

УДК 574.21:574.52:574.632

РАСПРОСТРАНЕНИЕ *LEMNA* НА ГРАНИЦЕ АРЕАЛА НА СЕВЕРО-ЗАПАДЕ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ КАК РЕЗУЛЬТАТ АНТРОПОГЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

© 2024 г. Н. В. Зуева*, @, О. Г. Гришуткин**, Д. Ю. Ефимов**, А. А. Бобров**, @

*Российский государственный гидрометеорологический университет

ул. Воронежская, 79, Санкт-Петербург, 192007, Россия

**Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН

пос. Борок, Некоузский р-н, Ярославская обл., 152742, Россия

@e-mail: nady.zuyeva@ya.ru

@e-mail: lsd@ibiw.yaroslavl.ru

Поступила в редакцию: 26.02.2024 г.

После доработки 11.06.2024 г.

Принята к публикации 14.06.2024 г.

Приведены данные о новых местонахождениях рясок *Lemna minor*, *Lemna trisulca* и *Lemna* × *japonica* — гибрида между *L. minor* и *L. turionifera* (Lemnaceae) на северо-западе Мурманской области севернее 68.5° с. ш., в том числе в государственном природном заповеднике “Пасвик” и на сопредельных ему территориях в водосборном бассейне р. Паз. На северо-западе Мурманской области обнаружено 2 новых местонахождения *L. minor*, 1 — *L. × japonica*, а также 10 новых местонахождений *L. trisulca*. Всего представители рода *Lemna* произрастали на 18 обследованных станциях: 2 — *L. minor*, 2 — *L. × japonica*, 16 — *L. trisulca* (на 2 станциях *L. minor* и *L. trisulca* произрастали совместно). Диапазон pH воды исследованных рек и озер изменялся от 6.0 до 7.6, т.е. был преимущественно нейтральным (среднее значение — 6.9). Минерализация воды изменялась от 17 до 251 мг/л (среднее значение — 53 мг/л). Местонахождения *L. minor* в безымянном озере у г. Заполярный и оз. Куэтсьярви — по-видимому, самые северные в мире, а *L. trisulca* в р. Паз (оз. Клистерватн) — в европейской России. На севере Мурманской области *L. minor* и *L. × japonica* связаны только с антропогенно эвтрофированными водоемами с повышенной, относительно фона, минерализацией воды. Данные таксоны можно считать здесь индикаторами высокой трофности. Местобитания *L. trisulca* — преимущественно антропогенно трансформированные водные объекты. Максимальные показатели обилия данного вида отмечены также в зонах повышения трофности водоема.

Ключевые слова: водные растения, загрязнение, Кольский Север, оз. Куэтсьярви, р. Паз, ряска, Субарктика, Фенноскандия, эвтрофирование, *Lemna minor*, *Lemna trisulca*, *Lemna* × *japonica*

DOI: 10.31857/S1026347024060055, **EDN:** ukrjsh

Подробные исследования растительного покрова водных объектов севера Мурманской области, особенно заповедника “Пасвик” и его окрестностей, проводятся нами с 2019 г. За этот период обнаружены новые местонахождения некоторых редких или интересных видов водных макрофитов (Зуева и др., 2022а, б), в том числе расширены представления о распространении видов *Lemna* на севере европейской части России.

Lemna minor L. и *Lemna trisulca* L. имеют широкий географический ареал. Оба вида связаны с мезотрофными водными объектами, а *L. minor* — также с эвтрофными (Landolt, 1992).

L. minor и *L. trisulca* известны в Мурманской области из весьма небольшого числа

местонахождений, которые для *L. minor* описаны в работе Н. П. Кирилловой (2014). Для *L. trisulca* характеристика встречаемости в заповеднике “Пасвик” и его окрестностях дана в монографии А. В. Кравченко (2020), также приводятся местонахождения вида в Мурманской области. Ряд публикаций содержит сведения об отдельных находках представителей *Lemna* в регионе (Раменская, Андреева, 1982; Moiseenko *et al.*, 1994; Кравченко и др., 2017; Разумовская, Петрова, 2017; Боровичев и др., 2020 и др.). Для *L. × japonica* — гибрида *L. minor* и *L. turionifera* нет подробных сведений о распространении в Мурманской области. Возможная причина этого состоит в сложности идентификации по морфологическим признакам растений

данного таксона (Landolt, 1975; Volkova *et al.*, 2023). Единственный образец *L. × japonica* из г. Мурманска цитируется в работе П. А. Волковой с соавт. (Volkova *et al.*, 2023).

Помимо опубликованных данных, некоторые сведения о видах рясок содержатся в общедоступных базах данных: www.inaturalist.org и www.gbif.org.

Происходящие в регионе антропогенные изменения водных объектов: загрязнение, усиление процессов эвтрофирования — наряду с потеплением климата открывают возможности для расширения распространения *Lemna*. Эти растения легко расселяются водоплавающими птицами и при благоприятных для них условиях среды обитания могут закрепляться в новых местообитаниях, в том числе и на границе ареала (Landolt, 1986).

Цель работы: определить северные границы распространения *Lemna* на Северо-Западе Европейской России и причины, способствующие существованию краевых популяций.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В августе–сентябре 2019–2023 гг. в Мурманской области авторами было обследовано 402 участка (станции) рек и озер севернее 68.5° с. ш. (рис. 1а). Они расположены в зоне северной тайги (долина р. Паз), лесотундровой и тундровой зонах. Административно изученные водоемы находятся в Печенгском и Кольском р-нах, а также в г. Мурманске.

При выполнении полевых работ использованы традиционные методические подходы (Катанская, 1981; Бобров, Чемерис, 2006). Описание растительного покрова выполнялось на участке вдоль берега водоема или русла реки протяженностью около 500 м, небольшие заливы описывались полностью. Укосы для определения фитомассы производились с площади 1 м². Цитируемые в данной работе образцы переданы в гербарий Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанова РАН (IBIW).

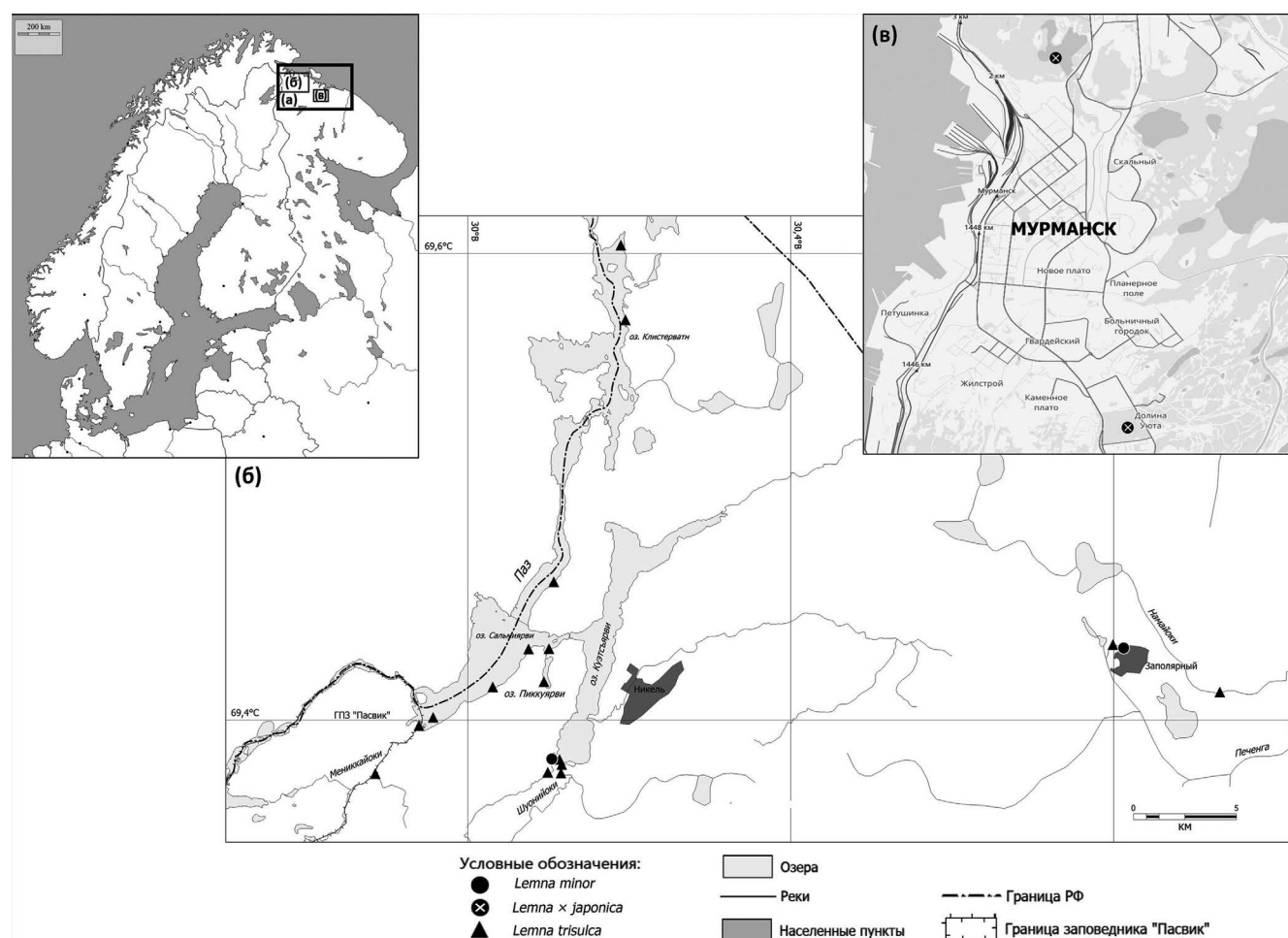


Рис. 1. Местонахождения *Lemna minor*, *L. × japonica* и *L. trisulca* в 2019–2023 гг. на северо-западе Мурманской области. а — район исследований; б — местонахождения *Lemna* в бассейнах рек Паз и Печенга; в — местонахождения *Lemna* в г. Мурманск.

Идентификация растений *L. minor* и *L. × japonica* подтверждена молекулярно-генетически – исследован интрон гена β-тубулина (TUBB2) (Volkova *et al.*, 2023).

Значения общей минерализации воды и pH определены при проведении полевых работ портативным анализатором Hanna HI98129. Недостающие данные о pH воды в оз. Семёновское дополнены литературными сведениями (Даувальтер и др., 2021).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

За 5 полевых сезонов были обнаружены: 2 местонахождения *L. minor*, 2 – *L. × japonica* и 16 – *L. trisulca* (рис. 1б, в; табл. 1, 2).

Растения *L. minor* найдены в оз. Куэтсьярви (водосбор р. Паз), безымянном озере в г. Заполярном (водосбор р. Печенга) (рис. 1б; табл. 1). Гибрид *L. × japonica* обнаружен в двух озерах г. Мурманска: оз. Семёновское и оз. Варничное (рис. 1в; табл. 1).

L. trisulca обнаружен в р. Паз на 7 станциях, расположенных ниже заповедника “Пасвик” (рис. 1б; табл. 2, № 1–7). В бассейне р. Паз *L. trisulca* найден на 7 станциях (табл. 2; № 8–14): в р. Мениккайоки в заповеднике “Пасвик”; в оз. Куэтсьярви и двух его притоках – р. Шуонийоки и безымянной реке; а также в оз. Пикуярви. Кроме того, *L. trisulca* отмечен в соседнем с водосбором р. Паз бассейне р. Печенга на двух станциях: в р. Намайоки и безымянном озере в г. Заполярный (табл. 2; № 15–16).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Все находки растений сделаны в северной тайге и лесотундре, в тундре представители *Lemna* не были обнаружены. *L. minor* и *L. × japonica* не отмечены для водотоков, встречены лишь в озерах. Приведенные в статье Н. Р. Кирилловой (2014) местообитания *L. minor* на севере Мурманской области – также озера, хотя на юге региона приведены данные о находках в реках. *L. trisulca* был обнаружен и в озерах, и в реках (в местах замедленного течения). Диапазон pH водных объектов, в которых встречаются виды *Lemna*, составляет 6.0–7.4, т.е. слабокислый–нейтральный, в целом типичный для региона (Кашулин и др., 2009). Минерализация воды в обнаруженных местообитаниях рясок изменялась от 17 до 251 мг/л, причем *L. minor* и *L. × japonica* не отмечены в водах со значениями этого показателя менее 44 мг/л и 73 мг/л соответственно. Учитывая, что фоновые величины минерализации воды в регионе 20–30 мг/л (Даувальтер и др., 2021), видно, что *L. minor* и *L. × japonica* тяготеют к местам с повышенной минерализацией. В то же время было отмечено, что *L. trisulca* мог достигать высокого обилия при очень низких значениях минерализации воды – около 17–18 мг/л.

Lemna minor

Ближайшие находки *L. minor* на севере Мурманской области указаны в работе Кирилловой (2014): парк в г. Североморск, оз. Семёновское

Таблица 1. Описание местонахождений *Lemna minor* и *L. × japonica* на северо-западе Мурманской области

№	Местонахождение	Координаты, ° с. ш., ° в. д.	pH	TDS, мг/л	Особенности
<i>Lemna minor</i>					
1*	Мурманская обл., Печенгский р-н, 4 км к ю.-з. от пгт. Никель, южная часть оз. Куэтсьярви, зарастающее мелководье. 20.07.2022. ЗН, ГО	69.382841 30.105961	6.7	44	С небольшим обилием в сообществе <i>Equisetum fluviatile</i> L. на площади в несколько сотен м²
2*	Там же, г. Заполярный, безымянное озеро. 13.08.2023. ЗН, ГО	69.431265 30.804221	6.4	150	Массовое развитие на мелководьях в сообществе <i>Comarum palustre</i> L. в западной части озера. Вода характеризуется очень сильным гнилостным запахом
<i>Lemna × japonica</i>					
1	г. Мурманск, оз. Семёновское. 09.08.2021. ЗН, ГО	68.991150 33.083803	6.8	73	С малым обилием в прибрежных зарослях гелофитов.
2*	Там же, оз. Варничное. 09.08.2023. ЗН, ГО	68.941659 33.110683	6.2	251	Малое обилие в плотных прибрежных зарослях заболоченного берега (сообщества с <i>Carex</i> spp.)

Примечание. * – новые местонахождения; TDS – общая минерализация воды; ЗН – Н.В. Зуева, ГО – О.Г. Гришуткин.

Таблица 2. Описание местонахождений *Lemna trisulca* на северо-западе Мурманской области

№	Местонахождение	Координаты, ° с. ш., ° в. д.	pH	TDS, мг/л	Особенности
1	Мурманская обл., Печенгский р-н, р. Паз, оз. Сальмиярви, рядом с устьем р. Мениккайоки. 19.09.2019. ЗН, ГО. 06.08.2020. ЗН, ГО	69.398432 29.947463	7.6	35	На мелководье с незначительным обилием
2	Там же, рядом с пирсом. 06.08.2020. ЗН, ГО, ЕД	69.413553 30.031166	—	17	На мелководье, 0–50 см, в поясе воздушно- водных растений находится в массе, местами образует слой ~10 см на дне
3	Там же, выше протоки в оз. Куэтсьярви. 06.08.2020. ЗН, ГО, ЕД	69.429936 30.075528	7.4	18	С высоким обилием в поясе воздушно- водных растений на мелководье
4	Там же, залив, соединяющийся протокой с оз. Куэтсьярви. 22.07.2021. ЗН, ГО	69.429310 30.096633	7.4	46	С небольшим обилием во внутреннем заросшем заливе с торфяно-илистым грунтом
5*	Там же, в 2 км ниже оз. Сальмиярви. В мелководной илистой заводи, отделенной от основной акватории полосой воздушно-водных растений. 18.09.2020. ЗН, ГО, ЕД	69.458762 30.106363	6.4	35	С малым обилием
6*	Там же, оз. Клистерватн. 22.07.2021. ЗН, ГО	69.602166 30.190209	7.3	19	У берега в полосе гелофитов встречается с малым обилием
7*	Там же, в небольшом заболоченном заливе между берегом и островом. 22.07.2021. ЗН, ГО	69.571251 30.195577	7.2	20	Единичные экземпляры
8	Там же, р. Мениккайоки. 31.07.2020. ЗН, ГО, ЕД	69.376170 29.885048	7.1	40	Незначительное обилие
9*	Там же, р. Мениккайоки, устьевая зона, заросший рукав реки. 31.07.2020. ЗН, ГО, ЕД	69.397109 29.939810	7.6	43	На дне, в месте с очень слабым течением, обилие невелико
10	Там же, 4 км к ю.-з. от пгт. Никель, южная часть оз. Куэтсьярви, зарастающее мелководье. 20.07.2022. ЗН, ГО	69.382841 30.105961	6.7	44	В сообществе <i>Equisetum fluviatile</i> L. совместно с <i>L. minor</i> , с незначительным обилием
11*	Там же, р. Шуонийоки, нижнее течение. 01.08.2020. ЗН, ГО, ЕД	69.377747 30.114250	7.0	41	С незначительным обилием
12*	Там же, затон р. Шуонийоки. 19.07.2022. ЗН, ГО	69.376075 30.115994	6.0	20	С незначительным обилием
13*	Там же, безымянная река — южный приток оз. Куэтсьярви. 24.07.2021. ЗН, ГО	69.376893 30.102881	6.4	33	С незначительным обилием
14*	Там же, 4 км к з. от пгт. Никель оз. Пикуярви. 04.08.2021. ЗН, ГО	69.414977 30.095144	7.3	45	С незначительным обилием
15*	Там же, 4 км к ю.-в. от г. Заполярный, р. Намайоки. 05.08.2022. ЗН, ГО	69.411526 30.931794	6.5	23	С незначительным обилием
16*	Там же, г. Заполярный, безымянное озеро. 13.08.2023. ЗН, ГО	69.431265 30.80421	6.4	150	Отдельные растения на мелководье среди массово встречающегося <i>L. minor</i> . Вода с очень сильным гнилостным запахом

Примечание. * — Новые местонахождения; TDS — общая минерализация воды; “—” — отсутствие данных; ЗН — Н.В. Зуева, ГО — О.Г. Гришуткин, ЕД — Д.Ю. Ефимов.

в г. Мурманск и с. Минькино на западном берегу Кольского залива. В базах данных iNaturalist и GBIF есть указание *L. minor* в пос. Росляково, севернее г. Мурманска (<https://www.inaturalist.org/observations/135498818>).

Известный, по устному сообщению Сортланда 2010 г., *L. minor* в оз. Семёновское (Кириллова, 2014) оказался морфологически близким его гибридом с *L. turionifera* (*L. × japonica*), который здесь был собран в 2021 г. авторами и идентифицирован П.А. Волковой с соавт. (Volkova *et al.*, 2023).

По данным базы GBIF, севернее 68.5° с. ш. во всем мире отмечено лишь 4 наблюдения *L. minor*, в том числе два уже упомянутых выше — в окрестностях г. Мурманска (GBIF..., 2023a). В одном из них, в оз. Семёновское, авторами обнаружен не *L. minor*, а *L. × japonica*. Третье наблюдение — в Якутии на широте 70.8°. Последнее указание ошибочно и относится к *L. turionifera* (Бобров, Мочалова, 2014). Четвертая, самая северная находка *L. minor*, согласно данным GBIF, сделана в Гренландии на 74° с. ш. Данное указание ошибочно, так как из этикетки (<https://www.gbif.org/occurrence/1455165536>) отмеченного образца (MTMG 100896) следует, что он собран в Канаде, в провинции Квебек. При указании точки сбора перепутаны значения широты и долготы.

Обнаруженные авторами местонахождения *L. minor* в оз. Куэтсьярви (система р. Паз) и в безымянном озере в г. Заполярный (бассейн р. Печенга), оказались самыми северными в Евразии, а возможно и в мире.

L. × japonica

Первая находка *L. × japonica* в Мурманской области идентифицирована П.А. Волковой с соавт. (Volkova *et al.*, 2023) по собранному нами образцу из оз. Семёновское (г. Мурманск). При этом известно, что *L. × japonica* довольно широко распространен в разных регионах европейской России (Volkova *et al.*, 2023). Таксон отмечается в Северной Европе: Швеции, Норвегии, Великобритании (Vog *et al.*, 2020; GBIF..., 2023b). Таким образом, его присутствие на севере Европейской части России вполне закономерно.

Характеристика водных объектов — местонахождений *L. minor* и *L. × japonica*

Все озера, в которых обнаружены *L. minor* (Куэтсьярви и безымянное озеро в г. Заполярный) и *L. × japonica* (Семёновское, Варничное), испытывают значительное антропогенное воздействие и в них идут процессы эвтрофирования. Кроме того, в водоемах отмечено увеличение в несколько раз минерализации воды, фоновое значение которой в водных объектах Кольского севера не превышает

20–30 мг/л (Даувальтер и др., 2021). Причина этого — повышение поступления солей в реки и озера в результате активной хозяйственной деятельности на их водосборах (Даувальтер и др., 2021).

Так, оз. Семёновское, расположенное в г. Мурманске, по содержанию общего фосфора и соотношению общего азота к общему фосфору может характеризоваться как эвтрофное (Slukovskii *et al.*, 2020). В этом водоеме зафиксированы экстремально высокие для арктической зоны показатели фотосинтетической активности фитопланктона. В массе развиваются устойчивые к загрязнению его представители, предпочитающие эвтрофные воды (Денисов и др., 2020). Минерализация воды озера примерно в 2–3 раза выше фоновой.

Оз. Варничное — проточный водоем на руч. Варничном. Этот ручей — наиболее загрязненный водоток г. Мурманск, его вода характеризуется очень низким качеством (“экстремально грязная”) (Качество..., 2023). В ручье зафиксирован дефицит содержания растворенного кислорода. Среди химических веществ, по которым отмечались критические уровни загрязненности воды: аммонийный азот и фосфор фосфатов — биогенные соединения, приводящие к эвтрофированию (Качество..., 2023). В этом водоеме отмечена самая высокая минерализация, в 10 раз превосходящая фоновую.

Безымянное озеро в г. Заполярный находится в городской черте. Специальных публикаций о его экологическом состоянии нет. В период проведения исследований органолептические характеристики воды позволили сделать предположение о поступлении в этот водоем недоочищенных коммунально-бытовых сточных вод. Был зафиксирован очень сильный гнилостный запах воды, усиливающийся от западной части озера к восточной. Минерализация воды была примерно в 5 раз выше фоновой. Эвтрофное состояние озера также косвенно подтверждается обильным развитием *Lemna*.

Оз. Куэтсьярви — водоем, сообщающийся протокой с р. Паз, загрязняемый стоками горно-металлургического комбината “Печенганикель” и пос. Никель. По такой гидрохимической характеристике, как содержание общего фосфора, разные районы озера характеризуются уровнем трофности в диапазоне от олиготрофного до мезотрофного (Сандимиров, 2012). Отмечается накопление фосфора в поверхностных слоях донных отложений (Даувальтер, Кашулин, 2018). В работе Д.Б. Денисова с соавт. (2020) указано, что, несмотря на антропогенное эвтрофирование, озеро по характеристикам фитопланктона сохраняет некоторые черты олиготрофных водоемов в отдельных участках его акватории из-за ингибирования фотосинтетических процессов токсическими компонентами (соединениями тяжелых металлов) и наличия водообменных процессов. Согласно материалам о состоянии

зоопланктонных сообществ (Зубова и др., 2019), трофический статус оз. Куэтсьярви повысился в многолетнем ряду исследований от очень низкого α -олиготрофного до среднего β -мезотрофного. А по данным о состоянии бентосных сообществ сделан вывод об усилении процессов эвтрофирования (Зубова и др., 2019). Минерализация воды в озере выше фоновой. Как указывает С. С. Сандимиров (2012), она возросла из-за сбросов горно-металлургического комбината. Отметим, что при исследованиях флоры оз. Куэтсьярви в 1993 г. (Moiseenko *et al.*, 1994) *L. minor* не был обнаружен, был отмечен только *L. trisulca*.

В работе Н. Р. Кирилловой (2014) также отмечается, что на севере Мурманской области *L. minor* встречается в антропогенно эвтрофированных водоемах. Таким образом, *L. minor* и *L. × japonica* можно считать здесь индикаторами повышения трофности водоемов.

Можно предположить, что в дальнейшем как *L. minor*, так и *L. × japonica* могут быть отмечены в большинстве загрязняемых биогенными соединениями водоемов севера Мурманской области. Именно к таким относятся все описанные в данной статье озера. Учитывая, что в естественных условиях трофическое состояние озер на Кольском Севере носит олиготрофный и даже ультраолиготрофный характер (Румянцев и др., 2015), можно сделать вывод о том, что антропогенная нагрузка на водные экосистемы благоприятствовала распространению этих видов ряски в регионе.

Lemna trisulca

На детально исследованной во флористическом отношении территории заповедника “Пасвик” *L. trisulca* встречается очень редко — указывается для среднего течения р. Мениккайоки (Кравченко, 2020). Одна из двух находок в заповеднике сделана авторами в том же месте, спустя 5 лет после 2015 г. (Кравченко и др., 2017). Вторая находка сделана в нижнем течении р. Мениккайоки, в приустьевой зоне с практически стоячей водой и развитыми зарослями гелофитов.

Оз. Сальмиярви — второй район, где *L. trisulca* был известен как в российской части системы р. Паз (Боровичев и др., 2020), так и в норвежской, где он отмечается с 1985 г. (Moiseenko *et al.*, 1994; GBIF..., 2023c). Именно в это озеро впадает р. Мениккайоки и неудивительно, что находки *L. trisulca* сделаны авторами в заливе озера, где расположено устье этой реки.

Ниже устья р. Мениккайоки по течению р. Паз *L. trisulca* обнаружен на всех четырех исследованных станциях оз. Сальмиярви. Причем на двух из них его обилие велико, особенно в районе пирса в средней части юго-восточного берега озера. На этой станции сформирован широкий пояс

воздушно-водных растений, в котором на мелководье *L. trisulca* встречается в массе — образует толстый подводный ковер на дне. Его фитомасса в таких местах достигала 947 г/м² (сухая масса 98 г/м²). Такие значения очень высоки и свидетельствуют о благоприятных условиях для развития данного растения в озере: наличие участков с замедленным течением воды и развитыми сообществами воздушно-водных макрофитов, где *L. trisulca* находит укрытие. Ранее для норвежской акватории р. Паз в оз. Сальмиярви описано очень обильное развитие *L. trisulca*, покрывающего большую часть поверхности залива у пос. Сванвик (Moiseenko *et al.*, 1994).

Остальные 3 находки в р. Паз сделаны ниже оз. Сальмиярви. Таким образом, можно утверждать, что *L. trisulca* распространен на всем течении реки от оз. Сальмиярви до оз. Клистерватн (перед Борисоглебской ГЭС), хоть и с малым обилием.

Характеристика водных объектов — местонахождений L. trisulca

Ряд водных объектов, в которых обнаружен *L. trisulca*, в большей или меньшей степени антропогенно трансформирован. Так, р. Паз представляет собой озерно-речную систему, которая зарегулирована 7 гидроэлектростанциями. В зонах озерводохранилищ снижаются скорости течения воды и создаются условия, благоприятные для развития *L. trisulca*. Водосборная территория реки подвергается заметному антропогенному воздействию. Значительная техногенная нагрузка на территорию создается комбинатом “Печенганикель”. Река принимает промышленные и коммунальные стоки (Moiseenko *et al.*, 1994, Сандимиров, 2012).

Местонахождения *L. trisulca* сильнее всего сконцентрированы в системе связанных водных объектов в окрестностях г. Никель: оз. Сальмиярви (р. Паз) — оз. Пикуярви — оз. Куэтсьярви и его притоки.

В оз. Сальмиярви зафиксировано самое обильное развитие *L. trisulca*. Высокое обилие растения должно поддерживаться за счет повышенного содержания биогенных соединений в воде, так как представители *Lemna* избегают олиготрофных условий (Landolt, 1986). Поступление биогенов возможно вследствие активной антропогенной деятельности на берегах р. Паз в районе озера как на российской, так и на норвежской части водосбора. Высокие продукционные показатели *L. trisulca* могут являться индикатором происходящих процессов эвтрофирования этого озера.

Ниже по течению р. Паз, до оз. Клистерватн (перед Борисоглебской ГЭС), обилия *L. trisulca* на станциях мало. Популяция растения здесь может пополняться за счет обильных зарослей в оз. Сальмиярви.

Р. Мениккайоки — также часть водной системы р. Паз. Ранее была рукавом этого водотока, но при создании ГЭС отделена плотиной от основной реки. Теперь представляет собой приток р. Паз, впадающий в оз. Сальмиярви. Р. Мениккайоки характеризуется повышенными значениями общей минерализации воды вследствие естественных причин — геологического строения ее водосбора. Приток воды этой реки локально увеличивает минерализацию и в р. Паз — в оз. Сальмиярви.

Анализируя карту распространения *L. trisulca* (рис. 1) может создаться впечатление, что популяция вида в р. Мениккайоки поддерживает популяцию в р. Паз. Однако это не обязательно так, поскольку р. Мениккайоки зарегулирована оз. Сальмиярви, уровень которого, в свою очередь, зависит от работы плотины гидроэлектростанции. При повышении уровня озера происходит заток воды в р. Мениккайоки. Такая ситуация была зафиксирована дважды в разные полевые сезоны.

Оз. Куэтсъярви уже описано выше как загрязняемый и эвтрофируемый водоем. В водах его двух притоков *L. trisulca* встречен в их низовьях (рис. 1) в том числе в местообитаниях, где не зафиксированы прямые антропогенные нарушения, с фоновыми значениями минерализации и рН.

Также *L. trisulca* дважды встречен в водных объектах бассейне р. Печенга, а именно в р. Намайоки, качество воды которой характеризуется как “грязная” (Качество..., 2023). Она принимает хозяйственно-бытовые сточные воды, а в период весеннего половодья и дождевых паводков в нее с поверхностным стоком поступают загрязненные воды с хвостохранилища обогатительной фабрики комбината “Печенганикель” (Качество..., 2011). Второе место — безымянное озеро в г. Заполярный было уже выше описано как загрязненное недоочищенными сточными водами.

Таким образом, *L. trisulca* встречается в водных объектах исследованного района как при фоновых значениях абиотических характеристик, так и при их антропогенном изменении. Хозяйственная деятельность человека создает условия для его обильного развития в некоторых водоемах, откуда *L. trisulca* может расселяться по региону.

Местонахождение *L. trisulca* в р. Паз в оз. Клистерватн — по-видимому, самое северное в европейской части России. На соседней территории Норвегии растение встречается севернее 70° с. ш. (GBIF..., 2023с). В азиатской части Российской Федерации известны местонахождения этого вида севернее 69° с. ш. на Ямале, в Якутии и на Таймыре (GBIF..., 2023с). На Таймыре *L. trisulca* встречается до 72.6° с. ш. (<https://www.inaturalist.org/observations/38848851>), во флоре Таймырского заповедника вид находится на северном пределе своего ареала, но в небольшом отрыве от основной части (Поспелова, 2001).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На северо-западе Мурманской области обнаружено 2 новых местонахождения *Lemna minor*, 1 — *L. × japonica* и 10 — *L. trisulca*. Всего обнаружено 18 участков рек и озер (станций), на которых встречаются эти растения: 2 — для *L. minor*, 2 — *L. × japonica* и 16 — *L. trisulca*. На двух станциях *L. trisulca* и *L. minor* отмечены вместе, причем из них всегда преобладал *L. minor*. На одной из станций (оз. Семеновское) вместо ранее указанного *L. minor* идентифицирован его гибрид *L. × japonica*.

Обнаруженные впервые местонахождения *L. minor* в безымянном озере в г. Заполярный (водосбор р. Печенга) и оз. Куэтсъярви (водосбор р. Паз) — одни из самых северных в мире, а местонахождение *L. trisulca* в р. Паз в оз. Клистерватн — самое северное в Европейской России.

Изученные водные объекты характеризовались значениями рН от 6.0 до 7.6, находились в основном в нейтральном диапазоне кислотности (среднее значение — 6.9). Минерализация воды находилась в пределах от 17 до 251 мг/л, однако преимущественно до 46 мг/л. Все находки *L. minor* и *L. × japonica* сделаны в водоемах с повышенной, относительно фона, минерализацией воды: 44 и 150 мг/л для *L. minor*, 73 и 251 мг/л для *L. × japonica*.

Массовое развитие *L. trisulca* наблюдалось в преимущественно антропогенно трансформированных водных объектах. Максимальные показатели обилия данного вида зафиксированы в зонах повышения трофности.

Все описанные находки *L. minor* и *L. × japonica* на севере Мурманской области связаны только с антропогенно эвтрофируемыми водоемами. Данные таксоны можно считать здесь индикаторами высокой трофности.

Хозяйственная деятельность человека и связанное с ней поступление биогенных соединений в водные экосистемы приводят к увеличению подходящих для видов рода *Lemna* местообитаний с повышенной трофностью и минерализацией. При проведении целенаправленных исследований флоры загрязненных водоемов Кольского Севера можно ожидать увеличения числа находок *Lemna* в реках и озерах этого региона.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено при поддержке Российского научного фонда (проект № 23-14-00115, Бобров, Гришуткин, Ефимов, анализ распространения и экологических закономерностей) и в рамках госзадания ИБВВ РАН (тема № 124032100076-2, Бобров, Гришуткин, Ефимов, использование лабораторного оборудования).

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы признательны П.А. Волковой (ИБВВ РАН) за молекулярно-генетическое подтверждение определений *L. minor* и *L. × japonica*, Н.В. Поликарповой, Г.А. Дмитренко, И.Д. Дорошу и Ю.М. Бычкову (государственный заповедник “Пасвик”) за организационную и информационную поддержку при полевых работах на территории заповедника и в его окрестностях.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

БИОЭТИКА

Эта работа не содержит каких-либо исследований с участием людей и животных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бобров А.А., Мочалова О.А. Заметки о водных сосудистых растениях Якутии по материалам якутских гербариев // Новости сист. высших раст. 2014. Т. 45. С. 122–144.
- Бобров А.А., Чемерис Е.В. Изучение растительного покрова ручьев и рек: методика, приемы, сложности // В кн.: Гидробиотаника 2005: матер. VI Всерос. школы-конф. (пос. Борок, 11–16 окт. 2005 г.). Рыбинск. 2006. С. 181–203.
- Боровичев Е.А., Кожин М.Н., Игнашов П.А., Кириллова Н.Р., Копеина Е.И., Кравченко А.В., Кузнецов О.Л., Кутенков С.А., Мелехин А.В., Попова К.Б., Разумовская А.В., Сенников А.Н., Фадеева М.А., Химич Ю.Р. Значимые находки растений, лишайников и грибов на территории Мурманской области. II // Труды Карельского научного центра РАН. 2020. № 1. С. 17–33.
<https://doi.org/10.17076/bg1078>
- Даувальтер В.А., Кашулин Н.А. Оценка экологического состояния Арктической пресноводной системы по результатам исследований содержания тяжелых металлов в донных отложениях // Геохимия. 2018. № 8. С. 805–819.
<https://doi.org/10.1134/S0016752518080034>
- Даувальтер В.А., Слуковский З.И., Денисов Д.Б., Черепанов А.А. Особенности химического состава городских озер Мурманска // Вестн. СПбГУ. Науки о Земле. 2021. 66(2). С. 252–266.
<https://doi.org/10.21638/spbu07.2021.204>
- Денисов Д.Б., Слуковский З.И., Косова А.Л. Содержание хлорофилла “а” в планктоне озер урбанизированных территорий Мурманской области // Труды Ферсмановской научной сессии ГИ КНЦ РАН. 2020. № 17. С. 163–167.
<https://doi.org/10.31241/FNS.2020.17.030>
- Зубова Е.М., Кашулин Н.А., Даувальтер В.А., Денисов Д.Б., Валькова С.А., Вандыш О.И., Терентьев П.М., Черепанов А.А. Долговременная динамика основных компонентов экосистемы озера Куэтсьярви (система реки Пасвик, Мурманская область) // Биосфера. 2019. Т. 11. № 4. С. 178–200.
<https://doi.org/10.24855/biosfera.v11i4.513>
- Зуева Н.В., Гришуткин О.Г., Зуев Ю.А., Ефимов Д.Ю., Чемерис Е.В., Бобров А.А. Оценка состояния растительного покрова трансграничного водотока северной Фенноскандии (русская часть р. Паз) // Биология внутренних вод. 2022а. № 4. С. 381–394.
<https://doi.org/10.31857/S0320965222040325>
- Зуева Н.В., Гришуткин О.Г., Ефимов Д.Ю., Бобров А.А. Штукения нитевидная (*Stuckenia filiformis* (Pers.) Börner) в заповеднике “Пасвик” и на сопредельных территориях: лимитирование распространения минерализацией воды // Труды Карельского научного центра РАН. 2022б. № 1. С. 83–88.
<https://doi.org/10.17076/bg1517>
- Качество поверхностных вод Российской Федерации: Ежегодник 2010. Ростов-на-Дону. 2011. 571 с.
<https://gidrohim.com/node/2803>
- Качество поверхностных вод Российской Федерации: Ежегодник 2022. Ростов-на-Дону. 2023. 635 с.
<https://gidrohim.com/node/2803>
- Кашулин Н.А., Сандимиров С.С., Даувальтер В.А., Терентьев П.М., Денисов Д.Б. Экологический каталог озер Мурманской области. Часть 1. Северозападная часть Мурманской области и приграничные территории сопредельных стран. Апатиты. 2009. 226 с.
- Катанская В.М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Методы изучения. Л. 1981. 187 с.
- Кириллова Н.Р. О распространении *Lemna minor* (Lemnaceae) в Мурманской области // Бот. журн. 2014. Т. 99. № 7. С. 766–770.
- Кравченко А.В., Боровичев Е.А., Химич Ю.Р., Фадеева М.А., Кутенков С.А., Костина В.А. Значимые находки растений, лишайников и грибов на территории Мурманской области // Труды Карельского научного центра РАН. 2017. № 7. С. 34–50.
<https://doi.org/10.17076/bg655>
- Кравченко А.В. Сосудистые растения заповедника “Пасвик” и смежной территории Мурманской области. Петрозаводск. 2020. 281 с.
- Поспелова Е.Б. Редкие виды сосудистых растений Государственного биосферного заповедника “Таймырский” // В кн.: Исследование природы Таймыра. Вып. 1. Красноярск. 2001. С. 216–239.

- Разумовская А.В., Петрова О.В. Сосудистые растения озера Имандра // Бот. журн. 2017. Т. 102. № 1. С. 62–78. <https://doi.org/10.1134/S0006813617010057>
- Раменская М.Л., Андреева В.Н. Определитель высших растений Мурманской области и Карелии. Л. 1982. 435 с.
- Румянцев В.А., Драбкова В.Г., Измайлова А.В. Озера европейской части России. СПб. 2015. 392 с. <http://wp.limno.org.ru/win/or.php>
- Сандимиров С.С. Современное гидрохимическое состояние озерно-речной системы реки Пасвик (Кольский полуостров) // Труды Кольского научного центра РАН. 2012. № 3 (10). С. 88–98.
- Bog M., Appenroth K., Sree K. Key to the determination of taxa of Lemnaceae: an update // Nord. J. Bot. 2020. V. 38. № 8. e02658. <https://doi.org/10.1111/njb.02658>
- GBIF – Global Biodiversity Information Facility. (12 December 2023) GBIF Occurrence Download. 2023a <https://doi.org/10.15468/dl.gqwvku>
- GBIF – Global Biodiversity Information Facility. (27 November 2023) GBIF Occurrence Download. 2023b <https://doi.org/10.15468/dl.876q72>
- GBIF – Global Biodiversity Information Facility. (12 December 2023) GBIF Occurrence Download. 2023c <https://doi.org/10.15468/dl.xnaya8>
- Landolt E. Morphological differentiation and geographical distribution of the *Lemna gibba* – *Lemna minor* group // Aquat. Bot. 1975. V. 1. P. 345–363.
- Landolt E. The family of Lemnaceae – a monographic study. Veröff. Geobot. Inst. ETH, Stiftung Rubel, Zurich. 1986. 566 p.
- Landolt E. Lemnaceae Duckweed Family // Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science. 1992. V. 26. № 1. P. 10–14.
- Moiseenko T., Mjelde M., Brandrud T., Brettum P., Dauvalter V., Kagan L., Kashulin N., Kudriavtseva L., Lukin A., Sandimirov S., Traaen T.S., Vandysh O., Yakovlev V. Pasvik River Watercourse, Barents Region: Pollution Impacts and Ecological Responses. Investigations in 1993. Oslo. 1994. 87 p.
- Slukovskii Z., Dauvalter V., Guzeva A., Denisov D., Cherepanov A., Siroezhko E. The hydrochemistry and recent sediment geochemistry of small lakes of Murmansk, Arctic zone of Russia // Water. 2020. V. 12. № 4. P. 1–17. <https://doi.org/10.3390/W12041130>
- Volkova P.A., Nachatov V.A., Bobrov A.A. Hybrid between *Lemna minor* and *L. turionifera* (*L. × japonica*, Lemnaceae) in East Europe is more frequent than parental species and poorly distinguishable from them // Aquat. Bot. 2023. V. 184. 103593. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2022.103593>

Distribution of *Lemna* at the Range Boundary in the North-West of the Murmansk Region as a result of anthropogenic changes in water bodies

N. V. Zueva^{1, #}, O. G. Grishutkin², D. Yu. Efimov², A. A. Bobrov^{2, ##}

¹Russian State Hydrometeorological University, Voronezhskaya Str., 79, St. Petersburg, 192007 Russia

²Papanin Institute for Biology of Inland Waters, Russian Academy of Sciences, Borok, Nekouzskiy district, Yaroslavlskaya region, 152742 Russia

[#]e-mail: nady.zueva@ya.ru

^{##}e-mail: lsd@ibiw.yaroslavl.ru

Data on the new localities of *Lemna minor*, *L. trisulca*, and hybrid between *L. minor* and *L. turionifera* (*L. × japonica*) (Lemnaceae) in the north-west of the Murmansk Region (north of 68.5° N), i.e., in the Pasvik State Nature Reserve and neighboring territories in the drainage basin of the Paz River, are presented. *Lemna minor* and *L. trisulca* were previously known for the region by several reports. In the north-west of the Murmansk Region, 2 new localities of *Lemna minor*, 1 locality of *L. × japonica*, and 10 localities of *L. trisulca* were found. In total, representatives of *Lemna* occurred in 18 studied sites: *L. minor* in 2, *L. × japonica* in 2, and *L. trisulca* in 16 (*L. minor* and *L. trisulca* grew together in 2 sites). In the studied rivers and lakes, the pH range of water varied from 6.0 to 7.6, i.e., was mainly neutral (the average value was 6.9). TDS varied in the range from 17 to 251 ppm (on average, 53 ppm). The localities of *L. minor* in the unnamed lake near Zapolyarnyi town and in Kuetsjarvi Lake are probably the northernmost in the world, while locality of *L. trisulca* in the Paz River in Klistervatn Lake is the northernmost in European Russia. In the north of the Murmansk Region, *L. minor* and *L. × japonica* were associated only with anthropogenic eutrophicated water bodies with increased TDS in comparison to the background value. These taxa can be considered an indicator of high trophicity in this region. The localities of *L. trisulca* are mainly anthropogenic transformed water bodies. The maximum abundance of this species is also recorded in the areas of increased trophic level.

Keywords: aquatic plants, duckweed, eutrophication, Fennoscandia, Kola North, Kuetsjarvi Lake, *Lemna minor*, *Lemna trisulca*, *Lemna × japonica*, Paz River, pollution, Subarctic