речной участок; 7 – озерно-речной участок; 8 – озерный участок

Fig. 1. Map of the Volgograd Reservoir and the location of the study sites: 1 – Case-study sites (a – Danilovskij; b – Drugalka; c – Nizhnij Urakov; d – Tomatnyj; e – Karagachyov; f – Mordovskij; g – Suvodskaya balka; h – Karagachyova balka); 2 – Large settlements; 3 – Main rivers; 4 – HPP dams; 5 – Administrative boundaries. Reservoir sections: 6 – River section, 7 – lake-river section, 8 – Lake section

Таблица 2. Соотношение зарастания заливов Волгоградского водохранилища по данным натурных наблюдений и дешифрирования космических снимков за 2010 г.

Наименование залива	S зарастания по данным натурных наблюдений, м ²	% зарастания от акватории по натурным наблюдениям	S зарастания по данным ДЗЗ, м ²	% зарастания от акватории по ДДЗ
Залив Томатный	36151	96	27372	72.7
Залив Мордовский	174094	47	73903	20.0
Залив Нижний Ураков	195709	36	92814	24.2
Залив Даниловка	83551	31	40311	19.0
Залив Суводский	40509	25	37268	23.0
Залив Другалка	4109	10	5972	14.0
Карагачев	64052	26	69718	28.3
Карагачева балка	46491	23	48917	24.2

Для проведения сравнительного анализа зарастания Волгоградского водохранилища была использована указанная выше гидрологическая классификация его участков. Для расчета степени зарастания были взяты следующие площади участков: для озерного участка – 1864.6 км², озерно-речного – 945.7 км², речного – 175.2 км². Данные площади получены картографическим методом исследования с использованием программного обеспечения ArcGis 9.2.

Оценка степени зарастания основывалась на сопоставлении полученных расчетных величин с классификацией В. Г. Папченкова (2001), выделявшего 8 классов зарастания водоемов: 1) не заросшие или почти не заросшие с площадью зарастания менее 1 % от площади акватории; 2) очень слабо заросшие – 1–5 %; 3) слабо заросшие – 6–10 %; 4) умеренно заросшие – 11–25 %; 5) значительно заросшие – 26–40 %; 6) сильно заросшие – 41–65 %; 7) очень сильно заросшие – 66–95 %; 8) сплошь заросшие – 96–100 %.

Статистическая обработка выполнялась средствами MS Excel 2010, с помощью которых были рассчитаны: проценты зарастания водохранилища и его отдельных участков, а также коэффициент корреляции Пирсона (в MS Excel функция PEARSON) между степенью зарастания и средневзвешенными значениями уровня воды водохранилища. Однородность данных, полученных по уровенному режиму и зарастанию за интервалы 1991–2010 и 2014–2018 гг., проверяли при помощи критерия Манна – Уитни. Статистика критерия по уровенному режиму составляет 6.5, по зарастанию – 5. Данные значения попадают в интервал от 3 до 21, следовательно, они однородны и вполне укладываются в общее представление.

Площади зарастания высшей водной растительностью всего Волгоградского водохранилища и его отдельных участков за период 1991–2018 гг. были получены с использованием картографических методов исследования путем векторизации зарослей на базе программных комплексов ScanEx Image Processor 3.6.9 и ArcGis 10.2. Процент зарастания рассчитывался как отношение площади участка водохранилища к соответствующему значению площади зарослей на нем.

В связи с тем что результаты, приведенные в работе по зарастанию Волгоградского водохранилища, представлены из разных источников и методы получения исходных данных различны, авторами было выделено два периода для оценки корреляционной зависимости между уровнем режимом и зарастанием. Первый период охватывает интервал с 1991 по 2010 г., второй период – с 2014 по 2018 г.

Результаты

Изучение высшей водной растительности Волгоградского водохранилища началось с момента его наполнения в 1961 г. и продолжается по настоящее время (Экзерцев, 1973; Кочеткова, 2013).

Динамика зарастания Волгоградского водохранилища имеет положительную тенденцию. Так, с начала 1970-х по начало 2000-х гг. на верхнем участке данного водоема площадь зарастания увеличилась в 11 раз, на среднем и нижнем участке – приблизительно в 5 раз (Шашуловский, Мосияш, 2010).

По ретроспективным данным исследований В. А. Экзерцева (1973) и В. А. Экзерцева, Л. И. Лисициной (1984), проведенных с 1959 по 1972 г., зарастание мелководий Волгоградского водохранилища происходи-

ло медленно и неравномерно. Так, в 1969 г. основные площади зарастающих мелководий были сосредоточены на его верхнем участке, от г. Балаково до г. Саратова. В 1972 г. площадь зарастания составляла 0.9 % от всей площади акватории. Причем формирование прибрежно-водной растительности закончено только на верхнем участке. В среднем и нижнем участках в поясе влаголюбивой растительности еще преобладали сорные растения, огромные площади мелководий оставались свободными.

Следует отметить, что в первые десять лет существования Волгоградского водохранилища зарастание мелководий происходило в основном на верхнем и среднем участках. Прежде всего это связано с благоприятными для произрастания макрофитов морфологическими и гидрологическими условиями, а именно: на этих участках небольшая ширина акватории с избытком островов и мелей. В связи с этим берегоразрушительный потенциал волнения незначителен. На нижнем (озерном) участке берега испытывают огромную ветроволновую нагрузку. На левобережье в основном на открытых мелководных участках с неустойчивыми к ветроволновому волнению береговыми склонами равновесие между гидродинамической активностью водной массы и ложем еще не достигнуто (Буторин, Фортунатов, 1976). Этот фактор является лимитирующим для развития макрофитов на нижнем участке Волгоградского водохранилища.

Современный период существования Волгоградского водохранилища (с 2014 по 2018 г.) характеризуются очень слабо заросшим озерным (нижним) участком с колебанием степени зарастания мелководий 3.8–4.1 % от всей площади участка; слабо заросшим речным (верхним) участком (6.8–8.9 %); умеренно заросшим озерно-речным (средним) участком (12.0–14.3 %). Распределение участков по убыванию в отношении площадных характеристик зарослей высшей водной растительности можно представить следующим образом: речной (верхний) участок (12.0–15.7 км²), озерный (нижний) участок (70.7–87.1 км²), озерно-речной (средний) участок (113.0–116.9 км²) (рис. 2). Таким образом, можно сделать вывод, что наиболее благоприятные условия для зарастания имеет средний озерно-речной участок. Здесь благодаря наличию большого количества островов, автогенных отмелей и крупных притоков (Б. Иргиз, Терешка, Курдюм, Б. и М. Караман, Тарлык) создаются условия для

формирования устойчивых фитоценозов высшей водной растительности. На нижнем (озерном) участке зарастание лимитируют геодинамические процессы (ветроволновое воздействие, переформирование берегов, вдольбереговой транспорт наносов) и поэтому оно локализовано в заливах. Как правило, для заливов правобережья зарастание имеет вектор в направлении от верховья к устью, а для заливов левобережья характерно зарастание устья (входного створа в залив). В качестве иллюстрации данных процессов приведем разновременные космические снимки за 1991 и 2018 гг., на которых изображена динамика зарастания мелководий правобережного залива Нижний Ураков и левобережного залива Мордовский (рис. 3). Отметим, что период 1991–2018 гг. включает как демутационную (восстановительную), так и дигрессионную (деструктивную) стадии развития зарастания. Поэтому значительное увеличение площади ВВР представленных на снимках заливов можно объяснить их активным зарастанием в 1991–2010 гг.

Корреляционный анализ степени зарастания и уровня режима по участкам Волгоградского водохранилища за 2014, 2015, 2017 и 2018 гг. показал обратную зависимость данных показателей со значением для верхнего участка -0.83, для среднего -0.69 и нижнего -0.75.

Результаты наших исследований показали, что зарастание Волгоградского водохранилища в целом носит пульсирующий характер, для которого характерно чередование медленной и быстрой фаз (Кочеткова, 2013). В первую из них в период 1972–1981 гг., согласно литературным данным, зарастание мелководий шло едва заметно и достигло 0.9 % от площади акватории водохранилища (Экзерцев, Лисицина, 1984; Загора, Синицына, 1983). С 1981 по 1991 г. площадь зарастания Волгоградского водохранилища резко увеличивается до 7.5 % и находится на этом уровне до 2003 г. С 2004 по 2010 г. степень зарастания мелководий высшей водной растительностью достигла своего максимального значения за весь период наблюдения и составила 10.5 %. Известно, что площадь зарастающих мелководий должна составлять в среднем 10 % общей площади водохранилища для обеспечения нормального икрометания и нагула молоди фитофильных видов рыб, нагула взрослых фитофильных и нефитофильных рыб (Кочеткова и др., 2013). Период 2014–2018 гг. характеризуются ста-

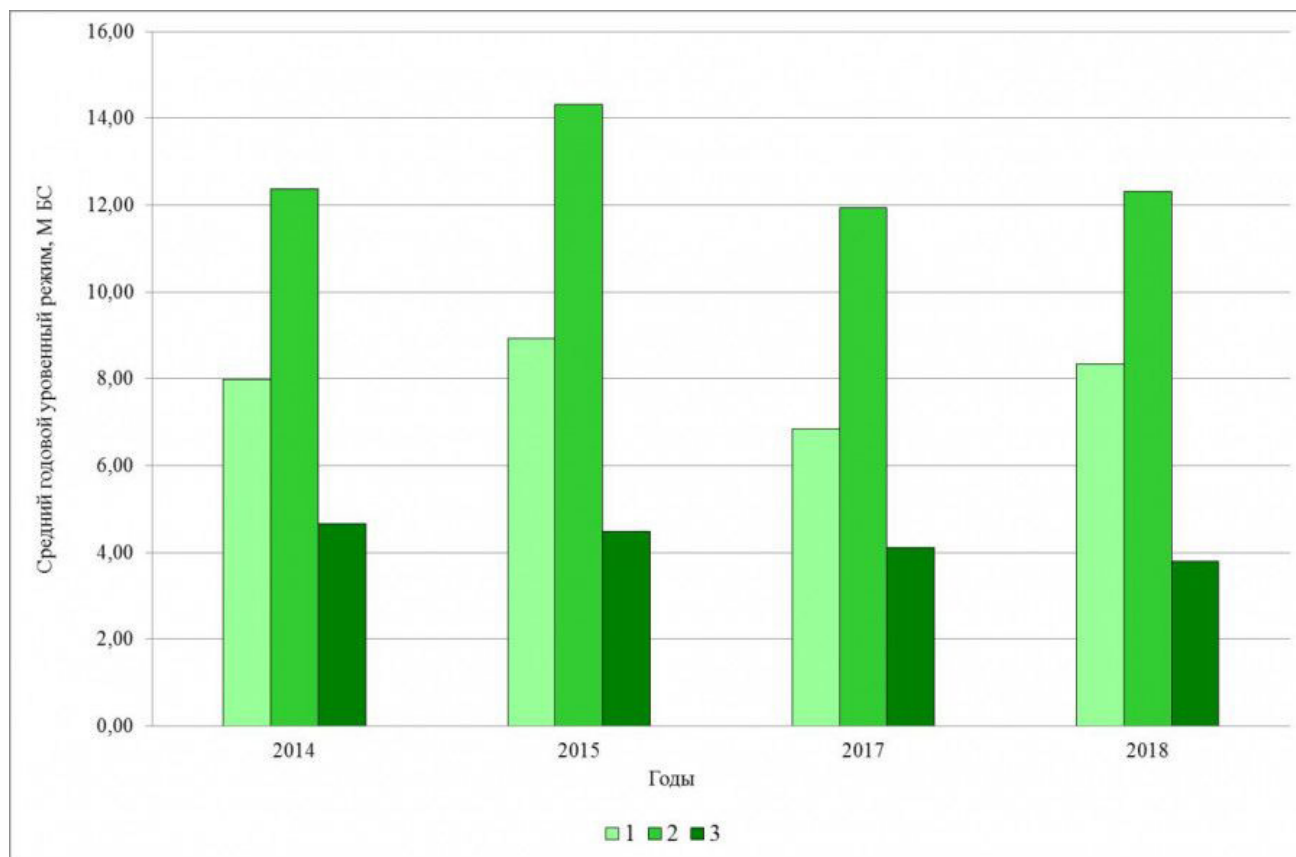


Рис. 2. Динамика зарастания мелководий различных участков Волгоградского водохранилища за 2014–2018 гг.: 1 – площадь зарастания мелководий верхнего (речного) участка; 2 – площадь зарастания мелководий среднего (озерно-речного) участка; 3 – площадь зарастания мелководий нижнего (озерного) участка

Fig. 2. Dynamics of shallow water overgrowth in different sections of the Volgograd reservoir for 2014–2018: 1 – area of shallow water overgrowth of the upper (river) section; 2 – area of shallow water overgrowth of the middle (lake-river) section; 3 – area of shallow water overgrowth of the lower (lake) section

дией уменьшения площади зарослей ВВР с колебанием показателя от 6.7 до 7.9 % (рис. 4). По классификации В. Г. Папченкова, водохранилище в период с 1991 по 2018 г. является слабо заросшим.

Такой темп зарастания частично объясняется нестабильным уровнем режимом на Волгоградском водохранилище. Проведенный корреляционный анализ между процентом зарастания мелководий всего водохранилища и среднегодовым уровнем воды за период с 1991 по 2010 г. показал низкую степень обратной зависимости со значением -0.45 (табл. 3). Период 2014–2018 гг. характеризуется высокой зависимостью данных показателей с коэффициентом корреляции -0.87 . Незначительные колебания уровня в период с 1991 по 2006 г. и резкое его понижение в интервале 2007–2010 гг. активизировало процесс зарастания. В этот интервал образовались огромные площади обсыхающих мелководий, которые активно стали занимать прибрежно-водные расте-

ния. Интервал 2013–2018 г. характеризуется регрессом зарастания мелководий, т. к. 2013 и 2017 гг. были многоводными и средние отметки уровня достигали 15.32 м БС и 15.70 м БС.

Синтаксономический состав растительности Волгоградского водохранилища можно представить в виде следующей классификационной системы.

Тип водная растительность – *Aquiphytosa*

А. Группа классов водной растительности – *Aquiphytosa*

1. I. Класс формаций. Настоящая водная (гидрофитная) растительность – *Aquiphytosa genuine*.
2. Группа формаций гидрофитов, свободно плавающих в толще воды, – *Aquiherbosa genuina demersa natans*.
3. Формация роголистника темно-зеленого – *Ceratophylleta demersi*.

Ассоциации: 1) *Ceratophylletum demersi*, 2) *Lemneto-Ceratophylletum demersi*, 3)

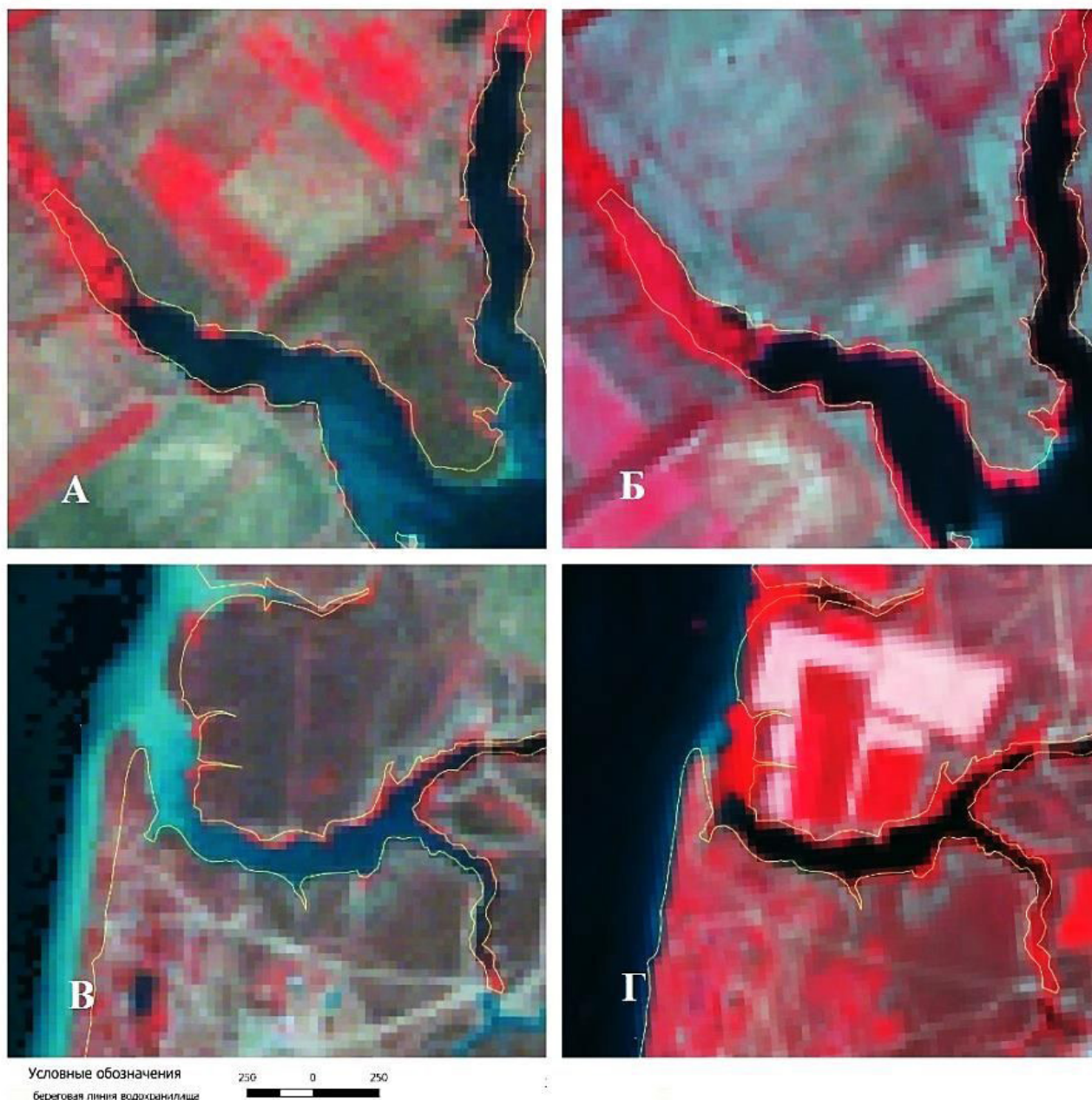


Рис. 3. Особенности зарастания заливов нижнего (озерного) участка Волгоградского водохранилища за 1991 и 2018 гг. (даты космических снимков: 10.08.1991, 21.08.2018): залив Нижний Ураков (правый берег Волгоградского водохранилища) за 1991 г. (А), 2018 г. (Б); Мордовский залив (левый берег) за 1991 г. (В), 2018 г. (Г). Желтой линией выделен контур береговой линии водохранилища 1986 г., красным цветом на акватории водоема отображены заросли высшей водной растительности

Fig. 3. Features of overgrowth of the bays of the lower (lake) section of the Volgograd reservoir for 1991 and 2018 (dates of receipt of satellite images: 10.08.1991, 21.08.2018): Nizhny Urakov Bay (the right bank of the Volgograd Reservoir) for 1991 (A), 2018 (B); Mordovian Gulf (left bank) for 1991 (B), 2018 (Г). The yellow line marks the contour of the reservoir shoreline of 1986, thickets of aquatic vascular vegetation in the water area of the reservoir are displayed in red

Hydrocharieto-Ceratophylletum demersi.

1. *Формация ряски трехдольной* – *Lemneta trisulcae*.

Ассоциация: 4) *Lemnetum trisulcae*.

1. Группа формаций погруженных укореняющихся гидрофитов – *Aquiherbosa*

genuina submersa radicans.

2. *Формация каулинии малой* – *Caulinieta minoris*.

Ассоциации: 5) *Caulinietum minoris*, 6) *Caulinieto-Najadetum majoris*.

1. *Формация наяды морской* – *Najadeeta*



Рис. 4. Динамика зарастания мелководий Волгоградского водохранилища и его среднегодовые уровни воды: 1 – процент зарастания мелководий от общей площади; 2 – среднегодовой уровень воды водохранилища

Fig. 4. Dynamics of shallow waters overgrowth of the Volgograd reservoir and its annual average water levels: 1 – the percentage of shallow water overgrowth of the total area; 2 – the annual average water level of the reservoir

Таблица 3. Характеристика зарастания и уровня режима Волгоградского водохранилища за период 1991–2018 гг.

Год	Среднегодовой уровеньный режим, м БС	Степень зарастания ВВР водохранилища, %	Коэффициент корреляции временного интервала
1991	15.4	7.6	-0.45*
1995	15.4	7.7	
2000	15.2	7.2	
2003	15.3	7.5	
2007	15.4	10.5	
2010	14.8	10.5	
2014	14.9	7.3	-0.87**
2015	14.9	7.9	
2017	15.3	6.7	
2018	15.1	6.8	

Примечание. * – коэффициент корреляции, рассчитанный на основании данных по зарастанию, полученных из литературных источников для периода 1991–2010 гг.; ** – коэффициент корреляции, рассчитанный на основании данных по зарастанию, полученных из анализа космических снимков для периода 2014–2018 гг.

majoris.

Ассоциация: 7) *Najadetum majoris*.

1. *Формация рдеста блестящего* – *Potameta lucentis*.

Ассоциации: 8) *Potametum lucentis*, 9) *Lemneto-Potametum lucentis*, 10) *Ceratophylleto-Potametum lucentis*.

1. *Формация рдеста гребенчатого* – *Potameta pectinati*.

Ассоциации: 11) *Potametum pectinati*, 12) *Ceratophylleto-Potametum pectinati*, 13) *Myriophylleto verticillati-Potametum pectinati*.

1. *Формация рдеста курчавого* – *Potameta crispis*.

Ассоциация: 14) *Potametum crispis*.

1. *Формация рдеста пронзеннолистного* – *Potameta perfoliati*.

Ассоциации: 15) *Potametum perfoliati*, 16) *Lemneto-Potametum perfoliati*, 17) *Ceratophylleto-Potametum perfoliati*, 18) *Myriophylleto-Potametum perfoliati*, 19) *Potametum lucentis-perfoliati*, 20) *Potametum pectinati-perfoliati*.

1. *Формация урути мутовчатой* – *Myriophylleto verticillati*.

Ассоциации: 21) *Myriophylletum verticillati*, 22) *Potameto-Myriophylletum verticillati*.

1. *Формация шелковника жестколистного* – *Batrachietum circinati*.

Ассоциации: 23) *Batrachietum circinati*.

1. *Формация элодеи канадской* – *Elodeeta canadensis*.

Ассоциации: 24) *Elodeetum canadensis*, 25) *Ceratophylleto-Elodeetum canadensis*.

1. Группа формаций укореняющихся гидрофитов с плавающими на воде листьями – *Aquiherbosa genuina radicans foliis natantibus*.
2. *Формация горца земноводного* – *Persicarieta amphibii*.

Ассоциации: 26) *Persicarietum amphibii*.

1. *Формация кубышки желтой* – *Nupharetum luteae*.

Ассоциации: 27) *Nupharetum luteae*, 28) *Sparganietum emersi-Nupharetum luteae*.

1. *Формация рдеста узловатого* – *Potametum nodosi*.

Ассоциации: 29) *Potametum nodosi*, 30) *Ceratophylleto-Potametum nodosi*.

1. Группа формаций гидрофитов, свободно плавающих на поверхности воды, – *Aquiherbosa genuina natans*.

2. 15. *Формация водокраса лягушачьего* – *Hydrochaietum morsus-ranae*.

Ассоциация: 31) *Lemneto-Spirodeleto-Hydrochaietum morsus-ranae*.

1. *Формация сальвинии плавающей* – *Salvinieta natantis*.

Ассоциации: 32) *Lemneto-Salvinieta natantis*.

Б. Группа классов. Прибрежно-водная растительность – *Aquiherbosa vadosa*.

1. II. Класс формации. Воздушно-водная (гелофитная) растительность – *Aquiherbosa helophyta*.

2. 5. Группа формаций низкотравных гелофитов – *Aquiherbosa helophyta humilis*.

3. *Формация ежеголовника всплывшего* – *Sparganietum emersi*.

Ассоциация: 33) *Sparganietum emersi*.

1. *Формация ежеголовника незамечаемого* – *Sparganietum neglecti*.

Ассоциация: 34) *Sparganietum neglecti*.

1. *Формация ежеголовника прямого* – *Sparganietum erecti*.

Ассоциации: 35) *Sparganietum erecti*, 36) *Lemneto-Sparganietum erecti*.

1. *Формация клубнекамыша широкоплодного* – *Bolboschoeneta laticarpi*.

Ассоциация: 37) *Bolboschoetum laticarpi*.

1. *Формация стрелолыста обыкновенного* – *Sagittarieta sagittifoliae*.

Ассоциации: 38) *Sagittarietum sagittifoliae*, 39) *Phalaroideto-Sagittarietum sagittifoliae*.

1. *Формация сусака зонтичного* – *Butometum umbellati*.

Ассоциации: 40) *Butometum umbellati*.

1. *Формация частухи подорожниковой* – *Alismateta plantago-aquaticae*.

Ассоциация: 41) *Alismatetum plantago-aquaticae*.

1. 6. Группа формаций высокотравных гелофитов – *Aquiherbosa helophyta procera*.

2. *Формация камыша озерного* – *Scirpeta lacustris*.

Ассоциации: 42) *Scirpeta lacustris*.

1. *Формация камыша таберномонтана* – *Scirpeta tabernaemontani*.

Ассоциация: 43) *Scirpeta tabernaemontani*.

1. *Формация камыша трехгранного* – *Scirpeta triquerti*.

Ассоциация: 44) *Scirpetum triqueteri*.

1. *Формация манника большого* – *Glycerieta maximae*.

Ассоциация: 45) *Glycerietum maximae*.

1. *Формация рогоза узколистного* – *Typheta angustifoliae*.

Ассоциации: 46) *Typhetum angustifoliae*, 47) *Lemneto-Spirodeleto-Typhetum angustifoliae*, 48) *Hydrocherieto-Typhetum angustifoliae*, 49) *Nuphareto-Typhetum angustifoliae*.

1. *Формация рогоза юго-восточного* – *Typheta austro-orientaliae*.

Ассоциация: 50) *Typhetum austro-orientaliae*.

1. *Формация тростника южного* – *Phragmiteta australis*.

Ассоциации: 51) *Phragmitetum australis*, 52) *Lemneto-Spirodeleto-Phragmitetum australis*.

III. Класс формаций. Гигрогелофитная растительность – *Aquihervosa hygrophelophyta*.

1. *Формация двукисточника тростниковидного* – *Phalaroideta arundinaceae*.

Ассоциации: 53) *Phalaroidetum arundinaceae*, 54) *Iriseto-Phalaroidetum arundinaceae*. 55) *Cariceto ripariae-Phalaroidetum arundinaceae*.

1. *Формация ириса водного* – *Iriseta pseudacori*.

Ассоциация: 56) *Irisetum pseudacori*.

1. *Формация леерсии рисовидной* – *Leersieta oryzoides*.

Ассоциация: 57) *Leersietum oryzoides*.

1. *Формация осоки береговой* – *Cariceta ripariae*.

Ассоциации: 58) *Caricetum ripariae*, 59)

Lycopeto-Caresetum ripariae.

1. *Формация осоки острой* – *Cariceta acutae*.

Ассоциации: 60) *Caricetum acutae*, 61) *Iriseto pseudacori-Caricetum acutae*.

1. *Формация полевицы побегообразующей* – *Agrosteta stoloniferae*.

Ассоциации: 62) *Agrostetum stoloniferae*, 63) *Alopecureto-Agrostetum stoloniferae*.

1. *Формация тростника высочайшего* – *Phragmiteta altissimi*.

Ассоциация: 64) *Phragmitetum altissimi*.

Для оценки уровня синтаксономического разнообразия растительного покрова Волгоградского водохранилища сопоставим полученные данные с подобными литературными материалами для других регионов.

С продвижением с севера на юг по акватории Волгоградского водохранилища происходит наращивание признаков аридности, что проявляется в смене природных зон. В пределах Саратовской области Волгоградское водохранилище проходит через лесостепную и степную зоны и по числу ассоциаций на формацию отличается большим синтаксономическим разнообразием. Эти данные сопоставимы с исследованиями В. Г. Папченкова (2001) по лесостепной провинции Низменного и Высокого Заволжья. Данные для Волгоградского водохранилища в пределах Волгоградской области (степная и полупустынная зоны) получились ниже, чем для степной провинции Сыртового Заволжья (Папченков, 2001), и это во многом объясняется аридизацией территории водохранилища с севера на юг (табл. 4). Таким об-

Таблица 4. Число синтаксонов в растительности в различных физико-географических провинциях Среднего Поволжья и Волгоградского водохранилища

Физико-географические провинции	Число формаций	Число ассоциаций	Число ассоциаций на формацию
Степная и полупустынная зоны (Волгоградское водохранилище в пределах Волгоградской области) (Кочеткова, 2013)	37	64	1.7
Степная провинция Сыртового Заволжья (Папченков, 2001)	40	85	2.2
Лесостепная и степная зоны (Волгоградское водохранилище в пределах Саратовской области) (Седова, Болдырев, 2007)	38	99	2.6
Лесостепная провинция Высокого Заволжья (Папченков, 2001)	40	101	2.5
Лесостепная провинция Низменного Заволжья (Папченков, 2001)	41	103	2.5

разом, растительный покров Волгоградского водохранилища по синтаксономическому разнообразию со сменой природных зон (от лесостепной до полупустынной) сильно меняется в сторону упрощения его структуры, поскольку с продвижением с севера на юг происходит усиление аридизации территории.

Более половины (54 %) растительных сообществ одноярусны и монодоминантны, у 42 % два доминанта, формирующих два яруса, и лишь в 4 % сообществ, имеющих также двуярусную структуру, доминируют три вида, при этом увеличение состава доминантов происходит за счет плавающих на поверхности воды растений (рясок, многокоренника, водокраса).

Наибольшее распространение имеет группа формаций воздушно-водной растительности и формация гидрофита рдеста пронзеннолистного. В зарастание водохранилища наиболее существенный вклад приносят фитоценозы *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Ph. altissimus* (Benth.) Nabile, *Typha angustifolia* L., *Potamogeton perfoliatus* L. Последние имеют массовое распространение и занимают значительные площади, как правило, на предустьевых участках заливов. Следует отметить, что указанные выше доминантные формации ВВР господствовали уже в 1981 г. (Закора, Синицына, 1983).

По мнению В. С. Ипатова (1990), В. Г. Папченкова (2002), зарастание в условиях то обсыхающих, то обводняющихся мелководий водохранилищ с переменным уровнем воды подвергается дигрессионно-демутационным флуктуациям, проявляющимся в краткосрочный период времени 1–3 года. При таких условиях процесс зарастания носит как прогрессивный, так и регрессивный характер. В условиях Волгоградского водохранилища демутиационным периодом (этап восстановления растительного покрова) следует считать временной интервал с 1972 по 2010 г., когда зарастание имеет положительный тренд и степень зарастания мелководий увеличились в среднем с 0.9 до 10.5 %. Дигрессионной стадией зарастания (период деструкции растительного покрова) характеризуется интервал с 2010 г. со значением 10.5 % по 2018 г. со значением 6.8%.

Обсуждение

Область экстраполяции полученной закономерности обратной зависимости темпов зарастания и уровня режима распро-

страняется на Цимлянское водохранилище. Рассчитанный коэффициент корреляции между среднегодовым уровнем воды Цимлянского водохранилища и зарастанием мелководий за период 1987–2017 гг. составил -0.79, что подтверждает высокую обратную зависимость между степенью зарастания и уровнем режимом воды водохранилища (Кочеткова и др., 2018). А. А. Потапов в своей работе отмечал, что на развитии макрофитов негативно сказываются резкие и широкодиапазонные колебания уровня воды в водных объектах (Потапов, 1959). А. М. Догановский выявил, что многолетнее падение уровней воды многих озер стран Балтии привело к их зарастанию, сопровождающемуся деградацией ранее существовавших экосистем (Догановский, 2007). Известно, что зарастание водохранилищ со стабильным гидрорежимом, формирование их растительного покрова и изменение его разнообразия происходят значительно быстрее, чем на водохранилищах с переменным уровнем наполнения (Папченков, 2002). Так, на Ивановском водохранилище, где уровеньный режим относительно стабильный, этап формирования устойчивых сообществ высокотравных гелофитов завершился уже на седьмой год существования водоема. На Куйбышевском и Рыбинском водохранилищах зарастание имеет волнообразный характер, здесь гидрологический режим неустойчивый и на формирование устойчивых фитокомплексов необходимо 20 и 35 лет соответственно (Папченков, 2002).

Заключение

1. Зарастание Волгоградского водохранилища носит пульсирующий характер с дигрессионно-демутационными флуктуациям, характеризующимися демутиационной (восстановительной) стадией с 1972 по 2010 г. с изменением степени зарастания мелководий с 0.9 до 10.5 % и дигрессионной (деструктивной) стадией с 2010 по 2018 г. (с 10.5 до 6.8 %).

2. За период с 1991 по 2010 г. уровеньный режим не всегда оказывал лимитирующее влияние на формирование зарослей высшей водной растительности Волгоградского водохранилища. Данный период определяется низкой степенью обратной зависимости со значением -0.45.

3. В период 2014–2018 гг. нами установлена высокая обратная зависимость (-0.87) между значениями зарастания и среднегодовым уровнем режимом. Это говорит о

том, что в отдельные периоды существования водоема уровень воды оказывал влияние на его зарастание (деструктивная стадия).

4. Пространственно-временная структура зарастания высшей водной растительностью характеризуется гетерогенностью по участкам. По степени зарастания за современный 5-летний период в порядке убывания участки Волгоградского водохранилища располагаются следующим образом: очень слабо заросший озерный (нижний) участок с колебанием степени зарастания мелководный от всей площади участка 3.8–4.1 %; слабо заросший речной (верхний) участок (6.8–

8.9 %); умеренно заросший озерно-речной (средний) участок (12.0–14.3 %).

5. Растительный покров Волгоградского водохранилища в пределах Волгоградской области характеризуется 64 ассоциациями 37 формаций. Наибольшее распространение имеет группа формаций воздушно-водной растительности и формация гидрофита рдеста пронзеннолистного. В зарастание водохранилища наиболее существенный вклад приносят фитоценозы *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Ph. altissimus* (Benth.) Nabile, *Typha angustifolia* L., *Potamogeton perfoliatus* L.

Библиография

- Буторин Н. В., Фортунатов М. А. Водохранилища Волги и особенности их гидрологического режима как фактора, обуславливающего биологические процессы // Биологические и продукционные процессы в бассейне Волги. Л.: Наука, 1976. С. 11–18.
- Волгоградское водохранилище. Л.: Гидрометеоздат, 1976. 84 с. (Серия: Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР.)
- Высоцкий Ю. М., Мартыненко В. П., Мерзвинский Л. М. Использование ГИС-технологий для создания электронных карт ООПТ и изучения динамики зарастания отдельных водоемов // Современные проблемы географии, экологии и природопользования: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2012. С. 129–134.
- Долгановский А. М. Уровенный режим озер – интегральный показатель климатических и экологических изменений // Общество. Среда. Развитие. 2007. № 1(2). С. 103–110.
- Загора Л. П., Синицына Е. М. Морфологическая характеристика и зарастаемость мелководной зоны Волгоградского водохранилища // Характеристика мелководной зоны Волгоградского водохранилища и перспективы ее использования в рыболовных целях: Сб. науч. трудов. Л., 1983. Вып. 199. С. 4–15.
- Ипатов В. С. Отражение динамики растительного покрова в синтаксономических единицах // Ботанический журнал. 1990. Т. 75, № 10. С. 1380–1388.
- Катанская В. М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Методы изучения. Л.: Наука, 1981. 187 с.
- Кочеткова А. И. Пространственно-временная динамика зарастания Волгоградского водохранилища : Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Борок, 2013. 22 с.
- Кочеткова А. И., Брызгалина Е. С., Калюжная И. Ю., Сиротина С. Л., Самотеева В. В., Ракшенко Е. П. Динамика зарастания Цимлянского водохранилища // Принципы экологии. 2018. № 1. С. 60–72.
- Кочеткова А. И., Филиппов О. В., Папченков В. Г., Зимин М. В. Пространственно-временной анализ зарастания Волгоградского водохранилища // Проблемы региональной экологии. 2013. № 6. С. 260–266.
- Лабутина И. А., Балдина Е. А. Мониторинг распространения лотоса в дельте Волги // Вестник Московского университета. Сер. 5: Геогр. 2009. № 4. С. 27–33.
- Папченков В. Г. Динамика разнообразия растительного покрова водохранилищ с разным гидрорежимом // Актуальные проблемы водохранилищ: Всероссийская конференция с участием специалистов из стран ближнего и дальнего зарубежья. 29 октября – 3 ноября 2002., Борок, Россия. Ярославль, 2002. С. 228–229.
- Папченков В. Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья. Ярославль: ЦМП МУБиНТ, 2001. 214 с.
- Потапов А. А. Зарастание водохранилищ при разном режиме уровней // Ботанический журнал. 1959. Т. 44, № 9. С. 1271–1278.
- Седова О. В., Болдырев В. А. Характеристика и синтаксономический состав растительности мелководный Волгоградского водохранилища в пределах Саратовской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2007. Т. 9, № 1. С. 283–291.
- Шашуловский В. А., Мосияш С. С. Формирование биологических ресурсов Волгоградского водохранилища в ходе сукцессии его экосистемы. М.: КМК, 2010. 250 с.
- Экзерцев В. А. О растительности Волгоградского водохранилища // Бюллетень института биологии

водохранилищ. 1973. № 17. С. 25–29.

Экзерцев В. А., Лисицына Л. И. Изучение растительных ресурсов водохранилищ Волжского каскада // Биологические ресурсы водохранилищ. М.: Наука, 1984. С. 89–99.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Администрации Волгоградской области в рамках научного проекта № 19-44-340011 р_а.

DYNAMICS OF OVERGROWTH OF THE VOLGOGRAD RESERVOIR (1972–2018)

KOCHETKOVA
Anna Igorevna

*Ph.D., Volzhskiy Branch of Volgograd State University,
AIKochetkova@mail.ru*

BRYZGALINA
Elena Sergeevna

Volzhskiy Branch of Volgograd State University, bryzgalina_elen@mail.ru

FILIPPOV
Oleg Vasilyevich

Ph.D., Volzhskiy Branch of Volgograd State University, ovfilippov@list.ru

BARANOVA
Maria Sergeevna

Volzhskiy Branch of Volgograd State University, unlesi@mail.ru

Keywords:

Volgograd Reservoir
aquatic vascular
vegetation
mapping
level regime
mapping
overgrowth dynamics
satellite images
GIS-techniques

Summary: The article presents the results of an assessment of the spatial-temporal dynamics of the overgrowth of the shallow waters of the Volgograd reservoir with the aquatic vascular vegetation for the period from 1972 to 2018. It is known that excessive overgrowth may have a significant negative impact on the status of aquatic ecosystems and the conditions of replenishment of commercial fishery. The results of thematic processing of Landsat images received from July to August 1991–2018, and cartographic analysis of overgrowth processes using GIS technologies and comparison with the data of field studies made it possible to identify the features and dynamics of overgrowth for the reservoir as a whole and sites in particular. A general long-term trend was revealed, expressed in the sequential change of two phases of overgrowth of shallow waters of the reservoir. The first phase of slow overgrowth of the reservoir's water area lasted from 1972 to 1991 with an indicator of 0.9% of the area of the water body, the second phase of rapid impulsive overgrowth – from 1991 to 2018 with an indicator of 6.7–10.5 %. At the same time, it was found that the dynamics of overgrowth is largely related to the level regime of the reservoir. The spatial-temporal structure of the overgrowth of the aquatic vascular vegetation of the Volgograd reservoir is characterized by heterogeneity in areas. According to the degree of overgrowth (percentage of the studied area) for the last 5 years, the lake (lower) section from the village of Rovnoye to the Volzhskaya HPP dam near the city of Volzhsky is very poorly overgrown – 3.8–4.1 %; the river (upper) section from the Saratov HPP dam to the city of Marks is slightly overgrown – 6.8–8.9 %; the moderately overgrown lake-river (middle) section is from the city of Marks to the village of Rovnoye – 12.0–14.3 %.

Reviewer: V. V. Soloveva

Reviewer: P. A. Lybin

Received on: 07 December 2019

Published on: 25 March 2022

References

- Butorin N. V. Fortunatov M. A. Reservoirs of the Volga river and features of their hydrological regime as a factor determining biological processes, *Biologicheskie i produkcionnye processy v bassejne Volgi*. L.: Nauka, 1976. P. 11–18.
- Dolganovskiy A. M. The level regime of lakes – an integral indicator of climatic and environmental changes, *Obschestvo. Sreda. Razvitie*. 2007. No. 1(2). P. 103–110.
- Ekzercev V. A. Lisicya L. I. The study of vegetation resources of the Volgograd reservoir, *Biologicheskie resursy vodohranilisch*. M.: Nauka, 1984. P. 89–99.
- Ekzercev V. A. About vegetation of the Volgograd reservoir, *Byulleten' instituta biologii vodohranilisch*. 1973. No. 17. P. 25–29.

- Ipatov V. S. Reflection of dynamics of vegetation cover in syntactic units, *Botanicheskiy zhurnal*. 1990. T. 75, No. 10. P. 1380–1388.
- Katanskaya V. M. SR. Higher aquatic vegetation of the continental reservoirs of the USSR. Study methods. L.: Nauka, 1981. 187 p.
- Kochetkova A. I. Bryzgalina E. S. Kalyuzhnaya I. Yu. Sirotina S. L. Samoteeva V. V. Rakshenko E. P. Dynamics of overgrowth of the Tsimlyansk reservoir, *Principy ekologii*. 2018. No. 1. P. 60–72.
- Kochetkova A. I. Filippov O. V. Papchenkov V. G. Zimin M. V. Spatial-temporal analysis of the overgrowth of the Volgograd reservoir, *Problemy regional'noy ekologii*. 2013. No. 6. P. 260–266.
- Kochetkova A. I. Spatial-temporal dynamics of overgrowth of the Volgograd reservoir: Avtoref. dip. ... kand. biol. nauk. Borok, 2013. 22 p.
- Labutina I. A. Baldina E. A. Monitoring of lotus distribution in the Volga delta, *Vestnik Moskovskogo universiteta*. Ser. 5: Geogr. 2009. No. 4. P. 27–33.
- Papchenkov V. G. Dynamics of diversity of vegetation cover of reservoirs with different hydro modes, *Aktual'nye problemy vodohranilisch: Vserossiyskaya konferenciya s uchastiem specialistov iz stran blizhnego i dal'nego zarubezh'ya*. 29 oktyabrya – 3 noyabrya 2002., Borok, Rossiya. Yaroslavl', 2002. P. 228–229.
- Papchenkov V. G. Vegetation cover of the Middle Volga reservoirs and streamflows. Yaroslavl': CMP MUBiNT, 2001. 214 p.
- Potapov A. A. Overgrowth of reservoirs at different levels, *Botanicheskiy zhurnal*. 1959. T. 44, No. 9. P. 1271–1278.
- Sedova O. V. Boldyrev V. A. Characteristics and syntaxonomic composition of vegetation of the shallow waters of the Volgograd reservoir within the Saratov region, *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossiyskoy akademii nauk*. 2007. T. 9, No. 1. P. 283–291.
- Shashulovskiy V. A. Mosiyash S. S. The formation of biological resources of the Volgograd reservoir during the succession of its ecosystem. M.: KMK, 2010. 250 p.
- Volgograd reservoir. L.: Gidrometeoizdat, 1976. 84 p. (Seriya: Gidrometeorologicheskiy rezhim ozer i vodohranilisch SSSR.)
- Vysockiy Yu. M. Martynenko V. P. Merzhvinskiy L. M. Implementation of GIS-technologies for digital mapping of PAs and studying the dynamics of overgrowth of several reservoirs, *Sovremennyye problemy geografii, ekologii i prirodopol'zovaniya: Materialy Mezhdunar. nauch, prakt. konf. Volgograd: Izd-vo VolGU*, 2012. P. 129–134.
- Zakora L. P. Sinicya E. M. Morphological characteristics and overgrowth of the shallow zone of the Volgograd reservoir, *Harakteristika melkovodnoy zony Volgogradskogo vodohranilisha i perspektivy ee ispol'zovaniya v rybovodnyh celyah: Sb. nauch. trudov*. L., 1983. Vyp. 199. P. 4–15.