

УДК 574.3:504.738

DOI 10.29039/2413-1725-2023-9-1-38-52

ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЛОКАЛЬНОЙ ПОПУЛЯЦИИ *NELUMBO KOMAROVII* GROSSH. ВО ВТОРИЧНОМ ЛЕСОСТЕПНОМ АРЕАЛЕ

Гордиенко И. М.¹, Лепешикина Л. А.², Воронин А. А.², Клевцова М. А.²

¹Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова,
Воронеж, Россия

²Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия
E-mail: lilez1980@mail.ru

В статье представлены результаты исследований редкого реликтового вида *Nelumbo komarovii* Grossh. в локальной популяции. В условиях Воронежской области *N. komarovii* проходит все фенологические фазы, образует всхожие семена, но не формирует семенное поколение. В условиях вторичного лесостепного ареала отмечено нехарактерное поведение *N. komarovii*. В исследуемом водоеме села Богоявленовка он осваивает глубины до 4,7 м. Имеет высокие показатели проективного покрытия и морфометрических параметров растений на глубинах 1,5–1,9 м. Таксономическое разнообразие сообщества с *N. komarovii* не превышает 12 видов. Параметры местообитания по экошкалам подтверждают экологические требования *N. komarovii*. Средние показатели количества листьев на 1 м² составляет 1,75 листа для надводных листьев, 7 шт. для плавающих. На основании этих данных и площади колонии установлено наличие около 1050 стоячих листьев и 4200 лежащих листьев.

Ключевые слова: лотос Комарова, популяция, растительные инвазии, Воронежская область.

ВВЕДЕНИЕ

Неконтролируемая интродукция растений приводит к появлению новых чужеродных видов в составе спонтанных региональных флор, трансформации растительных сообществ и экосистем в целом [1–5]. Среди них встречаются не только злостные сорные виды североамериканского или азиатского происхождения, но и редкие краснокнижные виды. Например, *Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi редчайший вид флоры Дальнего Востока [6], который был интродуцирован в Краснодарском крае и Крыму, стал мощным агрессором во вторичном ареале. Кизильник блестящий – эндемик флоры юга Центральной Сибири, Красная книга РФ [6]. В лесостепной зоне он активно расселяется на опушках, лесных полянах, балках и лесополосах. Для решения задач контроля фитоинвазий необходимы данные по экологии и биологии популяций чужеродных инвазионно активных видов растений.

В нашем исследовании таким видом-интродуцентом со статусом редкого охраняемого растения выступает *Nelumbo komarovii* Grossh. Он натурализовался в водоемах Воронежской области. Это реликтовый вид третичного периода,

внесенный в Красную книгу РФ [6], статус 3 (R). Его естественный ареал охватывает Амурскую область, Хабаровский и Приморский края [7, 8]. На территории Евразии в пределах России проходит его северо-западная граница ареала. *N. komarovii* предпочитает прогреваемые илистые озера с более или менее стабильным уровнем воды.

Во вторичном ареале *N. komarovii* активно расселяется в проточных водоемах степной зоны Краснодарского края. Ведет к потере биоразнообразия водных экосистем, вытесняя ранее произраставшие виды растений; изменяет скорость течения воды и повышает уровень дна; ускоряет эвтрофикацию водотоков [9]. Контроль популяций таких охраняемых видов значительно усложняется из-за несовершенства природоохранного законодательства. Не приводится точных данных по статусу вида и его экологической стратегии во вторичном ареале.

Цель исследования – оценить эколого-биологические особенности локальной популяции лотоса Комарова (*Nelumbo komarovii* Grossh.) во вторичном лесостепном ареале. Задачи исследования: проследить даты наступления и продолжительность фенофаз; определить основные геоботанические характеристики сообщества с *N. komarovii*; установить морфометрические показатели надводных и плавающих листьев на различных участках колонии; охарактеризовать состояние локальной популяции вида.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Территория исследования охватывает лесостепное Черноземье в пределах Воронежской области. Достоверно установлено произрастание *N. komarovii* в искусственном водоеме на территории СНТ «Осень» Семилукского района Воронежской области, координаты: 51,7784482 ° N, 38,9715274 ° E.

В период 2016–2021 гг. проводили полевые исследования колонии *N. komarovii*. Фиксировали общий контур популяции, в пределах которой закладывали пробные площадки 2 м², 4 м², 8 м². Учитывали прегенеративные и генеративные побеги, проводили измерения биометрических показателей: высоту стоячих листьев, диаметр плавающих и стоячих листьев, количество плодов с семенами на 2 м², число семян в одной коробочке.

Оценивали плотность популяции на единицу площади, особенности ее развития в пространстве и времени. Определяли сроки прохождения основных фенологических фаз по методике Н. И. Бейдеман [10]. Проведены измерения температуры воды, зафиксированы метеорологические условия. Для изучения показателей воды использовали кондуктометр COM-80 NM Digital.

Статистический анализ проводился с использованием программы MS Excel 2016. Вычислялись средние значения и проценты. Применялись сортировка и анализ данных, а также построение диаграмм.

Для характеристики сообщества с участием *N. komarovii* использовали общепринятые методы в геоботанике [11, 12]. В период 2019–2021 гг., сделаны 4 описания. Установили основные геоботанические характеристики прибрежно-водного сообщества: проективное покрытие, видовое обилие, флористическое окружение.

Оценка экологического пространства популяции *N. komarovii* проведена на основе обработки геоботанических описаний по экологическим шкалам Д. Н. Цыганова [13] в программе Syganov_scale_new alg [14]. Использовали средние арифметические значения следующих параметров: терморежим климата (Tm), континентальность климата (Kn), аридность / гумидность климата (Om), криоклиматический (Cr), влажность почв (Hd), трофность почв (Tr), богатство почв азотом (Nt), кислотность почв (Rc), освещенность / затенение (Lc), переменность увлажнения (Fh).

Для анализа роли надводных и плавающих листьев лотоса использовали их численное соотношение на различных участках колонии и статистическую обработку измерений листовых пластинок.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Достоверно известно три местопроизрастания видов рода *Nelumbo* Adans. в Воронежской области: Подгоренский район, Семилукский район село Богоявленовка, городской округ г. Воронеж, с. Репное (затон реки Усманка, район ул. Рыбацкая). В Подгоренском районе установлено произрастание *Nelumbo caspica* (Fisch. ex DC.) Fisch. в окрестностях районного центра Подгоренский на мелководье пруда «Кацап»: 50°24'26.1"N, 39°39'24.5"E [15]. По состоянию на 2014 год популяция занимала около 0,6 га. *N. caspica* реликтовый вид, занесен в Красные книги РФ [6], Астраханской области (2014), Калмыкии (2010). Его распространение в Волгоградской области вызывает опасения, здесь он выступает в качестве инвазионного вида.

Местонахождение популяции *Nelumbo* spp. в затоне реки Усманка у с. Репное установлено благодаря местным любителям природы. Научные исследования запланированы на 2022 г. Необходимо установление видовой принадлежности, особенностей роста и развития колонии.

Популяция *N. komarovii* в Семилукском районе является самой крупной в Воронежской области (рис. 1, 2). В условиях лесостепной зоны *N. komarovii* сохраняет свою жизненную форму многолетнего летнезеленого травянистого толсто-длиннокорневищно-кистекорневого симподиально нарастающего поликарпика с розеточным прямостоячим побегом. Нами не были обнаружены молодые сеянцы, типичные для дальневосточных популяций в природном ареале. Они отличаются подводными широколанцетными, чешуевидными листьями, которые обычно охватывают молодые почки и точки роста молодых корневищ. Для популяции во вторичном ареале характерны молодые растения вегетативного происхождения с погруженными листьями округлой формы. Генеративные растения формируют плавающие и надводные воздушные (стоячие) листья щитовидно-округлой формы, поднимающиеся над водой на длинном черешке (более 2 м).

Показатели воды в вегетационный период: температура 16.9–27.5 °С, количество растворенных солей 172–174 части на миллион (ppm), вода средней жесткости, прозрачность 1.00–1.20 м.

Фаза активной вегетации *N. komarovii* приходится на май-июнь. Уже 12.05.2020 отмечались надводные листья. Массовое цветение – середина, конец июля, 28.07.2020 наблюдалось цветение и завязывание плодов. С середины августа 14.08.2020 начинают созревать семена. Цветение полностью завершается к началу сентября – 07.09.2020, в этот период наблюдалось много зеленых плодов с невызревшими семенами.



Рис. 1. Общий вид колонии лотоса Комарова, пруд в селе Богоявленовка, сентябрь 2021 г. (фото авторов).

В 2021 г. надводные листья отмечены 20 мая, 1 августа – единичное созревание семян, а 14 августа – массовое. После ночных заморозков 29 сентября развитие растений и созревание семян завершилось.

В условиях Воронежской области фаза вегетации *N. komarovii* продолжается до наступления низких положительных температур. Продолжительность бутонизации составляет в среднем 25 дней, цветения – 30 дней, созревания семян – 30 дней. Вегетация *N. komarovii* начинается при температуре воды 14–15 °С, бутонизация – при температуре +20 °С. Для цветения и созревания семян необходимы более высокие значения температуры воды +25 °С. С 2016 по 2021 год *N. komarovii*

завершал свое фенологическое развитие семеношением. Продолжительность фенологических фаз *N. komarovii* зависит от количества дней с высокими положительными температурами.

Основные характеристики колонии в селе Богоявленовка представлены в таблице 1.



Рис. 2. Цветки *N. komarovii*, пруд в с. Богоявленовка, 28.07.2020 г. (фото авторов).

В условиях водоема *N. komarovii* растет на глубине 0,2–4,7 м. Высокие показатели проективного покрытия и морфометрических характеристик растений установлены на глубинах 1,5–1,9 м. Отмечен быстрый рост популяции в 2019–2020 гг., колония увеличилась практически в два раза, значительно выросла её продуктивность. В среднем в одной коробочке 13–20 выполненных семян.

Таксономический анализ флоры сообщества с участием *N. komarovii* показал низкое видовое разнообразие (12 видов). В составе ценофлоры по северной границе колонии обычны: *Typha angustifolia*, *Phragmites australis*, *Scirpus sylvaticus*, *Equisetum fluviatile*, *Glyceria fluitans*. Из свободно плавающих на поверхности воды – *Hydrocharis morsus-ranae*. Среди погруженных гидрофитов на глубине 1,5–1,8 м обычны: *Myriophyllum verticillatum*, *Myriophyllum spicatum*, *Elodea canadensis*, *Potamogeton lucens*, *Ceratophyllum demersum*, *Najas minor*. С южной части колонии единично отмечены *Elodea canadensis*, *Potamogeton lucens*, *Ceratophyllum demersum*.

В центральных участках колонии с более высоким покрытием *N. komarovii* наблюдается низкое участие местных прибрежно-водных и водных растений, которые более активны в фитоценозах без *N. komarovii*. Элиминация аборигенной

флоры в результате экспансии *N. komarovii* в водных экосистемах отмечается многими исследователями [2, 16].

Таблица 1

Динамика основных характеристик колонии *N. komarovii* в 2016-2021 гг., село Богоявленовка

Годы наблюдений	Основные характеристики					
	S, м ²	Диапазон глубины	Число плавающих листьев / стоячих на 4 м ²	Число коробочек на 4 м ²	Высота над водой	Примечание
2016	Единичные экземпляры у пляжа	~1,5 м	-	-	~20 см	около 15 цветов\плодов на всю колонию
2019	250 м ²	1-2,5 м	30-40	15	~40 см	4-5 плодов на 1 м кв
2020	500 м ²	1-4 м	~40	18	~40 см	5-7 плодов на 1 м кв
2021	600 м ²	1-4,7 м	30-56	13-16	~40 см	7-29 плодов на 1 м ²

Так как *N. komarovii* не представлен в шкалах Д. Н. Цыганова [13], то экологическую характеристику его колонии определили по сопутствующим видам прибрежно-водного сообщества. Амплитуда экологического пространства изученной популяции *N. komarovii* соответствует: Тм (7,2–8,3) – суббореальной-бореонеморальной экологической группе, Кп (7,9–8,4) – материковой экологической группе, Ом (8,3–8,4) – семиаридной, Ср (7,9–9,6) – субкриотермной-гемикриотермной, Нд (18,6–23,6) – болотной-водной, Тг (6,9–7,8) – гликосемиэвтрофной-гликосубэвтрофной, Nt (7,0–11,1) – субнитрофильной-нитрофильной, Rc (7,5–8,2) – субацидофильной, Lc (0,8–3,2) – внелесной-кустарниковой, Fh (1,1–3,5) – контрастофильной-субконтрастофильной экологической группе (табл. 2).

Роль ассимиляционного аппарата в экологической стратегии *N. komarovii* высока. Ее оценивали через статистическую обработку измерений листовых пластинок. На всей площади колонии были измерены 48 стоячих и 54 лежащих листьев. Они измерялись сплошным проходом с выбором случайных групп на 1 м² в разных частях колонии.

Таблица 2

Показатели экологических шкал биотопа прибрежно-водного сообщества с участием *N. komarovii*, водоем в селе Богоявленовка

Способ расчета	Экологические параметры									
	Tm	Kn	Om	Cr	Hd	Tr	Nt	Rc	Lc	Fh
Регрессия	7,2	7,9	8,3	9,6	23,6	6,9	11,1	8,2	0,8	1,1
Средний	8,3	8,4	8,4	7,9	18,6	7,8	7,0	7,5	3,2	3,5

Данные по диаметру лежащего на воде листа были отсортированы и поделены на 4 квартиля (первый, второй, третий, четвертый). Анализ среднего диаметра показал, что для первого квартиля характерны диаметры от 13 см до 26 см и средним значением 20,89 см; для второго – 26–32 см (29,50 см); третьего – 33–42 см (37,86 см); четвертого – 43–70 см, (45,57 см). Средние площади листа *N. komarovii*, характерные для каждого квартиля, составили 281 см², 535,2 см², 799,3 см², 1271,6 см² соответственно. На основании полученных данных построена диаграмма (рис. 3), отражающая вклад каждого квартиля в площадь покрытия водной поверхности.

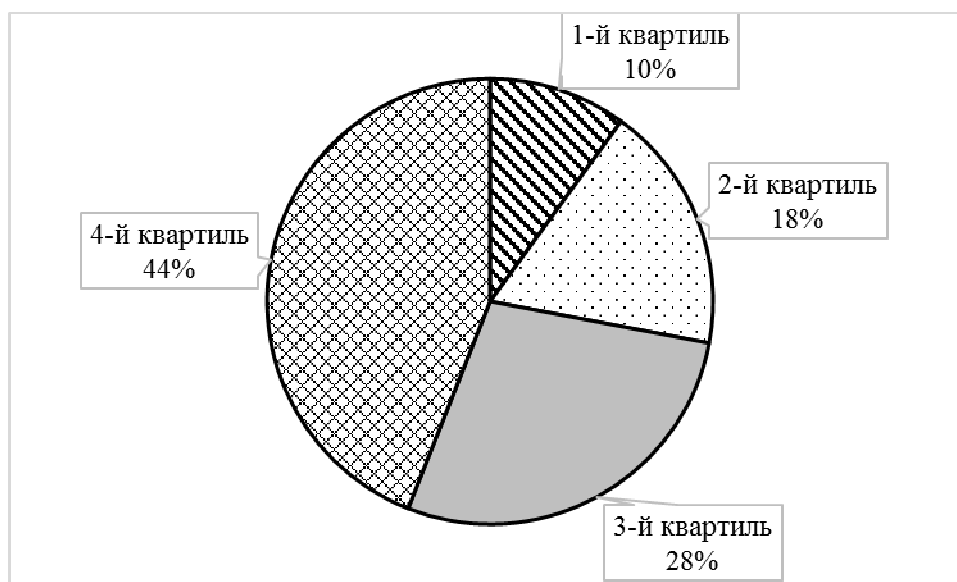


Рис. 3. Вклад каждого квартиля в площадь покрытия водной поверхности.

Таким образом, наглядно продемонстрировано, что вклад третьего и четвертого квартиля в покрытие поверхности воды составляет 72 % от общей площади покрытия, при этом 63 % их вклада приходится на четвертый квартиль.

Схожие данные получены при исследовании надводных листьев *N. komarovii*. Измерено 48 экземпляров, которые так же были поделены на 4 квартиля. Первый

слагают листья диаметром 19,5–30 см (среднее значение 24,3 см), второй – 30–38 см (34,20 см), третий – 39–44,5 см (41,75 см), четвертый – 47–54 см (50,0 см). Соответствующие средние площади листа для каждого квартиля составили 474,4 см², 924,5 см², 1371 см², 1968,8 см².

На основании полученных данных составлена диаграмма (рис. 4), показывающая отдельный вклад каждого квартиля в площадь покрытия водной поверхности.

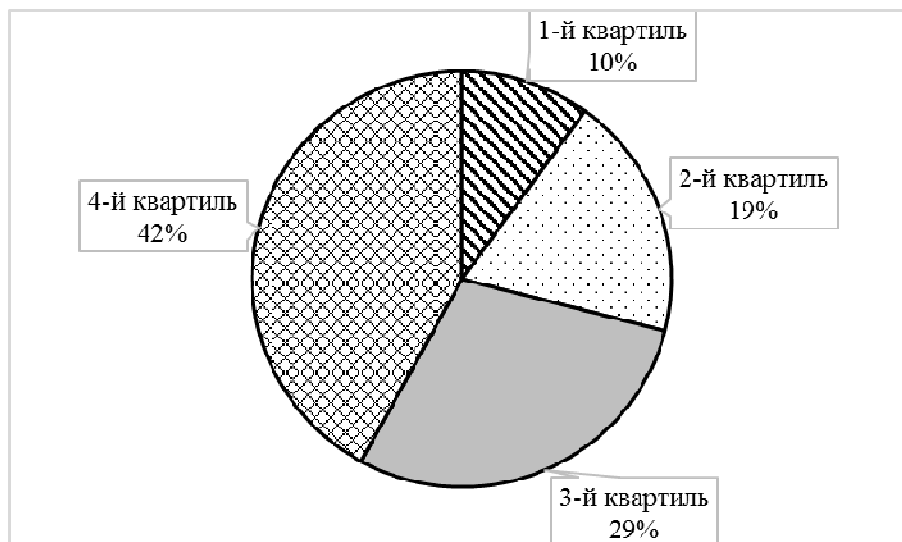


Рис.4. Отдельный вклад каждого квартиля в площадь покрытия водной поверхности.

Доля первого квартиля в проективном покрытии практически соответствует таковому у лежащих листьев, доля третьего и четвертого квартиля составляет 71 % от общей площади покрытия. При этом вклад четвертого квартиля составляет 69 % от этой величины.

На основании полученных данных установлено, что для *N. komarovii* характерна схожая стратегия фиксации фотоактивной радиации (ФАР) как у лежащих на воде листьев, так и у стоячих. Средняя площадь стоячих и лежащих листьев равна 721,8 см² и 1184,2 см² соответственно. Средняя площадь листовой пластины лежащих листьев в 1,64 раза больше, чем средняя площадь листовой пластины стоячих.

В результате исследования определили, что стоячие листья в среднем составляют 20–30 % от общего количества листьев. Это характерно для всех участков колонии *N. komarovii* кроме самого старого (~100 м²) и самых молодых пограничных участков. При рассмотрении 200 типичных средних листьев будет получено следующее соотношение: сумма площадей стоячих листьев составит всего 35,35 % от общей площади проективного покрытия колонии. Площадь

проективного покрытия лежащих листьев, соответственно составит 64,65% от общей площади покрытия.

Для вычисления площади покрытия зеркала воды исследованы два типичных участка колонии по 4 м² каждый с количеством листьев 6\30, 8\26 стоячих \ лежащих соответственно. На основании данных площади листа получены результаты покрытия 28759,34 см² для первого участка и 28240,52 см² для второго участка. Разница между результатами – 1,8 %. Площадь покрытия зеркала воды – 71,9 % в первом случае и 70,6 % во втором. Средняя площадь покрытия – 71,25 %.

На основании полученных ранее данных можно утверждать, что самые крупные листья со средним диаметром от 33 см для лежащих и от 39 см для стоячих покрывают около 50 % водной поверхности. При этом незначительное расхождение результатов площади покрытия на двух типичных участках подтверждает, что *N. komarovii* в среднем покрывает одинаковую площадь зеркала, регулируя соотношение надводных и стоячих листьев.

Дальнейшими исследованиями были охвачены самый старый участок колонии, самый молодой восточный участок и самый глубокий южный. Несмотря на их малую площадь по сравнению со всей колонией, они отчетливо визуальны определяются. На некоторых участках полученные ранее соотношения проективного покрытия нарушались.

Изучение самой молодой восточной части колонии показало наличие 25 только лежащих листьев на 4 м². Диаметры листьев первого квартиля составляли 13–29 см, второго – 30–36,5 см, третьего – 37–48 см, четвертого – 49–61 см. Средняя площадь листьев – 412,5 см², 823,9 см², 1294,9 см², 2461,5 см² соответственно квартилю. Соотношение площадей по квартилям сохранялось для этой части колонии и представлено на диаграмме (рис. 5). Как и в типичных случаях, более 70 % площади занимали листья из четвертого и третьего квартилей.

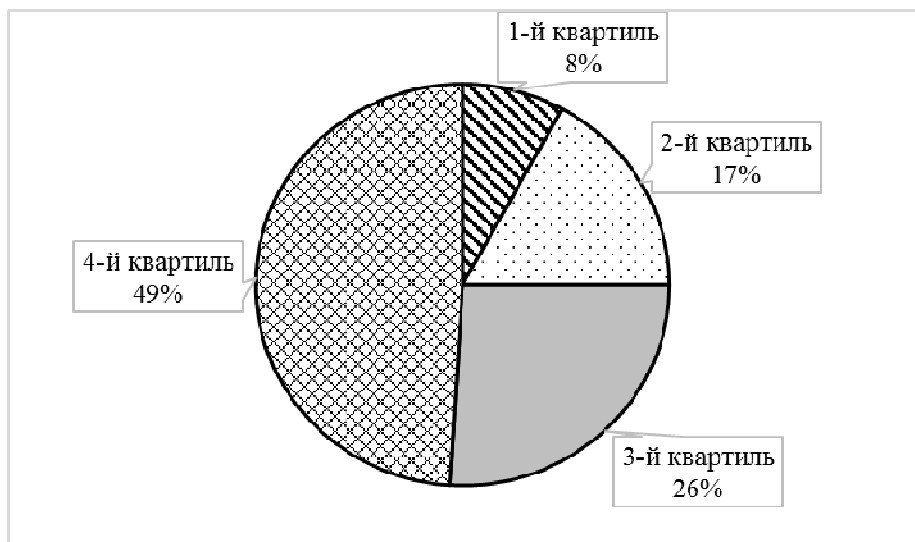


Рис. 5. Соотношение площадей по квартилям.

Покрывание лежащими листьями составляет 74,9 % поверхности воды, что в 1,73 раза превышает таковой показатель покрытия для лежащих листьев на типичных участках колонии. С другой стороны, этот показатель близок к общему показателю покрытия для лежащих и стоячих листьев.

Следует отметить, что при выращивании *N. komarovii* из семян репродукции данной колонии, формирование стоячих листьев в первый год происходит только у растений с регулярным введением удобрений и высокими значениями температуры воды (28–30 °C). Исследования дикорастущих популяций *N. komarovii* не отмечают появление надводных листьев в первый год жизни [17–19].

Южная самая глубокая часть колонии *N. komarovii* занимает около 2 м², площадь проективного покрытия – 22,4 %. Установлено наличие лежащих листьев с глубины в 4,7 м. В пределах участка отмечено всего 5 плавающих листьев с диаметрами 26 см, 30 см, 34 см, 37 см, 40 см. Для типичных участков такие размеры соответствуют второму и третьему квартилю. Листьев с диаметром типичным для первого или четвертого квартиля не найдено. Вероятнее всего это связано с большой глубиной и количеством ресурсов, которые затрачивает растение на развитие подобных листьев. Небольшим и слабым листьям не хватает сил пробиться с такой глубины, при этом крупные листья из третьего и четвертого квартиля тратят слишком много сил на прорастание сквозь толщу воды и по этой причине не могут достигнуть наибольших размеров. Средняя площадь листовой пластины – 895,5 см². Листья на данном участке в среднем в 1,24 раза больше чем на типичном.

Исследованы 4 м² с самым большим количеством листьев в загущенной старой части колонии: 56 лежащих и 25 стоячих. Их соотношение оказалось нетипичным и составило 100:224 (для типичных участков колонии 25 %). Именно здесь в 2016 г. было отмечено первое цветение *N. komarovii*. Площадь покрытия поверхности воды лежащими листьями составила 40421 см² из 40000 см², или 101,05 %, площадь покрытия стоячими листьями составила 29604,95 см², или 74 %. Таким образом проективное покрытие на данном участке в 1,75 раза превысила площадь зеркала, соответственно у *N. komarovii* проявляется определенная конкуренция между надводными и лежащими листьями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В условиях вторичного лесостепного ареала отмечено нехарактерное поведение *N. komarovii*. В исследуемом водоёме села Богоявленовка он осваивает глубины до 4,7 м. Имеет высокие показатели проективного покрытия и морфометрических параметров растений на глубинах 1,5–1,9 м. В условиях Воронежской области *N. komarovii* проходит все фенологические фазы, образует всхожие семена, но не формирует семенное поколение.

Таксономическое разнообразие сообщества с *N. komarovii* не превышает 12 видов. Параметры местообитания по экошкалам подтверждают экологические требования *N. komarovii*.

Для типичных участков колонии *N. komarovii* почти 3/4 фотосинтеза осуществляют листья со средней площадью 1659 см² (минимальная от 855 см²),

средним диаметром 44,9 см, минимальным диаметром 33 см для лежачих, а также с минимальным диаметром 39 см, средним диаметром 45,9 см и средней площадью для стоячих 1669,9 см² (минимальная от 1194,5 см²). Как можно видеть из полученных данных, для самых эффективных листьев средние пропорции различаются незначительно. Так, например, разница средней площади стоячих и лежачих листьев составляет всего 0,65 %, а разница средних диаметров составляет 2,18 %. Листья третьего и четвертого квартилей как лежачих, так и стоячих формируют максимально эффективный и оптимальный в данных условиях фотосинтетический аппарат.

На основании изучения типичных участков колонии получены средние показатели количества листьев на 1 м². Число стоячих листьев составляет 1,75 листа на 1 м², а лежачих – 7 шт. на 1 м². На основании этих данных и площади колонии установлено наличие около 1050 стоячих листьев и 4200 лежачих листьев. Считается, что если число стоячих листьев преобладает над плавающими у *N. komarovii*, то это считается индикатором благополучия популяции [20]. В нашем случае на всех участках колонии отмечено численное превосходство надводных листьев. Тем не менее, жизненное состояние растений и динамика развития колонии подтверждает благоприятные условия произрастания в условиях данного водного объекта. Регулярный мониторинг популяций *N. komarovii* во вторичном лесостепном ареале позволит оценить его экологическую стратегию и роль в трансформации водных экосистем, прогнозировать скорость и динамику расселения.

Список литературы

1. Биологические инвазии в водных и наземных экосистемах / Под ред. акад. РАН А. Ф. Алимова, Н. Г. Богуцкий. – М.-СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. – 436 с.
2. Виноградова Ю. К. Черная книга флоры Средней России: чужеродные виды растений в экосистемах Средней России / Ю. К. Виноградова, С. Р. Майоров, Л. В. Хорун. – М.: ГЕОС, 2010. – 512 с.
3. Акатов В. В. Воздействие *Solidago canadensis* L. на видовое разнообразие растительных сообществ в разном пространственном масштабе / В. В. Акатов, Т. В. Акатова, С. Г. Чефранов // Российский Журнал Биологических Инвазий. – 2020. – № 4. – С. 2–14.
4. Дгебуадзе Ю. Ю. Чужеродные виды в Голарктике: некоторые результаты и перспективы исследований / Ю. Ю. Дгебуадзе // Российский журнал биологических инвазий. – 2014. – № 1. – С. 2–8.
5. Стародубцева Е. А. Чужеродные виды растений на особо охраняемых территориях (на примере Воронежского биосферного заповедника) / Е. А. Стародубцева // Российский Журнал Биологических Инвазий. – 2011. – № 3. – С. 36–39.
6. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Гл. ред. Ю. П. Трутнев. – М.: Общество с ограниченной ответственностью Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 885 с.
7. Khrolenko Y. A. Development of *Nelumbo komarovii* Grossh. (*Nelumbonaceae*) from seeds under artificial conditions / Y. A. Khrolenko, M. S. Yatsunskaya, T. Y. Gorpenchenko, T. A. Bezdeleva // Inland Water Biology. – 2019. – Vol. 12, No. 1. – P. 18–25.
8. Tyurin A. N. A First record of the Komarov Lotus *Nelumbo komarovii* Grossh. in the Nakhodka City District / A. N. Tyurin // Biodiversity and Environment of Protected Areas. – 2019. – No. 4. – P. 109–111.
9. Кравчуненко А. Р. Лотос орехоносный и эвтрофикация водотоков степной зоны Краснодарского края / А. Р. Кравчуненко // Modern Science. – 2019. – № 12-2. – С. 47–49.

10. Бейдеман Н. И. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ / Н. И. Бейдеман. – Новосибирск: Наука, 1974. – 154 с.
11. Ипатов В. С. Фитоценология / В. С. Ипатов, Л. А. Кирикова. – СПб.: Изд-во С.-Петербург, ун-та, 1997. – 316 с.
12. Миркин Б. М. Современная наука о растительности / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова, А. И. Соловец. – М.: Логос, 2002. – 264 с.
13. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов / Д. Н. Цыганов. – М.: Наука, 1983. – 197 с.
14. Бузук Г. Н. Регрессионный анализ в фитоиндикации (на примере экологических шкал Д. Н. Цыганова) / Г. Н. Бузук, О. В. Созина // Ботаника. – 2009. – №37. – С. 356–362.
15. Агафонов В. А. Лотос (*Nelumbo caspica* (Fisch. ex DC.) Fisch.) в Воронежской области / В. А. Агафонов, Е. С. Казьмина, В. В. Негроров, Н. А. Терехова // Флора и растительность Центрального Черноземья. Материалы межрегиональной научной конференции, посвященной 80-летию юбилею Центрально-Черноземного заповедника. Центрально-Черноземный государственный природный биосферный заповедник им. проф. В. В. Алехина. – Курск: Курский государственный университет, 2015. – С. 33–34.
16. Лепешкина Л. А. Кодекс управления инвазионными чужеродными видами растений в интродукционных центрах Центрального Черноземья / Л. А. Лепешкина, А. А. Воронин, М. А. Клевцова. – Воронеж: Изд-во «Научная книга», 2016. – 57 с.
17. Гордиенко И. М. Результат анализа зависимости количества выполненных и рудиментарных семян лотоса Комарова от размера семенных коробочек / И. М. Гордиенко // Современные проблемы экологии животного и растительного мира. Материалы Всероссийской молодежной научно-практической конференции. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г. Ф. Морозова, 2021. – С. 108–111.
18. Гордиенко И. М. Лотос Комарова (*Nelumbo komarovii* Grossh.) в водоемах Воронежской области / И. М. Гордиенко, Н. П. Карташова // Современное лесное хозяйство – проблемы и перспективы. Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 50-летию «ВНИИЛГИСбиотех». – Воронеж: Истоки, 2020. – С. 98–102.
19. Ye Li Comparative population genomics reveals genetic divergence and selection in lotus, *Nelumbo nucifera* / Li Ye, Zhu Feng-Lin, Zhang Xing-Wen [et al.] // BMC Genomics. – 2020. – No. 21. – P. 146.
20. Литвинова Н. А. Разработка методики косвенного учета урожайности зарослей лотоса орехоносного / Н. А. Литвинова // Научные исследования редких видов растений и животных в заповедниках и национальных парках Российской Федерации за 2005–2014 гг. – 2015. – Вып. 4. – С. 31–34.

ECOLOGICAL AND BIOLOGICAL FEATURES OF THE LOCAL POPULATION OF *NELUMBO KOMAROVII* GROSSH. IN THE SECONDARY FOREST-STEPPE AREA

Gordienko I. M.¹, Lepeshkina L. A.², Voronin A. A.², Klevtsova M. A.²

¹Voronezh State University of forestry and technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia

²Voronezh State University, Voronezh, Russia

E-mail: lilez1980@mail.ru

The results of a long-term study of the local population of *Nelumbo komarovii* Grossh. have been obtained. The ecological and biological features of its local population in the secondary forest-steppe area are considered. The following tasks were solved: the dates of onset and duration of phenophases were traced; the main geobotanical characteristics of the community with *N. komarovii* were determined; morphometric

indicators of surface and floating leaves in various parts of the colony were established; the state of the local population of the species was characterized. The research area covered the forest-steppe Chernozem region within the Voronezh region. The growth of *N. komarovii* has been reliably established in an artificial reservoir on the territory of the SNT "Autumn" of the Semiluksky district of the Voronezh region, coordinates: 51.784482°N, 38.9715274°E. This local population is the largest in the Voronezh region.

It is established that *N. komarovii* goes through all phenological phases and forms seeds in the forest-steppe region. There was no renewal of plants by seeds. The population has only vegetative renewal. The population in the secondary area is characterized by young plants of vegetative origin with submerged leaves of rounded shape. The phase of active vegetation of *N. komarovii* falls on May-June. Already on 12.05.2020, above-water leaves were noted. Mass flowering – mid, late July, 28.07.2020, flowering and fruit setting were observed. From mid-August 14.08.2020, the seeds begin to ripen. Flowering is fully completed by the beginning of September – 07.9.2020, during this period there were many green fruits with unripe seeds. In the conditions of the Voronezh Region, the vegetation phase of *N. komarovii* continues until the onset of low positive temperatures. The duration of budding is on average 25 days, flowering – 30 days, seed ripening – 30 days. Vegetation of *N. komarovii* begins at a water temperature of 14–15 °C, budding – at a temperature of +20 °C. From 2016 to 2021, *N. komarovii* completed its phenological development by seed-bearing. Duration of phenological phases *N. komarovii* depends on the number of days with high positive temperatures. Rapid population growth was noted in 2019–2020, the colony almost doubled, its productivity increased significantly. On average, there are 13–20 completed seeds in one box.

A taxonomic analysis of the community flora involving *N. komarovii* showed low species diversity (12 species). In the central areas of the colony with a higher coverage of *N. komarovii*, there is a low participation of local coastal and aquatic plants, which are more active in phytocenoses without *N. komarovii*. In the composition of the cenoflora: *Typha angustifolia*, *Phragmites australis*, *Scirpus sylvaticus*, *Equisetum fluviatile*, *Glyceria fluitans*. From freely floating on the surface of water – *Hydrocharis morsus-ranae*. Among the submerged hydrophytes are *Myriophyllum verticillatum*, *Myriophyllum spicatum*, *Elodea canadensis*, *Potamogeton lucens*, *Ceratophyllum demersum*, *Najas minor*. From the southern part of the colony, *Elodea canadensis*, *Potamogeton lucens*, *Ceratophyllum demersum* are found singly. The ecological characteristics of the local population were determined by the accompanying species of the coastal-water community. The amplitude of the ecological space of *N. komarovii* has the following parameters: Tm (7,2–8,3), Kn (7,9–8,4), Om (8,3–8,4), Cr (7,9–9,6), (18,6–23,6), Tr (6,9–7,8), Nt (7,0–11,1), Rc (7,5–8,2), Lc (0,8–3,2), Fh (1,1–3,5).

The role of the assimilation apparatus in the ecological strategy of *N. komarovii* is high. It was evaluated through statistical processing of measurements of leaf plates. 48 standing and 54 recumbent leaves were measured over the entire area of the colony. Based on the data obtained, it was found that *N. komarovii* is characterized by a similar strategy for fixing photoactive radiation (FAR) both leaves lying on the water and standing ones. The average area of standing and recumbent leaves is 721,8 cm² and 1184,2 cm², respectively. The average area of the leaf plate of recumbent leaves is 1.64 times larger

than the average area of the leaf plate of standing leaves. The coverage of recumbent leaves is 74,9 % of the water surface, which is 1,73 times higher than that of the coverage for recumbent leaves in typical areas of the colony. They were measured by a continuous passage with a choice of random groups per 1 m² in different parts of the colony. The data on the diameter of the sheet lying on the water were sorted and divided into 4 quartiles (first, second, third, fourth). The analysis of the average diameter showed that the first quartile is characterized by diameters from 13 cm to 26 cm and an average value of 20,89 cm; for the second – 26–32 cm (29,50 cm); the third – 33–42 cm (37,86 cm); the fourth is 43–70 cm, (45,57 cm). The average area of the sheet *N. komarovii* characteristic of each quartile were 281 cm², 535,2 cm², 799,3 cm², 1271,6 cm², respectively. The share of the third and fourth quartiles in the water surface coverage is 72 % of the total coverage area, while 63 % of their contribution falls on the fourth quartile. Similar data were obtained in the study of the surface leaves of *N. komarovii*. 48 specimens were measured, which were also divided into 4 quartiles. The first consists of leaves with a diameter of 19,5–30 cm (average value 24,3 cm), the second – 30–38 cm (34,20 cm), the third – 39–44,5 cm (41,75 cm), the fourth – 47–54 cm (50,0 cm). The corresponding average leaf areas for each quartile were 474,4 cm², 924,5 cm², 1371 cm², 1968,8 cm².

As a result of the study, it was determined that standing leaves on average make up 20–30 % of the total number of leaves. This is typical for all sections of the *N. komarovii* colony except for the oldest and youngest border sections. Based on the data obtained earlier, it can be argued that the largest leaves with an average diameter of 33 cm for recumbent and 39 cm for standing cover about 50 % of the water surface. At the same time, a slight discrepancy in the results of the coverage area on two typical sites confirms that *N. komarovii* on average covers the same area of the mirror, adjusting the ratio of surface and standing leaves.

About 4 m² with the largest number of leaves in the thickened old part of the colony were studied: 56 recumbent and 25 standing. Their ratio turned out to be atypical and amounted to 100:224 (25 % for typical colony sites). It was here in 2016 that the first flowering of *N. komarovii* was noted. The surface area of the water with recumbent leaves was 40421 cm² out of 40,000 cm², or 101,05 %, the surface area of standing leaves was 29604,95 cm², or 74 %. Thus, the projective coverage on this site was 1,75 times larger than the area of the water mirror.

In the studied reservoir of the village of Bogoyavlenovka, he masters depths up to 4,7 m. It has high rates of projective coverage and morphometric parameters of plants at depths of 1,5–1,9 m. For typical sites of a colony of *N. komarovii*, almost 3/4 photosynthesis is carried out by leaves with an average area of 1659 cm² (minimum from 855 cm²), an average diameter of 44,9 cm, a minimum diameter of 33 cm for recumbent, as well as with a minimum diameter of 39 cm, an average diameter of 45,9 cm and an average area for standing 1669,9 cm² (minimum from 1194,5 cm²). The presence of about 1050 standing leaves and 4200 recumbent leaves in the local population has been established. The numerical superiority of surface leaves was noted in all areas of the colony. The vital condition of plants and the dynamics of colony development confirm favorable growing conditions in the conditions of this water body.

Keywords: Komarov's lotus, population, plant invasions, Voronezh region.

References

1. Alimova A. F., Bogutskiy N. G., *Biological invasions in aquatic and terrestrial ecosystems* (Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, Moscow- St. Petersburg, 2004).
2. Vinogradova Yu. K., Mayorov S. R., Khorun. L. V., *Black Book of the Flora of Central Russia: alien plant species in the ecosystems of Central Russia* (Publ. GEOS, Moscow, 2010).
3. Akatov V. V., Akatova T. V., Chefranov S. G., Influence of *Solidago canadensis* L. on species diversity of plant communities at different spatial scale, *Russian Journal of Biological Invasions*, **4**, 2 (2020).
4. Dgebuadze Yu. Yu., Alien Species in the Holarctic: Some Results and Research Perspectives. *Russian Journal of Biological Invasions*, **1**, 2 (2014).
5. Starodubtseva E. A., Alien plant species in specially protected areas (on the example of the Voronezh Biosphere Reserve). *Russian Journal of Biological Invasions*, **3**, 36 (2011).
6. Trutnev Yu. P., *Red Book of the Russian Federation (plants and fungi)* (Publ. Obshchestvo s ogranichennoy otvetstvennost'yu Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, Moscow 2008).
7. Khrolenko Y. A., Yatsunskaya M. S., Gorpenchenko T. Y., Bezdeleva T. A., Development of *Nelumbo komarovii* Grossh. (*Nelumbonaceae*) from seeds under artificial conditions, *Inland Water Biology*, **12** (1), 18 (2019).
8. Tyurin A. N., A First record of the Komarov Lotus *Nelumbo komarovii* Grossh. in the Nakhodka City District, *Biodiversity and Environment of Protected Areas*, **4**, 109 (2019).
9. Kravchunenko A. R., Nut-bearing lotus and eutrophication of streams in the steppe zone of the Krasnodar Territory, *Modern Science*, **12-2**, 47 (2019).
10. Beydeman N. I., *Methods for studying the phenology of plants and plant communities* (Publ. Nauka, Novosibirsk, 1974).
11. Ipatov V. S., Kirikova L. A., *Phytocenology* (Publ. S.-Peterburg un-ta, St. Petersburg, 1997).
12. Mirkin B. M., Naumova L. G., Solomeshch A. I., *Modern Vegetation Science* (Moscow, Logos, 2002).
13. Tsyganov D. N., *Phytoindication of ecological regimes in the subzone of coniferous-deciduous forests* (Nauka, Moscow, 1983).
14. Buzuk G. N., Sozinov O. V., Regression analysis in phytoindication (on example of of D.N. Tsyganov's ecological scales). *Botany*, **37**, 356 (2009).
15. Agafonov V. A., Kaz'mina E. S., Negrobov V. V., Terekhova N. A., Lotus (*Nelumbo caspica* (Fisch. ex DC.) Fisch.) in the Voronezh region, *Flora and Vegetation of the Central Chernozem Region. Materials of the interregional scientific conference dedicated to the 80th anniversary of the Central Black Earth Reserve* (Publ. Kursk State University, Kursk, 2015), p. 33.
16. Lepeshkina L. A., Voronin A. A., Klevtsova M. A., *Code of management of invasive alien plant species in the introduction centers of the Central Chernozem Region* (Publ. Nauchnaya kniga, Voronezh, 2016).
17. Gordienko I. M., The result of the analysis of the dependence of the number of completed and rudimentary seeds of the Komarov lotus on the size of the seed pods, *Modern problems of the ecology of the animal and plant world. Materials of the All-Russian Youth Scientific and Practical Conference* (Publ. Voronezh State Forestry Engineering University named after V.I. G.F. Morozov, Voronezh, 2021), p. 108.
18. Gordienko I. M., Kartashova N. P., Komarov's lotus (*Nelumbo komarovii* Grossh.) in water bodies of the Voronezh region, *Modern forestry - problems and prospects. Materials of the All-Russian scientific and practical conference dedicated to the 50th anniversary of VNILGISbiotech* (Publ. Origins, Voronezh, 2020), p. 98.
19. Ye Li, Feng-Lin Zhu, Xing-Wen Zhang, Man-Li Hu, Chen Dong, Ying Diao, You-Wei Wang, KeQiang Xie and Zhong-Li Hua, Comparative population genomics reveals genetic divergence and selection in lotus, *Nelumbo nucifera*, *BMC Genomics*, **21**, 146 (2020).
20. Litvinova N. A., Development of a method for indirect accounting of the yield of thickets of the walnut lotus, *Scientific research of rare plant and animal species in reserves and national parks of the Russian Federation for 2005–2014* (Publ. Ekologiya, Moscow, 2015), p. 31.