



Многолетняя динамика площади зарастания гелофитной растительностью Псковского озера

К.Б. Михайлова¹, С.Г. Михалап²

¹ Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства (ГосНИОРХ), Псковское отделение, 180007, Россия, Псковская обл., г. Псков, ул. М. Горького, д. 13

² Псковский государственный университет, 180000, Россия, Псковская обл., г. Псков, ул. Советская, д. 21

kristina.pismo@yandex.ru

sgmikhalap@gmail.com

Поступила в редакцию: 11.07.2018

Принята к печати: 11.10.2018

Опубликована онлайн: 18.02.2019

DOI: 10.23859/estr-180711

УДК 58.02

URL: http://www.ecosysttrans.com/publikatsii/detail_page.php?ID=101

ISSN 2619-094X Print

ISSN 2619-0931 Online

В статье представлены результаты пространственно-временного анализа динамики зарастания гелофитами акватории Псковского озера за период с 1988 по 2017 г. При помощи процедуры классификации спутниковых снимков Landsat за разные годы выделены зоны зарастания гелофитами прибрежной зоны и островов Псковского озера. За указанный период не выявлено четкой тенденции к зарастанию Псковского озера воздушно-водной растительностью. Гелофиты ежегодно развиваются на одних и тех же участках. Положительная динамика зарастания отдельных участков носит локальный характер, что показано на примере Талабских островов, где зона зарастания в период с 2007 по 2017 г. увеличилась на 7.5 га. Состав доминантов основных сообществ прибрежно-водной растительности существенно не менялся по годам. Среднее значение площади озера, занятой гелофитами, составляет 4.14%. Полученные результаты являются основными для определения зарастания Псковского озера в рамках проводимого в настоящее время экологического мониторинга Чудско-Псковского водоема.

Ключевые слова: Псковское озеро, гелофиты, зарастание, геоинформационная система (ГИС), спутниковые снимки, Landsat.

Михайлова, К.Б., Михалап, С.Г., 2019. Многолетняя динамика площади зарастания гелофитной растительностью Псковского озера. *Трансформация экосистем* 2 (1), 86–93.

Введение

История изучения Чудско-Псковского водоема и Псковского озера в частности насчитывает более 100 лет (Мязметс, 1980). Первой масштабной работой по исследованию высшей водной растительности Псковского озера является кандидатская диссертация В.В. Иванова, выполненная в 1947–1949 гг., в которой содержатся материалы по динамике зарастания, видовому составу и гео-

ботанической структуре макрофитов Псковского озера. В Псковском озере и особенно в дельте р. Великой отмечено наибольшее разнообразие видов типичных водных (33 вида) и воздушно-водных (22 вида) растений (Иванов, 1949; Иванов, 1966).

Х.М. Тувикене (1966) дает краткий анализ водной растительности Чудско-Псковского водоема и приводит список макрофитов.

В 1966–1970 гг. изучение водной растительности Чудско-Псковского водоема проводилось силами сотрудников кафедры ботаники Псковского государственного педагогического института. В ходе работы уточнялся видовой состав макрофитов, изучались фитоценозы и определялись занятые ими площади, учитывалась средняя биомасса.

Согласно данным Г.В. Недоспасовой (1974), зарастаемость Псковского озера составляла 5% от общей площади водоема. При этом 50.9% площади зарослей макрофитов принадлежало погруженным растениям, 48.6% – воздушно-водным, или гелофитам (Недоспасова, 1974; Папченков, 2001).

В тот же период времени изучением растительности Чудско-Псковского озера занималась эстонский ботаник А.Х. Мязметс. Она работала на озере в 1970, 1971 и 1980 гг. и на главных речных притоках в 1986 и 1987 гг. В ее работах представлен наиболее полный список макрофитов (128 таксонов) с указанием частоты встречаемости видов в различных частях Чудско-Псковского озера (Mäemets and Mäemets, 2001).

По данным Д.Н. Судницыной, в 1988–1989 гг. заросли прибрежных растений в Псковском озере располагались сплошной полосой, ширина которой колебалась от 20 до 400 м. Прибрежно-водная растительность отсутствовала лишь на небольших участках вблизи ряда населенных пунктов, но погруженные водные растения встречались повсеместно. Общая зарастаемость Псковского озера составила 7.9% (Судницына и др., 1990).

Летом 2004 г. изучением высшей водной растительности Чудско-Псковского озера совместно с эстонскими ботаниками начали заниматься сотрудники Псковского отделения (ПО) ФГБНУ «ГосНИОРХ». Целью исследовательских работ стало изучение состава макрофитов, характера их распределения, а также структуры и динамики растительных сообществ водных и прибрежно-водных растений.

В 2004–2006 гг. сотрудники ПО ГосНИОРХ принимали участие в международном проекте «Озера Чудское и Эйсселмер: сотрудничество для длительного управления», где занимались изучением структурных показателей тростника южного, а также разнообразия растительных сообществ и их распространения по водоему (Судницына и Козырева, 2005а, б).

С 2006 г. сотрудниками ПО ФГБНУ «ГосНИОРХ» в рамках Соглашения между правительствами Эстонии и России по сотрудничеству в области охраны и рационального использования трансграничных вод осуществляется экологический мониторинг Чудско-Псковского озера. Объектами их изучения являются водные и при-

брежно-водные растения как один из важнейших компонентов экосистемы водоема. Цель исследовательских работ – изучение состава макрофитов, характера их распределения, а также структуры и динамики растительных сообществ водных и прибрежно-водных растений. Наблюдения за развитием водной растительности и зарастанием озера проводилось ежегодно в летний период с 2007 по 2011 г. и с 2016 г. по настоящее время.

Согласно ранее проведенным полевым исследованиям на постоянных станциях, зарастаемость Псковского озера составила 12% (Судницына и Козырева, 2005а, б).

Приведенный выше краткий литературный обзор показывает, что сведения авторов относительно степени зарастания Псковского озера неоднозначны и дискуссионны. Это связано, прежде всего, с локальным характером проведенных исследований и отсутствием системы постоянного мониторинга состояния гелофитов до 2007 г.

Зарастание – это естественный процесс экосистемной динамики любого лентического водоема. Умеренное зарастание (до 20% площади), согласно данным некоторых авторов, положительно влияет на развитие прибрежной фауны, создавая благоприятные условия для обитания животных различных видов (Садчиков и Кудряшов, 2004). Степень и скорость зарастания озер определяются целым рядом факторов, среди которых особенно выделяются два: мелководность и трофический уровень водоема (Гигевич, 1991; Ниценко, 1967). В зарастании озера участвуют как погруженные водные растения, так и воздушно-водные, или гелофиты (Папченков, 2001). Заиливание грунтов и общее потепление климата способствуют интенсивному распространению воздушно-водных растений в береговой зоне.

В зарастании берегов Псковского озера основная роль принадлежит тростнику южному *Phragmites australis* (Cav.) Trin. et Steud., 1840. Второе место занимает камыш озерный *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla, 1888, на третьем – осоки *Carex* spp.

Представление о степени развития сообществ прибрежно-водной растительности по акватории позволяет оценить экологическое состояние водоема в целом, что важно для мониторинговых и комплексных экологических исследований.

Цель данного исследования – проследить многолетние тенденции в процессе зарастания прибрежно-водной растительностью прибрежной части Псковского озера с помощью методов пространственного анализа на основе данных ДЗЗ (дистанционного зондирования Земли), который позволяет охватить всю площадь Псковского озера и выявить общую площадь его зарастания в разные годы.

Материалы и методы

Псковское озеро является южной частью Чудско-Псковского озера комплекса, относящегося к бассейну Финского залива Балтийского моря и расположенного на границе двух государств – России и Эстонии. Псковское озеро (площадь 708 км²) почти полностью находится на территории Российской Федерации и характеризуется относительной мелководностью (средняя глубина – 3.8 м, максимальная – 5.3 м). Протяженность озера с севера на юг составляет 41 км, средняя ширина – 17 км (Соколов, 1983). Дно озера преимущественно покрыто озерным илом. На прибрежных территориях встречается песок. Средний показатель цветности составляет 52°, прозрачность воды 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/м³; концентрация общего азота – 1028 мг/м³ (Тимм и др., 2012).

По химическому составу воды Чудско-Псковского озера относятся к гидрокарбонатному классу, к группе кальция (Костюченко и др., 1974; Куллус и Мерила, 1966; Starast et al., 1999). По уровню трофности Псковское озеро считается гиперэвтрофным водоемом (Кондратьев и др., 2010).

Из четырех способов зарастания водоемов, выделенных А.А. Ниценко (1967), в Псковском озере хорошо выражены два: 1) постепенное заполнение водоема отложениями и надвигание со стороны берега растительности, коренящейся в минеральном дне; 2) затягивание дна всплывающим со дна торфом с последующим зарастанием. Последний способ характерен только для западного берега Псковского озера.

В качестве исходного материала для анализа зарастания Псковского озера были использованы спутниковые снимки Landsat 5, 7, 8 разных лет с минимальной облачностью, отражающие состояние прибрежно-водной растительности в водоеме. Для проверки качества дешифрирования снимков использовались данные собственных полевых исследований, проведенных сотрудниками Псковского отделения «ГосНИОРХ» в рамках совместного российско-эстонского экологического мониторинга Чудско-Псковского озера в 2007–2017 гг.

Для мониторинга водной и прибрежно-водной растительности Псковского озера на российской стороне определено 11 стационарных станций (трансект) (Рис. 1).

Серия мультиспектральных снимков спутников Landsat 5, 7 и 8 получена из каталога данных Геологической службы США (USGS GloVis, <https://glovis.usgs.gov/>) за период с 1988 по 2017 г. для района Чудско-Псковского озера. Все этапы

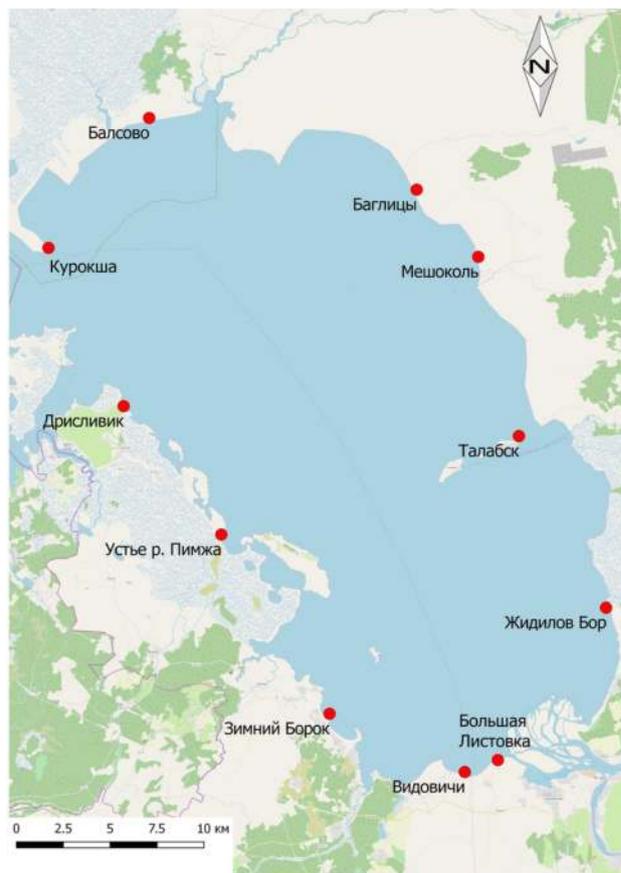


Рис. 1. Карта-схема расположения стационарных станций мониторинга на Псковском озере.

подготовки данных ДЗЗ и их последующая обработка осуществлялись в геоинформационной среде QGIS 2.18. Сцены спутников Landsat имеют размер пикселя 30×30 м. Данные анализировали, используя различные комбинации каналов Landsat, подбираемые для наилучшей визуализации зарослей гелофитов. В итоге было выбрано пять сцен за июнь 1988, июль 1999, июль 2007, июль 2013 и июль 2017 гг.

На первом этапе производилась радиометрическая и атмосферная коррекция данных при помощи плагина для QGIS Semi-Automatic Classification Plugin (SCP). Затем одноканальные снимки Landsat объединялись в единый многоканальный снимок для каждого года наблюдения при помощи инструмента «Объединение» в программе QGIS.

Далее осуществлялась дешифровка изображений с целью выявления конфигурации зарослей прибрежно-водных растений в Псковском озере. Так как полностью погруженные растения практически не идентифицируются при проведении процедуры классификации, в анализ были включены только гелофиты, хорошо распознаваемые при дешифровке. Растения данной группы занимают прибрежные мелководья глубиной до 1–2 м (Папченков и др., 2003). В качестве основного инструмента для дешифровки использовалась процедура классификации с обучением, включен-

ная в модуль SCP. После выбора наиболее удачного варианта классификации и коррекции все изображения переводились в векторный формат, и при помощи инструмента «калькулятор полей» в QGIS производился подсчет площадей зарастания гелофитами в квадратных километрах.

Результаты

Анализ полученных результатов показал колебание значений доли, занимаемой гелофитами, в пределах 3.6%–4.7% от общей площади Псковского озера (Табл. 1).

Наибольшая площадь развития гелофитов на водоеме зафиксирована в 2013 и 2017 гг. Заросли воздушно-водных растений развиваются равномерно вдоль всей береговой линии с увеличением площади в устьевых участках рек и вокруг многочисленных островов. Крупные группировки воздушно-водной растительности располагаются в южной части Псковского озера и по северо-восточному побережью до Талабских островов. Наиболее обширные заросли гелофитов отмечены в дельте реки Великой.

Уровень развития гелофитов в Псковском озере на примере 2017 г. представлен на Рис. 2. Как видно, наибольшая площадь зарастания гелофитами отмечена в южной части озера, в дельте р. Великой, представленной системой низких, в большей части заболоченных островов, разделенных протоками. Экосистема дельты р. Великой создает благоприятные условия для развития прибрежно-водной растительности благодаря особенностям рельефа, гидрологическому режиму и климатическим особенностям. Район дельты р. Великой характеризуется максимальным разнообразием ассоциаций макрофитов.

Характер распределения воздушно-водной растительности в прибрежной части водоемов носит неравномерный характер и определяется наличием низких заболоченных берегов, характером грунтов и колебаниями уровня воды. За рассматриваемый период наблюдений не выявлено четкой тенденции к увеличению площади развития гелофитов. На основании анализа снимков Landsat площадь зарастания озера в среднем составила 4.1%, что отличается от ранних литературных данных и наиболее близко лишь к оценке Г.В. Недоспасовой (1974). Стандартное отклонение за тридцатилетний период составляет 3.3 км², или 0.46% от общей площади Псковского озера.



Рис. 2. Распределение гелофитов на Псковском озере в 2017 г.

Подобные результаты позволяют с уверенностью говорить о том, что процесс зарастания прибрежной части Псковского озера носит флуктуирующий характер со слабовыраженной положительной трендовой составляющей. Аналогичные результаты отмечают и другие авторы, проводившие исследования процессов зарастания водоемов с использованием спутниковых снимков (Филоненко и Комарова, 2015; Peterson and Liira, 2016).

Несмотря на колебательный характер общего процесса зарастания Псковского озера, некоторые его участки демонстрируют прирост площади зарослей макрофитов, чему могут способствовать такие факторы, как снижение уровня воды, увеличение площади песчаных наносов и процессы заиливания берегов.

Наибольшая изменчивость по зарастанию отмечена на станции Талабск (Рис. 3, Табл. 2), находящейся на одноименном острове, который входит в состав Талабского архипелага около восточного побережья Псковского озера. Близ островов

Таблица 1. Площадь зарастания гелофитами Псковского озера по снимкам Landsat.

Год	1988	1999	2007	2013	2017
Площадь, км ²	29.54	25.92	25.85	32.99	31.67
Доля от площади водоема, %	4.2	3.6	3.7	4.7	4.5

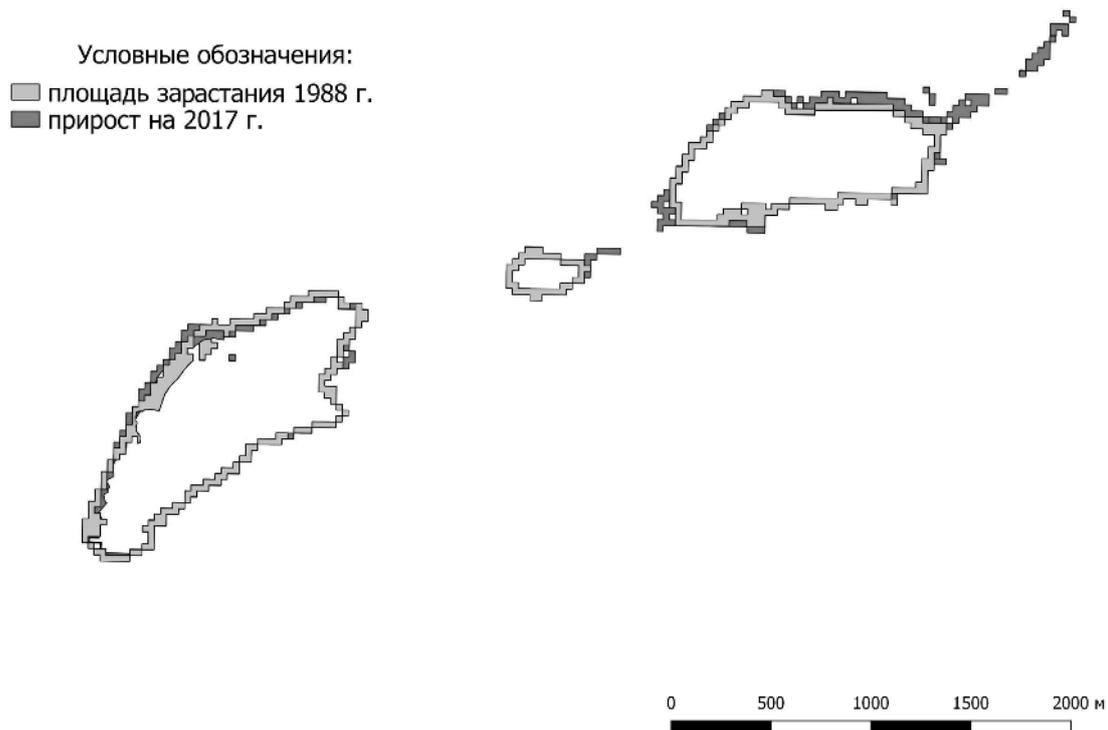


Рис. 3. Динамика зарастания гелофитами Талабских островов за период с 1988 по 2017 г., согласно данным ДЗЗ.

расположены краевые ледниковые образования, с чем связана небольшая мощность рыхлых отложений берегового склона (0.2–0.5 м). При высоком уровне воды происходит интенсивное разрушение берегов, а при низкой – увеличение площади пляжей, отмелей и песчаных кос (Карпухина, 2012).

Впервые изучение высшей водной растительности Талабских островов проводилось в 1998–2000 г. (Судницына и Григорьева, 1998; Судницына и Тарасова, 2002). Эти годы были многоводными, среднегодовые уровни воды варьировали от 222 до 238 см (Табл. 3). В указанный период, согласно данным спутниковых снимков, наблюдалось некоторое снижение площади зарастания по сравнению с 1988 г.

В 2007 г. уровень воды снизился до 175 см. В окрестностях островов возникли обширные пляжи, обнажились песчаные косы, соединяющие острова и восточный берег Псковского озера, что способствовало началу процесса интенсивного зарастания. В последующие годы они периодически заливались водой и снова обнажались, но процесс зарастания этой зоны гелофитами имел устойчивую положительную динамику (Судницына и Михайлова, 2016). Это подтверждают и результаты, полученные на основании дешифровки

спутниковых снимков, согласно которым зона зарастания с 2007 по 2017 г. увеличилась на 7.5 га.

Обсуждение результатов

Согласно данным более ранних исследований высшей водной растительности Псковского озера, площадь зарастания данного водоема составляла 55.93 км² (7.9% акватории) (Судницына и др., 1990). Среди проанализированных данных ДЗЗ наиболее близким к данному периоду времени является снимок 1988 г. По результатам классификации площадь зарастания гелофитами составила 29.54 км² (4.2%). Различия в полученных данных можно объяснить выбором объекта исследования, поскольку полностью погруженная водная растительность практически не идентифицируется при классификации спутниковых снимков, а также методами исследования. В 1988–1989 г. степень зарастания озера оценивалась визуально без строгой привязки к какой-либо системе координат. В последующие годы общая площадь зарастания акватории озера не измерялась, поэтому имеются лишь приблизительные оценки, которые трудно объективно сравнить с результатами дешифровки ДЗЗ.

Таблица 2. Многолетняя динамика площади зарастания Талабских островов по данным, полученным со снимков Landsat.

Год	1988	1999	2007	2013	2017
Площадь зарастания, км ²	0.333	0.293	0.324	0.356	0.399

Таблица 3. Межгодовые изменения среднегодовых уровней воды в Псковском озере в безледный период 1988–2017 гг.

Год	Уровень воды с мая по октябрь, см
1988	235
1999	222
2007	175
2013	203
2017	219

Заключение

Анализ данных, полученных с помощью спутниковых снимков за период с 1988 по 2017 г., выявил распространение зарослей гелофитной растительности вдоль всей береговой линии, а также вокруг многочисленных островов Псковского озера (Талабские о-ва, о. Колпина, о. Семский).

Зарастание Псковского озера за период 1988–2017 гг. носит флуктуирующий характер. Сообщества воздушно-водной растительности в указанные выше годы развиваются на одних и тех же участках. Наибольшее развитие гелофитная растительность получила в районе дельты р. Великой, а также вокруг островов и на песчаных отмелях. Четкой тенденции к увеличению площади зарастания озера воздушно-водной растительностью не обнаружено. По результатам обработки спутниковых снимков за указанный выше период, средняя площадь, занимаемая гелофитами, составляет 4.14%.

Достоинствами использования снимков ДЗЗ малого пространственного разрешения являются наличие широкой площади обзора и хорошие возможности дешифрования за счет комбинаций спектральных каналов, что позволяет подобрать наиболее контрастное отображение интересующих растительных сообществ (Филоненко и Комарова, 2015). Несомненным преимуществом спутниковых снимков Landsat является их свободное получение и наличие многолетнего архива отснятых сцен (с 1972 г.), что позволяет использовать их для изучения многолетней динамики растительных сообществ. Наличие спектральных каналов позволяет выявлять и анализировать природные явления, недоступные при стандартных аэро- или фотосъемках.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-12-60005 а (р).

Список литературы

Гигевич, Г.С., 1991. Биоиндикаторная роль макрокритов при антропогенном воздействии (на примере озер Белоруссии). В: Андроникова, И.Н. (ред.), *Материалы всесоюзного совещания «Антропогенные изменения экосистем малых озер (причины, последствия, возможность управления)»*. Книга 2. Гидрометеиздат, Санкт-Петербург, Россия, 204–206.

Иванов, В.В., 1949. Закономерности распределения и практическое использование высшей водной растительности Псковского озера. *Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук*, Ленинград, СССР, 210 с.

Иванов, В.В., 1966. К вопросу о зарастании озер Псковской области. *Тезисы межвузовской научной конференции «Малые озера Псковской и смежных областей и их использование»*, Псков, Россия, 43–45.

Карпухина, Н.В., 2012. Геоморфология берегов Чудско-Псковского озера. *Вестник Московского университета* 5 (4), 54–60.

Кондратьев, С.А., Голосов, С.Д., Зверев, И.С., Рябченко, В.А., Дворников, А.Ю., 2010. Моделирование абиотических процессов в системе водосбор – водоем (на примере Чудско-Псковского озера). *Нестор-История*, Санкт-Петербург, Россия, 104 с.

Костюченко, В.П., Семенова, А.А., Хлобастина, Г.А. 1974. Гидролого-гидрохимическая характеристика Псковско-Чудского водоема. *Известия ГосНИОРХ* 83, 5–15.

Куллус, Л.П., Мерила, Л.А., 1966. Данные по изученности, гидрометеорологическому и гидрохимическому режимам Чудско-Псковского озера. В: Пиху, Э. и др. (ред.), *Гидробиология и рыбное хозяйство Псковско-Чудского озера*. Валгус, Таллин, Эстония, 9–34.

Мяэметс, А.Х., 1980. Изменение зоопланктона. В: Коплан-Дикс, И.С., Стравинская, Е.А. (ред.), *Антропогенное воздействие на малые озера*. Наука, Ленинград, СССР, 54–64.

Недоспасова, Г.В., 1974. Высшая водная растительность Псковско-Чудского водоема. *Известия ГосНИОРХ* 83, 26–32.

Ниценко, А.А., 1967. Краткий курс болотоведения. Высшая школа, Москва, Россия, 148 с.

- Папченков, В.Г., 2001. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья. ЦМП МУБиНТ, Ярославль, Россия, 200 с.
- Папченков, В.Г., Щербаков, А.В., Лапиров, А.Г., 2003. Основные гидрботанические понятия и сопутствующие им термины. *Гидрботаника: методология, методы. Материалы Школы по гидрботанике, Борок, 8–12 апреля 2003 г.* Рыбинский Дом печати, Рыбинск, Россия, 27–38.
- Садчиков, А.П., Кудряшов, М.А., 2004. Экология прибрежно-водной растительности. НИА-Природа, РЭФИА, Москва, Россия, 220 с.
- Соколов, А.А. (ред.), 1983. Чудско-Псковское озеро. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ СССР. Гидрометеиздат, Ленинград, СССР, 158 с.
- Судницына, Д.Н., Ганго, А., Осипова, Н. 1990. Особенности зарастания Псковско-Чудского озера. *Тезисы межвузовской научной конференции «Экологические проблемы Северо-Запада».* Псков, Россия, 42–44.
- Судницына, Д.Н., Григорьева В.В., 1998. Анализ флористического списка острова им. И.С. Белова (Псковское озеро). *Природа Псковского края* 2, 22–28.
- Судницына, Д.Н., Козырева, К.Б., 2005а. Биоэкологическая и геоботаническая характеристика тростника обыкновенного Псковско-Чудского озера. *Материалы межрегиональной общественно-научной конференции с международным участием «Запад России и ближнее зарубежье: устойчивость социально-культурных и эколого-хозяйственных систем».* ПГПУ, Псков, Россия, 145–147.
- Судницына Д.Н., Козырева, К.Б., 2005б. Современное состояние высшей водной растительности Псковско-Чудского озера. *Материалы межрегиональной общественно-научной конференции с международным участием «Запад России и ближнее зарубежье: устойчивость социально-культурных и эколого-хозяйственных систем».* ПГПУ, Псков, Россия, 148–151.
- Судницына, Д.Н., Михайлова К.Б., 2016. Влияние колебаний уровня воды Псковско-Чудского озера на структуру флоры Талабских островов. *Вестник Псковского государственного университета. Серия «Естественные и физико-математические науки»* 9, 42–50.
- Судницына, Д.Н., Тарасова Е.Е., 2002. Видовой состав сосудистых растений о. Залита Псковского озера. *Природа Псковского края* 14, 21–29.
- Тимм, Т., Раукас, А., Хаберман, Ю., Яани, А. (ред.), 2012. Псковско-Чудское озеро. Eesti Loodusfoto, Тарту, Эстония, 490 с.
- Тувикене, Х.М., 1966. О высшей водной растительности Чудско-Псковского озера. В: Мятинг, А., Пиху, Е. (ред.), *Гидробиология и рыбное хозяйство Псковско-Чудского озера.* Валгус, Таллин, Эстония, 75–79.
- Филоненко, И.В., Комарова, А.С., 2016. Многолетняя динамика площади зарастания прибрежно-водной растительностью оз. Воже. *Принципы экологии* 4 (4), 63–72.
- Mäemets, H., Mäemets, A., 2001. Macrophytes. In: Pichu, E., Haberman, J. (eds.), *Lake Peipsi: Flora and Fauna.* Sulemees Publishers, Tartu, Estonia, 9–22.
- Peterson, U., Liira, J., 2016. Eesti ja Euroopa järvede kaldaveetaimestiku, põhiliselt rannaroostike dünaamika Landsati piltide aegreas. In: Peterson, U., Lillemaa, T. (eds.), *Eesti kaugseire.* Tartu Observatoorium, Tõravere, Estonia, 119–135.
- Starast, H., Lindpere, A., Milius, A., 1999. Hydrochemical regime of three parts of lake Peipsi during vegetation period. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Biology, Ecology* 48 (3), 199–215.
- USGS Global Visualization Viewer. Электронный ресурс <http://glovis.usgs.gov> (дата обращения: 26.06.2018).

Long-term dynamics of the area overgrown by helophytic vegetation in Lake Pskov

Kristina B. Mikhailova¹, Sergey G. Mikhalap²

¹ State Research Institute on Lake and River Fisheries, St-Petersburg (GosNIORKh), Pskov Branch, Pskov Region, Pskov, Ulitsa M. Gorkogo 13, 180007 Russia

² Pskov State University, Ulitsa Sovetskaya 21, Pskov Region, Pskov, 180000 Russia

kristina.pismo@yandex.ru

sgmikhalap@gmail.com

This paper presents the results of a spatiotemporal analysis of the dynamics of the overgrowing of helophytes in the water area of Lake Pskov (Pikhva) for the period 1988 to 2017. Using the classification procedure for Landsat satellite images for different years, zones of overgrowing by helophytes in the coastal zone and islands of Lake Pskov were identified. During this period, no clear trend towards overgrowing of Lake Pskov by air and water vegetation was observed. Helophytes develop annually on the same sites. The positive dynamics of overgrowing of individual areas is local, as shown by the example of the Talabsk Islands, where the zone of overgrowth between 2007 and 2017 increased by 7.5 ha. The composition of the dominants of the main communities of the coastal aquatic vegetation did not change significantly over the years. The average value of the area occupied by helophytes is 4.14%. The results obtained are fundamental for determining the overgrowth of Lake Pskov within the framework of the ongoing environmental monitoring of the Peipsi-Pikhva Lake Complex.

Keywords: Lake Pskov, helophytes, overgrowing, geographic information system (GIS), satellite imagery, Landsat.