

## Высшая водная растительность

УДК 581.526.3

### ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ПСКОВСКОГО ОЗЕРА В УСЛОВИЯХ ДИНАМИКИ УРОВЕННОГО РЕЖИМА

К. Б. Михайлова

Псковский филиал ФГБНУ "ВНИРО"

180007 г. Псков, ул. М. Горького, д. 13, e-mail: kristina.pismo@yandex.ru

Поступила в редакцию 5.05.2022

Представлены результаты анализа литературных данных с 1949 г. и оригинальных многолетних (2007–2019 гг) исследований высшей водной растительности Псковского озера. Псковское озеро отличается мелководностью, повышенным уровнем трофии, ежегодными колебаниями уровня режима. В настоящее время флора Псковского озера включает в себя 117 видов. С момента первых исследований в составе флоры произошли определенные изменения. Нами не были обнаружены 10 видов, три из которых включены в список Красной книги Псковской области. Появились 16 новых видов, среди которых четыре занесены в Красную книгу Псковской области и два – в Красную книгу Эстонии. В составе растительности отмечено 64 ассоциации. Основные ценозообразователи – *Phragmites australis* (Cav.) Trin. et Steud., *Potamogeton perfoliatus* L., *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla., которым принадлежит ведущая роль в зарастании водоема во все годы исследований. Понижение уровня воды в Псковском озере ведет за собой увеличение числа ассоциаций и числа видов на пробных геоботанических площадях. С повышением уровня воды в водоеме происходит уменьшение значений надземной биомассы тростника южного – основного эдификатора среди гелофитов. Сообществам гелофитов принадлежит основная роль в зарастании берегов Псковского озера. По результатам анализа обработки спутниковых снимков Landsat (1988–2017 гг.), среднее значение площади озера, занятой гелофитами составило 4.14%. Процесс зарастания литоральной зоны гелофитной растительностью носит флуктуирующий характер. По нашим данным за период с 2007 по 2019 гг., доля гидрофитов составила ~6.3% площади акватории. Общий характер и динамика зарастания Псковского озера во многом определяются мелководностью, высоким трофическим уровнем, цикличностью гидрологического режима.

**Ключевые слова:** Псковское озеро, макрофиты, флора, растительность, уровень воды, динамика, зарастание.

DOI: 10.47021/0320-3557-2022-34-52

#### ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных компонентов водных экосистем являются макрофиты, или высшие водные растения – крупные многоклеточные водоросли, мхи и сосудистые растения, нормально развивающиеся в условиях водной среды и избыточного увлажнения, обитающие как в воде, так и в прибрежной зоне [Вейсберг, 1999 (Vejsberg, 1999)].

Сообщества макрофитов расцениваются, в целом, как ключевой индикатор экологического статуса озер и среда обитания для многих других групп водных организмов. Макрофиты чутко реагируют на колебания химического состава воды, кислотности, температуры, прозрачности. По ним можно определить не только качество воды, но и состояние гидроекосистемы в целом [Власов, Гигевич, 2002 (Vlasov, Gigevich, 2002)].

Зарастание водоемов – естественный процесс, интенсивность которого определяется многими факторами: гидрологический и гидродинамический режим водоема; морфометрические характеристики водоема; рельеф дна и характер грунта; гидрохимический и терми-

ческий режим; колебания климата; антропогенное воздействие [Денисова др., 1999 (Denisova at al., 1999)].

Оптимальные условия для жизни гидробионтов в водоеме возможны, когда высшей водной растительностью покрыто  $\leq 25\%$  его площади [Голубева, 1976 (Golubeva, 1976); Кочев, Иорданов, 1981 (Kochev, Iordanov, 1981)].

Высшая водная растительность озер приспособлена к естественному гидрологическому режиму водоема, характеризующемуся изменением внутри года и за многолетний период [Денисова др., 1999 (Denisova at al., 1999)]. В течение года изменяются уровень озера и его водообмен, достигающие наибольших значений в период весеннего половодья, а также в период интенсивных ливней. В меженный период (летом и зимой) их значения минимальные. Даже при значительных внутривековых колебаниях уровней озер, приводящих к их пересыханию, при новом наполнении водоема начинает бурно развиваться настоящая водная растительность [Катанская, 1975 (Katanskaja, 1975)]

Трансграничное Чудско-Псковское озеро (3555 км<sup>2</sup>) – четвертый по величине занимаемой площади пресноводный водоем Европы, расположенный на границе между Россией и Эстонией и имеющий большое хозяйственное значение. Озеро состоит из трех частей (озер), различающихся по ряду лимнологических показателей: северной – Чудского, южной – Псковского и соединяющего их пролива – Теплового озера (рис. 1).

Использование водных ресурсов озера и его водосборного бассейна регулируется международными конвенциями и соглашениями, среди которых особое место занимает Соглашение между правительствами Российской Федерации и Эстонской Республики о сотрудничестве в области охраны и рационального использования трансграничных вод от 20 августа 1997 г. В рамках этого Соглашения осуществляется мониторинг водоема, объектами которого с 2006 г. стали макрофиты, как один из важнейших компонентов экосистемы Чудско-Псковского озера.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

**Физико-географическая характеристика.** Псковское озеро – южная часть Чудско-Псковского озера, относящегося к бассейну Финского залива Балтийского моря и расположенного на границе двух государств – России и Эстонии (рис. 1).

Псковское озеро (площадь 708 км<sup>2</sup>) почти полностью находится на территории Российской Федерации и характеризуется относительно мелководностью (средняя глубина 3.8 м, максимальная – 5.3 м). Протяженность озера с севера на юг составляет 41 км, средняя ширина – 17 км [Чудско-Псковское озеро, 1983 (Chudsko-Pskovskoe ozero, 1983)]. Береговая линия развита слабо. Общая длина ее равна 167 км; бухты и заливы редки. Берега низкие, болотистые. Дно озера преимущественно покрыто озерным илом. На прибрежных территориях встречается песок. В тех пунктах побережья, где размыв особенно силен, песчаные отмели далеко вдаются в открытое озеро, например на восточном берегу, а также вокруг островов Талабского архипелага. Площадь литоральной зоны (глубина <1–2 м) составляет ~15% площади водного зеркала водоема.

Колебания уровня воды в озере обуславливаются изменяющимися соотношениями составляющих водного баланса вследствие смены погодных условий, изменения объема стока притоков, водообмена с грунтовыми водами, отбора и сброса сточных вод.

Изучением высшей водной растительности Чудско-Псковского озера русские и эстонские ботаники начали заниматься только со второй половины прошлого столетия [Тувикене, 1966 (Tuvikene, 1966); Недоспасова, 1974 (Nedospasova, 1974); Мяэметс и др., 1983 (Myaemets et al., 1983); Судницына, 1990 (Sudnicyna, 1990)]. Однако, данные по водной флоре и растительности представлены в этих работах фрагментарно. Существующие публикации не дают полного представления о современной структуре и характере распространения макрофитов в озере. Отсутствуют данные по влиянию характерных для озера ежегодных колебаний воды на растительный покров водоема.

Цель данной работы – оценить влияние ежегодных колебаний уровня воды на водную растительность Псковского озера, определить межгодовую динамику некоторых структурных показателей сообществ макрофитов, проследить закономерности в характере зарастания данного водоема.



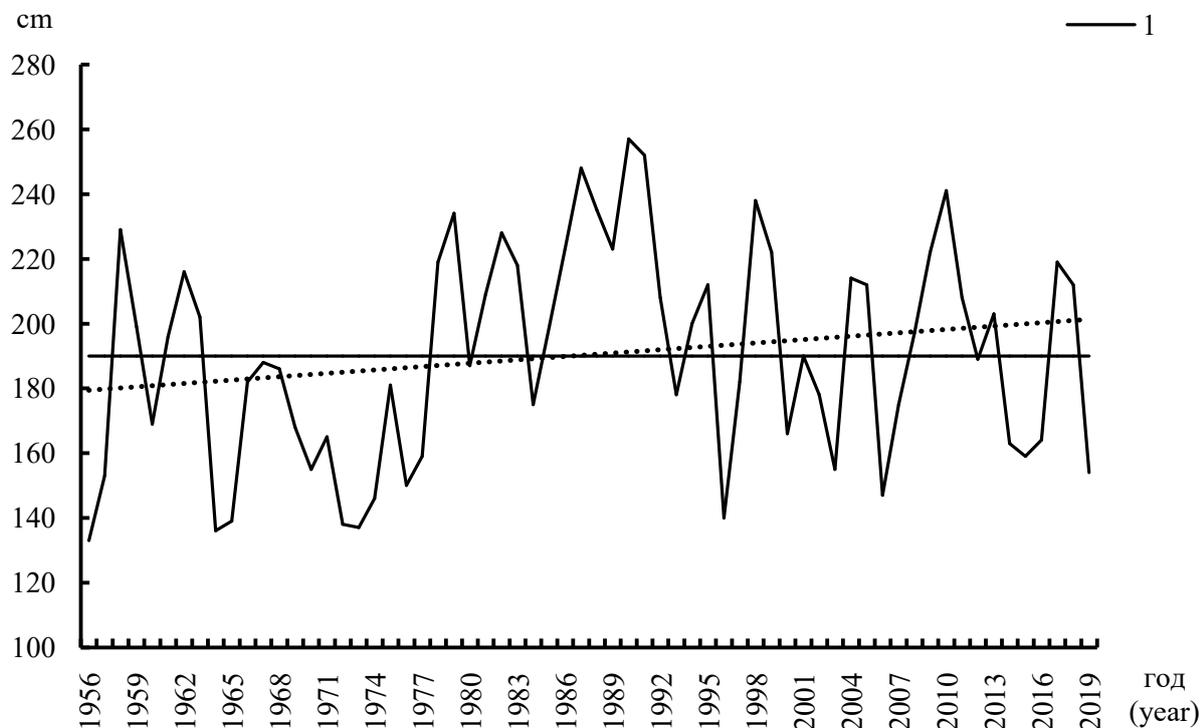
Рис. 1. Схема водосборного бассейна Чудско-Псковского озера.

Fig. 1. Watershed scheme of Lake Chudsko-Pskov.

В режиме уровня выделяются периодические (внутригодовые) и циклические (многолетние) колебания [Эдельштейн, 2014 (Edel'shtejn, 2014)].

Анализ годовых приращений уровня озера показывает наличие группировок лет с положительным и отрицательным изменением уровня продолжительностью 2–4 года. В совре-

менный период наблюдается увеличение межгодовой изменчивости приращения уровня. В многолетнем аспекте прослеживается слабый тренд постепенного повышения уровня озера примерно на 20 см [Научно-прикладной справочник, 2021 (Scientific Handbook, 2021)] (рис. 2).



**Рис. 2.** Многолетние изменения уровня воды в Псковском озере. 1 – средний многолетний уровень 190 см. Точечная линия – тренд изменения уровня.

**Fig. 2.** Long-term changes in the water level in Lake Pskov. 1 – long-term water level 190 cm. Point line – water level change trend.

Амплитуда многолетних колебаний уровня воды составила 213 см. Средний годовой за многолетний период уровень воды в озере составляет 190 см относительно нуля поста или 29.90 м БС в абсолютных единицах.

Водность тесно связана с другим климатическим фактором – тепловым режимом водоема. Водосбор Чудско-Псковского озера располагается в области перехода от океанического климата к континентальному, из-за чего данная территория представляет собой весьма изменчивую природную систему, четко реагирующую на климатические изменения [Шевкунова и др., 2001 (Shevkunova et al., 2001)].

Для температурного режима Псковского озера характерен быстрый прогрев и охлаждение, что объясняется морфометрическими особенностями. В конце весны–начале лета разница между температурами поверхностного слоя воды Псковского озера на одну и ту же дату может составлять 8–11°C.

В районе Псковского озера в летние месяцы преобладают западные, северные и северо-западные ветры.

Для Псковского озера, как мелководного водоема, характерна короткая и крутая волна, которая при высоких уровнях и сильных ветрах может сильно воздействовать на берега, приводя к их размыву. Средний показатель цветности составляет 52°. Основным показателем оптических свойств воды, позволяющим судить о световых условиях развития высшей водной растительности в водоемах можно считать прозрачность по диску Секки. На величину прозрачности высокое влияние оказывает взмучивание илов в результате действия на водные массы ветра, а также в силу значительного воздействия на данный водоем притока речных вод, поступление аллохтонных окрашенных органических соединений. В Псковском озере отмечаются стабильно низкие среднемесячные величины прозрачности воды в пределах от 0.3 до 1.9 м (в среднем – 0.6 м).

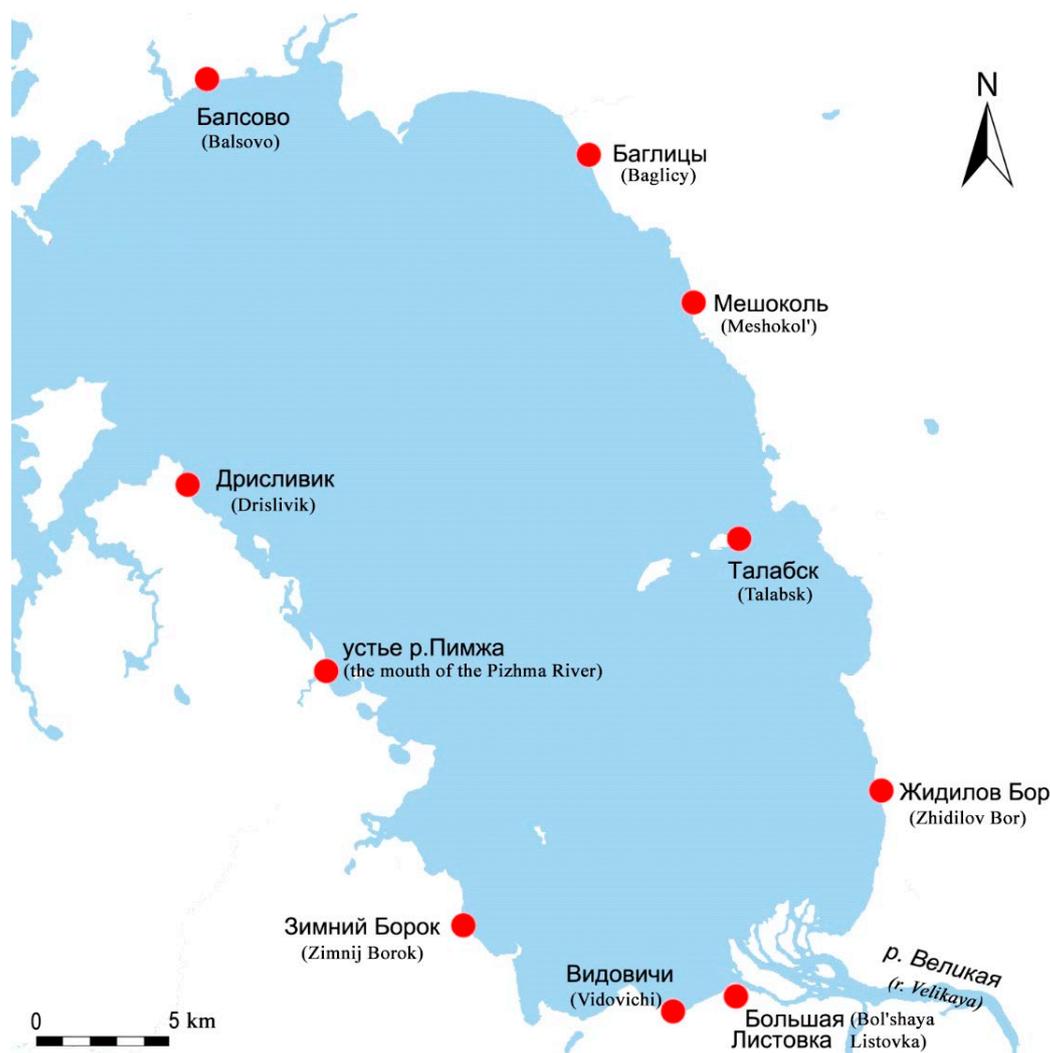
Концентрация общего и минерального фосфора в поверхностном слое Псковского озера в безледный период 1997–2006 гг. составила соответственно 150 и 36 мг/м<sup>3</sup>; концентрация общего азота – 1028 мг/м<sup>3</sup> [Милиус, Халдна, 2012 (Milius, Haldna, 2012)]. По химическому составу воды Чудско-Псковского озера отно-

сятся к гидрокарбонатному классу группы кальция [Костюченко и др., 1974 (Kostjuchenko et al., 1974); Куллус и Мерила, 1966 (Kullus, Merila, 1966); Starast et al., 1999]. По уровню трофии Псковское озеро считается эвтрофным с признаками гипертрофии водоемом [Laugaste, Lessok, 2004].

#### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Данные об уровнях воды Псковского озера взяты нами из материалов гидрологических наблюдений Псковского областного Центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ЦГМС) по Псковскому озеру на водном посту о. Залита.

Для мониторинга высшей водной растительности в Псковском озере определено 10 стационарных станций (профилей – трансект) (рис. 3).



**Рис. 3.** Схема расположения стационарных станций мониторинга высшей водной растительности Псковского озера.

**Fig. 3.** Layout of stationary monitoring stations for higher aquatic vegetation on Lake Pskov.

Согласно программе мониторинга, изучение высшей водной растительности проводилось с определенной периодичностью: 1 раз в летний период (июль–август) на всех трансектах в течение 5 лет, затем через 3 года (с 2007 по 2011 гг. и с 2015 по 2019 гг.).

В списке макрофитов Псковского озера для каждого из видов указывается экотип

по В.Г. Папченкову [2001 (Papchenkov, 2001)]. Порядок расположения таксонов сосудистых растений в списке и их латинские названия приведены по сводке С.К. Черепанова [1995 (Cherepanov, 1995)].

Описание растительных сообществ, изучение закономерностей пространственного их распределения проводилось методом геобота-

нического профилирования [Белавская, 1979, 1994 (Belavskaja, 1979, 1994); Катанская, 1981 (Katanskaja, 1981)] на модельных участках (трансектах), которые закладывались перпендикулярно береговой линии от границы озера, которую определяли по “плавнику” на суше, до исчезновения погруженных растений на глубине. “Плавник” – это отмершие прошлогодние стебли тростника, выброшенные на берег во время весеннего половодья [Зданович, Криксунов, 2004 (Zdanovich, Kriksunov, 2004)].

На экологических профилях выделялись зоны, или пояса растительности, расположенные вдоль градиента глубины. Затем определялся характерный для каждой зоны спектр растительных сообществ, в которых закладывались геоботанические площадки. Их размер варьировал от 4 до 10 м<sup>2</sup>. На каждую площадку составлялось геоботаническое описание. Данные вносились в специально разработанные бланки, где указывались: дата описания, номер геоботанического описания, тип грунта, глубина произрастания сообществ, протяженность ассоциаций, ярус, общее проективное покрытие фитоценоза (%), проективное покрытие отдельных видов в ассоциации, фенофаза, жизненное состояние вида по шкале В.В. Алевина [1935 (Alekhin, 1935)].

Величина фитомассы определялась методом отбора укосов. Растения срезали с площадок размером 0.25 м<sup>2</sup>.

Наземную биомассу растительных сообществ оценивали по двум показателям: воздушно-сухой вес и абсолютно сухой [Воронов, 1973 (Voropov, 1973)].

Укосы отдельных фитоценозов, или их навески сушили в сушильном шкафу при температуре 80°C до постоянного веса и взвешивали с точностью до 0.1 г. Абсолютно сухая биомасса некоторых растительных сообществ рассчитывалась в результате умножения величины сырой биомассы сообщества на долю его сухого вещества в сыром веществе.

Всего за период с 2007 по 2011 гг. и с 2015 по 2019 гг. на станциях мониторинга заложено 98 профилей – трансект от 11 до 300 м, сделано 378 описаний фитоценозов, взято 178 укосов различных растительных сообществ.

Изучение растительности озера были проведены с использованием эколого-фитоценотической (доминантной) классификации, так как ее использовали прежние исследователи растительности Псковско-Чудского озера [Иванов, 1949 (Ivanov, 1949); Недоспасова, 1974 (Nedospasova, 1974)]. Эта же классификация применялась для харак-

теристики водной растительности других больших озер Северо-Запада СССР. В связи с тем, что в сообществах водных растений обычно четко определяются доминирующие и эдификаторные виды, выделение ассоциаций проведено по физиономическому принципу. [Распопов, 1985 (Raspopov, 1985)]. В основу классификации растительности положен эколого-ценотический принцип [Василевич, 2003 (Vasilevich, 2003)]. Согласно этому принципу выстроена доминантная система высших синтаксонов, основными единицами которой являются: тип растительности, выделяемый по жизненным формам (экобиоморфам); класс формаций и группа формаций, объединяющие сообщества по принципу принадлежности эдификаторов к одной или близким жизненным формам; формация, выделяемая по преобладанию одного вида в главном ярусе (главному доминанту) и ассоциация. К выделению ассоциаций принят доминантно-детерминантный подход [Миркин, 1965, 1974 (Mirkin, 1965, 1974)]. К одной ассоциации, как основной таксономической единице низшего ранга, относились сообщества с общими доминантами, сходным видовым составом второстепенных видов и одинаковыми экологическими условиями. Таким образом, в одну ассоциацию объединяются сообщества с одинаковыми преобладающими видами во всех ярусах. Названия дву – многоярусных сообществ дается с учетом самого верхнего яруса [Александрова, 1969 (Aleksandrova, 1969)].

При выделении ассоциаций макрофитов на Псковско-Чудском озере нами использовались работы И.М. Распопова [1985, 2011 (Raspopov, 1985, 2011)], который создал единую классификацию ассоциаций макрофитов для больших озер Северо-Запада. При анализе полученных материалов руководствовались рекомендациями В.И. Василевича [2010 (Vasilevich, 2010)]. Латинские названия синтаксонов даны по В.Г. Папченкову [2001 (Papchenkov, 2001)] и в соответствии с рекомендациями “Международного кодекса фито-социологической номенклатуры” [Терийа и др., 2022 (Theurillat et al., 2022)].

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программы BioStat Pro 5.9.8.

Для оценки степени зарастания Псковского озера воздушно-водной растительностью были использованы спутниковые снимки Landsat 5, 7, 8 разных лет. Все этапы подготовки данных и их последующая обработка осуществлялись в геоинформационной среде QGIS 3.8 и Microsoft Excel.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

**Флористический состав.** Довольно богатый флористический состав сообществ макрофитов Псковского озера в значительной степени определяется мелководностью озера и довольно высоким уровнем трофности,

Общий видовой состав флоры Псковского озера за рассматриваемый период с 2007 по 2019 год составил 116 таксонов макрофитов. Флора водоема представлена криптогамными и сосудистыми макрофитами (табл. 1).

**Таблица 1.** Видовой состав макрофитов Псковского озера по данным разных авторов

**Table 1.** Species of macrophytes of Lake Pskov according to data different authors

| Таксон<br>Taxon   | Иванов,<br>1947–1949<br>Ivanov,<br>1947–1949 | Мяэметс,<br>1970–1980,<br>Mäemets,<br>1970–1980 | Михайлова,<br>2007–2019<br>Mikhailova,<br>2007–2019 | Экотип<br>Ecotype |
|---|--|---|---|-------------------|
| Криптогамные макрофиты                                    |  |   |   |                   |
| <b>Макроводоросли</b>                                     |  |   |   |                   |
| <b>Chlorophyta</b>  |  |   |   |                   |
| <b>Cladophoraceae Wille</b>                               |  |   |   |                   |
| <i>Cladophora glomerata</i> (L.) Kütz.                    | –  | –   | +   | I                 |
| <b>Charophyta</b>   |  |   |   |                   |
| <b>Characeae Gray</b>                                     |  |   |   |                   |
| <i>Chara aspera</i> Peth. ex Willd.                       | –  | +   | +   | I                 |
| <i>Ch. contraria</i> A. Braun ex Kützing                  | +  | –   | –   | I                 |
| <i>Ch. globularis</i> Thuill ( <i>Ch. fragilis</i> Desv.) | +  | –   | +   | I                 |
| <i>Ch. braunii</i> Gmelin ( <i>Ch. coronata</i> Bischoff) | +  | –   | +   | I                 |
| <i>Nitellopsis obtusa</i> (Desv. in Lois.) Gr.            | –  | +   | +   | I                 |
| <b>Marchantiophyta</b>                                    |  |   |   |                   |
| <b>Marchantiaceae (Bisch.) Lindley</b>                    |  |   |   |                   |
| <i>Marchantia polymorpha</i> L.                           | –  | –   | +   | IV                |
| <b>Fontinaliaceae Schimp</b>                              |  |   |   |                   |
| <i>Fontinalis antipyretica</i> Hedw.                      | +  | +   | +   | I                 |
| <b>Amblystegiaceae G. Roth</b>                            |  |   |   |                   |
| <i>Drepanocladus aduncus</i> (Hedw.) Warnst.              | –  | +   | +   | IV                |
| <i>D. lycopodioides</i> (Schwaegr.) Warnst.               | –  | –   | +   | IV                |
| <b>Equisetophyta</b>                                      |  |   |   |                   |
| <b>Equisetaceae Rich. ex DC.</b>                          |  |   |   |                   |
| <i>Equisetum fluviatile</i> L.                            | +  | +   | +   | II                |
| <i>E. palustre</i> L.                                     | +  | +   | +   | II                |
| <b>Polypodiophyta</b>                                     |  |   |   |                   |
| <b>Thelypteridaceae Pichi Sermolli</b>                    |  |   |   |                   |
| <i>Thelypteris palustris</i> Schott                       | +  | –   | +   | III               |
| <b>Magnoliophyta</b>                                      |  |   |   |                   |
| <b>Salicaceae Mirb.</b>                                   |  |   |   |                   |
| <i>Salix cinerea</i> L.                                   | –  | –   | +   | IV                |
| <i>S. fragilis</i> L.                                     | +  | –   | +   | IV                |
| <i>S. triandra</i> L.                                     | +  | –   | +   | IV                |
| <i>S. viminalis</i> L.                                    | +  | –   | +   | IV                |
| <b>Polygonaceae Juss.</b>                                 |  |   |   |                   |
| <i>Persicaria amphibia</i> (L.) S. F. Gray                | +  | +   | +   | I                 |
| <i>P. lapathifolia</i> (L.) S. F. Gray                    | +  | +   | +   | IV                |
| <i>Rumex aquaticus</i> L.                                 | –  | +   | +   | III               |
| <i>R. hydrolapatum</i> Huds                               | +  | +   | +   | III               |
| <i>R. maritimus</i> L.                                    | +  | +   | +   | IV                |
| <b>Caryophyllaceae Juss.</b>                              |  |   |   |                   |
| <i>Myosoton aquaticum</i> (L.) Moench                     | –  | +   | +   | IV                |
| <i>Stellaria palustris</i> Retz.                          | +  | +   | +   | IV                |
| <b>Nymphaeaceae Salisb.</b>                               |  |   |   |                   |
| <i>Nuphar lutea</i> (L.) Smith                            | +  | +   | +   | I                 |
| <i>N. pumila</i> (Timm) DC                                | +  | +   | +   | I                 |
| <i>Nymphaea candida</i> J. C. Presl                       | +  | +   | +   | I                 |
| <b>Ceratophyllaceae S. F. Gray</b>                        |  |   |   |                   |
| <i>Ceratophyllum demersum</i> L.                          | +  | +   | +   | I                 |

| Таксон<br>Taxon                              | Иванов,<br>1947–1949<br>Ivanov,<br>1947–1949 | Мяэметс,<br>1970–1980,<br>Mäemets,<br>1970–1980 | Михайлова,<br>2007–2019<br>Mikhailova,<br>2007–2019 | Экотип<br>Ecotype |
|--|--|---|---|-------------------|
| <b>Ranunculaceae Juss.</b>                   |  |   |   |                   |
| <i>Caltha palustris</i> L.                   | +  | +   | +   | III               |
| <i>Ranunculus circinatus</i> Sibth.          | +  | +   | +   | I                 |
| <i>R. lingua</i> L.                          | +  | +   | +   | III               |
| <i>R. repens</i> L.                          | +  | –   | +   | IV                |
| <i>R. reptans</i> L.                         | +  | +   | +   | IV                |
| <i>R. sceleratus</i> L.                      | –  | +   | +   | IV                |
| <b>Brassicaceae Burnett</b>                  |  |   |   |                   |
| <i>Rorippa amphibia</i> (L.) Bess.           | +  | +   | +   | III               |
| <i>R. palustris</i> (L.) Bess.               | +  | +   | +   | IV                |
| <b>Rosaceae Juss.</b>                        |  |   |   |                   |
| <i>Comarum palustre</i> L.                   | +  | +   | +   | III               |
| <b>Callitricheae Link</b>                    |  |   |   |                   |
| * <i>Callitriche hermaphroditica</i> L.      | +  | –   | –   | I                 |
| <i>Callitriche palustris</i> L.              | +  | –   | +   | I                 |
| <b>Elatinaceae Dumort.</b>                   |  |   |   |                   |
| <i>Elatine hydropiper</i> L.                 | +  | +   | +   | I                 |
| <b>Lythraceae J. St.-Hil.</b>                |  |   |   |                   |
| <i>Lythrum salicaria</i> L.                  | +  | +   | +   | III               |
| <b>Onagraceae Juss.</b>                      |  |   |   |                   |
| <i>Epilobium hirsutum</i> L.                 | –  | –   | +   | IV                |
| <i>E. palustre</i> L.                        | +  | +   | +   | IV                |
| <b>Halorogaceae R. Br.</b>                   |  |   |   |                   |
| <i>Myriophyllum spicatum</i> L.              | +  | +   | +   | I                 |
| <i>M. verticillatum</i> L.                   | –  | +   | –   | I                 |
| <b>Apiaceae Lindl.</b>                       |  |   |   |                   |
| <i>Cicuta virosa</i> L.                      | +  | +   | +   | III               |
| <i>Oenanthe aquatica</i> (L.) Poir.          | +  | +   | +   | II                |
| <i>Sium latifolium</i> L.                    | +  | +   | +   | III               |
| <b>Primulaceae Vent.</b>                     |  |   |   |                   |
| <i>Hottonia palustris</i> L.                 | +  | +   | –   | III               |
| <i>Lysimachia nummularia</i> L.              | +  | –   | +   | IV                |
| <i>L. vulgaris</i> L.                        | +  | +   | +   | IV                |
| <i>Naumburgia thyrsiflora</i> (L.) Reichenb. |  |   |   |                   |
| <b>Boraginaceae Juss.</b>                    |  |   |   |                   |
| <i>Myosotis palustris</i> (L.)               | +  | +   | +   | IV                |
| <b>Lamiaceae Lindl.</b>                      |  |   |   |                   |
| <i>Lycopus europaeus</i> L.                  | +  | +   | +   | IV                |
| <i>Mentha arvensis</i> L.                    | +  | +   | +   | IV                |
| <i>M. aquatica</i> L.                        | –  | +   | +   | IV                |
| <i>Scutellaria galericulata</i> L.           | +  | +   | +   | IV                |
| <i>Stachys palustris</i> L.                  | +  | +   | +   | IV                |
| <b>Solanaceae Juss.</b>                      |  |   |   |                   |
| <i>Solanum dulcamara</i> L.                  | +  | +   | +   | IV                |
| <b>Scrophulariaceae Juss.</b>                |  |   |   |                   |
| <i>Limosella aquatica</i> L.                 | –  | –   | +   | III               |
| <i>Veronica scutellata</i> L.                | +  | +   | +   | IV                |
| <b>Lentibulariaceae Rich.</b>                |  |   |   |                   |
| <i>Utricularia vulgaris</i> L.               | +  | +   | +   | I                 |
| <b>Plantaginaceae Juss.</b>                  |  |   |   |                   |
| <i>Plantago uliginosa</i> F. W. Schmidt      | +  | +   | +   | V                 |
| <b>Rubiaceae Juss.</b>                       |  |   |   |                   |
| <i>Galium palustre</i> L.                    | +  | +   | +   | IV                |
| <i>G. uliginosum</i> L.                      | +  | –   | +   | IV                |
| <b>Asteraceae Dumort.</b>                    |  |   |   |                   |
| <i>Bidens cernua</i> L.                      | –  | +   | +   | IV                |
| * <i>B. radiata</i> Thuill.                  | –  | +   | +   | IV                |
| <i>B. tripartita</i> L.                      | +  | +   | +   | IV                |
| <i>Petasites spurius</i> (Retz.) Reichenb.   | +  | +   | +   | IV                |

| Таксон<br>Taxon   | Иванов,<br>1947–1949<br>Ivanov,<br>1947–1949 | Мяэметс,<br>1970–1980,<br>Mäemets,<br>1970–1980 | Михайлова,<br>2007–2019<br>Mikhailova,<br>2007–2019 | Экотип<br>Ecotype |
|---|--|---|---|-------------------|
| <i>Senecio paludosus</i> L.                                   | +  | +   | +   | IV                |
| * <i>Tephrosieris palustris</i> (L) Reichenb.                 | –  | –   | +   | V                 |
| <i>Tussilago farfara</i> L.                                   | +  | +   | +   | V                 |
| <b>Typhaceae Juss.</b>  |  |   |   |                   |
| <i>Typha angustifolia</i> L.                                  | +  | +   | +   | II                |
| <i>T. latifolia</i> L.  | +  | +   | +   | II                |
| <b>Sparganiaceae Rudolphi</b>                                 |  |   |   |                   |
| <i>Sparganium emersum</i> Rehm.                               | +  | +   | +   | II                |
| <i>S. erectum</i> L.  | +  | +   | +   | II                |
| <b>Potamogetonaceae Dumort.</b>                               |  |   |   |                   |
| <i>Potamogeton acutifolius</i> Link                           | –  | –   | +   | I                 |
| <i>P. compressus</i> L.                                       | +  | +   | +   | I                 |
| <i>P. crispus</i> L.  | +  | +   | +   | I                 |
| <i>P. gramineus</i> L.  | +  | +   | +   | I                 |
| <i>P. lucens</i> L.   | +  | +   | +   | I                 |
| <i>P. natans</i> L.   | +  | +   | +   | I                 |
| <i>P. obtusifolius</i> Mert. Et Koch                          | –  | +   | +   | I                 |
| <i>P. perfoliatus</i> L.                                      | +  | +   | +   | I                 |
| <i>P. pusillus</i> L.   | +  | +   | +   | I                 |
| * <i>P. trichoides</i> Cham. et Schlecht.                     | –  | +   | +   | I                 |
| <i>Stuckenia pectinata</i> (L.) Borner                        | +  | +   | +   | I                 |
| <b>Zannichelliaceae Dumort.</b>                               |  |   |   |                   |
| <i>Zannichellia palustris</i> L.                              | +  | +   | +   | I                 |
| <b>Alismataceae Vent.</b>                                     |  |   |   |                   |
| <i>Alisma gramineum</i> Lej.                                  | +  | +   | +   | II                |
| * <i>A. lanceolatum</i> With.                                 | +  | –   | –   | II                |
| <i>A. plantago-aquatica</i> L.                                | +  | +   | +   | II                |
| <i>Sagittaria sagittifolia</i> L.                             | +  | +   | +   | II                |
| <b>Butomaceae Rich.</b>                                       |  |   |   |                   |
| <i>Butomus umbellatus</i> L.                                  | +  | +   | +   | II                |
| <b>Hydrocharitaceae Juss.</b>                                 |  |   |   |                   |
| <i>Elodea canadensis</i> Michx.                               | +  | +   | +   | I                 |
| <i>Hydrocharis morsus-ranae</i> L.                            | +  | +   | +   | I                 |
| <i>Stratiotes aloides</i> L.                                  | +  | +   | +   | I                 |
| <b>Poaceae Barnhart</b>                                       |  |   |   |                   |
| <i>Agrostis stolonifera</i> L.                                | +  | +   | +   | III               |
| <i>Alopecurus aequalis</i> Sobol.                             | +  | +   | +   | IV                |
| <i>Calamagrostis neglecta</i> (Ehr.) Gaertn., Mey. et Schreb. | +  | +   | +   | IV                |
| <i>Glyceria fluitans</i> (L.) R. Brown                        | +  | +   | +   | III               |
| <i>G. maxima</i> (Hartm.) Holmb.                              | +  | +   | +   | II                |
| <i>Phalaroides arundinacea</i> L. Rauschert                   |  |   |   | IV                |
| <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. et Steud.            | +  | +   | +   | II                |
| <i>Phragmites altissimus</i> (Benth.) Nabile                  | –  | –   | +   | II                |
| <i>Scolochloa festucacea</i> (Willd.) Link                    | +  | +   | +   | III               |
| <b>Cyperaceae Juss.</b>                                       |  |   |   |                   |
| * <i>Bolboschoenus maritimus</i> (L.) Palla                   | +  | –   | –   | III               |
| <i>Carex acuta</i> L.   | +  | +   | +   | III               |
| <i>C. aquatilis</i> Wahlenb.                                  | +  | +   | +   | III               |
| <i>C. pseudocyperus</i> L.                                    | +  | –   | +   | IV                |
| <i>C. vesicaria</i> L.  | –  | –   | +   | III               |
| * <i>Cyperus fuscus</i> L.                                    | –  | +   | +   | IV                |
| <i>Eleocharis acicularis</i> (L.) Roem. Et Schult.            | +  | +   | +   | III               |
| <i>E. palustris</i> (L.) Roem. Et Schult                      | +  | +   | +   | III               |
| * <i>Pycneus flavescens</i> (L.) Reichb.                      | –  | –   | +   | IV                |
| <i>Schoenoplectus lacustris</i> (L.) Palla                    | +  | +   | +   | II                |
| * <i>Scirpus radicans</i> Schkuhr                             | –  | +   | +   | III               |
| <b>Araceae Juss.</b>  |  |   |   |                   |
| <i>Acorus calamus</i> L.                                      | +  | +   | +   | III               |

| Таксон<br>Taxon                          | Иванов,<br>1947–1949<br>Ivanov,<br>1947–1949 | Мяэметс,<br>1970–1980,<br>Mäemets,<br>1970–1980 | Михайлова,<br>2007–2019<br>Mikhailova,<br>2007–2019 | Экотип<br>Ecotype |
|--|--|---|---|-------------------|
| <b>Lemnaceae S.F. Gray</b>               |  |   |   |                   |
| <i>Lemna minor</i> L.                    | +  | +   | +   | I                 |
| <i>Lemna trisulca</i> L.)                | +  | +   | +   | I                 |
| <i>Spirodela polyrhiza</i> (L.) Schleid. | +  | +   | +   | I                 |
| <b>Juncaceae S.F. Gray</b>               |  |   |   |                   |
| <i>Juncus articulatus</i> L.             | +  | +   | +   | IV                |
| <i>J. bufonius</i> L.                    | +  | +   | +   | IV                |
| <b>Iridaceae</b>                         |  |   |   |                   |
| <i>Iris pseudoacorus</i> L.              | +  | +   | +   | III               |
| Всего                                    | 95   | 95  | 116   | 124               |

**Примечание.** Экотип: I – гидрофит; II – гелофит; III – гиетрогелофит; IV – гиетрофит; “\*” – охраняемые виды.

**Note.** Ecological type: I – hydrophyte; II – helophyte; III – hygrogelophyte; IV – hygrophyte; “\*” – protected species.

Первые включают в себя один вид зеленых нитчатых водорослей, четыре вида харовых водорослей, один вид печеночников и три вида мхов, т.е. всего девять видов из шести родов и пяти семейств. Вторая группа – сосудистые растения, включает 107 видов из 69 родов и 38 семейств.

В экологическом отношении преобладают два экотипа: гиетрофиты – наземные растения влажных, периодически затопляемых местообитаний (38.5%) и гидрофиты – настоящие водные растения (33.3%).

С момента первых исследований в составе флоры произошли определенные изменения.

Исходя из описаний В.В. Иванова [1949 (Ivanov, 1949)], берега Псковского озера в основном представляли собой торфяное болото, затопляемое в половодье. Прибрежная полоса шириной от 20 м до 3 км занята ровными осоковыми болотами с редкими кустарниками ивы и лишь в некоторых местах, где на торф наносило песок, отмечались небольшие заросли тростника обыкновенного. Исследования проведены в 1947–1948 гг. Эти годы отличались низким уровнем воды в водоеме (149 и 125 см соответственно). Список растений Псковского озера включал в себя 266 видов, приуроченных к определенным типам местообитаний: “открытая часть озера”, “заливы озера”, “устья рек”, “урез воды”, “болотный берег”, “песчаные дюны”.

Для анализа таксономического списка нами были исключены 163 вида, встречавшихся “по болотному берегу” и “по песчаным дюнам” (болотные, болотно-луговые и опушечно-луговые).

Эстонские ботаники Маэметс Н., Маэметс А [2001] составили список флоры Псковского озера за период с 1970 по 1980 гг., где были указаны данные по встречаемости некоторых видов. Период 1970–1980 гг. отли-

чался резкими колебаниями уровня воды; амплитуда колебаний составила 97 см.

За период наших исследований (2007–2011 гг.; 2015–2019 гг.) не были обнаружены 10 видов: *Batrachium trichophyllum* (Chaix) Bosch и *Callitriche hermaphroditica* L. из гидрофитов; *Carex vulpine* L., *C. panacea* L., *C. disticha* Huds., *C. limosa* L., *Juncus filiformis* L., *Hottonia palustris* L. из гиетрофитов, гиетрогелофит *Bolboschoenus maritimus* (L.) Palla и гелофит *Alisma lanceolatum* With.

Из них занесены в Красную книгу Псковской области 3 вида: *Bolboschoenus maritimus*, *Callitriche hermaphroditica*, *Alisma lanceolatum* [Красная., 2018 (Krasnaya., 2018)].

Появились в составе флоры 16 новых видов. Среди них 4 гидрофита (*Potamogeton acutifolius*, *P. obtusifolius*, *P. trichoides* и *Cladophora glomerata*, относящаяся к криптогамным макрофитам). Двенадцать новых видов относятся к гиетрофитам (*Scirpus radicans*, *Cyperus fuscus*, *Pycreus flavescens*, *Bidens radiata*, *Epilobium hirsutum*, *Juncus buffonius*, *Mentha aquatica*, *Myosoton aquaticum*, *Limosella aquatica*, *Tefroseris palustris*), гиетрогелофитам (*Rumex aquaticus*) и отмечались нами на освободившихся от воды песчаных побережьях в годы с низким уровнем воды, или входили в состав гиетрофитного разнотравья.

Один новый вид, относящийся к гелофитам (*Phragmites altissimus*), обладает в последние годы высоким обилием и образует обширные монодоминантные заросли.

Из новых видов занесены в Красную книгу Псковской области четыре (*Cyperus fuscus*, *Pycreus flavescens*, *Potamogeton trichoides*, *Tefroseris palustris*), в Красную книгу Эстонии – два вида (*Scirpus radicans*, *Bidens radiata*) (IUCN. URL: <https://www.nationalredlist.org/red-data-book-of-estonia>).

**Ценотический состав макрофитной растительности.** В результате анализа синтаксономической структуры растительных сообществ нами выявлено 64 ассоциации, относя-

щихся к 27 формациям, семи группам, трем классам формаций и одному типу растительности (табл. 2).

**Таблица 2.** Характеристика растительности Псковского озера на уровне формаций

**Table 2.** Plant communities of Lake Pskov (at the formations level)

| Растительные сообщества<br>Plant communities  | Число ассоциаций<br>Number of associations |
|---|--|
| Тип: Водная растительность – <i>Aquiphytosa</i>                                     |  |
| Класс формаций: Гидрофитная растительность – <i>Aquiphytosa genuina</i>             |  |
| Группа формаций макрводорослей  |  |
| Формация <i>Charophyteta</i>  | 1  |
| Формация <i>Chlorophyteta</i>   | 1  |
| Группа формаций погруженных укореняющихся гидрофитов                                |  |
| Формация <i>Potameta crispi</i>   | 1  |
| Формация <i>Potameta perfoliati</i>   | 3  |
| Формация <i>Potameta lucentis</i>   | 1  |
| Формация <i>Stuckenieta pectinati</i>   | 2  |
| Формация <i>Myriophylleta spicati</i>   | 2  |
| Формация <i>Stratioteta aloidis</i>   | 4  |
| Формация <i>Elodeeta canadensis</i>   | 1  |
| Группа формаций укореняющихся гидрофитов с плавающими листьями                      |  |
| Формация <i>Persicarieta amphibii</i>   | 1  |
| Формация <i>Nuphareta luteae</i>  | 5  |
| Формация <i>Nymphaeta candidae</i>  | 2  |
| Группа формаций гидрофитов, плавающих на поверхности воды                           |  |
| Формация <i>Lemno minori – Spirodeleta</i>  | 1  |
| Группа классов: Прибрежно-водная растительность – <i>Aquiherbosa vadosa</i>         |  |
| Класс формаций: Воздушно-водная растительность – <i>Aquiherbosa helophyta</i>       |  |
| Группа формаций низкотравных гелофитов  |  |
| Формация <i>Sagittarieta sagittifoliae</i>  | 3  |
| Формация <i>Equiseteta fluviatilis</i>  | 4  |
| Формация <i>Sparganieta emersi</i>  | 2  |
| Формация <i>Sparganieta erecti</i>  | 1  |
| Группа формаций высокотравных гелофитов   |  |
| Формация <i>Schoenoplecteta lacustris</i>   | 8  |
| Формация <i>Typheta angustifoliae</i>   | 4  |
| Формация <i>Phragmiteta australis</i>   | 7  |
| Формация <i>Glycerieta maximae</i>  | 3  |
| Класс формаций: Гигрогелофитная растительность – <i>Aquiherbosa hygrophelophyta</i> |  |
| Формация <i>Cariceta acutae</i>   | 2  |
| Формация <i>Eleocharieta palustris</i>  | 1  |
| Формация <i>Agrosteta stoloniferae</i>  | 1  |
| Формация <i>Acoreteta calami</i>  | 1  |

По числу формаций (55.6% общего числа) преобладает класс формаций настоящая водная растительность (*Aquiphytosa genuina*). Доля формаций в классе формаций воздушно-водная растительность (*Aquiherbosa helophyta*) составляет 29.6%. На третьем месте по числу формаций находится класс формаций гигрогелофитная растительность (*Aquiherbosa hygrophelophyta*) – 14.8%.

В группе классов прибрежно-водная растительность (*Aquiherbosa vadosa*) выделяются формации высокотравных гелофитов, в которых отмечено наибольшее число ассоциаций – 36 % от общего числа ассоциаций. Основные

ценозообразователи – *Phragmites australis* и *Schoenoplectus lacustris* (по 13% ассоциаций). Заросли тростника распространены вдоль всей береговой линии, окружают многочисленные острова, отдельными куртинами выходят в озеро. В целом, ширина зарослей тростника колеблется от 50 м до 1 км (чаще 150–300 м) и зависит в первую очередь от ширины отмели. Глубина, на которой встречается тростник в озере, изменяется от 0 до 1.20 м. Наиболее распространены в озере монодоминантные заросли тростника. Сообщества камыша располагаются сразу за тростником небольшими куртинами, а в ряде мест превосходят по пло-

щадии тростниковые (ст. Мешоколь, о. Залита и др.). Камыш образует как одновидовые, так и смешанные заросли.

В классе формаций гидрофитная растительность (*Aquiphytosa genuine*) преобладает группа формаций погруженных укореняющихся гидрофитов, в которой выявлено 22% ассоциаций. Наибольшее распространение получили ассоциации, образованные видом *Potamogeton perfoliatus* L. Сообщества рдеста пронзеннолистного встречаются повсеместно, располагаясь на глубине от 0.1 до 1.8 м, образуя полосу на расстоянии 100-1000 м от берега.

Класс формаций гидрогелофитная растительность (*Aquiherbosa hydrohelophyta*) включает 11% ассоциаций.

Ведущая роль в зарастании принадлежит трем видам: *Phragmites australis*, *Schoenoplectus lacustris*, *Potamogeton perfoliatus*.

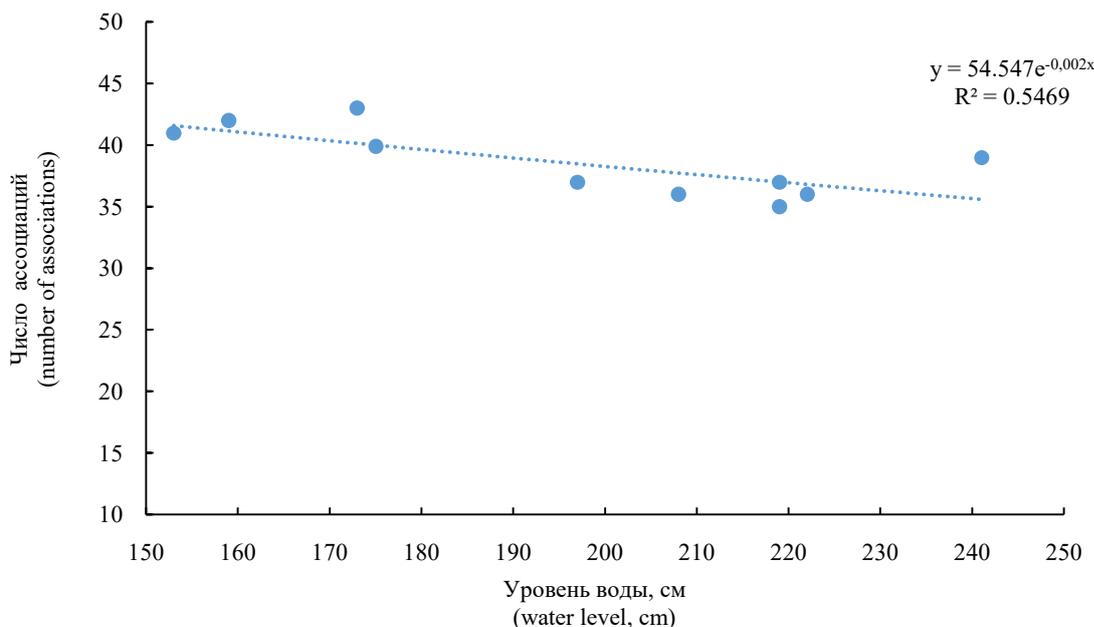
В 1970-е гг. в составе растительности Псковского озера было выделено только 24 ассоциации [Недоспасова, 1974 (Nedospasova, 1974)]. По занимаемой площади и роли в зарастании озера преобладали те же три вида: *Phragmites australis*, *Schoenoplectus lacustris*, *Potamogeton perfoliatus*.

Уровенный режим оказывает существенное влияние на флористический состав и структуру растительного покрова, изменяя относительное обилие видов, приспособившихся к существованию в условиях различного обводнения [Катанская, 1979 (Katanskaja, 1979)]. Исследования ряда авторов [Катанская, 1970

(Katanskaya, 1970), 1988; Kuflikowski, 1986 (1987); Печенюк, 1988 (Pechenyuk, 1988); Попченко, 1988 (Popchenko, 1988)] и др. позволяют выявить следующие тенденции развития высшей водной растительности при пониженном уровне воды в озерах. При высоком общем числе видов растений и образованных ими растительных сообществ происходит уменьшение численности, разнообразия, площадей и средней фитомассы сообществ гидрофитов. В это время растет число гелофитов, увеличиваются занимаемые ими площади, возрастает их средняя фитомасса. При этом общая площадь зарослей озера и общая фитомасса макрофитов зачастую изменяется незначительно.

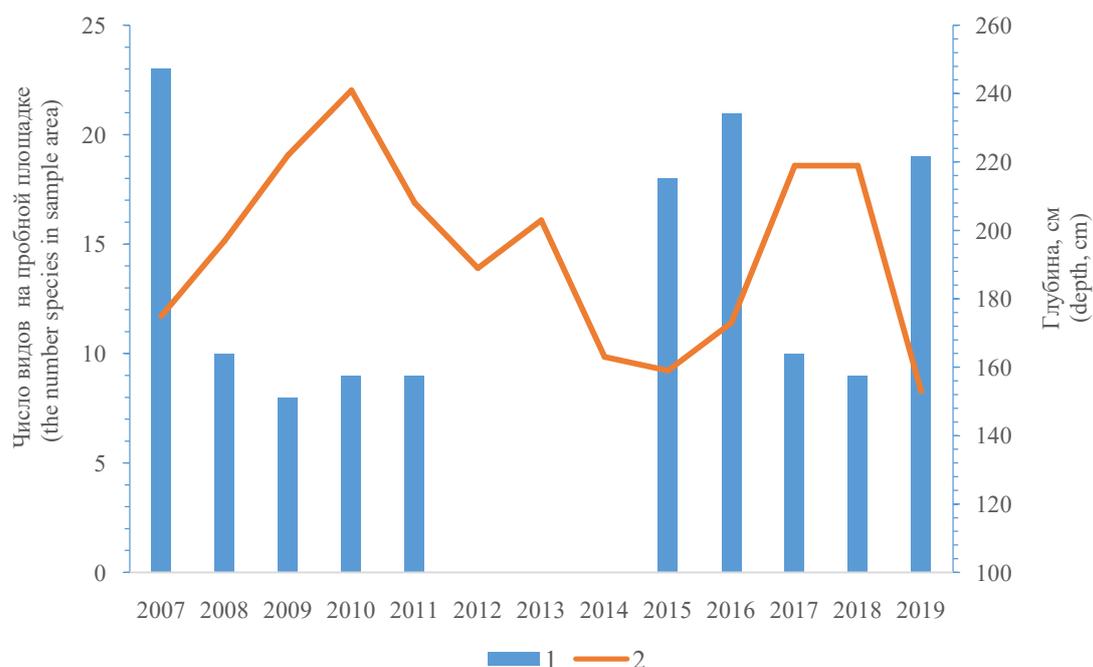
В период наших исследований маловодными годами (уровень воды 147–175 см) были 2007, 2014, 2015, 2016, 2019 гг. Многоводными (уровень воды 189–241 см) оказались 2008–2013, 2017 и 2018 гг. Средний многолетний уровень за период с 1956 по 2018 г. составил 190 см (данные Псковской ЦГМС по в/п о. Залита). Регрессионный анализ зависимости числа ассоциаций от среднегодовых значений уровня воды в озере показал, что число ассоциаций на станциях мониторинга достоверно увеличивается со снижением уровня воды (рис. 4).

Исходя из полученных данных, в маловодные годы на станциях мониторинга увеличивается число ассоциаций, а также максимальное число видов на пробной геоботанической площадке (рис. 5).



**Рис. 4.** Зависимость числа ассоциаций на станциях мониторинга от уровня воды в Псковском озере (2007–2019 гг). Пунктирная линия – линия тренда (экспоненциальная).

**Fig. 4.** The dependence of the number of associations at monitoring stations on the water level in Lake Pskov (2007–2019). Dashed line – trend line (exponential).



**Рис. 5.** Изменение числа видов на пробной площадке на станциях мониторинга, в зависимости от уровня воды в Псковском озере (2007–2019 гг.). Столбцы – число видов, 2 – график среднемноголетнего уровня воды.

**Fig. 5.** Changing the number species in sample area depending on the water level in Lake Pskov (2007 – 2019). 1 – the number species, 2 – average annual water level chart.

Видовой состав растительных сообществ обогащается за счет гигрофитов (виды родов *Juncus*, *Bidens*, *Galium*, *Ranunculus* и др), которые постоянно встречаются на обсыхающих прибрежьях Псковского озера.

В маловодные годы уменьшается глубина распространения основных эдификаторов гелофитной растительности – тростника южного и камыша озерного. В акватории озера безусловное преобладание получала погруженная водная растительность.

Известно, что подъем уровня сопровождается значительным снижением фитомассы и плотности зарослей тростника [Schmieder et al., 2002]. Чаще всего, повышение уровня воды в Псковском озере сопровождается уменьшением значений надземной биомассы сообществ гелофитов. В маловодные годы наблюдается некоторое увеличение этого показателя. Данные закономерности выявлены в результате ежегодного изучения структурных показателей тростника южного – основного эдификатора среди гелофитов (табл. 3, рис. 6).

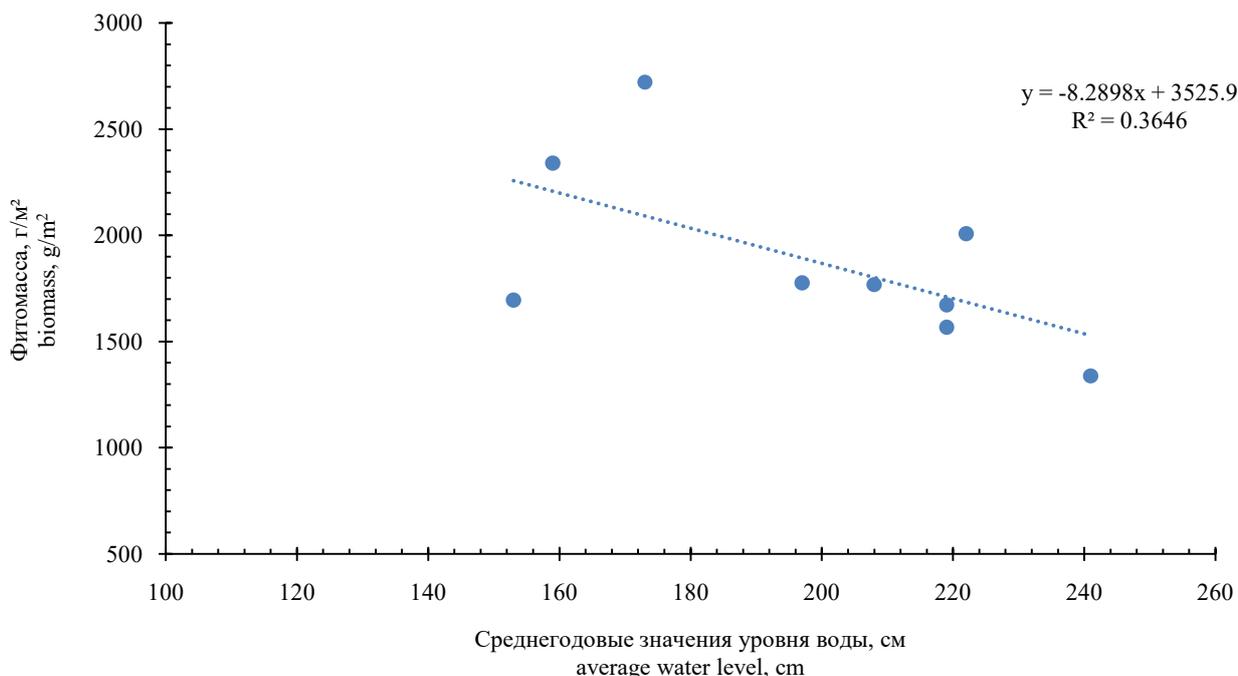
**Таблица 3.** Продуктивность тростника южного за период мониторинговых исследований высшей водной растительности Псковского озера (2007–2019 гг)

**Table 3.** Reed productivity during monitoring of Lake Pskov (2007–2019)

| Год<br>Year | Уровень воды, см<br>water level, cm | Фитомасса, абсолютно сухой вес<br>(г/м <sup>2</sup> )<br>Biomass, absolutely dry mass (g/m <sup>2</sup> ) |
|-------------|-------------------------------------|---|
| 2008        | 197                                 | 1776±181  |
| 2009        | 222                                 | 2007±419  |
| 2010        | 241                                 | 1339±244  |
| 2011        | 208                                 | 1769±265  |
| 2015        | 159                                 | 2339±192  |
| 2016        | 173                                 | 2722±365  |
| 2017        | 219                                 | 1567±185  |
| 2018        | 219                                 | 1672±195  |
| 2019        | 153                                 | 1695±179  |

**Примечание.** Среднемноголетний уровень воды 190 см.

**Note.** Long-term water level 190 cm.



**Рис. 6.** Зависимость средних значений надземной биомассы (в абсолютно сухом виде) тростника от среднего уровня воды в Псковском озере (2007–2019 гг.) Пунктирная линия – линия тренда (линейная).

**Fig. 6.** The dependence of the average values of aboveground biomass (absolutely dry mass) of reeds on the average water level in Lake Pskov (2007–2019). Dashed line – trend line (linear).

Подобные результаты получены исследователями литоральной зоны Ладожского озера [Русанов, 2011 (Rusanov, 2011)].

Сравнение данных по биомассе некоторых ассоциаций макрофитов Псковского озера в многолетнем аспекте представлено в табл. 4. Необходимо подчеркнуть, что в работах прежних исследователей методы исследований

не описаны, статистическая обработка данных не проводилась.

Тем не менее, обобщив литературные данные и результаты собственных исследований, можно сделать вывод о тенденции к усилению продуктивности высокотравных гелофитов в растительном покрове Псковского озера за многолетний период (табл. 4).

**Таблица 4.** Средняя надземная фитомасса (г/м²) некоторых ассоциаций макрофитов Псковского озера в разные годы (1966–1970 гг – воздушно-сухой вес; 1988–1989, 2007–2019 гг – абсолютно сухое вещество)

**Table 4.** Average biomass (g/m²) of some macrophyte associations of Lake Pskov in different years (1966–1970 – air dry mass; 1988–1989, 2007–2019 – absolutely dry mass)

| Ассоциации<br>Associations                        | 1966–1970<br>[Недоспасова, 1974<br>(Nedospasova, 1974)] | 1988–1989<br>[Судницына, 1990<br>(Sudnicyna, 1990)] | 2007–2019<br>Наши данные<br>Our data |
|---|---|---|--------------------------------------|
| Phragmitetum australis                            | 130.0   | 880.0   | 1853±94                              |
| Schoenoplectetum lacustris                        | –   | 130.0   | 661±46                               |
| Phragmiteto – Schoenoplectum lacustris            | 260.0   | –   | 977±225                              |
| Nuphareto – Schoenoplectum lacustris              | 450.0   | 329.2   | 542±79                               |
| Eleocharieto palustris – Schoenoplectum lacustris | 190.0   | 130.0   | 357±38                               |
| Potametum perfoliati                              | 690.0   | 48.6  | 62±5                                 |

**Примечание.** “–” – данные отсутствуют.

**Note.** “–” no date.

Вместе с тем, средняя биомасса сообществ погруженных водных растений, особенно рдеста пронзеннолистного, значительно уменьшилась. Очевидно, это произошло из-за уменьшения прозрачности воды в связи с уве-

личением интенсивности “цветения”, которая наблюдается в Псковском озере с конца 1980-х гг. [Ястремкий, 2016 (Jastremkij, 2016)].

В период с 1966 по 1970 г., согласно данным Г.В. Недоспасовой [1974 (Nedospasova,

1974)], зарастаемость Псковского озера составляла 5% общей площади водоема. При этом площади, занятые гелофитами и погруженными растениями, были примерно одинаковые (48.6 и 50.9% соответственно). По данным Д.Н. Судницыной [1990 (Sudnicyna, 1990)], в конце 1980-х гг. общая площадь зарастания Псковского озера составляла 7.9% акватории [Судницына и др., 1990 (Sudnicyna et al., 1990)]. Согласно ранее проведенным рекогносцировочным исследованиям на станциях мониторинга, зарастание Псковского озера оказалось равным 12% [Судницына, Козырева (Михайлова), 2005a, b (Sudnicyna, Kozyreva, 2005a, b)].

**Таблица 5.** Площадь зарастания гелофитами Псковского озера по снимкам Landsat

**Table 5.** Area of overgrowth by helophytes of Lake Pskov using Landsat imagery

| Год / Year   | 1988  | 1999  | 2007  | 2013  | 2017  |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| Уровень воды с мая по октябрь, см<br>Water level May–October, cm | 235   | 222   | 175   | 203   | 219   |
| Площадь зарастания, км <sup>2</sup><br>Area, km <sup>2</sup>     | 29.54 | 25.92 | 25.85 | 32.99 | 31.67 |
| Доля площади водоема, %<br>Area, %                               | 4.2   | 3.6   | 3.7   | 4.7   | 4.5   |

Стандартное отклонение за тридцатилетний период составило 3.3 км<sup>2</sup>, или 0.46% общей площади Псковского озера [Mikhailova, Mikhalap, 2019]. Подобные результаты позволяют говорить о том, что процесс зарастания прибрежной части Псковского озера носит флуктуирующий характер.

Площадь, занимаемая гидрофитами, рассчитана в осредненном виде на основании кар-

В зарастании берегов Псковского озера ведущая роль принадлежит сообществам гелофитов. Доминирующее положение занимает тростник южный – самый мощный эдификатор, сообщества которого способны вытеснять другие растения [Садчиков, Кудряшов, 2004 (Sadchikov, Kudrjashov, 2004)]. Второе место занимает камыш озерный.

На основании анализа снимков Landsat за период с 1988 по 2017 гг., площадь зарастания озера гелофитной растительностью в среднем составила 29.2 км<sup>2</sup> (4.1%) (табл. 5).

тирования растительности на станциях мониторинга за период с 2007 по 2019 гг. и составила 6.3%. Таким образом, по нашим данным, общая площадь зарастания Псковского озера высшей водной растительностью в среднем за 2007–2019 гг. составила 10.4%. Гелофиты занимают 4.1% площади водоема, гидрофиты – 6.3%.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За период наших исследований с 2007 по 2019 гг. в составе флоры Псковского озера обнаружено 116 видов истинно-водных и прибрежно-водных растений, относящихся к 75 родам и 43 семействам, преобладают гидрофиты и гидрофиты. С момента первых исследований высшей водной растительности не было обнаружено 10 видов, три из которых занесены в Красную книгу Псковской области. Появились 16 новых видов, большинство из которых относятся к гидрофитам. Из новых – четыре вида занесены в Красную книгу Псковской области и два вида – в Красную книгу Эстонии.

В результате анализа синтаксономической структуры растительности Псковского озера выявлено 64 ассоциации, относящихся к 27 формациям, семи группам, трем классам формаций и одному типу растительности. По числу формаций преобладает класс формаций Настоящая водная растительность. Наибольшее число ассоциаций отмечено в формации высокотравных гелофитов. Ос-

новными ценозообразователями в период с 1966 по 2019 гг. неизменно являлись *Phragmites australis*, *Schoenoplectus lacustris*, *Potamogeton perfoliatus*.

Результаты наблюдений показали, что в годы с низким уровнем воды происходит увеличение числа ассоциаций и числа видов на пробных площадях. При повышении уровня воды в водоеме наблюдается уменьшение значений биомассы тростника южного – основного эдификатора среди гелофитов. В многолетнем аспекте, как нами было показано, неизменно ведущая роль в зарастании Псковского озера принадлежит тростнику южному.

На основании анализа спутниковых снимков за период с 1988 по 2017 гг. нами определена площадь зарастания литорали озера гелофитами, которая составила 4.1%.

Площадь, занимаемая гидрофитами за период с 2007 по 2019 гг. составила примерно 6.3%. Ежегодные колебания уровня воды оказывают влияние на некоторые струк-

турные показатели прибрежно-водных фитоценозов и определяют пульсирующий характер зарастания мелководий.

Наиболее благоприятными для развития прибрежно-водной растительности оказываются маловодные годы.

Автор глубоко признателен С.А. Поддубному за научные консультации, ценные замечания, а также за помощь в обработке данных по гидрологии Псковского озера.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александрова В.Д. Классификация растительности. Обзор принципов классификации и классификационных систем в разных геоботанических школах. Л.: Наука, 1969. 275 с.
- Алехин В.В. Проблема фитоценоза и некоторые новые фактические данные // Уч. Зап. Моск. ун-та: сб. тр. научно-исслед. ин-та ботаники, 1935. Т. 1, № 4. С. 143–179.
- Белавская А.П. Водные растения России и сопредельных государств. Санкт-Петербург, 1994. 64 с.
- Белавская А.П. К методике изучения водной растительности // Ботанический журнал. 1979. Т. 64, № 1. С. 42–44.
- Василевич В.И. Фитоценотическая замещаемость видов и классификация растительности // Материалы I (VII) Международной конференции по водным макрофитам “Гидрботаника 2010” (пос. Борок, 9–13 октября 2010 г.). Ярославль: “Принт Хаус”, 2010. С. 5–9.
- Василевич В.И. Эколого-фитоценотическая или флористическая классификация растительности? // Гидрботаника: методология, методы. Рыбинск: “Рыбинский дом печати”. 2003. С. 118–125.
- Вейсберг Е.И. Структура и динамика сообществ макрофитов озер Ильменского заповедника. Миасс: ИГЗ УрО РАН, 1999. 121 с.
- Власов Б.П., Гигевич Г.С. Индикаторная роль макрофитов при оценке состояния водоемов Беларуси // Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем. Сборник материалов международной конференции. СПб.: ЛЕМА, 2007. С. 161–164.
- Воронов А. Г. Геоботаника. М.: Высшая школа, 1973. 383 с.
- Голубева И.Д. Флора и растительность озер // Озера Среднего Поволжья. Л.: Наука, 1976. С. 101–123.
- Денисова И.А., Драбкова В.Г., Прыткова М.Я. Проблема зарастания озер, причины и экологические последствия // Экология зарастающего озера и проблема его восстановления. СПб.: Наука, 1999. С. 5–11.
- Зданович В.В., Криксунов Е.А. Гидробиология и общая экология: словарь терминов. Москва: Дрофа, 2004. 192 с.
- Иванов В. В. К вопросу о зарастании озер Псковской области // Малые озера Псковской и смежных областей и их использование. Тезисы межвузов. науч. конфер. Псков. 1966. С. 43–45.
- Иванов В.В. Закономерности распределения и практическое использование высшей водной растительности Псковского озера. Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук, Ленинград, 1949. 210 с.
- Катанская В.М. Высшая водная растительность // Методические аспекты лимнологического мониторинга. Л.: Наука, 1988. С. 102–113.
- Катанская В.М. Высшая водная растительность континентальных водоемов. Л.: Наука, 1981. 187 с.
- Катанская В.М. Зарастание пруда Поливного в различные по водности годы // Озера семиаридной зоны СССР. Л.: Наука, 1970. С. 232–252.
- Костюченко В.П., Семенова А.А., Хлобастина Г.А. Гидролого-гидрохимическая характеристика Псковско-Чудского водоема // Известия ГосНИОРХ. 1974. № 83. С. 5–15.
- Красная книга Псковской области. Псков: Изд-во Псков ГУ, 2014. 543 с.
- Куллус, Л.П., Мерила, Л.А. Данные по изученности, гидрометеорологическому и гидрохимическому режимам Чудско-Псковского озера // Гидробиология и рыбное хозяйство Псковско-Чудского озера. Таллин, Эстония: Валгус, 1966. С. 9–34.
- Терийа Ж.-П., Вилнер В., Фернандес-Гонсалес Ф., Бюлтманн Х., Чарни А., Гиганте Д., Муцина Л., Вебер Г. Международный кодекс фитоценологической номенклатуры. 4-е издание // Растительность России. 2022. № 44. С. 3–60. doi.org/10.31111/vegrus/2022.44.3.
- Милиус А., Халдна М. Гидрохимия // Псковско-Чудское озеро. Тарту: Eesti Loodusfoto. 2012. С. 159–183.
- Миркин Б.М. Закономерности развития растительности речных пойм. М.: Наука, 1974. 174 с.
- Миркин Б.М. Об экологической классификации пойменных лугов // Бот. журн. 1965. Т. 50, № 3. С. 324–334.
- Мяэметс А.Х., Тийдор Р.Э., Локк С.И., Лаугасте Р.А., Мяэметс А.А., Тимм В.Я., Пиху Э.Р. Хозяйственное влияние человека на экосистемы Псковско-Чудского озера // История озер в СССР: тез. докл. Всесоюзного совещания. Таллин, 1983. Т. 2. С. 156–157.
- Научно-прикладной справочник: Основные гидрологические характеристики озер Российской Федерации и их многолетние изменения. СПб.: ООО “РИАЛ”, 2021. 364 с.
- Недоспасова Г.В. Высшая водная растительность Псковско-Чудского водоема // Известия ГосНИОРХа. 1974. Т. 83. С. 26–32.
- Папченков В.Г. Доминантно-детерминантная классификация водной растительности // Гидрботаника: методология, методы: Матер. Школы по гидрботанике (пос. Борок, 8–12 апреля 2003 г.). Рыбинск: ОАО “Рыбинский Дом печати”, 2003. С. 126–131.
- Папченков В.Г. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья. Ярославль: ЦМП МУБиНТ. 2001. 200 с.

- Печенюк Е.В. Изучение динамики зарастания пойменных водоемов Хоперского государственного заповедника // Вторая Всесоюз. конф. по высшим водным и прибрежно-водным растениям: тез. докл. Борок, 1988. С. 107–109.
- Попченко И.И. О динамике зарастания мелководий в верховьях Куйбышевского водохранилища // Вторая Всесоюз. конф. по высшим водным и прибрежно-водным растениям: тез. докл. Борок, 1988. С. 105–107.
- Псковско-Чудское озеро. Тарту: Eesti Loodusfoto, 2012. 495 с.
- Распопов И.М. Видовое и ценогическое разнообразие высших водных растений в литоральной зоне Ладожского озера // Литоральная зона Ладожского озера. СПб.: “Нестор-История”, 2011. С. 52–54.
- Распопов И.М. Высшая водная растительность больших озер Северо-Запада СССР. Л., Наука, 1985. 200 с.
- Русанов А.Г. Пространственное распределение высшей водной растительности Ладожского озера в зависимости от природных и антропогенных факторов // Литоральная зона Ладожского озера. СПб.: “Нестор-История”. С. 68–102.
- Садчиков А.П., Кудряшов М.А. Экология прибрежно-водной растительности (учебное пособие для студентов вузов). М.: НИИ-Природа, РЭФИА, 2004. 220 с.
- Судницына Д.Н. Особенности зарастания Псковско-Чудского озера // Экологические проблемы Северо-Запада. Псков, 1990. С. 32–35.
- Судницына Д.Н., Ганго А., Осипова Н. Особенности зарастания Псковско-Чудского озера. Тезисы межвузовской научной конференции “Экологические проблемы Северо-Запада”. Псков, 1990. С. 42–44.
- Судницына Д.Н., Козырева К.Б. (Михайлова К.Б.) Биоэкологическая и геоботаническая характеристика тростника обыкновенного Псковско-Чудского озера // Запад России и ближнее зарубежье: устойчивость социально-культурных и экологохозяйственных систем. Материалы межрегиональной общественно-научной конференции с международным участием (Псков, 17–18 ноября 2005 г.). Статьи и тезисы. Псков, 2005. С. 145–147.
- Судницына Д.Н., Козырева К.Б. (Михайлова К.Б.) Современное состояние высшей водной растительности Псковско-Чудского озера // Запад России и ближнее зарубежье: устойчивость социально-культурных и эколого-хозяйственных систем. Материалы межрегиональной общественно-научной конференции с международным участием (Псков, 17–18 ноября 2005 г.). Статьи и тезисы. Псков, 2005. С. 148–151.
- Тувикене Х.М. О высшей водной растительности Чудско-Псковского озера // Гидробиология и рыбное хозяйство Псковско-Чудского озера. Таллин. 1966. С. 75–81.
- Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) Санкт-Петербург: “Мир и семья-95”, 1995. 990 с.
- Чудско-Псковское озеро. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 158 с.
- Шевкунова Э. И., Мещерская А. В., Яни А. Э. Прибалтика – особый район климатических изменений // Социальные и экологические проблемы Балтийского региона: Материалы общественно-научной конференции (Псков, ноябрь 2000 г.). Ч. 2. Статьи. Псков: ПГПИ. 2001. С. 9–21.
- Шенников А.П. Введение в геоботанику: учебник для биол. Фак. Ун-тов. Л.: Гос. ун-т. 1964. 447 с.
- Эдельштейн К.К. Гидрология озер и водохранилищ. Учебник для ВУЗов. М.: “Перо”, 2014. 399 с.
- Ястремский В.В. Структура и продуктивность фитопланктона Псковско-Чудского озера. СПб.: ООО “Издательство “Лема”. 2016. 246 с.
- Laugaste R., Lessok K. Planctonic algae and epiphyton of the littoral in Lake Peipsi, Estonia // *Limnologica*. 2004. № 34. P. 90–97.
- Mikhailova, K.B., Mikhalap, S.G. Long-term dynamics of the area overgrown by helophytic vegetation in Lake Pskov // *Ecosystem Transformation*, 2019. № 2 (1). P. 86–93. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.23859/estr-180711>
- Red Data Book of the Baltic Region. Part: Lists of threatened vascular plants and vertebrates. Uppsala: Swedish Threatened Species Unit in cooperation with the Institute of Biology, 1993. 95 p.
- Starast, H., Lindpere, A., Milius, A. Hydrochemical regime of three parts of lake Peipsi during vegetation period // *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Biology, Ecology*. 1999. № 48 (3). P. 199–215.

## REFERENCES

- Alekhin V.V. Phytocenosis problem and some new evidence. *Uchenye Zapiski Moskovskogo Universiteta: sbornik trudov nauchno-issledovatel'skogo instituta botaniki*, 1935, vol. 1, no. 4, pp. 143–179. (In Russian)
- Aleksandrova V.D. Vegetation classification. Overview of classification principles and classification systems in different geobotanical schools. Leningrad, Nauka, 1969. 275 p. (In Russian)
- Belavskaja A.P. To the methodology of studying aquatic vegetation. *Botanicheskii zhurnal*, 1979, vol. 64, no. 1, pp. 42–44. (In Russian)
- Belavskaja A.P. Aquatic plants of Russia and neighboring states. St. Petersburg, 1994. 64 p.
- Cherepanov S.K. Vascular plants of Russia and neighboring states (within the former USSR). St. Petersburg, “Mir i sem'ya-95”, 1995. 990 p. (In Russian)
- Chudsko-Pskovskoe ozero [Chudsko-Pskov Lake]. Hydrometeorological regime of lakes and reservoirs of the USSR. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1983. 158 p. (In Russian)
- Denisova I.A., Drabkova V.G., Prytkova M.Ya. The ecology of the overgrown lake and the problem of its restoration. *Problema zarastaniya ozer, prichiny i ekologicheskie posledstviya* [The problem of overgrowth of lakes, causes and environmental consequences], St. Petersburg, Nauka, 1999, pp. 3–11. (In Russian)

- Edel'shtejn K.K. Hydrology of lakes and reservoirs. Moscow, "Pero", 2014, 399 p. (In Russian)
- Golubeva I.D. Lakes of the Middle Volga region. *Flora i rastitel'nost' ozer* [Flora and vegetation of lakes]. Leningrad, Nauka, 1976, pp. 101–103. (In Russian)
- Ivanov V.V. Distribution patterns and practical use of the highest aquatic vegetation of Lake Pskov. *Extendent Abstract of Cand. Biol. Sci. Diss.* Leningrad, SSSR, 1949. 210 p. (In Russian)
- Ivanov V.V. On the issue of overgrowth of lakes in the Pskov region. *Malye ozyora Pskovskoj i smezhnyh oblastej i ih ispol'zovanie. Tezisy mezhvuzovskoj nauchnoj konferencii.* [Small lakes of the Pskov and related regions and their use. Theses of intercollegiate scientific conf.]. Pskov, 1966, pp. 43–45.
- Jastremskij V.V. Structure and productivity of the phytoplankton of Lake Pskov-Peipsi. St. Petersburg: OOO "Izd. "Lema", 2016. 246 p. (In Russian)
- Katanskaia V.M. Higher aquatic vegetation of continental reservoirs. Leningrad, SSSR, 1981. 187 p. (In Russian).
- Katanskaia V.M. Methodological aspects of limnological monitoring. *Vyssshaya vodnaya rastitel'nost'* [Higher aquatic vegetation], L., Nauka, 1988, pp. 102–113. (In Russian)
- Katanskaya V.M. Lakes of the semiarid zone of the USSR. *Zarastanie pruda Polivnogo v razlichnye po vodnosti gody* [Overgrowth of Polivnoj pond in various water years], L., Nauka, 1970, pp. 232–252. (In Russian)
- Kochev H., Yordanov D. *Rastitel'nost na vodoemite v B'lgariya* [Vegetation of water bodies in Bulgaria]. Sofia, 1981, 184 p. (In Bulgarian)
- Kostyuchenko V. P., Semenova A. A., Khlobastina G. A. Hydrological and hydrochemical characteristics of the Pskov-Peipsi reservoir. *Izv. GosNIORKh*, 1974, vol. 83, pp. 5–15. (In Russian)
- Krasnaya kniga Pskovskoj oblasti [Red Book of the Pskov Region]. Pskov, Izd. Pskov GU, 2014. 543 p. (In Russian)
- Kufflikowski J. Development and structure of the Goczalkowice reservoir ecosystem. *Macrophytes. Ecol. pol.*, 1986 (1987), vol. 34, no. 3, pp. 429–445.
- Kullus L.P., Merila L.A. Data on the level of knowledge, hydrometeorological and hydrochemical regimes of the Pskov-Peipsi lake. *Gidrobiologiya i rybnoe khoz-vo Pskovsko-Chudskogo ozera* [Hydrobiology and fish industry of the Pskov-Peipsi lake]. Tallin, Valgus, 1966, pp. 9–34.
- Laugaste R., Lessok K. Planctonic algae and epiphyton of the littoral in Lake Peipsi, Estonia. *Limnologica*, 2004, no. 34, pp. 90–97.
- Maemets H., Maemets A. Lake Peipsi. Flora and Fauna. *Macrophytes*. Tartu, 2001, pp. 9–22.
- Mikhailova, K.B., Mikhalap, S.G., 2019. Long-term dynamics of the area overgrown by helophytic vegetation in Lake Pskov. *Ecosystem Transformation*, no. 2 (1), pp. 86–93. (In Russian). doi: <https://doi.org/10.23859/estr-180711>
- Milius A., Haldna M. Pskov-Peipsi Lake. *Gidrohimiya* [Hydrochemistry]. Tartu: Eesti Loodusfoto. 2012. pp. 159–183.
- Mirkin B.M. On ecological classification of floodplain meadows. *Botanicheskii zhurnal*, 1965, vol 50, no. 3. pp. 324–334. (In Russian)
- Mirkin B.M. Patterns of development of vegetation of river floodplains. Moscow, Nauka, 1974. 174 p. (In Russian)
- Myaemets A.H., Tijdor R.E., Lokk S.I., Laugaste R.A., Myaemets A.A., Timm V.Ya., Pihu E.R. Human economic influence on the ecosystems of Lake Pskov-Peipsi. *Istoriya ozer v SSSR* [Proc. History of lakes in the USSR]. Tallin, 1983, no. 2, pp. 156–157.
- Nedospasova G.V. The highest water vegetation of the Pskov-Peipsi reservoir. *Izvestija GosNIORHa*, 1974, vol. 83, pp. 26–32. (In Russian)
- Papchenkov V.G. Dominant-determinant classification of aquatic vegetation. *Gidrobotanika: metodologija, metody: Mater. Shkoly po gidrobotanike* Rybinsk, OAO "Rybinskij Dom pečhati", 2003, pp. 118–125. (In Russian)
- Papchenkov V.G. Vegetation cover of reservoirs and watercourses of the Middle Volga region. Yaroslavl', CMP MU-BiNT, 2001. 200 p. (In Russian)
- Pechenyuk E.V. Study of the dynamics of overgrowth of floodplain reservoirs of the State Reserve Khopersky. *Vtoraya Vsesoyuz. konf. po vysshim vodnym i pribrezhno-vodnym rasteniyam: tez.dokl* [Second All-Union. conf. for the highest aquatic and coastal-aquatic plants: theses]. Borok, 1988, pp. 107–109. (In Russian)
- Popchenko I.I. On the dynamics of overgrowth of shallow waters in the upper reaches of the Kuibyshev reservoir. *Vtoraya Vsesoyuz. konf. po vysshim vodnym i pribrezhno-vodnym rasteniyam: tez.dokl* [Second All-Union. conf. for the highest aquatic and coastal-aquatic plants: theses]. Borok, 1988, pp. 105–107. (In Russian)
- Pskovsko-Chudskoe ozero [Pskov-Peipsi Lake]. Tartu, Eesti Loodusfoto, 2012. 495 p.
- Raspopov I.M. Higher aquatic vegetation of large lakes of the North-West of the USSR. Leningrad, Nauka, 1985. 200 p. (In Russian)
- Raspopov I.M. Littoral zone of Lake Ladoga. *Vidovoe i cenoticheskoe raznoobrazie vysshih vodnyh rastenij v litoral'noj zone Ladozhskogo ozera.* [Species and cenotic diversity of higher aquatic plants in the littoral zone of Lake Ladoga]. St. Petersburg, "Nestor-Istoriya", 2011, pp. 52–54. (In Russian)
- Red Data Book of the Baltic Region. Part: Lists of threatened vascular plants and vertebrates. Uppsala, Swedish Treated Species Unit in cooperation with the Institute of Biology, 1993. 95 p.
- Rusanov A.G. Littoral zone of Lake Ladoga. *Prostranstvennoe raspredelenie vysshej vodnoj rastitel'nosti Ladozhskogo ozera v zavisimosti ot prirodnyh i antropogennyh faktorov* [Spatial distribution of the highest aquatic vegetation of Lake Ladoga depending on natural and anthropogenic factors]. SPb., "Nestor-Istoriya", pp. 68–102. (In Russian)
- Sadchikov A.P., Kudrjashov M.A. Ecology of coastal-aquatic vegetation. Moscow, NIA-Priroda, RJeFIA, 2004. 220 p. (In Russian)

- Schmieder K., Dienst M., Ostendorp W. Effects of the extreme flood in 1999 on the spatial dynamics and stand structure of the reed belts in Lake Constance. *Limnologica*, 2002, vol. 32, pp. 131–146.
- Scientific Handbook: Main hydrological characteristics of lakes of the Russian Federation and their long-term changes. St. Petersburg, “RIAL”, 2021, 364 p. (In Russian)
- Shennikov A.P. Introduction to Geobotany. Leningrad, Gos. Universitet, 1964. 447 p. (In Russian)
- Shevkunova E.I., Meshcherskaya A.V., Yaani A.E. Baltics – a special area of climatic changes. *Social'nye i ekologicheskie problemy Baltijskogo regiona: Materialy obshchestvenno-nauchnoj konferencii* [Social and environmental problems of the Baltic region]. Pskov, 2001, part 2, pp. 9–21. (In Russian)
- Starast H., Lindpere A., Milius A. Hydrochemical regime of three parts of lake Peipsi during vegetation period. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Biology, Ecology*, 1999, no. 48 (3), pp. 199–215.
- Sudnicyna D.N. Features of the overgrowth of Lake Pskov-Peipsi. *Ekologicheskie problemy Severo-Zapada* [Environmental Concerns of the Northwest]. Pskov, 1990, pp. 32–35. (In Russian)
- Sudnicyna D.N., Gango, A., Osipova, N. Features of overgrowing of Lake Pskov-Peipsi. Tezisy mezhvuzovskoj nauchnoj konferencii “Jekologicheskie problemy Severo-Zapada [Abstracts of the inter-university scientific conference “Environmental problems of the North-West”]. Pskov, 1990. pp. 42–44. (In Russian)
- Sudnicyna D.N., Kozyreva K.B. (Mihajlova K.B.) Bioecological and geobotanical characteristics of southern reed of Lake Pskov-Peipsi. *Zapad Rossii i blizhnee zarubezh'e: ustojchivost' social'no-kul'turnyh i ekologo-hozyajstvennyh sistem. Materialy mezhregional'noj obshchestvenno-nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem*. [The West of Russia and the near abroad: the stability of socio-cultural and ecological economic systems. Mat. of the interregional socio-scientific conference with international participation]. Pskov, 2005, pp. 145–147. (In Russian)
- Sudnicyna D.N., Kozyreva K.B. (Mihajlova K.B.) The current state of the highest aquatic vegetation of Lake Pskov-Lake Peipsi. *Zapad Rossii i blizhnee zarubezh'e: ustojchivost' social'no-kul'turnyh i ekologo - hozhajstvennyh sistem. Materialy mezhregional'noj obshchestvenno – nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem*. [The West of Russia and the near abroad: the stability of socio-cultural and ecological economic systems. Mat. of the interregional socio-scientific conference with international participation.]. Pskov, 2005, pp. 148–151. (In Russian)
- Theurillat J.-P., Willner W., Fernández González F., Bültmann H., Čarni A., Gigante D., Mucina L., Weber H. International Code of Phytosociological Nomenclature. 4th ed. *Vegetation of Russia*, 2022, no. 44, pp. 3–60. <https://doi.org/10.31111/vegrus/2022.44.3> (In Russian)
- Tuvikene H.M. About the highest aquatic vegetation of Lake Peipsi-Pskov. *Gidrobiologiya i rybnoe hozhajstvo Pskovsko-CHudskogo ozera*. [Proc. Hydrobiology and fisheries of Lake Pskov-Peipsi], Tallin, 1966, pp. 75–81.
- Vasilevich V.I. Ecological-phytocenotic or floristic vegetation classification? *Gidrobotanika: metodologija, metody: Materialy. Shkoly po gidrobotanike* [Hydrobotanics: methodology, methods: Materials of the School on Hydrobotanics]. Rybinsk, “Rybinskij dom pečati”, 2003, pp. 118–125. (In Russian)
- Vasilevich V.I. Phytocenotic species substitution and vegetation classification. *Gidrobotanika 2010: Materialy mezhdunarodnoj konferencii po vodnym makrofitam* [Hydrobotanics 2010: Materials of the International conference on aquatic macrophytes]. Yaroslavl', 2010, pp. 5–9. (In Russian)
- Vejsberg E.I. Structure and dynamics of lake macrophyte communities of Ilmen reserve. Miass, IGZ UrO RAN, 1999. 121 p.
- Vlasov B.P., Gigevich G.S. The indicator role of macrophytes in assessing the state of water bodies in Belarus. *Bioindikacija v monitoringe presnovodnyh jekosistem. Sbornik materialov mezhdunar. konf.* [Bioindication in freshwater ecosystem monitoring. Mat. Int. Conf.]. St. Petersburg, Izd. LEMA, 2007, pp. 161–164. (In Russian)
- Voronov A.G. Geobotany. Moscow, Vysshaja shkola, 1973. 383 p. (In Russian)
- Zdanovich V.V., Kriksunov E.A. Hydrobiology and General Ecology: Dictionary of Terms, Moscow, Drofa, 2004. 192 p. (In Russian)

## PLANT COVER CHANGES OF PSKOV LAKE DUE TO LEVEL REGIME DYNAMICS

**K. B. Mikhailova**

*Pskov branch of the Federal State Budget Scientific Institution  
“Russian Research Institute of Fisheries and oceanography” (“Pskovniro”)  
180007 Pskov, M. Gorkogo, 13, e-mail: kristina.pismo@yandex.ru  
Revised 5.05.2022*

The results of the analysis of literature data since 1949 and original long-term (2007–2019) studies of the higher aquatic vegetation of Lake Pskov are presented. Pskov Lake is a shallow water body with heightened trophic level and annual fluctuations of water level. Currently, the flora of the Lake includes 117 species. Since first studies, certain changes have occurred in the flora composition of the lake. We have not found 10 species, 3 of which were included in the Red Book of the Pskov region Data. 16 new species have appeared, among which 4 are listed in the Red Book of the Pskov Region and 2 in the Red Book of Estonia. 64 associations in the composition of vegetation were noted. The main cenose-formers are *Phragmites australis* (Cav.) Trin. et Steud., *Potamogeton perfoliatus* L., *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla., which play leading role in the Lake overgrowth in all years of research. The decrease in the water level in Pskov Lake leads to an increase of associations and number of species in them. With an increase in the water level in the lake, the aboveground biomass of the southern reed, the main edificator among helophytes, decreases. Communities of helophytes play the main role

in the overgrowth of the shores of Pskov Lake. According to the analysis of Landsat satellite images (1988–2017), the average value of the lake area occupied by helophytes was 4.14%. According to our data for the period from 2007 to 2019, the proportion of hydrophytes amounted to ~6.3% of the water area. The total overgrowth of Lake Pskov has clearly increased: in 1966–1970, the overgrowth area was 5% of the water area, in 1988–1989 – 7.9%, in 2005 – about 12%. Currently (2007–2019), macrophytes occupy ~10.4% of the lake area.

*Keywords:* Pskov Lake, macrophytes, flora, vegetation, water level, dynamics, overgrowth