

УДК 581.95+581.526.3(571.53.55)

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВИДОВ сем. *Najadaceae* В ЗАБАЙКАЛЬЕ В СВЯЗИ С КЛИМАТИЧЕСКИМИ ФАКТОРАМИ

© 2024 г. Б. Б. Базарова^{а, *}, Е. В. Чемерис^б, А. А. Бобров^{б, с, **}

^аИнститут природных ресурсов, экологии и криологии Российской академии наук,
Сибирское отделение, Чита, Россия

^бИнститут биологии внутренних вод им. И. Д. Папанина Российской академии наук,
пос. Борок, Некоузский р-н, Ярославская обл., Россия

^сТюменский государственный университет, AquaBioSafe, Тюмень, Россия

*e-mail: balgit@mail.ru

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

Поступила в редакцию 25.05.2023 г.

После доработки 10.11.2023 г.

Принята к публикации 15.11.2023 г.

По данным конца XX в. в Забайкалье и Прибайкалье сем. *Najadaceae* представлено четырьмя видами, известными в немногочисленных местонахождениях: *Caulinia flexilis* (4 точки), *C. minor* (3), *Najas major* (3), *N. marina* (4). Все они однолетники, для которых характерна флуктуация численности. С начала XXI в. виды обнаружены еще в 20 местах, преимущественно расположенных в пределах Байкальской котловины. В 2015 г. при выполнении мониторинговых исследований водной флоры найдены по одному новому местонахождению *Caulinia flexilis*, *C. minor* и *Najas major* уже в бассейне р. Амур. Составлены карты распространения видов сем. *Najadaceae* в регионе, дана экологическая характеристика их местообитаний. В Забайкалье с середины XX в. произошло потепление за счет роста среднегодовой температуры. В последние 70 лет в южных районах усилилась аридизация, соответственно изменились условия обитания гидробионтов в водоемах. Находки видов сем. *Najadaceae* в Забайкалье совпадают с периодами повышения среднегодовых температур воздуха и с локальными минимумами количества осадков. Увеличение числа находок видов сем. *Najadaceae* с начала XXI в. в Забайкалье и в других регионах России происходит на фоне роста среднегодовой температуры воздуха. В Забайкалье тенденция роста температур в теплое время года с начала XXI в. благоприятна для этих видов и может способствовать их дальнейшему распространению в регионе.

Ключевые слова: водные растения, изменение климата, Красные книги, охраняемые виды, Сибирь, факторы среды, флористические находки

DOI: 10.31857/S0320965224030026, EDN: ZQAEKN

ВВЕДЕНИЕ

Сем. *Najadaceae* Juss. включает ~50 видов погруженных водных растений, распространенных в различных регионах мира (Triest, 1988). В России произрастает лишь семь видов наядовых (Цвелёв, 1982; Лисицына и др., 2009). Все они редкие, охраняемые на региональном, федеральном и международном уровнях (Красная ..., 2008а, 2008б, 2012–2014, 2017; Lansdown, 2011а, 2011б, 2014; Maiz-Tome, 2016 и др.). В последние десятилетия возросло число публикаций о находках видов наядовых в разных регионах России (Глазунов, Николаенко, 2015; Ефремов, Свириденко, 2016; Vargot et al., 2016; Бирюкова и др., 2017; Иванова и др., 2017; и др.). Известны факты циклического появления видов наядовых во флоре некоторых крупных озер, что связывают со снижением уровня воды (Вейсберг, 2014;

Беляков и др., 2015; Бирюкова и др., 2017; Efimov et al., 2023). Наблюдается незначительное расширение ареала и увеличение числа находок некоторых видов наядовых в Средней России (Казакова, 2004; Щербаков, Майоров, 2013; Маевский, 2014; Shcherbakov, Lyubeznova, 2017). Имеются данные о заметном расширении распространения *Najas major* All., которому возможно способствует некоторое потепление климата (Щербаков, Майоров, 2013; Панасенко, Анищенко, 2018). По оценке Росгидромета (Доклад..., 2017), на территории России потепление климата происходит примерно в 2.5 раза интенсивнее, чем в среднем по земному шару: в период 1976–2016 гг. оно составило 0.45 °C за 10 лет.

Согласно “Флоре Сибири” (Ханминчун, 1988), в Забайкалье и Прибайкалье семейство было представлено четырьмя видами: *Caulinia flexilis* Willd.,

C. minor (All.) Coss. et Germ., *Najas major*, *N. marina* L. С 2000-х годов возросло число находок *Caulinia flexilis* в бассейне оз. Байкал (Азовский, Чепинога, 2007; Аненхонов, Пыхалова, 2010; Чепинога, 2015) и в бассейне р. Аргунь (Ткачук и др., 2009). Недавно список пополнился еще двумя видами — *C. tenuissima* (A. Braun ex Magnus) Tzvel. (Чепинога и др., 2013) и *Najas marina* (Степанцова и др., 2022). В результате наших исследований найдено по одному новому местонахождению *Caulinia flexilis*, *C. minor* и *Najas major* в юго-восточном Забайкалье, в бассейне р. Амур, где ранее эти виды не указывали. На территории Забайкалья с середины XX в. произошло потепление за счет роста среднегодовой температуры воздуха до 1990 г. со скоростью ~0.26 °C в 10 лет, в течение последних трех десятилетий оно замедлилось до 0.09 °C в 10 лет, но одновременно наблюдался рост температуры в теплое время года¹ (Обязов, 2014). В многолетних колебаниях среднегодовой температуры воздуха наиболее четко выражены циклы продолжительностью примерно 4 и 11 лет, а также 20–25 лет (Обязов и др., 2021). За последние 70 лет в южных районах юго-восточного Забайкалья зарегистрировано статистически достоверное изменение режима атмосферных осадков (Обязов и др., 2021). Для этой территории был установлен (по кернам сосны обыкновенной Цасучейского бора) циклический ритм изменения увлажненности, близкий к 30 годам, при этом он прослеживается со второй половины XIX в., также отмечено, что первая декада XXI столетия стала самой засушливой (Вахнина и др., 2018).

Изменение среднегодовых температур и циклические колебания количества осадков в условиях резко континентального климата региона сильно влияют на уровень режим водоемов, физические и гидрохимические параметры водной среды (Обязов, 2014; Обязов и др., 2021). Предполагаем, что эти климатические факторы могут оказывать влияние на распространение видов семейства Najadaceae в Забайкалье, поскольку все рассматриваемые здесь виды — однолетники, для которых известна способность периодически появляться и исчезать (Колесникова, 1965; Вейсберг, 2014; Бирюкова и др., 2017).

Цель работы — проанализировать имеющиеся данные о распространении видов семейства наядовых в регионе, дать экологическую характеристику их местообитаний, сопоставить местонахождения и даты сборов этих видов в Забайкалье с основными климатическими параметрами (среднегодовой температурой воздуха, среднегодовым количеством осадков).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оригинальные материалы собраны в ходе экспедиционных исследований, проведенных

в 2015 г. на территории Забайкалья. Все гербарные образцы хранятся в коллекции Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, дублиеты переданы в гербарий Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН (IBIW). Карта распространения видов наядовых на территории Забайкальского края составлена по обобщенным сведениям о географических координатах местонахождений и датах сбора из гербарных коллекций ИПРЭК СО РАН, изданий региональных Красных книг (Красная ..., 2013, 2017), научных публикаций (Ханминчун и др., 1988; Азовский, Чепинога, 2007; Ткачук и др., 2009; Аненхонов, Пыхалова, 2010; Чепинога и др., 2013; Чепинога, 2015). Всего в обработку включено 35 записей.

В местообитаниях наядовых в Забайкальском крае с помощью портативного прибора GPS AQUAMETER (Германия) определены основные физико-химические параметры воды (рН, минерализация, температура, содержание кислорода), лотом измерена глубина произрастания. Макрокомпонентный состав вод дан по работе Г.Ц. Цыбекмитовой (2015).

Данные о величинах и тенденциях изменений среднегодовой температуры воздуха и количества осадков для Забайкалья приведены по работе (Обязов и др., 2021), для других регионов России — по данным сайта Гидрометцентра России¹ и справочно-информационного портала “Погода и климат”.²

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе экспедиционных мониторинговых исследований в июле 2015 г. на территории Забайкальского края нами обнаружено три новых местонахождения *Caulinia flexilis*, *C. minor* и *Najas major* (рис. 1). Все находки сделаны недалеко друг от друга в пределах Калганского р-на. Все сборы проведены Б.Б. Базаровой.

Caulinia flexilis Willd. (*Najas flexilis* (Willd.) Rostk. et W.L.E. Schmidt) — Каулиния гибкая (рис. 2), протока р. Аргунь в окр. с. Зоргол, 50°33.412' с.ш., 119° 15.065' в.д., 499.5 м н.у.м., 07.07.2015.

Голарктический бореальный вид. Описан из США (штат Пенсильвания). Распространен на севере Европы и Северной Америки. В России встречается в Европейской части, Западной Сибири (юго-восток), Восточной Сибири (юго-восток), на Дальнем Востоке (бассейн р. Зея) (Колесникова, 1965; Цвелев, 1982, 2006; Hultén, Fries, 1986; Ханминчун, 1988).

Экологические параметры в новом местонахождении показаны в табл. 1. Вид встречается в Забайкалье на песчаных, илисто-песчаных мелководьях озер или на неглубоких участках

¹ Гидрометцентр России. <https://meteoinfo.ru>

² <http://www.pogodaiklimat.ru>

рек с замедленным течением, в низкоминерализованных, гидрокарбонатных водах, со слабощелочной до нейтральной реакцией среды. Это хорошо соотносится с литературными данными, где указаны сходные характеристики местообитаний вида и макрокомпонентного состава вод. Сильно различается только нижний диапазон глубины произрастания: при высокой прозрачности

воды *C. flexilis* способен обитать на глубинах до 5 м (Wingfield et al., 2004; Sinkevičienė et al., 2023), для оз. Большое Миассово указаны глубины 1.5–2 м (Вейсберг, 2014). Вид обычно растет в олиготрофных и мезотрофных водоемах. Как и все однолетники, *C. flexilis* — слабый конкурент и может хорошо развиваться только при наличии свободного субстрата, не занятого другими макрофитами

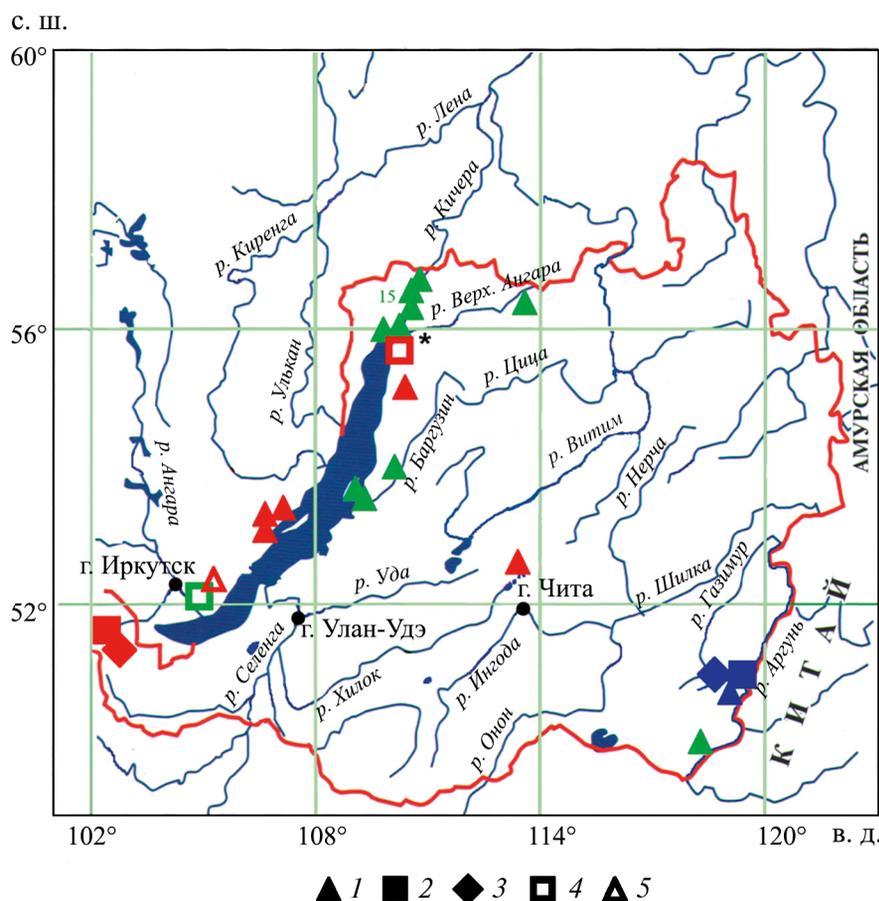


Рис. 1. Распространение видов Najadaceae в Забайкалье: 1 – *Caulinia flexilis*, 2 – *Najas major*, 3 – *Caulinia minor*, 4 – *Najas marina*, 5 – *Caulinia tenuissima*. Красным цветом обозначены данные “Флоры Сибири” (Ханминчун, 1988), зеленым — находки после 2000-х годов (Горюнова, Скворцова, 2004; Азовский, Чепинога, 2007; Аненхонов, Пыхолова, 2010; Чепинога и др., 2013; Красная ..., 2013, 2017; Чепинога, 2015; Степанцова и др., 2022), синим — наши находки; * – ошибочное указание *Najas marina* во “Флоре Сибири” (Ханминчун, 1988).

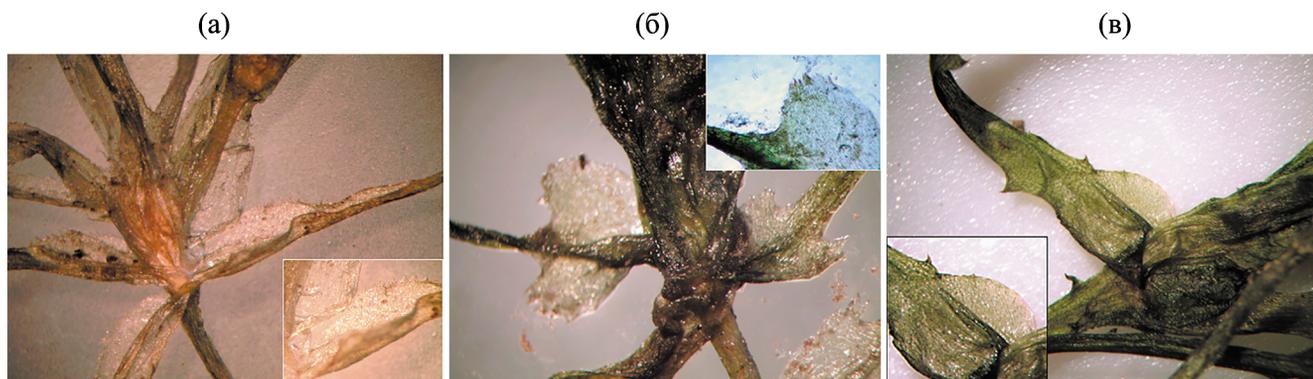


Рис. 2. Различие *Caulinia flexilis* (а), *C. minor* (б) и *Najas major* (в) по форме влагалищ листьев и наличию зубцов на них.

(Wingfield et al., 2004, 2006). По этой причине деградация популяций этого вида, наблюдаемая в последнее время в Западной Европе, по-видимому, представляет собой результат эвтрофирования водных объектов (Wingfield et al., 2004; Thiry, Van de Weyer, 2005; Sinkevičienė et al., 2023). Во “Флоре Сибири” (Ханминчун, 1988) для Забайкальского края вид указан в озерах Ивано-Арахлейской системы, в Республике Бурятия известен из одного местонахождения (р. Томпуда), в Иркутской обл. отмечен по западному побережью оз. Байкал в зал. Мухор и около м. Ядыртуй в Малом Море. Позже вид был найден в оз. Арангатуй, в Чивыркуйском заливе, в Верхнеангарском соре, в дельте р. Верхняя Ангара (Азовский, Чепинога, 2007). Отметим, что в оз. Арангатуй (ранее оз. Сор) вид собирали и ранее — в 1916 г. (образец IRKU18732). В 2005–2007 гг. он был обнаружен в долине р. Аргунь от пос. Приаргунск до с. Абагайтуй (Ткачук и др., 2009).

Вид *C. flexilis* включен в Красную книгу Забайкальского края (2017), где отмечен для озер Иван и Шакшинское. Также занесен в Красную книгу Республики Бурятия (2013), где почти все его

местонахождения находятся в Байкальской котловине. Чаще всего вид встречается в водоемах Северо-Байкальского р-на Республики Бурятия, особенно в бассейне рек Верхняя Ангара и Кичера (озера Кичерское, Тоней, Янгарай, Блудное, Филимоновские, Карачаевское, Страховское, Ирбикли, Светлое, Туркуит, Гаенда, Кондакон, Иркана, источник Дзелинда), и лишь в одном пункте на северо-восточном побережье оз. Байкал — близ устья р. Томпуда. Вид также найден в Баргузинском р-не (оз. Поляночное у с. Баргузин). Единственное местонахождение на территории Бурятии вне Байкальской котловины известно в Муйском р-не — у оз. Белое Море в окрестностях пос. Северомуйск. Всего известно 27 точек этого вида.

Редкий вид, принимающий незначительное участие в составе сообществ водных растений (Wingfield et al., 2006; Sinkevičienė et al., 2023). Известны факты совместного произрастания *C. flexilis*, *C. minor*, *Najas major* (Triest, 1988; Thiry, Van de Weyer, 2005; Sinkevičienė et al., 2023).

Caulinia flexilis включена в основной список Красной книги РФ (2008) с категорией статуса

Таблица 1. Гидрохимические и физические параметры в местонахождениях видов сем. Najadaceae в 2015 г.

Параметр	<i>Caulinia flexilis</i>	<i>Caulinia minor</i>	<i>Najas major</i>
Глубина произрастания, м	0.1	0.2	0.1–0.3
pH	7.56–8.2	8.32–9.61	7.92–8.45
Температура воды, °С	25.5	20.3–21.8	20.7–24.5
Окислительно-восстановительный потенциал, мВ	273.2	217.7–246.3	194.8–235.8
Электропроводность, мкС/см	696	264–368	187–235.8
Удельное сопротивление, Ом*см	1355	2742–3676	2383
Соленость, ‰	0.34	0.13–0.18	0.2
Растворенный кислород, мг/л	2.2	0.29–0.67	0.19
Общая минерализация, мг/л	–	0.21	0.32
Na ⁺ , мг/л	–	6.41	10.58
K ⁺ , мг/л	–	1.51	2.62
Ca ²⁺ , мг/л	–	20.04	45.09
Cl ⁻ , мг/л	–	1.16	1.55
Mg ²⁺ , мг/л	–	18.85	15.20
SO ₄ ²⁻ , мг/л	–	39.67	56.79
CO ₃ ²⁻ , мг/л	–	9.0	<0.50
HCO ₃ ⁻ , мг/л	–	115.59	181.17
NH ₄ ⁺ , мг/л	–	0.17	0.16
NO ₃ ⁻ , мг/л	–	0.74	0.79
NO ₂ ⁻ , мг/л	–	<0.02	<0.02
PO ₄ ³⁻ , мг/л	–	0.015	0.410
P _{общ} , мг/л	–	0.045	0.058
Характер грунта	песчаный с наилком	песчано-гравийный с наилком	илисто-гравийный

Примечание. “–” — данные отсутствуют.

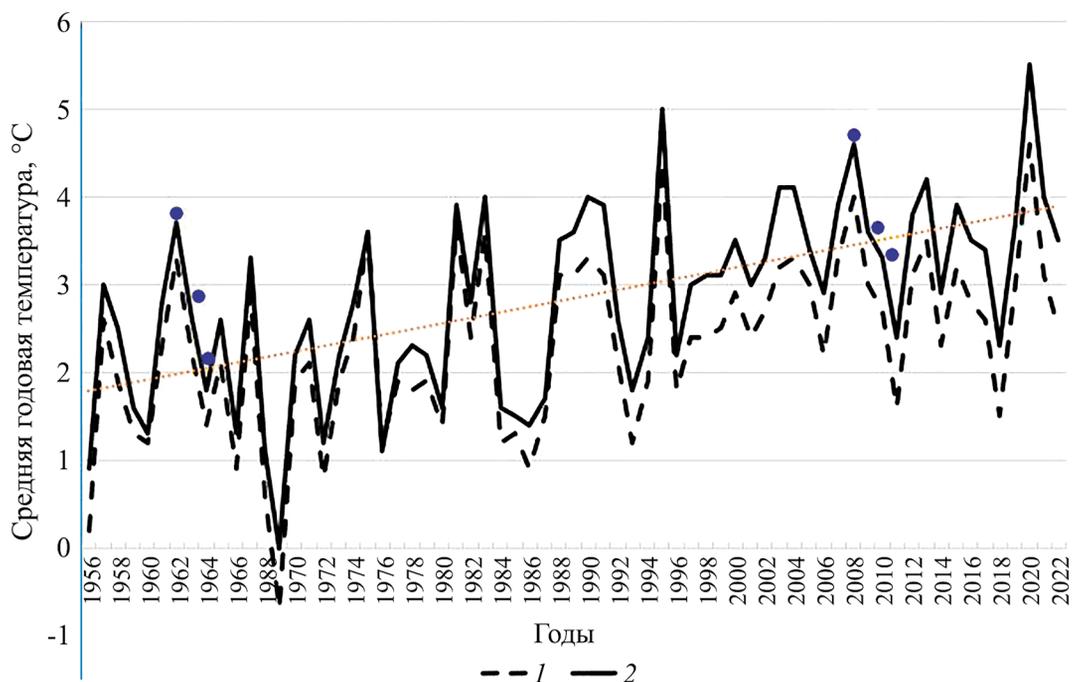


Рис. 3. Многолетние изменения среднегодовой температуры воздуха по данным метеостанций городов Миасс (1) и Челябинск (2) и годы находок *Caulinia flexilis* (синие точки).

редкости 2. Охраняется во многих странах Западной Европы (Kurpjanowicz et al., 2018; Sinkevičienė et al., 2023). Включен в список охраняемых видов Международного союза охраны природы³, для территории Европы считается уязвимым видом (Vulnerable) (Lansdown, 2011a), в мировом масштабе — вызывает наименьшие опасения (Least Concern) (Maiz-Tome, 2016).

На Южном Урале отмечена периодичность появления и исчезновения вида в оз. Б. Миассово (Вейсберг, 2011, 2014). Так, впервые в оз. Б. Миассово *C. flexilis* был обнаружен в 1960-х годах XX в., в период с 1990 по 2007 гг. его не регистрировали, несмотря на регулярные обследования. С 2007 по 2010 гг. вид вновь встречался, что связывают со снижением уровня воды (Вейсберг, 2011). Примечательно, что находки этого вида совпадали с локальными максимумами среднегодовых температур и сразу после них (по данным для городов Миасс и Челябинск в периоды 1961–1963 гг. и 2003–2010 гг.) (рис. 3), при этом 2009–2010 гг. характеризовались крайне низким среднегодовым количеством осадков.⁴ Важность температурного фактора для существования вида подтверждается палеоданными из озерных отложений в северо-восточной Польше. Здесь зафиксировано появление вида в конце Эемского климатического оптимума (127–106 тыс. лет назад) когда происходило постепенное снижение

среднегодовых температур и зимние температуры опускались немного ниже 0 °С. Экспансия вида совпала с началом и серединой последнего оледенения в период раннего и среднего Вейкселя (110–12 тыс. лет назад) с умеренным климатом, а внезапное исчезновение произошло в результате резкого снижения температуры в конце этого периода. Примечательно, что *C. flexilis* по мере снижения температур полностью заместил в озере *Najas marina* s.l. (*N. major*), обитавшего там ранее (Kurpjanowicz et al., 2018).

Caulinia minor (All.) Coss. et Germ (*Najas minor* All.) — Каулиния малая (рис. 2), временный карьер на р. Средняя Борзя, 51°00'13.0" с.ш., 119°08'30.5" в.д., 531.2 м н.у.м., 11.07.2015.

Евразийский вид, распространенный в тропическом, субтропическом и умеренном поясах. Его ареал охватывает Восточную и Западную Европу, Средиземноморье, Кавказ, ряд стран Азии и Северной Африки (Цвелев, 1982; Casper, Krausch, 1980; Triest, 1988; Губанов и др., 2002). Вид интродуцирован в Северной Америке (Hultén, Fries, 1986).⁵ На территории Европейской России изредка встречается в бассейнах рек Волга и Дон (Губанов и др., 2002; Лисицына и др., 2009; Маевский, 2014), северная граница ареала *C. minor* проходит по территории Курской, Калужской, Московской, Владимирской, Ивановской, Нижегородской областей и Республик Марий Эл и Татарстан (Бирюкова и др., 2017). Распространён по югу Западной

³ The IUCN Red List of threatened species <https://www.iucnredlist.org/species/162310/78457107>

⁴ <http://www.pogodaiklimat.ru/history/28647.htm>

⁵ Global Invasive Species Database. <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=1560>

Сибири (Киприянова, 2009). По долине р. Амур встречается до 50° с.ш., но очень редко и небольшими группами (Крюкова, 2005).

Ранее в Забайкалье вид был отмечен в оз. Нижняя Толма Тункинского р-на Республики Бурятия (Ханминчун, 1988). Всего для территории известны две находки вида.

Экологические условия в новом местонахождении приведены в табл. 1. В Забайкальском крае *C. minor* встречается на мелководьях искусственных водоемов на песчано-гравийных, песчано-илистых и илистых грунтах в низкоминерализованных, гидрокарбонатных водах со слабощелочной реакцией среды. Согласно литературным данным, вид обитает и в искусственных, и в естественных водных объектах (Triest, 1988; Киприянова, Зарубина, 2012; Бирюкова и др., 2017 и др.). Диапазон водородного показателя для местообитаний вида чуть шире (рН 6.2–9.3), чем в Забайкалье и охватывает нейтральные воды гидрокарбонатного и сульфатно-гидрокарбонатного класса, богатые ионами кальция (Бирюкова и др., 2017; Zolotareva et al., 2021). Способен произрастать на глубинах до 5 м.⁵

Caulinia minor охраняется в ряде регионов России (Новосибирской, Омской областях и др.)¹, в Кемеровской и Рязанской областях, наоборот, исключен из последних переизданий Красных книг. Вид также указан в списке охраняемых видов Международного союза охраны природы, однако и в Европе, и в мире его популяции стабильны и вызывают наименьшие опасения (Least Concern) (Lansdown, 2011b, 2014).

Известно, что семена *C. minor* способны длительное время сохраняться в грунте и прорасти лишь при формировании благоприятных условий, один из определяющих факторов — достаточно высокие температуры прорастания семян ≥ 20 °С (Красная ..., 2014, 2018a; Варгот, 2015). Для Нижегородской обл. сообщается о периодическом появлении и исчезновении вида в озерах (Бирюкова, 2017). Так, вид был зарегистрирован в 1963 г., с 1999 г. данных о его находках не обнаружено, с 2014 г. вновь сообщается о находках вида (Бирюкова и др., 2017). Известны факты совместного произрастания *C. minor* и *C. flexilis* (Sinkevičienė et al., 2023), а также *C. minor* и *Najas major* (Белякова и др., 2015; Бирюкова и др., 2017). В Омской обл. в 2011 г. найдено шесть новых местонахождений вида (Ефремов, Свириденко, 2016). Следует отметить, что предшествующий находкам 2010 г. был в Северном полушарии самым теплым за 120 лет регулярных метеорологических наблюдений, т. е. с 1891 г.⁶

В силу биологических особенностей *C. minor* (однолетник с нестабильной численностью в раз-

ные годы) высказываются сомнения в целесообразности его включения в региональные Красные книги. Вид характерен для начальных стадий сукцессии, занимающих относительно непродолжительное время существования водоемов, и его выпадение на последующих стадиях — естественный процесс (Shcherbakov, Lyubeznova, 2017). Отмечается теплолюбивость вида и важность температуры воды во время вегетации, поскольку в каждом цветке даже при благоприятных условиях может образоваться лишь одно семя, в годы с жарким началом и холодным концом лета всегда существует опасность, что значительная часть семян не успеет созреть. Если несколько подобных лет будут следовать одно за другим, это может привести к подрыву репродукционного потенциала популяции (Красная ..., 2018a). Однако, в настоящее время имеющиеся факты свидетельствуют о расширении ареала вида с большой вероятностью, что новые находки в Северной Евразии — это следствие потепления климата.

Najas major All. (*N. marina* auct. non L.) — Наяда большая (рис. 2), пруд-осветлитель, на слиянии рек Средняя Борзя и Ильдикан, 51°57'59" с.ш., 119°22'05" в.д., 506 м н.у.м., 09.07.2015.

Евразийский вид, распространен в умеренном поясе Западной и Восточной Европы, на юге Сибири, в Казахстане и Средней Азии (Цвелев, 1976; Triest, 1988; Свириденко, 2000). Встречается в европейской части России (Лисицына и др., 2009). На юге Западной Сибири известно несколько местонахождений — в Курганской (Красная ..., 2012) и Тюменской областях (Глазунов и др., 2015), Алтайском крае (Киприянова, 2022). На Дальнем Востоке растет в стоячих и слабопроточных водоемах поймы р. Амур, где встречается очень редко и в незначительном количестве (Крюкова, 2005).

Во “Флоре Сибири” (Ханминчун, 1988) образцы, приводившиеся как *N. marina* из устья р. Верхняя Ангара (западное Забайкалье), на самом деле принадлежат *N. major* и происходят из оз. Большая Ангара (Южная Бурятия, система Койморских озер, долина р. Тунка) (Чепинога, 2015). Примечательно, что при обследовании этого местонахождения в 2006 и 2013 гг. *N. major* не обнаружена (Чепинога, 2015). Всего из Забайкалья известны две точки.

Экологические параметры в новом местонахождении показаны в табл. 1. В регионе вид встречается на хорошо прогреваемых мелководьях искусственных и естественных водных объектов со стоячей или слабопроточной водой. Растет на песчано-илистых, илистых и песчано-гравийных грунтах в низкоминерализованных, гидрокарбонато-сульфатных водах средней жесткости, со слабощелочной реакцией среды.

До последнего времени *N. major* часто не выделяли из *N. marina* s.l., поэтому оценить его ох-

⁶ https://meteoinfo.ru/?option=com_content&view=article&id=3449#1

ранний статус сложно. Но *N. marina* s.l. охраняется во многих регионах России (Красная ..., 2011, 2013, 2018б, 2021). Входит в список охраняемых видов Международного союза охраны природы, в мировом масштабе вызывает наименьшие опасения (Least Concern) (Lansdown, 2019).

В последние годы в Центральной России наблюдают признаки расширения ареала и повышения численности *N. major* (Казакова, 2004; Щербаков, Майоров, 2013; Маевский, 2014; Shcherbakov, Lyubeznova, 2017). Так, современная северная граница в европейской части ареала сместилась на 150–200 км к северу (Панасенко, Анищенко, 2018). Вероятно, экспансии вида способствует потепление климата и изменение распределения осадков, регистрируемое с середины XX в. (Панасенко, Анищенко, 2018). По литературным данным (Agami, Waisel, 1984) оптимальная температура прорастания семян *N. major* достигает 20–25 °С. В Нижегородской обл. вид редок, известно лишь пять местонахождений, современное произрастание подтверждено только для оз. Долгое, отмечается периодическое исчезновение вида. Так, сборы из этого озера датированы 1970 и 2015 гг. (Беляков и др., 2015). Важность температуры для развития *N. major* отмечал А.В. Щербаков, наблюдавший нестабильность численности вида вплоть до его отсутствия в местообитаниях Московской обл. в годы с аномально холодными весной и летом (Щербаков, Майоров, 2013).

В целом, для всех трех обсуждаемых здесь видов, принадлежащих к г-стратегам, благоприятны начальные сукцессионные стадии зарастания водоемов (Triest, 1988; Thiry, Van de Weyer, 2005; Щербаков, Майоров, 2013; Бирюкова и др., 2017; Sinkevičienė et al., 2023). Они связаны с местообитаниями, в которых периодически происходят нарушения донного субстрата в силу естественных (паводки, половодье, ледоход, ветро-волновое воздействие, пересыхание литоральной зоны) или искусственных (строительство гидротехнических сооружений, углубление дна, обустройство пляжей и др.) причин. В Забайкалье наши находки наядовых сделаны как в естественном водоеме — в пойме р. Аргунь (*Caulinia flexilis*), так и в искусственных — во временном карьере на р. Средняя Борза (*C. minor*) и в пруду-осветлителе на той же реке (*Najas major*).

Территория Забайкалья с середины XIX в. находится в сухой фазе увлажнения с постепенным повышением температуры воздуха (рис. 4). Повышение температуры воздуха в Забайкалье с середины XX в. в среднем достигало ~2 °С. До начала 1990-х годов оно обеспечивалось потеплением в холодный период года, позже — ростом температуры в теплый период (Обязов, 2014; Обязов и др., 2021). Это сказалось на существенном увеличении испаряемости в последние 20 лет и усилении ари-

дизации территории (Вахнина и др., 2018; Обязов и др., 2021). В 2014 и 2015 гг. была зафиксирована аномально теплая весна, особенно в восточных районах Забайкальского края, где летом и были сделаны наши находки наядовых. Максимальные значения сумм температур воздуха >10 °С в 2015 г. отмечены в степях на юго-востоке края (Борзя, Кайластуй, Соловьевск) и в районе метеостанции г. Нерчинск, где они достигали 2000–2300 °С (Носкова и др., 2019). Повышение температуры воздуха и снижение увлажненности приводят к быстрому прогреванию воды, снижению ее уровня и повышению минерализации в водных объектах региона (Обязов, 2014; Обязов и др., 2021), что, по-видимому, благоприятно для развития наядовых. Все находки в регионе сделаны в годы с локальными максимумами среднегодовых температур или с близкими к ним значениям и/или в последующие за ними годы. В Забайкалье это происходит в сочетании с низкими показателями среднегодовых осадков (рис. 4).

Одновременные находки трех видов в 2015 г. позволяют предположить, что сочетание раннего тепла весной и повышенного фона среднегодовой температуры выступают стимулирующим фактором для прорастания семян обсуждаемых видов. Потепление за счет роста весенних и летних температур, происходящее в последние десятилетия в азиатской части России¹ и в Забайкалье (Обязов, 2014; Обязов и др., 2021) приводит к увеличению в водоемах продолжительности вегетационного периода, а вместе с ним и вероятности прорастания семян наядовых весной и их успешного вызревания летом.

Наблюдаемые климатические изменения в Забайкалье согласуются с общероссийскими тенденциями¹ (Доклад..., 2017, 2021), и, вероятно, в целом благоприятствуют распространению наядовых повсеместно. Следует отметить, что находки наядовых во многих регионах России были сделаны в совпадающие периоды. Так, находки отмечены в начале 1960-х годов, которые характеризуются малым количеством осадков и локальным повышением среднегодовых температур. В 1990-х годах в период роста количества осадков и снижения температур виды пропадали и вновь появлялись с ~2007, 2010–2011 гг., когда опять повышались среднегодовые температуры и уменьшалось количество осадков. Показательным в этом плане стал 2010 г. с его рекордно жарким и засушливым летом и максимальными среднегодовыми температурами.¹ Можно предположить, что при сохранении тенденции роста среднегодовых температур число находок наядовых будет увеличиваться во многих регионах России, особенно в годы с теплыми весной и летом в сочетании с небольшим количеством осадков. При этом, большее преимущество получат более

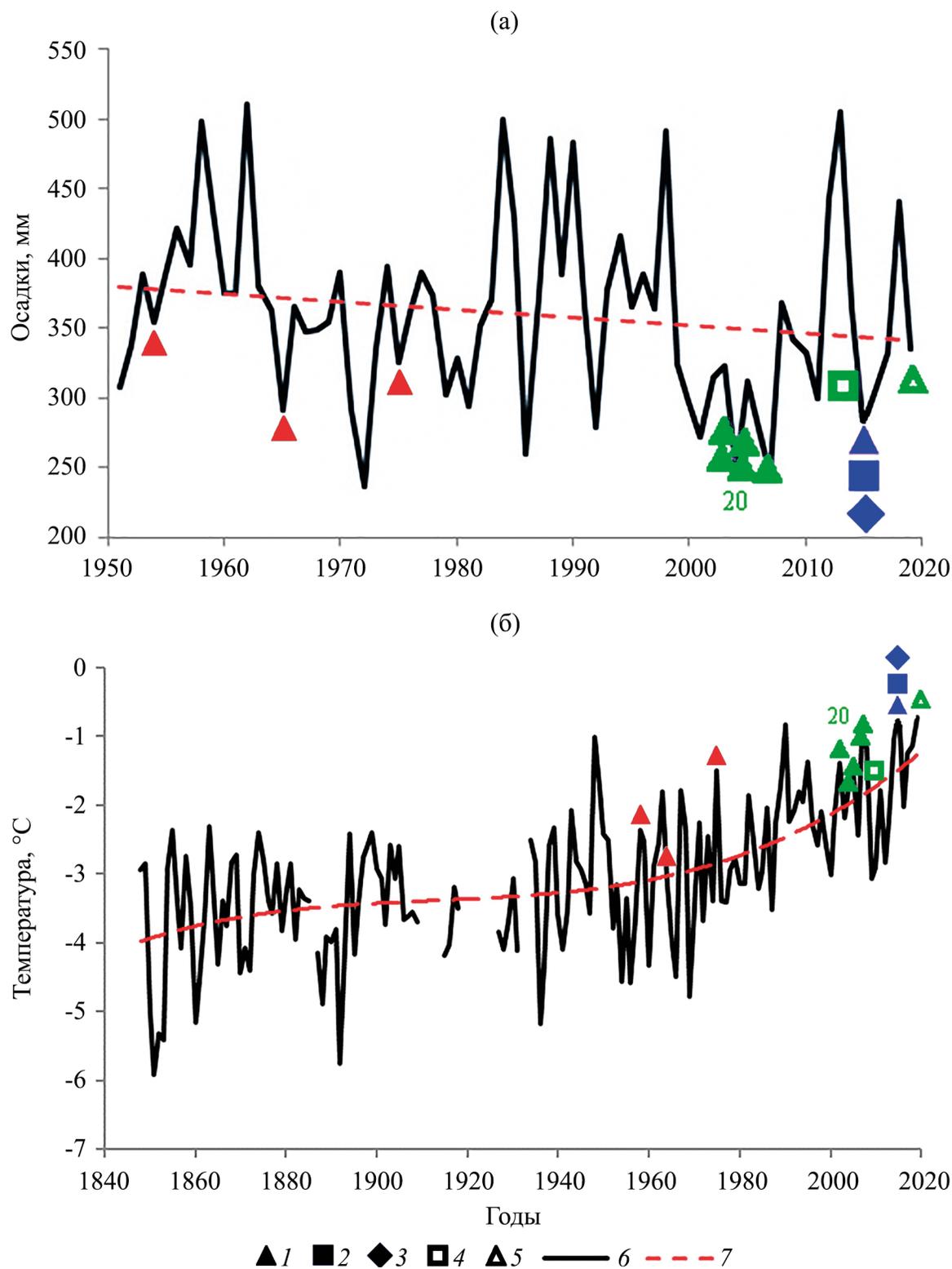


Рис. 4. Многолетние изменения годовых сумм атмосферных осадков в Забайкалье по данным из юго-восточной части (а) и многолетние изменения средней годовой температуры воздуха по данным метеостанции Нерчинский Завод (б). 1 – *Caulinia flexilis*, 2 – *Najas major*, 3 – *C. minor*, 4 – *Najas marina*, 5 – *Caulinia tenuissima*, 6 – исходный ряд данных (по: Обязов и др., 2022), 7 – линейный тренд.

теплолюбивые и менее требовательные к трофности воды виды — *Caulinia minor* и *Najas major*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях резко континентального климата Забайкалья виды сем. Najadaceae обитают на мелководных, хорошо прогреваемых затишных участках литорали естественных и искусственных водоемов на песчаных, песчано-гравийных с наилком грунтах, в мало- и среднеминерализованных водах с нейтральной до слабощелочной реакцией среды, что характерно для этих видов и в других частях ареала. Все находки видов в Забайкалье совпадали с периодами повышения среднегодовых температур воздуха и с локальными минимумами количества осадков, для степных районов юго-востока находкам предшествовали аномально высокие весенние температуры в 2014–2015 гг. В условиях резко континентального климата Забайкалья появление видов наядовых *Caulinia flexilis*, *C. minor* и *Najas major* и др. в водных объектах можно ожидать в годы с теплой ранней весной, жарким летом и небольшим количеством осадков. Наметившаяся с начала XXI в. тенденция роста температур в теплое время года может способствовать тому, что эти теплолюбивые виды будут встречаться в водоемах региона чаще. В настоящее время самый распространенный на территории Забайкалья вид — *Caulinia flexilis*, представитель умеренного климата, тяготеющий к мезотрофным водам. Однако при сохранении тенденции повышения среднегодовых температур *C. minor* и *Najas major* как более теплолюбивые виды могут получить дополнительные преимущества.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено в рамках госзадания ИПРЭК СО РАН (тема FUFRR-2021-0006 № 121032200070-2, Базарова) и ИБВВ РАН (тема № 121051100099-5, Бобров, Чемерис), при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 23-14-00115, Бобров, Чемерис, использование лабораторного оборудования, анализ экологических и климатических закономерностей) и правительства Тюменской обл. по проекту Западно-Сибирского межрегионального научно-образовательного центра № 89-ДОН (2) (Бобров, анализ распространения видов).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Азовский М.Г., Чепинога В.В. 2007. Флора высших растений озера Байкал. Иркутск: Изд-во Иркутск. ун-та.

Аненхонов О.А., Пыхалова Т.Д. 2010. Конспект флоры сосудистых растений Забайкальского национального парка. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ.

Беляков Е.А., Гарин Э.В., Оханкин А.Г., Лебедева О.А. 2015. *Najas major* All. на территории Нижегородской области // Междунар. журн. прикладных и фундаментальных исследований: биологические науки. № 12. С. 1826.

Бирюкова О.В., Шестакова А.А., Беляков Е.А., Гарин Э.В. 2017. О распространении *Caulinia minor* (All.) Coss. et Germ. (Hydrocharitaceae, Liliopsida) на территории Нижегородской области // Поволжский экол. журн. № 3. С. 251. <https://doi.org/10.18500/1684-7318-2017-3-251-259>

Варгом Е.В. 2015. О многолетней динамике некоторых водных растений в условиях Республики Мордовия // Гидробиотика—2015: Матер. VIII Всерос. конф. с междунар. участием по водным макрофитам. Ярославль: Филигрань. С. 78.

Вахнина И.Л., Обязов В.А., Замана Л.В. 2018. Динамика увлажнения в степной зоне юго-восточного Забайкалья с начала XIX столетия по кернам сосны обыкновенной // Вестн. Московск. ун-та. Серия 5: География. № 2. С. 28.

Вейсберг Е.И. 2011. Виды семейства Najadaceae на Южном Урале // Бот. журн. Т. 96. № 11. С. 1470.

Вейсберг Е.И. 2014. Разнообразие водной растительности системы озер Большое Миассово и Малое Миассово (Южный Урал) // Turczaninowia. Т. 17. № 4. С. 84. <https://doi.org/10.14258/turczaninowia.17.4.15>

Глазунов В.А., Николаенко С.А. 2015. Новые сведения о распространении наядовых (Najadaceae) в Тюменской области // Бот. журн. Т. 100. № 1. С. 68.

Губанов И.А., Киселева К.В., Новиков В.С., Тихомиров В.Н. 2002. Иллюстрированный определитель растений средней России. Т. 1. Папоротники, хвощи, плауны, голосеменные, покрытосеменные (однодольные). М.: КМК.

Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год. 2021. М.: НИУ Росгидромет.

Доклад о климатических рисках на территории Российской Федерации. 2017. Санкт-Петербург: Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова (ФГБУ “ГГО”).

Ефремов А.Н., Свириденко Б.Ф. 2016. О распространении редких гидрофитов в Омской области // Бот. журн. Т. 101. № 8. С. 923.

Иванова М.О., Волкова П.А., Копылов-Гуськов Ю.О., Бобров А.А. 2017. Флористические находки в южных природных районах Республики Тувы и в охранной зоне заповедника “Убсунурская котловина” // Turczaninowia. Т. 20. № 4. С. 15. <https://doi.org/10.14258/turczaninowia.20.4.2>

Казакова М.В. 2004. Флора Рязанской области. Рязань: Русское слово.

Киприянова Л.М., Зарубина Л.М. 2012. О распространении некоторых видов растений по акватории

- Новосибирского водохранилища // Мир науки, культуры, образования. № 6(37). С. 480.
- Киприянова Л.М. 2009. Флористические находки в Новосибирской области, Алтайском крае и Хакасии // Бот. журн. Т. 94. № 9. С. 1389.
- Киприянова Л.М. 2022. Разнообразие сообществ водной растительности озер Обь-Иртышского Междуречья (Западная Сибирь) // Растительность России. № 43. С. 60.
- Колесникова Т.Д. 1965. Современное и прошлое распространение видов рода *Najas* в СССР и их значение в палеогеографии четвертичного периода // Бот. журн. Т. 50. № 2. С. 182.
- Красная книга Забайкальского края. Растения. 2017. Новосибирск: ООО "Дом мира".
- Красная книга Кузбасса. Т. 1. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов. 2021. Кемерово: Вектор-Принт.
- Красная книга Курганской области. 2012. Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та.
- Красная книга Липецкой области. 2014. Растения, грибы, лишайники. Липецк: Веда социум.
- Красная книга Московской области. 2018а. М.: КМК.
- Красная книга Новосибирской области. Животные, растения и грибы. 2018б. Новосибирск: Мин. прир. рес. и экол. Новосиб. обл.
- Красная книга Омской области. 2015. Омск: ОмГПУ.
- Красная книга Республики Бурятия: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов. 2013. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН.
- Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). 2008. М.: КМК.
- Красная книга Рязанской области. 2011. Рязань: Голос губернии.
- Крюкова М.В. 2005. Флора водоемов Нижнего Амура. Владивосток: Дальний Восток.
- Лисицына Л.И., Папченко В.Г., Артеменко В.И. 2009. Флора водоемов волжского бассейна. Определятель сосудистых растений. М.: КМК.
- Маевский П.Ф. 2014. Флора средней полосы европейской части России. М.: КМК.
- Носкова Е.В., Вахнина И.Л., Рахманова Н.В. 2019. Сумма активных температур воздуха (выше 10°C) на территории Забайкальского края // Успехи современного естествознания. № 11. С. 148.
- Обязов В.А. 2014. Изменения современного климата и оценка их последствий для природных и природно-антропогенных систем Забайкалья: Автореф. на соиск. уч. степени докт. дисс. Казань. 38 с.
- Обязов В.А., Кирилук В.Е., Кирилук А.В. 2021. Торейские озера как индикатор многолетних изменений увлажненности юго-восточного Забайкалья и северо-восточной Монголии // Гидросфера. Опасные процессы и явления. Т. 3. № 3. С. 204.
- Панасенко Н.Н., Анищенко Л.Н. 2018. О распространении *Najas major* All. в Брянской области // Бюл. МОИП. Отд. биол. Т. 123. № 5. С. 67.
- Свириденко Б.Ф. 2000. Флора и растительность водоемов Северного Казахстана. Омск: Изд-во Омск. гос. пед ун-та.
- Степанцова Н.В., Чепиного В.В., Казановский С.Г. и др. 2022. Флористические находки на территории Байкальской Сибири // Turczaninowia. Т. 25. № 3. С. 194.
<https://doi.org/10.14258/turczaninowia.25.3.18>
- Ткачук Т.Е., Горюнова С.В., Цыбикова Е.Б., Глушков И.В. 2009. Растительность поймы р. Аргунь и ее динамика // Аргунские просторы. Чита: Экспресс-издательство. С. 133.
- Ханминчун В.М. 1988. Сем. 27. Najadaceae – Наядовые // Флора Сибири. Т. 1. Lycopodiaceae-Hydrocharitaceae. Новосибирск: Наука. С. 108.
- Цвелев Н.Н. 1982. Семейство наядовые (Najadaceae) // Жизнь растений. М.: Просвещение. Т. 6. С. 42.
- Цвелев Н.Н. 2006. Флора средней полосы европейской части России. М.: КМК.
- Цыбекмитова Г.Ц. 2015. Гидрохимия реки Средняя Борзя // Региональная экономика: технологии, экономика, экология и инфраструктура: Матер. Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 20-летию ТуВИКОПРСОРАН. Кызыл: ТуВИКОПРСОРАН. С. 303.
- Чепиного В.В. 2015. Флора и растительность водоемов Байкальской Сибири. Иркутск: Изд-во ин-та географии им. В.Б. Сочавы СО РАН.
- Чепиного В.В., Дементьева М.К., Лиштва А.В. 2013. Флористические находки в бассейне верхнего течения реки Лены (Иркутская область) // Изв. Иркутск. гос. ун-та. Серия "Биология. Экология". Т. 6. № 1. С. 102.
- Щербаков А.В., Майоров С.П. 2013. Водные адвентивные растения Московского региона // Вестн. Удмуртск. ун-та. Вып. 2. С. 57.
- Agami M., Waisel Y. 1984. Germination of *Najas marina* L. // Aquat. Bot. V. 19. № 1. 2. P. 37.
- Casper S.J., Krausch H.D. 1980. Süßwasserflora von Mitteleuropa, Pteridophyta und Anthophyta 1. Teil. Lycopodiaceae bis Orchidaceae. 23. S. 1.
- Efimov D.Yu., Pimenov A.V., Bobrov A.A. 2023. *Najas marina* (Hydrocharitaceae) in southern Middle Siberia, refinds after a century-old recess // Inland Water Biol. V. 16. N 6. P. 1178.
<https://doi.org/10.1134/S1995082923060081>
- Hultén E., Fries M. 1986. Atlas of North European vascular plants I–III. Königstein: Koeltz Sci. Books.
- Kupryjanowicz M., Fiłoc M., Czerniawska D. 2018. Occurrence of slender naiad (*Najas flexilis* (Willd.) Rostk. & Schmidt) during the Eemian Interglacial eAn example of a palaeolake from the Hieronimowo site, NE Poland // Quaternary Int. V. 467. P. 117.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.12.015>
- Lansdown R.V. 2011a. *Najas flexilis* (Europe assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2011: e.T162310A5572090. <http://www.iucnredlist.org>. Accessed on 29 March 2023.

- Lansdown R.V. 2011b. *Najas minor* (Europe assessment). The IUCN Red List of Threatened Species 2011: e.T164446A5871757. <http://www.iucnredlist.org>. Accessed on 29 March 2023.
- Lansdown R.V. 2014. *Najas minor*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014: e.T164446A43123412. <http://www.iucnredlist.org>. Accessed on 29 March 2023.
- Maiz-Tome L. 2016. *Najas flexilis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T162310A78457107. <http://www.iucnredlist.org>. Accessed on 29 March 2023.
- Sinkevičienė Z., Kamaitytė-Bukelskienė L., Petruaitis L., Gudžinskas Z. 2023. Current distribution and conservation issues of aquatic plant species protected under habitats directive in Lithuania // Diversity. V. 15(2). P. 185. <https://doi.org/10.3390/d15020185>
- Shcherbakov A.V., Lyubeznova H.V. 2017. Problems in creating lists of protected species for regional Red Data Books: aquatic vascular plants of European Russia and North Caucasus as case studies // Wulfenia. V. 24. P. 171.
- Thiry E., Van de Weyer K. 2005. Re-establishment Plan for the Natura 2000. Species *Najas flexilis* in Poland. Manuscript. Ministry of Environment e DOP. Warsaw.
- Triest L. 1988. A revision of the genus *Najas* L. (Najadaceae) in the Old World // Academie Royale des Sciences D'outre-Mer. Classe des Sciences naturelles et médicales Mémoires in-8. Nouvelle Sér. T. 22. № 1.
- Vargot E.V., Shcherbakov A.V., Bolotova Ya.V., Uotila P. 2016. Current distribution and conservation of *Najas tenuissima* (Hydrocharitaceae) // Nature Conservation Research. Заповедная наука. V. 1. № 3. P. 2.
- Wingfield R.A., Murphy K.J., Gaywood M.J. 2006. Assessing and predicting the success of *Najas flexilis* (Willd.) Rostk. & Schmidt, a rare European aquatic macrophyte, in relation to lake environmental conditions // Hydrobiologia. V. 570. P. 79.
- Wingfield R.A., Murphy K.J., Hollingsworth P., Gaywood M.J. 2004. The ecology of *Najas flexilis* (slender naiad). SNH commissioned report, no. 017 (ROAME no. F98 PA02). Scottish Natural Heritage, Edinburgh. 88 p.
- Zolotareva N.V., Podgaevskaya E.N., Glazunov V.A. et al. 2021. New species and noteworthy findings for flora of the Urals and adjacent territories // Turczaninowia. V. 24. № 2. P. 193. <https://doi.org/10.14258/turczaninowia.24.2.18>

Distribution of Najadaceae Species in Trans-Baikal Area Due to Climatic Factors

B. B. Bazarova^{1,*}, E. V. Chemeris², A. A. Bobrov^{2,3,**}

¹Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Chita, Russia

²Papanin Institute for Biology of Inland Waters, Russian Academy of Sciences,

Borok, Nekouzskii raion, Yaroslavl oblast, Russia

³Tyumen State University, AquaBioSafe, Tyumen, Russia

*e-mail: balgit@mail.ru

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

According to data of the late 20th century in the Trans-Baikal and Baikal areas, the family Najadaceae is represented by four species known in few localities: *Caulinia flexilis* (4 localities), *C. minor* (3), and *Najas major* (3), *N. marina* (4). All of them are annuals, r-strategists, which are characterized by fluctuations in abundance. Since the 21st century, these species have been found in 20 more localities, mainly situated within the Baikal Depression. In 2015, when performing monitoring studies of aquatic flora, three more new localities of *Caulinia flexilis*, *C. minor*, and *Najas major* were found in the basin of the Amur River. Distribution maps of the Najadaceae species in the region were compiled, and the ecological characteristics of their habitats were given. In Trans-Baikal area, since the middle of the 20th century, warming has occurred due to an increase in the average annual temperature. For the last 70 years, aridization has increased in southern regions, which changes the habitat conditions in waterbodies. Findings of these Najadaceae species in Trans-Baikal area coincided with the periods of increase in mean annual air temperatures and with local minimums of precipitation. An increase in the number of findings of the Najadaceae species since the beginning of the 21st century, both in Trans-Baikal area and in other regions of Russia, has been occurring against the background of an increase in the average annual air temperature. In Trans-Baikal area, the trend of increasing of temperatures in the warm season since the beginning of the 21st century is favorable for these species and may contribute to their further distribution.

Keywords: aquatic plants, climate change, environmental factors, floristic novelties, protected species, Red Data Books, Siberia