Трансформация экосистем
Ecosystem Transformation

ISSN 2619-0931 Online
www.ecosysttrans.com

DOI 10.23859/estr-230704
EDN EMCWXG
УДК 581.55 (571.151)

Научная статья

Динамика восстановления высшей водной и прибрежно-водной растительности озера Манжерокское после дноуглубительных работ 2018 г.

Л.М. Киприянова

Институт водных и экологических проблем СО РАН, 656038, Россия, г. Барнаул, ул. Молодежная, д. 1

lkipriyanova@mail.ru

Аннотация. В результате обобщения ретроспективных и современных данных получена картина динамики водной и прибрежно-водной растительности озера Манжерокского за последние годы. Показано, что до начала дноуглубительных работ водная растительность озера отличалась высоким видовым и ценотическим разнообразием, однако к 2007 г. состояние популяции водяного ореха *Trapa pectinata* ухудшилось по сравнению с 1970-ми годами. Дноуглубительные работы, проведенные в 2018 г., привели к катастрофическому падению видового (с 25 до 12 видов) и ценотического (с 10 до 3 ассоциаций) разнообразия гидро- и гелофитной растительности. С водоема полностью исчезли заросли кувшинки чисто-белой. В первые годы после завершения работ показатели разнообразия резко выросли и к 2022 г. достигли 24 видов и 12 ассоциаций соответственно. Несмотря на то, что к 2022 г. произошло восстановление популяции водяного ореха, на сегодняшний день озеро Манжерокское является единственным в Республике Алтай водоемом с уникальной популяцией *Trapa pectinata*, поэтому необходимо его сохранение в статусе особо охраняемой природной территории. Кроме охраны популяции *Trapa pectinata*, необходимо сохранение редких видов сплавинного комплекса – *Sparganium subglobosum* и *S. glomeratum*.

Ключевые слова: Республика Алтай, макрофиты, флора, видовое разнообразие, ценотическое разнообразие

Финансирование. Обобщение мониторинговых данных выполнено в рамках проекта Российского научного фонда № 23-27-00401, https://rscf.ru/project/23-27-00401/

Благодарности. Выражаю признательность Л.В. Пожидаевой, А.В. Грибкову, И.С. Чупиной за любезно предоставленные данные по состоянию популяции водяного ореха в 2019 г. Благодарна к.б.н. П.А. Волобаеву за помощь в экспедиционных работах на озере Манжерокское в 2021 г., А.И. Киприянову – в 2007, 2017, 2018, 2020–2022 гг.

ORCID:
Л.М. Киприянова, https://orcid.org/0000-0001-9999-1956

Для цитирования: Киприянова, Л.М., 2024. Динамика восстановления высшей водной и прибрежно-водной растительности озера Манжерокское после дноуглубительных работ 2018 г. *Трансформация экосистем* **7** (1), 196–215. https://doi.org/10.23859/estr-230704

Поступила в редакцию: 04.07.2023
Принята к печати: 19.09.2023
Опубликована онлайн: 07.03.2024

DOI 10.23859/estr-230704
EDN EMCWXG
UDC 581.55 (571.151)

Article

Dynamics of restoration of higher aquatic and semi-aquatic vegetation of Lake Manzherokskoye after its dredging in 2018

L.M. Kipriyanova

Institute for Water and Environmental Problems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, ul. Molodezhnaya 1, Barnaul, 656038 Russia

lkipriyanova@mail.ru

Abstract. The generalized retrospective and modern data represent dynamics of aquatic and semi-aquatic vegetation of Lake Manzherokskoye in recent years. It is shown that before implementation of the dredging works, the aquatic vegetation of Lake Manzherokskoye was distinguished by high species and coenotic diversity. However, the state of the water chestnut population worsened by 2007, as compared to the 1970s. Dredging caused a drastic decline in species and coenotic diversity of aquatic and semi-aquatic vegetation. For instance, species diversity of vascular plants (hydro- and helophytes) reduced from 25 to 12 species, while coenotic one – from 10 to 3 associations. Previously extensive thickets of water lily *Nymphaea candida* completely disappeared. In the first years after dredging, a rapid restoration of the macrophyte component of the aquatic ecosystem of Lake Manzherokskoye occurred, i.e. a drastic increase in species and coenotic diversity. In 2018–2022, species diversity of hydro- and helophytes increased from 12 to 24 species, and coenotic diversity – from 3 to 12 associations. Though the water chestnut population had recovered by 2022, today Lake Manzherokskoye remains the only reservoir in the Republic of Altai where the unique population *Trapa pectinata* exists. Thus, the lake should be preserved as a special protected natural area. Along with water chestnut, conservation of rare species of the floating mats (*Sparganium subglobosum* and *S. glomeratum)* is also of great importance.

Keywords: Republic of Altai, macrophytes, flora, species diversity, coenotic diversity

Funding. Generalization of monitoring data was carried out within the framework of the Russian Science Foundation project No. 23-27-00401, https://rscf.ru/project/23-27-00401/

Acknowledgements. I express my gratitude to L.V. Pozhidaeva, A.V. Gribkov, I.S. Chupina for providing the data on the state of the water chestnut population in 2019. I am grateful to PhD. P.A. Volobaev for assistance in expeditionary works on Lake Manzherokskoye in 2021 and A.I. Kipriyanov – in 2007, 2017, 2018, 2020–2022.

ORCID:
L.M. Kipriyanova, https://orcid.org/0000-0001-9999-1956

To cite this article: Kipriyanova, L.M., 2024. Dynamics of restoration of higher aquatic and semi-aquatic vegetation of Lake Manzherokskoye after its dredging in 2018. *Ecosystem Transformation* **7** (1), 196–215. https://doi.org/10.23859/estr-230704

Received: 04.07.2023
Accepted: 19.09.2023
Published online: 07.03.2024

Введение

Озеро Манжерокское с 1978 г. является памятником природы регионального значения; этот статус утвержден Постановлением Правительства Республики Алтай от 16.02.1996 г.[1] Позднее Постановлением Правительства Республики Алтай[2] и приказом Министерства природных ресурсов Республики Алтай[3] подтвержден статус памятника природы республиканского значения.

Озеро Манжерокское является единственным в Республике Алтай водоемом, в котором произрастает водяной орех (синонимы – чилим, рогульник) *Trapa natans* L. s.l., включенный в Приложение 1 Бернской конвенции[4]. Вид был включен в Красную книгу СССР (1984), Красную книгу РСФСР (1988), в сводку «Редкие и исчезающие растения Сибири» (1980), Красную книгу Алтайского края (2016) и Красную книгу Республики Алтай (2017). На основании более дробного видения рода *Trapa* водяной орех, произрастающий в оз. Манжерокском, принадлежит к виду *Trapa pectinata* V. Vassil., являющемуся эндемиком Алтае-Саянской ботанико-географической провинции, описанным из этого озера и пока найденным только в нем (Ильин, 1982; Куминова, 1960; Флора СССР, 1949), в то время как в оз. Колыванском, как считается, произрастает другой вид – *T. kasachstanica* V. Vassil. (Ильин, 1987).

Исследования флоры и растительности оз. Манжерокского проводились в 1970-х гг. В.В. Ильиным (1982), а также в 2010 г. Е.Ю. Зарубиной и М.И. Соколовой (2016). В 2018 г. с целью замедления зарастания и заполнения чаши оз. Манжерокского илами с высоким содержанием органического вещества был реализован проект расчистки и дноуглубления водоема (Безматерных и др., 2020a; Робертус и др., 2021). В результате максимальная глубина водоема увеличилась более чем на 2 м (до 5.66 м), а объем воды вырос более чем в два раза (до 1.16 млн м^3), что в перспективе должно было привести к улучшению кислородного режима и снижению концентрации биогенных веществ (Безматерных и др., 2020a, b). В результате дноуглубительных работ экосистема озера, в том числе и водная растительность, претерпела катастрофические изменения. Состояние оз. Манжерокское в 2018 г. охарактеризовано как состояние антропогенного метаболического регресса (снижение интенсивности метаболизма биоценоза), т.к. зафиксировано снижение биоразнообразия, численности и биомассы всех основных компонентов водной экосистемы (Безматерных и др., 2020b). В связи с планирующимися повторными дноуглубительными работами трансформация экосистемы водоема еще не окончена, поэтому исследование ее текущего статуса особенно актуально и может послужить основой для последующей реставрации растительного покрова уникального озера.

Целью настоящей работы является обобщение данных по динамике видового и ценотического богатства водной и прибрежно-водной растительности после проведенных дноуглубительных работ. Особое внимание в данной работе было уделено динамике популяции водяного ореха гребенчатого (*Trapa pectinata* V. Vassil.).

---

[1] Постановление Правительства Республики Алтай от 16.02.1996 г. № 38«Об утверждении памятников природы республиканского значения».

[2] Постановление Правительства Республики Алтай от 27.06.2007 г. № 126 «О памятнике природы республиканского значения «Озеро Манжерокское».

[3] Приказ Министерства природных ресурсов Республики Алтай от 6.05.2019 № 416 «Об утверждении Положения и границ памятника природы республиканского значения «Озеро Манжерокское».

[4] The Convention on the conservation of European Wildlife and Natural Habitats, Bern, 19.IX.1979.

Материалы и методы

Озеро Манжерокское расположено на правом берегу р. Катуни в 1.75 км от ее русла, в 1.5 км восточнее с. Манжерок у подножия г. Синюха на территории Майминского района Республики Алтай. Озеро эллиптической формы простирается с юго-запада на северо-восток на 1112 м, его максимальная ширина – 430 м, площадь зеркала – 37.6 га (Цимбалей, 2008). Озерная котловина образовалась от запруживания древней долины р. Катунь боковой мореной ледника (Селедцов, 1963), что подтверждается строением ее берегов и вытянутостью в направлении долины. Территория, на которой расположено оз. Манжерокское, находится в Чемало-Майминском лесостепном районе (Куминова, 1960). По гидрохимическому составу его воды относятся к типу гидрокарбонатных кальциевых ультрапресных (0.08 г/дм^3), мягких (0.95–1.15 мг-экв/дм^3), нейтральных и слабо щелочных (pH 6.9–8.5) вод (Робертус и др., 2021). Питание водоема происходит за счет поверхностного стока атмосферных осадков, ручьев, стекающих со склонов г. Синюха, и грунтовых вод (Робертус и др., 2021; Цимбалей, 2014). Минимально допустимый уровень воды в озере равен 375.2 м, а нормальный подпорный уровень –375.5 м (Робертус и др. 2021). К юго-востоку от озера, где расположены смешанные леса (делювиально-пролювиальный шлейф и склоны г. Синюха), развивается горнолыжный комплекс «Манжерок»: строятся административные и жилые здания. На озеро, как и на другие небольшие озера предгорий Алтая (Ая и Колыванское), оказывается большая рекреационная нагрузка, что в настоящее время является причиной их неудовлетворительного экологического состояния (Безматерных и др., 2020а).

Данное исследование выполнено на основе результатов полевых работ автора, проведенных в августе 2017 г., июле и августе 2018 г., июле 2020 г., августе 2021 и 2022 гг. с использованием надувной лодки. В ходе работ применялись гидроботанические грабельки-кошки, портативный навигатор Garmin eTrex Vista (с GPS-приемником), водостойкая фотокамера Pentax. Для измерения прозрачности использовали белый диск Секки. Для определения растений использовался стереоскопический микроскоп Альтами ПС0745-Т с фотокамерой. Идентификация сосудистых растений проводилась по ключам и описаниям Л.И. Лисицыной и В.Г. Папченкова (2000), а также А.А. Боброва (Определитель..., 2020). Для оценки состояния популяции чилима в 2019 году использованы данные отчета Л.В. Пожидаевой с соавторами (2019). Для анализа многолетней динамики проанализированы данные предыдущих исследователей (Зарубина и Соколова, 2016; Ильин, 1982). Используемая в работе номенклатура таксонов по высшим растениям соответствует данным сайта Catalogue of life[5] (2022). Объем вида *Trapa pectinata* V. Vassil. принят по работе Н.Н. Цвелева (1993). Экогруппы по отношению к увлажнению (гидрофиты, гелофиты, земноводные виды, гигрогелофиты, гигрофиты) принимались нами в соответствии с классификацией В.Г. Папченкова с соавторами (2006). Сбор материала по ценотическому составу растительности и его обработка проведены согласно общим установкам направления эколого-флористической классификации растительности (Braun-Blanquet, 1964).

Результаты

Характеристика водной и прибрежно-водной растительности до начала дноуглубительных работ

Прозрачность оз. Манжерокского до проведения дноуглубительных работ варьировала в зависимости от сезона от 60 см в июне–июле до 180 см в августе (Ильин, 1982). Концентрация взвешенных веществ до дноуглубительных работ в 2015 г. составляла 0.035 г/дм^3 (Робертус и др., 2021).

В связи с мелководностью и хорошим прогревом в летний период озеро характеризовалось высоким флористическим и ценотическим разнообразием. Так, флористическое разнообразие водных и прибрежно-водных растений в 2010 г. составляло 34 вида (Табл. 1[6]). Наибольшее видо-

[5] Catalogue of life: The most complete authoritative list of the world's species, 2022. Интернет-ресурс. URL: https://www.catalogueoflife.org (дата обращения: 23.05.2023).

[6] Гигрогелофитному компоненту растительности озера и мохообразным в нашем исследовании уделялось меньшее внимание по сравнению с гидрофитным компонентом и сосудистыми растениями, поэтому отсутствие в списке не обязательно означает фактическое отсутствие видов на водоеме.

Табл. 1. Высшие водные и прибрежно-водные растения, отмеченные на оз. Манжерокском в разные годы исследований. + – вид отмечен, ++ – вид образует сообщества, +++ – сообщества формируют обширные заросли, * – вид с большой вероятностью тоже присутствует, но не был отмечен в описаниях. Точка обозначает отсутствие вида.

Вид	Даты исследования (по литературе и собств. данным)						
	1976 (по: Ильин, 1982)	2010 (по: Беляков и Зарубина, 2021; Зарубина и Соколова, 2016)	15.08.2017	08.08.2018	26.07.2020	26.08.2021	01.08.2022
Гидрофиты неукорененные							
Ceratophyllum demersum L.	+	+	.	.	.	.	.
Hydrocharis morsus-ranae L.	+	++	++	++	++	++	++
Lemna minor L.	+	+	+	+	+	+	+
L. turionifera Landolt	.	.	.	.	.	.	+
Riccia fluitans L.	.	.	+	.	.	+	.
Spirodela polyrhysa (L.) Schleid.	.	.	+	+	+	+	+
Utricularia minor L.	.	++	.	.	.	.	.
U. vulgaris L.	+	.	+	+	.	.	.
Гидрофиты погруженные укорененные							
Callitriche palustris L.	.	.	+	.	.	.	+
Fontinalis anthipyretica Hedw.	++	.	.	.	.	.	.
Hydrilla vericillata (L. fil.) Royle	++	+++	++	.	.	.	.
Potamogeton alpinus Balb.	.	.	.	.	.	.	+
P. berchtoldii Fieb.	.	+	+	.	.	.	++
P. compressus L.	+	+	.	.	.	.	.
P. gramineus L.	.	.	+	.	.	.	+
P. obtusifolius Mert. et Koch	.	.	.	.	.	+	.
P. perfoliatus L.	+	++	++	.	.	.	+
P. praelongus Wulfen	+	++	+	.	.	.	+
Гидрофиты укорененные с плавающими листьями							
Nymphaea candida C. Presl.	++	+++	+++	++	.	.	+
N. tetragona Georgi	+	+	++	.	.	+	++
Nuphar pumila (Timm) DC.	+	+	++	.	.	.	.
Persicaria amphibia (L.) Gray	.	.	.	+	++	++	+
Potamogeton natans L.	++	++	+	.	+	.	++
Sagittaria natans Pall.	++	++	+	.	.	++	++
Trapa pectinata V. Vassil.	+++	+	+	.	++	++	+++
Итого видов гидрофитов	15	15	18	6	6	9	16
Итого ассоциаций гидрофитов	6	8	6	2	3	4	6

Вид	Даты исследования (по литературе и собств. данным)						
	1976 (по: Ильин, 1982)	2010 (по: Беляков и Зарубина, 2021; Зарубина и Соколова, 2016)	15.08.2017	08.08.2018	26.07.2020	26.08.2021	01.08.2022
Прибрежно-водные							
Гелофиты							
Acorus calamus L.	.	.	++	.	.	.	.
Eleocharis mamillata (Lindb.) Lindb.	.	.	+	+	+	++	++
E.palustris (L.) Roem. et Schult.	,	+					
Equisetum fluviatile L.	+	+	+	.	.	.	.
Phragmites australis (Cav.) Trin. ex Steud.	++	.	++	+	.	.	.
Schoenoplectus lacustris (L.) Palla	++	+	.	.	.	.	.
Scirpus radicans Schkuhr	.	+	++	++	++	++	++
Sparganium emersum Rehm.	+	.	.	.	+	++	++
S. erectum L.	.	.	.	.	.	++	**
S. glomeratum (Laest.) Neuman	.	.	.	.	.	+	*
S. natans L.	.	.	.	.	.	+	.
S. subglobosum Morong	.	+	*	*	*	++	**
Typha angustifolia L.	.	++	.	+	+	+	+
T. latifolia L.	++	+	++	+	+	++	++
Итого видов гелофитов	5	7	7	6	6	9	8
Итого ассоциаций гелофитов	3	1	4	1	1	6	6
Гигрогелофиты и гигрофиты							
Bidens cernua L.	.	.	+	.		++	+
B. tripartita L.	.	.	+	+	+	+	++
Calla palustris L.	++	++	+	+	.	+	++
Carex atherodes Spreng.	.	.	++	.	.	.	.
Carex spicata Huds. (синоним *C. contigua* Hoppe)	.	+	.	.	.	.	.
C. lasiocarpa Ehrh.	.	++	.	.	.	.	.
C. pseudocyperus L.	.	++	.	.	.	.	.
C. rhynchophysa C.A. Mey.	.	+	++	.	.	.	.
C. riparia Curt.	.	.	+	.	.	.	.
Comarum palustre L.	.	.	+	++	++	+	+
Cicuta virosa L.	.	.	+	+	.	+	+
Drepanocladus aduncus (Hedw.) Warnst.	.	+	.	.	.	.	.
Echinochloa crus-galli (L.) P. Beauv.	.	.	.	.	.	.	+

Вид	Даты исследования (по литературе и собств. данным)						
	1976 (по: Ильин, 1982)	2010 (по: Беляков и Зарубина, 2021; Зарубина и Соколова, 2016)	15.08.2017	08.08.2018	26.07.2020	26.08.2021	01.08.2022
Epilobium palustre L.	.	.	.	+	.	.	+
Equisetum palustre L.	.	.	+	.	.	.	.
Galium trifidum L.	.	+	.	.	.	.	.
Glyceria lithuanica (Gorski) Gorski (синоним *G. triflora* (Korsh.) Kom.)	.	.	.	.	.	.	+
Leersia oryzoides (L.) Sw.	.	.	.	.	.	.	+
Lycopus europaeus L.	.	.	+	+	.	+	.
Lycopus exaltatus L. fil.	.	.	.	+	.	.	+
Lysimachia vulgaris L.	.	.	.	+	.	.	.
Menyanthes trifoliata L.	++	++	.	+	.	+	.
Persicaria hydropiper (L.) Spach.	.	.	+	+	.	+	++
Persicaria lapathifolia (L.) S.F. Gray	.	.	.	+	.	.	+
Phalaris arundinacea L.	.	.	+	+++	.	.	.
Rorippa sylvestris (L.) Besser	.	.	.	.	.	.	+
Scolochloa festucacea (Willd.) Link	+	+	.	.	.	.	.
Scutellaria galericulata L.	.	.	+	.	.	.	.
Sphagnum magellanicum Brid.	.	+	.	.	.	.	.
Stachis palustris L.	.	.	.	+	.	.	+
Thelypteris palustris (Salisb.) Schott	.	++	++	++	+	+	+

вое разнообразие во флоре водоема наблюдалось среди гидрофитов (16 видов, или 47%) (Зарубина и Соколова, 2016). Кроме того, в 2010 г. была сделана находка *Sparganium subglobosum* Morong в оз. Манжерокском. Это вид с дизъюнктивным ареалом является восточноазиатским элементом флоры (Беляков и Зарубина, 2020). В августе 2021 г. данная находка нами была подтверждена (Киприянова и Волобаев, 2023). Растения формировали разреженные сообщества на сплавине в юго-западной части озера.

В последние годы численность популяции водяного ореха в оз. Манжерокском существенно уменьшилась. Если около 40 лет назад чилим был основным ценозообразователем на озере (асс. **Trapetum natantis** Kárpáti 1963) и общая площадь, занимаемая его зарослями, составляла около 13% акватории (Рис. 1**A**) (Ильин, 1982), то в начале XX в. состояние его популяции значительно ухудшилось. В 2007 г. мы посетили озеро, работая по программе создания списка ключевых ботанических территорий (Киприянова, 2009), и констатировали, что основным ценозообразователем стала кувшинка чисто-белая, а площади зарослей водяного ореха резко уменьшились, однако еще сохранялись сообщества площадью более 100 м^2 (собств. данные). В 2010 г. в ходе картирования растительности водоема Е.Ю. Зарубиной сообщества водяного ореха не были отмечены вовсе, чилим был указан как сопутствующий вид в сообществах кувшинки чисто-белой (Рис. 1**B**) (Зарубина и Соколова, 2016).

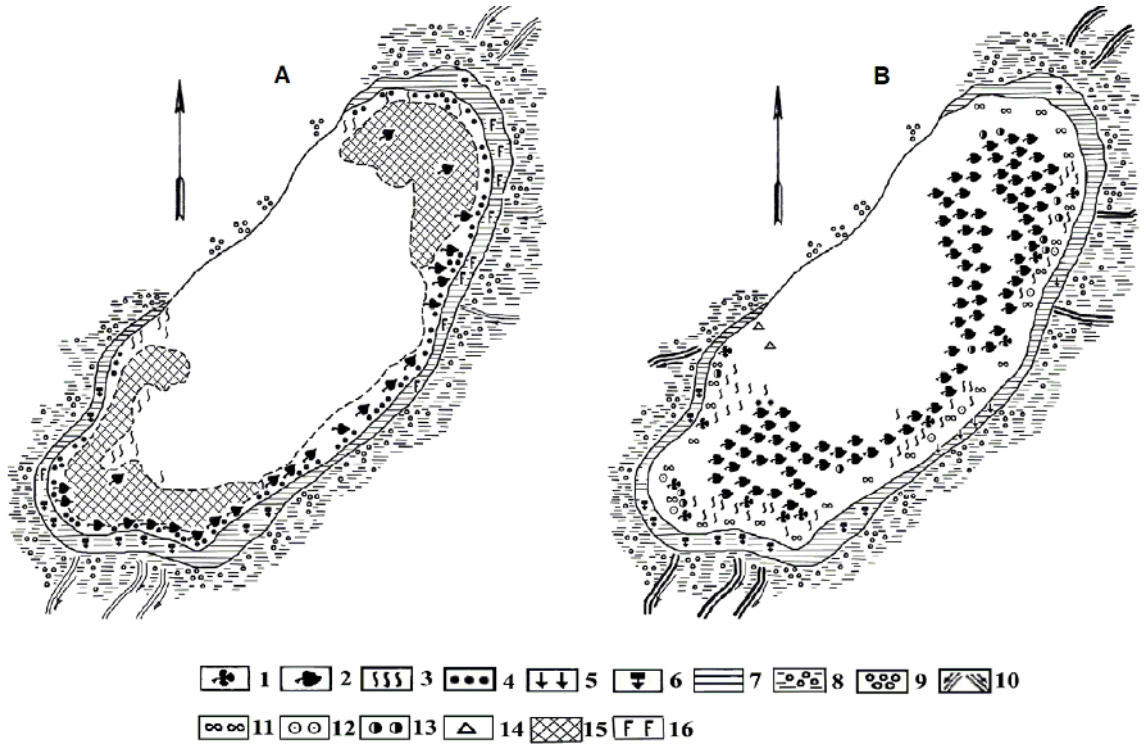


Рис. 1. Схемы зарастания оз. Манжерокского: **А** – по: Ильин, 1982, **В** по: Зарубина и Соколова, 2016. 1 – заросли *Trapa pectinata*; 2 – *Nymphaea candida*; 3 – *Hydrilla verticillata*; 4 – *Scirpus lacustris*; 5 –*Typha angustifolia*; 6 – *Typha latifolia*; 7 – сплавина (*Menyanthes trifoliata, Calla palustris, Carex* spp.); 8 – заболоченный берег; 9 – кустарники (*Salix* sp., *Padus* sp., *Viburnum* sp.); 10 – ручьи; 11 – *Hydrocharis morsus-ranae*; 12 – *Utricularia minor;* 13 – *Potamogeton natans*; 14 – *Potamogeton praelongus*; 15 – *Trapa pectinata*; 16 – *Phragmites australis.*

За год до планируемой «реабилитации», в 2017 г., в ходе обследования оз. Манжерокского нам попадались только отдельные экземпляры чилима. По нашей приблизительной оценке, его численность не превышала 300–500 экземпляров. Доминантом растительного покрова являлась кувшинка чисто-белая (acc. **Nymphaeetum candidae** Miljan 1958), формирующая обширные заросли с высоким покрытием (Рис. 2). Из других сообществ в 2017 г. были отмечены ценозы, образованные *Hydrocharis morsus-ranae* (acc. **Hydrocharitetum morsus-ranae** van Langendonck 1935)*, Hydrilla vericillata* (acc. **Hydrilletum verticillatae** Tomaszewicz 1979)*, Potamogeton perfoliatus* (acc. **Potamogetonetum perfoliati** Miljan 1933)*, Nuphar pumila* (acc. **Nupharetum pumilae** Miljan 1958) (Рис. 3)*, Nymphaea tetragona* (acc. **Nymphaeetum tetragonae** Ito et Umezawa 1970)*, Acorus calamus* (acc. **Acoretum calami** Dagys 1932), *Phragmites australis* (acc. **Phragmitetum australis** Savich 1926), *Thelypteris palustris* (acc. **Thelypterido palustris – Phragmitetum australis** Kuiper ex van Donselaar et al. 1961 (Табл. 1). Видовое и ценотическое разнообразие водной растительности было довольно высоким (18 и 6, соответственно), с гелофитной – 25 видов и 10 типов сообществ (Рис. 4, 5). Прозрачность воды, по данным наших измерений, составляла 80 см.

Характеристика водной и прибрежно-водной растительности после проведения дноуглубительных работ

2018 г.

В августе 2018 г., через месяц после проведенных мероприятий по выемке грунтов, прозрачность воды по диску Секки составляла 0.5–1.0 см, концентрация взвешенных веществ – 2.830 г/см^3 (Робертус и др., 2021).

Относительно стабильное состояние в августе 2018 г. было характерно лишь для растительных сообществ сплавин, слагаемых воздушно-водными растениями: в основном, гигрогелофитами, которые практически не пострадали после дноуглубительных работ (нами были сделаны описания сообществ телиптериса болотного (*Thelypteris palustris*) (Рис. 6) и сабельника болотного



Рис. 2. Ценозы кувшинки чисто-белой *Nymphaea candida*, преобладавшие в растительном покрове озера до проведения работ (15.08.2017).



Рис. 3. Сообщества кубышки малой *Nuphar pumila* в оз. Манжерокском в августе 2017 г.

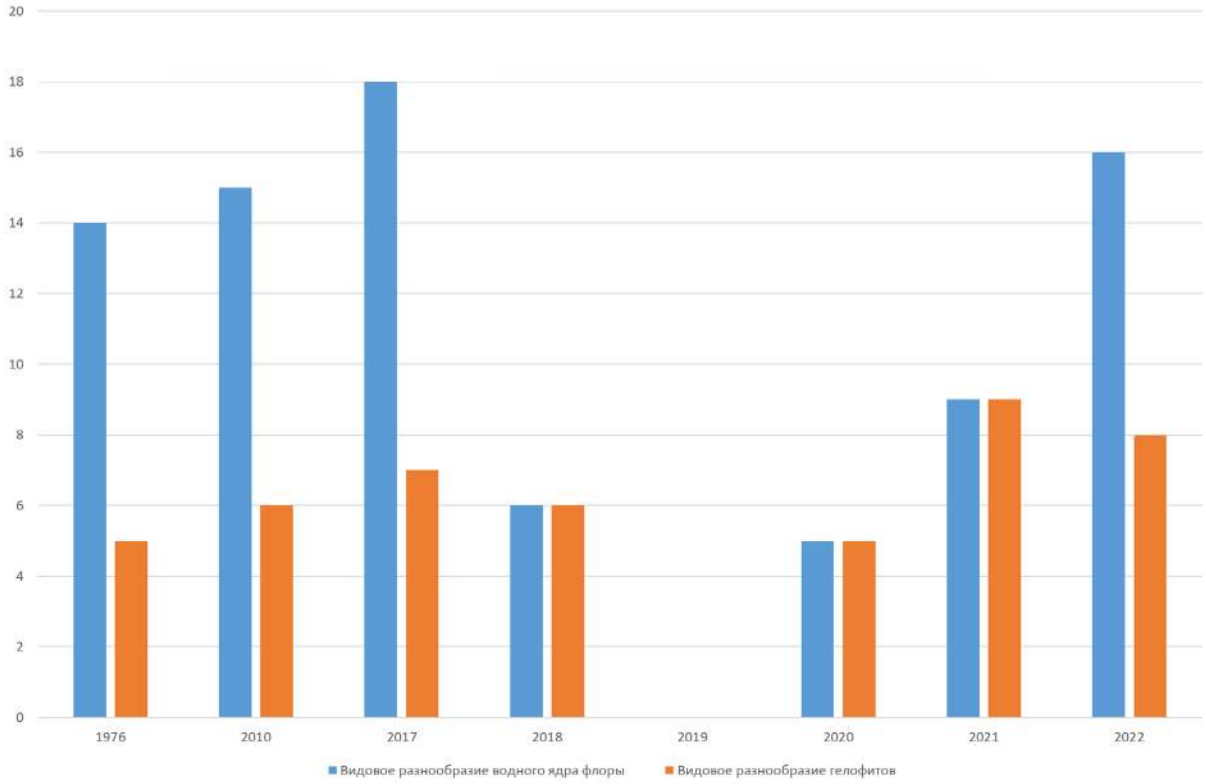


Рис. 4. Динамика видового разнообразия высших растений оз. Манжерокского в 1976–2022 гг.

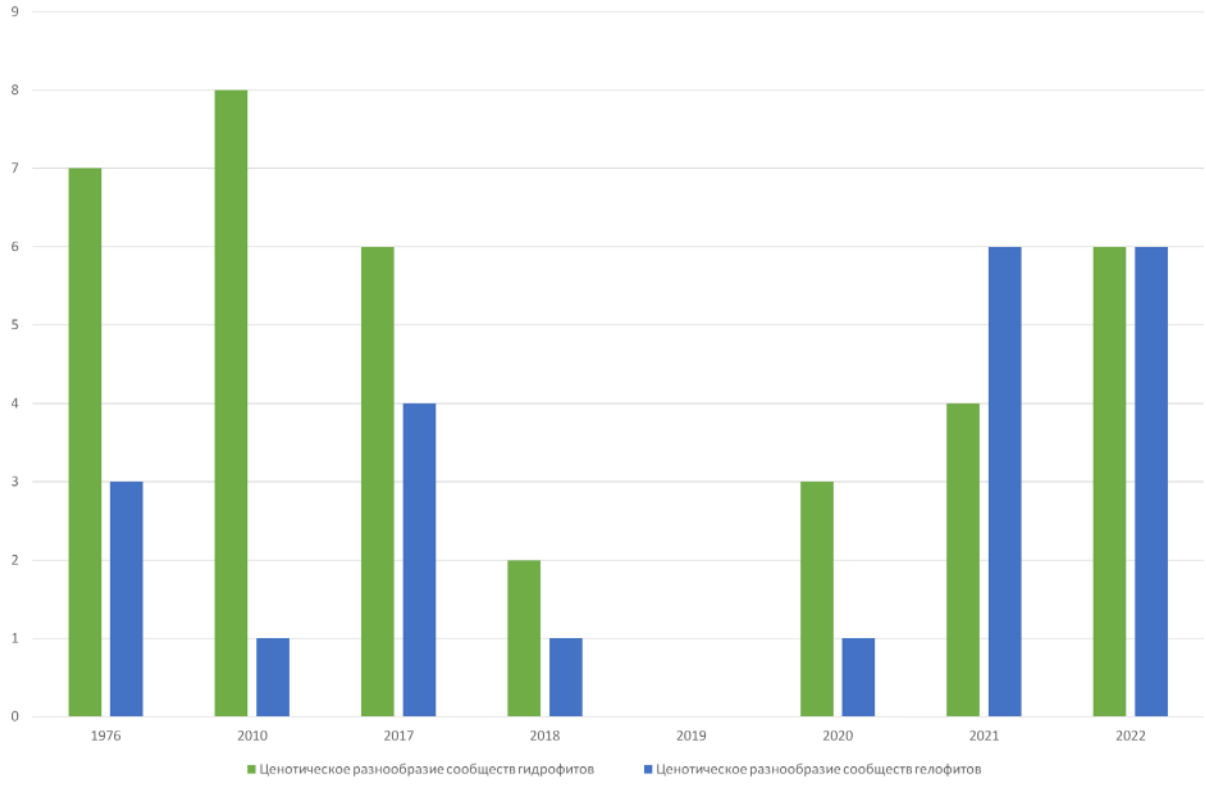


Рис. 5. Динамика ценотического разнообразия растительности оз. Манжерокского в 1976–2022 гг.

(*Comarum palustre*). Из всего разнообразия гидрофитов, обнаруженных ранее в оз. Манжерокском (14 видов водного ядра сосудистой флоры в 1976 г. (Ильин, 1982), 15 – в 2010 г. (Зарубина и Соколова, 2016)), в августе 2018 г. зарегистрировано лишь 5 видов. Это *Nymphaea candida* (кувшинка чисто-белая), *Spirodela polyrhiza* (многокоренник обыкновенный), *Lemna minor* (ряска малая), *Hydrocharis morsus-ranae* (водокрас лягушачий) и *Utricularia vulgaris* (пузырчатка обыкновенная). При анализе видового списка наибольшее внимание обращает отсутствие погруженных гидрофитов – рдестов и гидриллы, для которых сложившиеся условия были особенно неблагоприятными. В 2018 г. не обнаружено ни одного из сообществ погруженной водной растительности, наблюдаемых в предыдущие годы. Данные картирования растительности показали, что изъятие илов, как и планировалось, не затронуло основные места произрастания кувшинки чисто-белой. Ценозы кувшинки имели в 2018 г. низкое по сравнению с предыдущими периодами проективное покрытие (не более 35%, в среднем 10–15%), слабое цветение. Из других ценозов водных растений наблюдались только сообщества асс. **Hydrocharitetum morsus-ranae**, образованные неукорененным видом с плавающими на поверхности воды листьями – водокрасом лягушачьим.

Таким образом, в результате дноуглубительных работ произошло катастрофическое падение видового и ценотического разнообразия водной и прибрежно-водной растительности: видовое разнообразие сосудистых растений (гидро- и гелофитов) уменьшилось с 25 до 12 видов, а ценотическое – с 10 до 3 ассоциаций (Рис. 4, 5).

2019 г.

Имеются данные по концентрации взвешенных веществ на август 2019 г. – 0.215 г/см^3 (Робертус и др., 2021). При обследовании оз. Манжерокского на предмет оценки состояния популяции водяного ореха на всей акватории водоема было учтено 198 экземпляров водяного ореха гребенчатого *Trapa pectinata* (Пожидаева и др., 2019). Таким образом, численность популяции по сравнению с имеющимися оценочными данными 2017 г. (Киприянова, 2017) сократилась более чем в 2 раза. Большая часть растений водяного ореха находилась в угнетенном состоянии: размеры плавающих розеток и отдельных листовых пластинок в 2–3 раза меньше нормы; у некоторых растений листья были пожелтевшими и побуревшими; несмотря на соответствующие фенологические сроки, отсутствовало цветение. Популяция кувшинки чисто-белой сократилась до предельно низкой численности и насчитывала не более 30–35 экземпляров (Пожидаева и др., 2019).

2020 г.

Прозрачность по диску Секки по данным непосредственных наблюдений составляла в конце июля 15 см, концентрация взвешенных веществ в июле была равна 0.098 г/см^3 (Робертус и др., 2021). В течение всего 2020 г. наблюдался стабильно высокий уровень воды (376.2 м) (Робертус и др., 2021).

В 2020 г., по нашим данным, количество водяного ореха на акватории озера не превышало 300 экземпляров. Впервые были отмечены небольшие группировки чилима. Кроме чилима, небольшие сообщества формировала персикария земноводная (*Persicaria amphibia*). Водокрас лягушачий успешно формировал узкие полосы вдоль берегов и края сплавины.

2021 г.

В конце августа прозрачность по диску Секки составляла 15 см. Наблюдалось резкое снижение уровня воды, что было связано со строительством новой дорожной дамбы у юго-западной оконечности озера и установкой двух труб под этой дамбой на высоте текущего уровня. Вследствие этого обнажились значительные участки прибрежных мелководий, занятые в конце августа сообществами однолетников – горцев (*Persicaria hydropiper*, *P. lapathifolia*) и череды (*Bidens cernua*, *B. tripartita*). Сплавина – там, где она сохранилась – лежала на грунте, а не плавала на поверхности воды. Отмечены массивы зарослей спирогиры (*Spirogyra* sp.), появление которых говорит о высокой трофности вод.

Несмотря на резкое снижение уровня воды и обсыхание значительного числа розеток чилима на обнажившихся прибрежных отмелях, динамика численности популяции водяного ореха оставалась положительной. Количество экземпляров чилима в 2021 г. составило не менее 1800 (собств. данные), и водяной орех местами уже формировал небольшие заросли. Биоразнообразие водных растений постепенно начало восстанавливаться: кроме ценозов водокраса, чилима и персикарий (*Persicaria* sp.) были отмечены сообщества стрелолиста плавающего (*Sagittaria natans*), ежеголовника всплывшего (*Sparganium emersum*), болотницы сосочковой (*Eleocharis mamil-*



Рис. 6. Ценозы телиптериса болотного Thelypteris palustris на оз. Манжерокском в 2018 г.



Рис. 7. Массивы зарослей чилима в юго-западной части оз. Манжерокского в 2022 г.

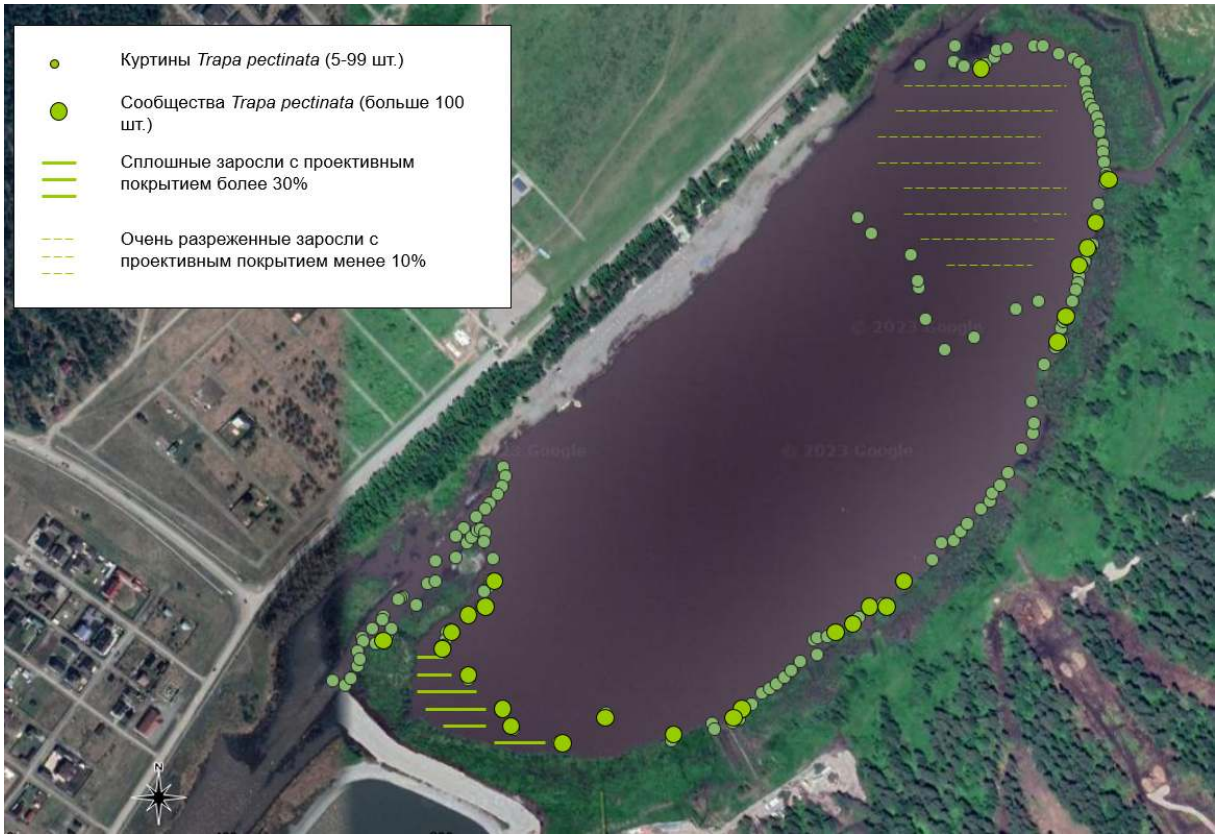


Рис. 8. Схема местонахождений водяного ореха на оз. Манжерокском в 2022 г.

lata), причем последний вид был отмечен впервые для Республики Алтай (Киприянова и Волобаев, 2023). Массивы зарослей спирогиры (*Spirogyra* sp.) также отмечены, как и в предыдущие годы после дноуглубления.

2022 г.

Прозрачность воды составляла около 18 см. К отмеченным в 2021 г. группировкам водных растений добавились небольшие сообщества рдестов Берхтольда (*Potamogeton berchtoldii*) и плавающего (*P. natans*), а также кувшинки четырехугольной (*Nymphaea tetragona*). Площади чилима существенно выросли, а в крайней юго-западной части озера он формировал сплошные заросли (Рис. 7, 8). По берегам, так же как и в 2021 г., были значительными по площади ценозы однолетников – череды и горцев. Также продолжалось формирование значительных по площади ценозов водокраса (Рис. 9) и небольших ценозов стрелолиста плавающего (Рис. 10).

Обобщение данных по динамике видового и ценотического разнообразия водной и прибрежно-водной растительности продемонстрировало картину довольно быстрого восстановления растительного покрова озера. Так, видовое разнообразие гидро- и гелофитов в 2018–2022 г. выросло с 12 до 24 видов (Рис. 4), а ценотическое – с 3 до 12 ассоциаций (Рис. 5).

Наиболее динамичным изменениям после дноуглубления подвергалась популяция водяного ореха гребенчатого. Если в год проведения дноуглубительных работ чилим не был отмечен вовсе, то к 2022 г. он резко усилил свои позиции и занимал уже обширные пространства в юго-западной части акватории.

Обсуждение результатов

По некоторым признакам можно отметить, что за последние 50 лет помимо ярко выраженной антропогенной динамики наблюдалась и естественная трансформация растительности оз. Манжерокского. Так, если В.В. Ильин (1984) указывал, что мох *Fontinalis anthipyretica* формировал сообщества, то спустя тридцать лет даже единичные его экземпляры не отмечались, что, возможно, связано с уменьшившейся проточностью и возросшей трофностью вод. *Hydrocharis morsus-ranae*



Рис. 9. Ценозы водокраса *Hydrocharis morsus-ranae* и группировки рогоза широколистного *Typha latifolia* в 2022 г.



Рис. 10. Сообщества стрелолиста плавающего *Sagittaria natans* в 2022 г.

усилил свои позиции на водоеме (что обычно бывает на сукцессионно старых озерах): если в 1970-х гг. наблюдались отдельные растения, то в XXI в. он стабильно формирует ценозы большой площади. Вместо *Scirpus lacustris,* о сообществах которого упоминал В.В. Ильин (1982), и который в условиях Западной Сибири чаще встречается в реках и сукцессионно молодых озерах, появились сообщества *Scirpus radicans,* весьма характерные для поздних стадий сукцессии озерной растительности. Многокоренник обыкновенный *Spirodela polyrhysa* ранее не был отмечен в оз. Манжерокском (Ильин, 1976; Зарубина и Соколова, 2016), но в ходе наших исследований он уже встречался в сообществах водных растений вблизи сплавинного комплекса.

Для водных растений озера более щадящим было бы изъятие илов осенью: за зиму вода могла бы отстояться, и условия обитания к периоду активного роста растений стали более благоприятными. Нами был сделан прогноз о постепенном восстановлении макрофитного компонента экосистемы оз. Манжерокского из оставшихся в толще ила семян, корневищ, турионов (Безматерных и др., 2020b).

Что касается состояния популяции водяного ореха гребенчатого, отметим, что резкое уменьшение его численности наблюдалось еще до проведения дноуглубительных работ (Зарубина и Соколова, 2016; собств. данные). Снижение численности чилима логично связать с использованием на акватории водных велосипедов. Растения водяного ореха как однолетника со слабыми корнями легко вырываются из грунта целиком, в то время как кувшинку с ее мощными многолетними корневищами не так просто повредить, в связи с чем озеро перед самой «реабилитацией» являлось кувшинковым (Рис. 1, 2). Было бы целесообразно еще до начала дноуглубительных работ перенести плоды чилима на относительно сходные по условиям обитания водоемы для сохранения резервной популяции *Trapa pectinata*.

В данной работе мы показали, что в последующие после дноуглубления годы популяция ореха быстро восстанавливалась, а к 2022 г. достигла высокой численности и занимала уже большие площади. Однако, учитывая все возрастающее активное антропогенное воздействие на этот единственный водоем, включая трансформацию всей экосистемы озера в результате продолжающихся строительных работ по развитию горно-горнолыжного комплекса «Манжерок» в водоохранной зоне озера, а также берего- и дноочистительных мероприятий на самой акватории, нельзя считать этот вид не нуждающимся в охране.

Наиболее заметным негативным следствием произведенных работ стала гибель зарослей кувшинки чисто-белой, которая до углубления дна занимала существенную часть акватории водоема и повышала его рекреационную ценность. По мнению Ю.В. Робертуса, исчезновение зарослей кувшинки связано с резким повышением уровня воды в озере, что, в частности наблюдалось в течение всего 2020 г. (Робертус и др., 2021). В связи с большой ролью кувшинки как средообразующего компонента водной экосистемы оз. Манжерокского, а также по причине ее высокой декоративности считаем целезоообразной реинтродукцию данного вида в озеро.

Считаем необходимым также сохранить часть сплавинного комплекса (возможно, в виде оборудованной экологической тропы), что послужит основой для сохранения реликтовых видов растений и животных и повысит рекреационную привлекательность оз. Манжерокского. На сплавине присутствуют такие знаковые растения сфагновых сообществ, как клюква (*Vaccinium oxycoccus* L.), росянка круглолистная (*Drosera rotundifolia* L.), пушица (*Eryophorum* sp.) и пр., а береговая линия в целом сохранила свой характер, пригодный, по мнению О.Э. Костерина (2021), для обитания реликтовой стрекозы шафрановой *Sympetrum croceolum* Selis, 1883, внесенной в Красную книгу Республики Алтай. Именно на сплавинном комплексе был недавно обнаружен восточноазиатский вид с дизъюнктивным ареалом *Sparganium subglobosum*, который, возможно, является реликтовым для оз. Манжерокского. По причине большой удаленности данной популяции от основного ареала мы рекомендуем внесение этого вида в последующее издание Красной книги региона (Киприянова и Волобаев, 2023). Также только на сплавинном комплексе был отмечен редкий для Республики Алтай вид ежеголовника *Sparganium glomeratum* (Laest.) Neuman – ежеголовник скученный. Помимо того, что сплавина является средой обитания редких видов растений и животных, она является еще и естественным биофильтром, препятствующим попаданию биогенов и прочих загрязняющих веществ с части водосборного бассейна, подвергшейся наибольшему преобразованию человеком в последние годы. Кроме того, сплавина выполняет роль буферной зоны, уменьшающей катастрофичность гидрологических явлений, связанных со стоком с водосборного бассейна.

В целом Манжерокское озеро известно как уникальный для Республики Алтай природный объект, единственное крупное озеро в предгорьях, являющееся мощным центром биоразнообразия и ключевой ботанической территорией (Киприянова, 2009).

Для совмещения интересов туристического бизнеса и охраны природы необходимо предусмотреть на оз. Манжерокском зону покоя для водяного ореха, установив заградительные буи для ограничения перемещения водных велосипедов и прочего водного транспорта на части акватории озера. Кроме того, необходимо создание нескольких резервных популяций *Trapa pectinata* в подходящих для его произрастания водоемах Алтая, где на текущий момент не был отмечен водяной орех (во избежание скрещивания).

Заключение

До начала дноуглубительных работ водная растительность оз. Манжерокского отличалась высоким видовым и ценотическим разнообразием, однако состояние популяции водяного ореха ухудшилось по сравнению с 1970-ми гг. Дноуглубительные работы привели к катастрофическому падению видового и ценотического разнообразия водной растительности, полностью исчезли ранее обширные заросли кувшинки. Прозрачность воды даже четыре года по окончании мероприятий составляла около 18 см. В первые годы после проведенных работ наблюдалось быстрое восстановление макрофитного компонента водной экосистемы оз. Манжерокского, сопровождавшееся резким повышением показателей видового и ценотического разнообразия. К 2022 г. произошло восстановление популяции водяного ореха, однако на сегодняшний день оз. Манжерокское является единственным водоемом с уникальной популяцией *Trapa pectinata*, поэтому необходимо его сохранение в статусе особо охраняемой природной территории.

Список литературы

Безматерных, Д.М., Кириллов, В.В., Балыкин, С.Н., Ковешников, М.И., Дьяченко, А.В., Медникова, Г.М., 2020a. Влияние дноуглубительных работ на морфометрические характеристики, физические и химические показатели качества воды и донных отложений озера Манжерокского (Республика Алтай). *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление* **1**, 6–18. https://doi.org/10.35567/1999-4508-2020-3-8

Безматерных, Д.М., Кириллов, В.В., Ермолаева, Н.И., Киприянова, Л.М., Яныгина, Л.В. и др., 2020b. Влияние дноуглубительных работ на гидробиологические и санитарно-микробиологические характеристики озера Манжерокское (Республика Алтай). *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление* **3**, 6–18. https://doi.org/10.35567/1999-4508-2020-1-1

Беляков, Е.А., Зарубина, Е.Ю., 2020. *Sparganium subglobosum* (Typhaceae) – новый вид для флоры Русского Алтая. *Ботанический журнал* **105** (6), 604–609. https://doi.org/10.31857/S0006813620060022

Зарубина, Е.Ю., Соколова, М.И., 2016. Трансформация структуры растительного покрова Манжерокского озера (Республика Алтай) за 35-летний период. *Вестник Томского государственного университета. Биология* **4** (36), 47–61. https://doi.org/10.17223/19988591/36/4

Ильин, В.В., 1982. Флора и растительность Манжерокского озера (Алтай). *Ботанический журнал* **67**, 210–220.

Ильин, В.В., 1987. Флора и растительность Колыванского озера. *Известия СО АН СССР. Серия биологических наук* **3** (20), 31–38.

Киприянова, Л.М., 2009. Озеро Манжерокское. В: Смелянский, И.Э., Пронькина, Г. А. (ред), *Ключевые ботанические территории Алтае-Саянского экорегиона: опыт выделения*. Гео, Новосибирск, Россия, 109–110.

Киприянова, Л.М., 2017. Быть или не быть водяному ореху в Манжерокском озере. Портал «ЭкоДело». Интернет-ресурс. URL: https://ecodelo.org/rossiyskaya_federaciya/sibirskiy_fo/respublika_altay/43576-byt_ili_ne_byt_vodyanomu_orehu_v (дата обращения: 02.05.2023).

Киприянова, Л.М., Волобаев, П.А., 2023. Находки новых и редких для Республики Алтай видов водных и прибрежно-водных растений. *Журнал Сибирского федерального университета. Биология* **16** (3), 282–288.

Костерин, О.Э., 2021. Экспертное заключение по результатам обследования прибрежной полосы и акватории Манжерокского озера в Майминском районе Республики Алтай с целью выявления животных, занесенных в Красную книгу Республики Алтай. 27.08.2021, Новосибирск, Россия.

Красная книга Алтайского края. Т. 1: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов, 2016. Шмаков, А.И., Силантьева, М.М. (ред). Издательство Алтайского университета, Барнаул, Россия, 292 с.

Красная книга Республики Алтай. Растения, 2017. Манеев, А.Г. (ред). Горно-Алтайская типография, Горно-Алтайск, Россия, 267 с.

Красная книга РСФСР. Растения, 1988. Росагропромиздат, Москва, СССР, 591 с.

Красная книга СССР: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растений. Т. 2, 1984. Бородин, А.М. (ред.). Лесная промышленность, Москва, Россия, 478 с.

Куминова, А.В., 1960. Растительный покров Алтая. Сибирское отделение АН СССР, Новосибирск, СССР, 449 с.

Лисицына, Л.И., Папченков, В.Г., 2000. Флора водоемов России. Определитель сосудистых растений. Наука, Москва, Россия, 237 с.

Определитель высших растений Якутии, 2020. Николин, Е.Г. (ред). Товарищество научных изданий КМК – Наука, Москва – Новосибирск, Россия, 896 с.

Папченков, В.Г., Щербаков, А.В. , Лапиров, А.Г., 2006. Рекомендуемые для использования общие понятия гидроботаники. *Материалы VI Всероссийской школы-конференции по водным макрофитам «Гидроботаника 2005»*. Рыбинский Дом печати, Рыбинск, Россия, 377–378.

Пожидаева, Л.В., Грибков, А.В., Чупина, И.С., 2019. Заключение по результатам обследования акватории озера Манжерокского в Майминском районе Республики Алтай с целью определения состояния охраняемых природных комплексов и объектов, в том числе популяций растений и животных, занесенных в Красную книгу Республики Алтай. 02.08.2019, Барнаул, Россия.

Редкие и исчезающие растения Сибири, 1980. Малышев Л.И., Соболевская, К.А. (ред). Наука, Сибирское отделение, Новосибирск, СССР, 224 с.

Робертус, Ю.В., Пузанов, А.В., Кивацкая, А.В., Любимов, Р.В., 2021. Экологические последствия реабилитации Манжерокского озера (Республика Алтай). *Вода и экология: проблемы и решения* **1,** 41–49. https://doi.org/10.23968/2305-3488.2021.26.1.41-49

Селедцов, Н.Г., 1963. Айское, Манжерокское и Тенгинское озера Горного Алтая. *Известия Алтайского отделения географического общества СССР* **2**, 54–73.

Флора СССР. Т. 15. Мальвовые, Фиалковые, Кипрейные и др., 1949. Шишкин, Б.К., Бобров, Е.Г. (ред). Издательство АН СССР, Москва – Ленинград, СССР, 742 с.

Цвелев, Н.Н., 1993. О роде *Trapa* L. (Trapaceae) в Восточной Европе и Северной Азии. *Новости систематики высших растений* **29**, 99–107.

Цимбалей, Ю.М., 2008. Экологические проблемы рекреационного освоения Манжерокского озера (Северный Алтай). *Мир науки, культуры, образования* **2** (9), 22–26.

Цимбалей, Ю.М., 2014. О геотехнических мерах в восстановлении и охране Манжерокского озера. *Известия Алтайского отделения Русского географического общества* **35**, 58–62.

Braun-Blanquet, J., 1964. Pflanzensoziologie. Grundzuge der Vegetationskunde. Aufl. 3. Springer Vienna, Austria, 865 p.

References

Belyakov, E.A., Zarubina, E.Yu., 2020. *Sparganium subglobosum* (Typhaceae) – novyi vid dlia flory Russkogo Altaia [*Sparganium subglobosum* (Typhaceae), a new species for the Russian Altai territory*]. Botanicheskii zhurnal [Botanical Journal]* **105** (6), 604–609. (In Russian). https://doi.org/10.31857/S0006813620060022

Bezmaternykh, D.M., Kirillov, V.V., Balykin, S.N., Koveshnikov, M.I., Dyachenko, A.V., Mednikova, G.M., 2020a. Vliianie dnouglubitel'nykh rabot na morfometricheskie kharakteristiki, fizicheskie i khimicheskie pokazateli kachestva vody i donnykh otlozhenii ozera Manzherokskogo (Respublika Altai) [Channel dredging effect on morphometric features, indicators of water and bottom sediments quality of Lake Manzherokskoye (Altai Republic)]. *Vodnoe khoziaistvo Rossii [Water Management of Russia]* **1**, 6–18. (In Russian). https://doi.org/10.35567/1999-4508-2020-3-8

Bezmaternykh, D.M., Kirillov, V.V., Ermolaeva, N.I., Kipriianova, L.M., Yanygina, L.V. et al., 2020b. Vliianie dnouglubitel'nykh rabot na gidrobiologicheskie i sanitarno-mikrobiologicheskie kharakteristiki ozera Manzherokskoye (Respublika of Altai) [Dredging impact on hydrobiological and sanitary-microbiological characteristics of lake Manzherokskoye (Republic of Altai)]. *Vodnoe khoziaistvo Rossii [Water Management of Russia]* **3**, 6–18. (In Russian). https://doi.org/10.35567/1999-4508-2020-1-1

Braun-Blanquet, J., 1964. Pflanzensoziologie. Grundzuge der Vegetationskunde. Aufl. 3. Springer Vienna, Austria, 865 p.

Flora SSSR. T. 15. Mal'vovye, Fialkovye. Kipreynye i dr. [Flora of the USSR. V. 15. Malvaceae, Violaceae, Onagraceae et al.], 1949. Shishkin, B.K., Bobrov, E.G. (eds.). Publishing House of the USSR Academy of Sciences, Moscow – Leningrad, USSR, 742 p. (In Russian).

Il'in, V.V., 1982 Flora i rastitel'nost' Manzherokskogo ozera (Altai) [Flora and vegetation of Lake Manzherokskoye (Altai*)]. Botanicheskii zhurnal [Botanical Journal]* **67**, 210–220. (In Russian).

Il'in, V.V., 1987. Flora i rastitel'nost' Kolyvanskogo ozera [Flora and vegetation of Lake Kolyvanskoye]. *Izvestiia SO AN SSSR. Seriia biologicheskie nauki [News of the Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences. Biological Sciences Series]* **3**(20), 31–38. (In Russian).

Kipriyanova, L.M., 2009. Ozero Manzherokskoe. In: Smelianskii, I.E., Pron'kina, G.A. (eds.), *Kliuchevye botanicheskie territorii Altae-Saianskogo ekoregiona: opyt vydeleniia [Important plant areas of Altai-Sayan ecoregion: allocation experience]*. Geo, Novosibirsk, Russia, 109–110. (In Russian).

Kipriyanova, L.M., 2017. Byt' ili ne byt' vodianomu orekhu v Manzherokskom ozere [Will water chestnut exist in Lake Manzherokskoye?]. Website «Ekodelo» [«Ecobusiness»]. Web page. URL: https://ecodelo.org/rossiyskaya_federaciya/sibirskiy_fo/respublika_altay/43576-byt_ili_ne_byt_vodyanomu_orehu_v (accessed: 02.05.2023). (In Russian).

Kipriyanova, L.M., Volobaev, P.A., 2023. Nakhodki novykh i redkikh dlia Respubliki Altai vidov vodnykh i pribrezhno-vodnykh rastenii [Detection of the new and rare (for the Republic of Altai) species of aquatic and semi-aquatic plants]. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Biologiia [Journal of Siberian Federal University. Biology]* **16** (3), 282–288. (In Russian).

Kosterin, O.E., 2021. Ekspertnoe zakliuchenie po rezul'tatam obsledovaniia pribrezhnoi polosy i akvatorii Manzherokskogo ozera v Maiminskom raione Respubliki Altai s tsel'iu vyiavleniia zhivotnykh,

zanesennykh v Krasnuiu knigu Respubliki Altai [Expert opinion on the results of a survey of the near-shore strip and water area of Lake Manzherokskoye in the Mayminsky region of the Republic of Altai in order to identify animals listed in the Red Book of the Republic of Altai]. 27.08.2021, Novosibirsk, Russia. (In Russian).

Krasnaia kniga Altaiskogo kraia. T. 1: Redkie i nakhodiashchiesia pod ugrozoi ischeznoveniia vidy rastenii i gribov [Red Book of Altai Territory. V. 1: Rare and endangered species of plants and fungi], 2016. Shmakov, A.I., Silant'eva, M.M. (eds.). Publishing House of the Altai University, Barnaul, Russia, 292 p. (In Russian).

Krasnaia kniga Respubliki Altai. Rasteniia [Red Book of the Altai Republic. Plants], 2017. Maneev, A.G. (ed.). Gorno-Altai printing house, Gorno-Altaisk, Russia, 267 p. (In Russian).

Krasnaia kniga RSFSR. Rasteniia [Red Book of the RSFSR. Plants], 1988. Rosagropromizdat, Moscow, Russia, 591 p. (In Russian).

Krasnaia kniga SSSR: redkie i nakhodiashchiesia pod ugrozoi ischeznoveniia vidy zhivotnykh i rastenii. T. 2 [Red Book of the USSR: rare and endangered species of animals and plants. V. 2], 1984. Borodin, A.M. (ed.). Forest Industry, Moscow, Russia, 478 p. (In Russian).

Kuminova, A.V., 1960. Rastitel'nyi pokrov Altaia [Plant cover of Altai]. Siberian Branch of the USSR Academy of Sciences, Novosibirsk, USSR, 449 p. (In Russian).

Lisitsyna, L.I., Papchenkov, V.G., 2000. Flora vodoemov Rossii. Opredelitel' sosudistykh rastenii [The flora of water reservoirs of Russia. The key of vascular plants]. Nauka, Moscow, Russia, 237 p. (In Russian).

Opredelitel' vysshikh rastenii Yakutii [The key of higher plants of Yakutia], 2020. Nikolin, E.G. (ed.). KMK – Nauka, Moscow – Novosibirsk, Russia, 896 p. (In Russian).

Papchenkov, V.G., Shcherbakov, A.V., Lapirov, A.G., 2006. Rekomenduemye dlia ispol'zovaniia obshchie poniatiia gidrobotaniki [General concepts of hydrobotany recommended for practical use]. *Materialy VI Vserossiiskoi shkoly-konferentsii po vodnym makrofitam "Gidrobotanika 2005" [Materials of the VI All-Russian School-Conference on Aquatic Macrophytes "Hydrobotany 2005"].* Rybinsk Publishing House, Rybinsk, Russia, 377–378. (In Russian).

Pozhidaeva, L.V., Gribkov, A.V., Chupina, I.S., 2019. Zakliuchenie po rezul'tatam obsledovaniia akvatorii ozera Manzherokskogo v Maiminskom raione Respubliki Altai s tsel'iu opredeleniia sostoianiia okhraniaemykh prirodnykh kompleksov i ob'ektov, v tom chisle populiatsii rastenii i zhivotnykh, zanesennykh v Krasnuiu knigu Respubliki Altai [Inspection results of Lake Manzherokskoye in the Mayminsky region of the Altai Republic: determination of the state of protected natural complexes and objects, including populations of plants and animals listed in the Red Book of the Altai Republic]. 02.08.2019, Barnaul, Russia. (In Russian).

Redkie i ischezaiushchie rasteniia Sibiri [Rare and endangered plants of Siberia], 1980. Malyshev, L.I., Sobolevskaya, K.A. (eds.). Nauka, Siberian Branch, Novosibirsk, USSR, 224 p. (In Russian).

Robertus, Yu.V., Puzanov, A.V., Kivatskaya, A.V., Lyubimov, R.V., 2021. Ekologicheskie posledstviia reabilitatsii Manzherokskogo ozera (Respublika Altai) [Environmental consequences of Lake Manzherokskoye rehabilitation (Altai Republic)]. *Voda i ekologiia: problemy i resheniia [Water and Ecology: Problems and Solutions]* **1**, 41–49. (In Russian). https://doi.org/10.23968/2305-3488.2021.26.1.41-49

Seledtsov, N.G., 1963. Aiskoe, Manzherokskoe i Tenginskoe ozera Gornogo Altaia [Lakes Aya, Manzherokskoye and Tenginskoye in Gorny Altai]. *Izvestiia Altaiskogo otdeleniia geograficheskogo*

obshchestva SSSR [Bulletin of the Altai Branch of the Geographical Society of the USSR] **2**, 54–73. (In Russian).

Tsvelev, N.N., 1993. O rode *Trapa* L. (Trapaceae) v Vostochnoi Evrope i Severnoi Azii [About the genus *Trapa* L. (Trapaceae) in Eastern Europe and North Asia]. *Novosti sistematiki vysshikh rastenii [News of Taxonomy of Higher Plants]* **29**, 99–107. (In Russian).

Tsimbalei, Iu.M., 2008. Ekologicheskie problemy rekreatsionnogo osvoeniia Manzherokskogo ozera (Severnyi Altai) [Environmental problems of recreational development of Lake Manzherokskoye (Northern Altai)]. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniia [World of Science, Culture, Education]* **2** (9), 22–26. (In Russian).

Tsimbalei, Yu.M., 2014. O geotekhnicheskikh merakh v vosstanovlenii i okhrane Manzherokskogo ozera [On geotechnical measures in restoration and protection of Lake Manzherokskoye]. *Izvestiia Altaiskogo otdeleniia Russkogo geograficheskogo obshchestva [Bulletin of the Altai Branch of the Russian Geographical Society]* **35**, 58–62. (In Russian).

Zarubina, E.Yu., Sokolova, M.I., 2016. Transformatsiia struktury rastitel'nogo pokrova Manzherokskogo ozera (Respublika Altai) za 35-letnii period [Transformation of structure of plant cover of Lake Manzherok (Altai Republic) over a 35-year period]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiia [Bulletin of Tomsk State University. Biology]* **4** (36), 47–61. (In Russian). https://doi.org/10.17223/19988591/36/4