

Научная статья

УДК 58.006:581.47:581.48:581.141

DOI: 10.37482/0536-1036-2024-1-65-76

Репродуктивные показатели липы Нащокина (*Tilia nasczokinii* Stepanov)

М.И. Седаева[✉], канд. биол. наук; ResearcherID: [AAU-9766-2021](https://orcid.org/0000-0002-4089-1691),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4089-1691>

А.К. Экарт, канд. биол. наук; ResearcherID: [AAU-9738-2021](https://orcid.org/0000-0002-8106-596X),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8106-596X>

А.Н. Кравченко, канд. биол. наук; ResearcherID: [AAU-9783-2021](https://orcid.org/0000-0002-4436-7942),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4436-7942>

Институт леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН – обособленное подразделение Федерального исследовательского центра «Красноярский научный центр СО РАН», Академгородок, д. 50/28, г. Красноярск, Россия, 660036; msedaeva@ksc.krasn.ru[✉], aekart@yandex.ru, kravchenko-anna.n@yandex.ru

Поступила в редакцию 21.11.21 / Одобрена после рецензирования 25.02.22 / Принята к печати 27.02.22

Аннотация. *Tilia nasczokinii* Stepanov (липа Нащокина) – эндемик юга Красноярского края, имеет реликтовое происхождение. Известно о 2 ее популяциях в окрестностях г. Красноярска на левом и на правом берегах р. Енисей, где она входит в состав сосняков и смешанных сосново-лиственных разнотравных лесов. Общая численность вида составляет около 500 особей, из которых лишь 43 растения в настоящее время плодоносят. В работе определены размеры и качественные показатели плодов и семян этого вида. Плоды-орешки *T. nasczokinii* в целом для 2 популяций имели длину $5,7 \pm 0,026$ мм и ширину $5,0 \pm 0,017$ мм, семена – длину $3,6 \pm 0,019$ мм и ширину $2,9 \pm 0,015$ мм. Установлено, что орешки в левобережной популяции характеризуются вытянутой грушевидной формой, тогда как в правобережной орешки шаровидные, слегка заостренные сверху. По размерам орешков и семян *T. nasczokinii* статистически не отличалась от интродуцированной *T. cordata*, произрастающей в культуре в сходных экологических условиях. В левобережной популяции массы орешков ($18,3$ г/1000 шт.) и семян ($11,9$ – $12,7$ г/1000 шт.) оказались заметно меньше, чем в правобережной (орешки – $24,8$ – $29,9$ г/1000 шт., семена – $16,1$ – $18,0$ г/1000 шт.). В левобережной популяции до 60 % орешков были бессемянными и до 43 % семян – пустыми, жизнеспособность семян составляла 17–32 %. В правобережной популяции большая часть орешков содержала семена (до 91 %), доля пустых орешков была небольшой (до 18 %), жизнеспособность – 66–83 %. Грунтовая всхожесть семян составила 9,2 % (у отдельных деревьев – до 10,5 %) в левобережной и 12,2 % (до 21,1 %) в правобережной популяции. Несмотря на невысокую грунтовую всхожесть семян в обеих популяциях, существует возможность получения семенного посадочного материала для создания искусственных насаждений *T. nasczokinii* с целью сохранения и восстановления численности этого редкого реликтового вида юга Средней Сибири.

Ключевые слова: *Tilia nasczokinii*, морфометрия плодов, морфометрия семян, жизнеспособность семян, грунтовая всхожесть, Красноярский край

Благодарности: Работа выполнена в рамках базового проекта Института леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН № 0287-2021-0009, а также при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Правительства Красноярского края и Красноярского краевого фонда науки в рамках научного проекта

№ 19-44-240006 р_а. Авторы выражают искреннюю благодарность профессору Сибирского федерального университета Н.В. Степанову, научным сотрудникам национального парка «Красноярские Столбы» А.А. Кнорре и Д.Ю. Полянскою, а также научным сотрудникам Института леса им. В.Н. Сукачёва СО РАН М.Е. Коноваловой и Л.В. Кривобокову за предоставление информации о местонахождении популяций липы и помощь при геоботаническом описании пробных площадей.

Для цитирования: Седаева М.И., Экарт А.К., Кравченко А.Н. Репродуктивные показатели липы Нащокина (*Tilia nasczokinii* Stepanov) // Изв. вузов. Лесн. журн. 2024. № 1. С. 65–76. <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2024-1-65-76>

Original article

Reproductive Indicators of Nasczokin's Lime (*Tilia nasczokinii* Stepanov)

Mariya I. Sedaeva[✉], Candidate of Biology; ResearcherID: [AAU-9766-2021](https://orcid.org/0000-0002-4089-1691),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4089-1691>

Aleksandr K. Ekart, Candidate of Biology; ResearcherID: [AAU-9738-2021](https://orcid.org/0000-0002-8106-596X),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8106-596X>

Anna N. Kravchenko, Candidate of Biology; ResearcherID: [AAU-9783-2021](https://orcid.org/0000-0002-4436-7942),
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4436-7942>

Sukachev Institute of Forest of the Siberian Branch of the RAS – Division of Federal Research Center “Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the RAS”, Akademgorodok, 50/28, Krasnoyarsk, 660036, Russian Federation; msedaeva@ksc.krasn.ru[✉], aekart@yandex.ru, kravchenko-anna.n@yandex.ru

Received on November 21, 2021 / Approved after reviewing on February 25, 2022 / Accepted on February 27, 2022

Abstract. *Tilia nasczokinii* Stepanov (Nasczokin's lime) is endemic to the south of the Krasnoyarsk Territory and is of relict origin. Two of its populations grow in the vicinity of Krasnoyarsk on the left and right banks of the Yenisey River, being a part of pine forests and mixed pine-deciduous herb forests. The total number of the species is about 500 plant units, of which only 43 plants are currently bearing fruit. This research has determined the sizes and qualitative characteristics of *T. nasczokinii* fruits and seeds. The lime-capsules of *T. nasczokinii*, for 2 populations in general, have had the length of 5.7 ± 0.026 mm and the width of 5.0 ± 0.017 mm. The seeds have had the length of 3.6 ± 0.019 mm and the width of 2.9 ± 0.015 mm. It has been established that the lime-capsules in the left bank population are characterized by an elongated pear-shaped form, while in the right bank population the lime-capsules are spherical and slightly pointed at the top. In terms of the size of lime-capsules and seeds, *T. nasczokinii* did not differ statistically from the introduced *T. cordata*, which grows in the plantation under similar environmental conditions. In the left bank population, the masses of lime-capsules (18.3 g/1000 pcs.) and seeds (11.9–12.7 g/1000 pcs.) have turned out to be noticeably less than in the right bank population (lime-capsules – 24.8–29.9 g/1000 pcs., seeds – 16.1–18.0 g/1000 pcs.). In the left bank population, up to 60 % of the lime-capsules have been seedless and up to 43 % of the seeds have been empty. Seed viability has been equal to 17–32 %. In the right bank population, most of the lime-capsules have contained seeds (up to 91 %), and the proportion of empty lime-capsules has been small (up to 18 %). Seed viability has been equal to 66–83 %. Field germination of the seeds has been equal to 9.2 % (for some trees – up to 10.5 %) in the left bank population and 12.2 % (up to 21.1 %) in the right bank population. Despite the low field germination of the seeds in both populations, it is possible to obtain seed planting stock for creating artificial plantings of *T. nasczokinii* in order to preserve and restore the population of this rare relict species in the south of Central Siberia.



Keywords: *Tilia nasczokinii*, fruit morphometry, seed morphometry, seed viability, field germination, the Krasnoyarsk Territory

Acknowledgements: The work was carried out within the framework of the basic project of the Sukachev Institute of Forest of the Siberian Branch of the RAS – Division of Federal Research Center “Krasnoyarsk Scientific Center of the Siberian Branch of the RAS” no. 0287-2021-0009 and with the financial support from the Government of the Krasnoyarsk Territory and the Krasnoyarsk Regional Fund of Science and Technology Support within the framework of the research project no. 19-44-240006 p_a. The authors express their sincere gratitude to N.V. Stepanov – professor of the Siberian Federal University, A.A. Knorre and D.Yu. Polyanskaya – research scientists of the Krasnoyarsk Stolby National Park, as well as to M.E. Konovalova and L.V. Krivobokov – research scientists of Sukachev Institute of Forest of the Siberian Branch of the RAS for providing information on the location of lime populations and assistance in the geobotanical description of sample plots.

For citation: Sedaeva M.I., Ekart A.K., Kravchenko A.N. Reproductive Indicators of Nasczokin’s Lime (*Tilia nasczokinii* Stepanov). *Lesnoy Zhurnal = Russian Forestry Journal*, 2024, no. 1, pp. 65–76. (In Russ.). <https://doi.org/10.37482/0536-1036-2024-1-65-76>

Введение

Для Средней Сибири характерно отсутствие зоны широколиственных лесов. В доледниковый третичный период широколиственные древесные породы распространялись непрерывным поясом от Урала до Забайкалья и Приморского края [3, 22, 25]. В настоящее время из широколиственных видов в Сибири встречается только липа, сплошной ареал которой доходит до р. Иртыш [5]. Далее она произрастает изолированными участками в Новосибирской, Кемеровской и Томской областях, а также в Алтайском и Красноярском краях [1, 6, 19]. Эти участки, являясь остатками некогда обширного ареала, имеют реликтовую природу [12, 27].

Таксономический статус изолированных популяций *Tilia* в Сибири не общепризнан [30]. Ряд авторов считает их отдельным видом – *T. sibirica* Bayer [23]. Другие авторы объединяют сибирскую липу с *T. cordata* Mill. [5] либо относят все восточные популяции липы к подвиду *T. cordata subsp. sibirica* (Fischer ex Bayer) Pigott [28]. Красноярские популяции липы описаны как самостоятельный вид *T. nasczokinii* Stepanov [18]. Исследование изменчивости хлоропластной ДНК показало сохранение липы в нескольких рефугиумах на востоке ареала *Tilia cordata* s. l. во время последних ледниковых периодов [17, 29]. Значительная генетическая дифференциация красноярских популяций как от *T. sibirica*, так и от *T. cordata* позволяет рассматривать *T. nasczokinii* как отдельный таксон [17, 24].

В Красноярском крае известно 2 места произрастания липы – на правом и левом берегах р. Енисей в окрестностях г. Красноярска [2, 13]. Отмечалось, что липа под Красноярском представляла собой нецветущую вегетативную поросль. Позже здесь были обнаружены цветущие и плодоносящие экземпляры [2]. Однако данные о морфометрических и качественных показателях плодов и семян красноярских лип до сих пор отсутствуют в литературе. Ранее установлено, что общая численность обеих популяций *T. nasczokinii* невелика – на левом берегу Енисея произрастают 305 особей, 21 из которых находится в генеративном состоянии, и на правом берегу – 196 особей, из них 22 экземпляра – генеративные [15]. Предварительное изучение этих популяций показало наличие жизнеспособных семян [14].

Поскольку для поддержания генетического разнообразия малочисленных популяций важно наличие семенного потомства, актуальной является цель настоящего исследования – оценка морфометрических и качественных показателей плодов и семян *T. naszokinii* в 2 реликтовых популяциях в окрестностях Красноярска.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования стали 2 малочисленные изолированные популяции *T. naszokinii* в окрестностях Красноярска. Первая популяция находится на правом берегу Енисея около пос. Базаиха на территории охранной зоны национального парка «Красноярские Столбы» (55°57'26" с. ш. 92°46'41" в. д.). Деревья липы произрастают близко друг к другу на площади около 1,5 га. Липа Нащокина входит в состав сосняка осочково-крупнотравного сомкнутостью 0,65, высотой 12–17 м [15]. Кроме *Pinus sylvestris* L. и *T. naszokinii* встречаются *Betula pendula* Roth, *Populus tremula* L. Подлесок разреженный, представлен *Cotoneaster melanocarpus* Fisch. ex Blytt, *T. naszokinii*, *Caragana arborescens* Lam., *Spiraea chamaedryfolia* L., *Crataegus sanguinea* Pall., *Rosa acicularis* Lindl., *Rubus idaeus* L. Травяно-кустарничковый ярус имеет проективное покрытие 50 %. Его фон создают *Carex macroura* Meinsh., *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn и *Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv., присутствуют также *Rubus saxatilis* L., *Lathyrus frolovii* Rupr. и *Iris ruthenica* Ker Gawl.

Вторая популяция находится на левом берегу Енисея на территории микрозаказника «Манское займище». Липа здесь произрастает на склоне хребта между ручьем Боровой и р. Минжоль (левые притоки Енисея) и на прилегающей надпойменной террасе – Манском займище (от 55°57'34" с. ш. 92°28'07" в. д. до 55°57'51" с. ш. 92°30'10" в. д.). Деревья расположены отдельными группами по 1–11 взрослых особей. Расстояние между группами достигает 500 м. Липа Нащокина произрастает в сосняке осочково-мелкотравном и сосново-березовом осочково-разнотравном лесу [15]. Древостой высотой 14–24 м имеет сомкнутость 0,5–0,6, состоит из *P. sylvestris*, *B. pendula*, *Larix sibirica* Ledeb., *P. tremula* и *T. naszokinii*. Подлесок разреженный, в него входят *Sorbus sibirica* Hedl., *T. naszokinii*, *R. acicularis*, *C. melanocarpus*, *Spiraea media* Franz Schmidt, *S. chamaedryfolia* и *Padus avium* Mill. Травяной ярус включает *C. macroura*, *I. ruthenica*, *Pyrola rotundifolia* L., *Equisetum pratense* Ehrh., *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth, *Viola uniflora* L., *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, *Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv., проективное покрытие – 35–45 %.

Для сравнения использовались деревья *T. cordata*, интродуцированные в сходные условия дендрария Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН в окрестностях Красноярска (38 км к северу от города). Эти деревья возрастом 55 лет выращены из семян, полученных из Москвы (Главный ботанический сад).

В обеих популяциях в период полного созревания в сентябре 2019 и 2020 гг. были собраны образцы плодов-орешков *T. naszokinii*. Сбор производился вручную со всех деревьев, крона которых расположена достаточно низко или наклонена (у высоких прямостоячих деревьев сбор плодов был технически невозможен

без причинения вреда дереву). В левобережной популяции с 6 деревьев в 2019 г. собрано 712 орешков, из которых получено 338 семян; с этих же деревьев в 2020 г. собрано 747 орешков (416 семян). В правобережной популяции с 5 деревьев в 2019 г. – 339 орешков (338 семян), с 4 деревьев в 2020 г. – 463 орешка (454 семени). С 5 деревьев *T. cordata* в 2020 г. – 500 орешков (434 семени).

Длина и ширина орешков и семян определялись с помощью бинокля «Микромед МС-1» (Китай) с программным обеспечением Scope Photo. Изменчивость признаков оценивалась по эмпирической шкале, основанной на значении коэффициента вариации [9]. Коэффициент вариации менее 8 % соответствовал очень низкому уровню варьирования признака, от 8 до 13 % – низкому, от 13 до 20 % – среднему. Достоверность различий средних значений определялась при помощи t-теста ($t_{\text{табл}} \leq 1,96$, при $p = 0,05$) путем сравнения фактического значения t с табличным.

Для каждого дерева и для насаждения в целом была установлена масса собранных образцов орешков и семян на лабораторных весах Adventurer (Ohaus, США), полученные значения пересчитывались на 1000 шт. Отмечалось число бессемянных, а также 1-семянных и 2-семянных орешков. Пустые семена выявлялись методом взрезывания. Для этого семена замачивались в воде на сутки при комнатной температуре, затем удалялась семенная оболочка. Жизнеспособность семян определялась методом окрашивания освобожденных от оболочек и эндосперма зародышей в 0,25%-м растворе МТТ (тиазолил синий тетразолия бромид) в течение 1 ч. Этот метод основан на взаимодействии тетразолиевого красителя с живыми клетками зародыша, в результате чего они приобретают пурпурный цвет. С мертвыми клетками реакции не происходит, и зародыши остаются неокрашенными [10].

Для оценки грунтовой всхожести сразу после сбора, когда околоплодник еще зеленоватого цвета, а палисадный слой семенной кожуры не уплотнен и водопроницаем, был произведен посев орешков. При этих условиях всходы липы появляются на следующую весну [11, 16]. С каждого дерева в сентябре 2020 г. было посеяно по 100 орешков; если собранных образцов было меньше 100 шт., то высевались все орешки (от 16 до 52 шт.). Подсчет всходов проводился в июне 2021 г. В дальнейшем с учетом доли бессемянных и 2-семянных орешков для каждого дерева устанавливалось число посеянных семян, от которого и определялась грунтовая всхожесть.

Результаты исследования и обсуждение

Морфометрический анализ показал, что в среднем и в 2019, и в 2020 гг. длина и ширина орешков и семян в обеих популяциях были довольно близки (табл. 1). Данные признаки варьировали на низком и среднем уровнях – коэффициенты вариации не превышали 20 %. Значение отношения средней длины к средней ширине у орешков и семян в оба года наблюдений оказалось больше в левобережной популяции, чем в правобережной. Однако у *T. cordata* в дендрарии Института леса это отношение превышало отношение для *T. nasczokii* в обеих популяциях.

Таблица 1

Морфометрические показатели орешков и семян *T. nasczokinii* (берега Енисея) и *T. cordata* (дендрарий)
Morphometric parameters of *T. nasczokinii* (the Yenisey River bank) and *T. cordata* (the arboretum) lime-capsules and seeds

Место произрастания	Орешки			Семена		
	длина, мм	ширина, мм	О	длина, мм	ширина, мм	О
<i>2019 г.</i>						
Левый берег Енисея	5,89±0,03	4,97±0,02	1,19	3,74±0,03	2,77±0,03	1,35
	4,00–8,00	4,00–7,50		2,00–5,00	1,50–4,00	
	15,6	10,7		12,8	15,8	
Правый берег Енисея	5,32±0,03	4,96±0,04	1,07	3,52±0,02	2,96±0,01	1,19
	4,00–7,00	3,50–7,50		2,50–4,00	1,50–4,00	
	10,2	12,8		12,3	8,7	
<i>2020 г.</i>						
Левый берег Енисея	6,08±0,04	4,99±0,03	1,22	3,98±0,03	3,12±0,02	1,28
	3,00–9,00	2,50–8,00		2,50–5,00	1,90–4,00	
	19,4	14,7		12,5	13,8	
Правый берег Енисея	6,02±0,04	5,22±0,03	1,15	3,91±0,02	3,25±0,02	1,21
	4,00–8,50	3,50–7,50		2,40–5,00	1,60–4,20	
	13,4	13,0		10,1	12,2	
Дендрарий	5,68±0,06	4,37±0,04	1,30	3,98±0,01	2,98±0,03	1,34
	4,50–7,00	3,50–5,50		3,50–4,00	2,50–3,50	
	9,6	9,3		2,3	5,4	

Примечание: В верхней части строки приведены средние значения и их ошибки, в средней – крайние значения, в нижней – коэффициент вариации; показатель точности опыта во всех случаях не превышает 5 %; О – отношение длины к ширине.

В 2019 г. средняя длина орешков в левобережной популяции была достоверно больше, чем в правобережной ($t = 12,6$), ширина отличалась несущественно ($t = 0,1$). В 2020 г. средняя ширина орешков на правом берегу Енисея достоверно превышала показатель для левого ($t = 5,6$), длина отличалась незначительно ($t = 0,9$). В оба года исследования длина семян в левобережной популяции достоверно больше ($t = 6,0$ в 2019 г. и $t = 2,3$ в 2020 г.), а ширина достоверно меньше по сравнению с правобережной ($t = 6,8$ в 2019 г. и $4,5$ в 2020 г.). Эти данные свидетельствуют о более вытянутой форме орешков и семян *T. nasczokinii* в левобережной популяции, чем в правобережной.

Следует также отметить, что орешки у отдельных деревьев липы на левом берегу Енисея имеют хорошо заметный остроконечный выступ в верхней части, тогда как орешки на правом берегу либо шаровидные, либо слегка заострены сверху (рис. 1). Ранее указывалось [2], что у красноярской липы форма орешков шаровидная, несколько приплюснутая, это, по мнению авторов, отличает ее от *T. sibirica* и *T. cordata*, для которых характерна грушевидная форма орешков.

Наши наблюдения показывают, что шаровидная форма орешков свойственна только для правобережной популяции липы. В левобережной популяции форма орешков близка к грушевидной. В связи с этим данный признак нельзя считать диагностическим для *T. nasczokinii*.

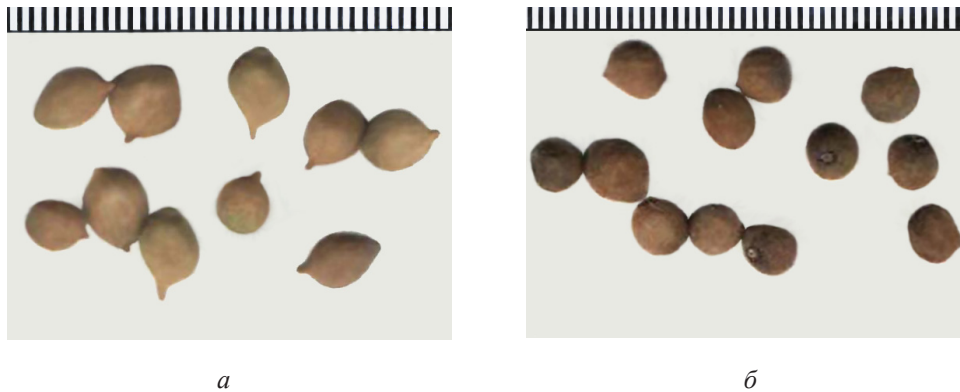


Рис. 1. Орешки *T. nasczokinii* в левобережной (а) и правобережной популяциях (б)
Fig. 1. *T. nasczokinii* lime-capsules in the left bank (a) and the right bank (b) populations

Размеры орешков и семян у *T. cordata* и *T. nasczokinii* близки. Так, в лесостепных районах Западной Сибири размеры орешков *T. cordata* составляют 5–7 мм в длину и 4–4,5 мм в ширину, а семян – 5 мм в длину и 4 мм в ширину [20]. Также близки к ним размеры орешков и семян *T. cordata*, произрастающей в дендрарии Института леса (табл. 1), они варьировали на очень низком уровне и не имели достоверных отличий от семян *T. nasczokinii*.

Масса орешков в пересчете на 1000 шт. в правобережной популяции составляла в целом для насаждения 29,9 и 24,8 г в 2019 и 2020 гг. соответственно. Масса 1000 семян в данной популяции была 18,0 и 16,1 г в 2019 и 2020 гг. соответственно. В левобережной популяции эти показатели заметно меньше – 18,3 и 18,3 г в 2019 и 2020 г. для орешков соответственно; 12,7 и 11,9 г в 2019 и 2020 г. для семян соответственно. Однако в обеих популяциях встречаются деревья с близкими значениями массы орешков и семян (рис. 2). В Западной Сибири в лесостепных районах для липы приводится масса 1000 орешков 25,9 г и 1000 семян 17,1 г [20]. По этому показателю к западносибирской липе близка правобережная популяция окрестностей Красноярска.

Различия по массе связаны с количеством семян в 1 орешке. В левобережной популяции бессемянных орешков было намного больше, чем в правобережной (табл. 2). В популяциях *T. nasczokinii* кроме 1-семянных образуются 2-семянные орешки, большее количество семян в 1 орешке не отмечалось. На правом берегу количество 2-семянных орешков немного превышало их количество на левом. Преобладание 1-семянных орешков характерно и для других видов *Tilia*. Так, в Западной Сибири плоды *T. cordata* содержат 1–2 и редко 3 семени [20]. В искусственных насаждениях *T. sibirica* в г. Новосибирске образуются в основном 1-семянные орешки, доля многосемянных составляет лишь от 0,9 до 1,3 % [7].

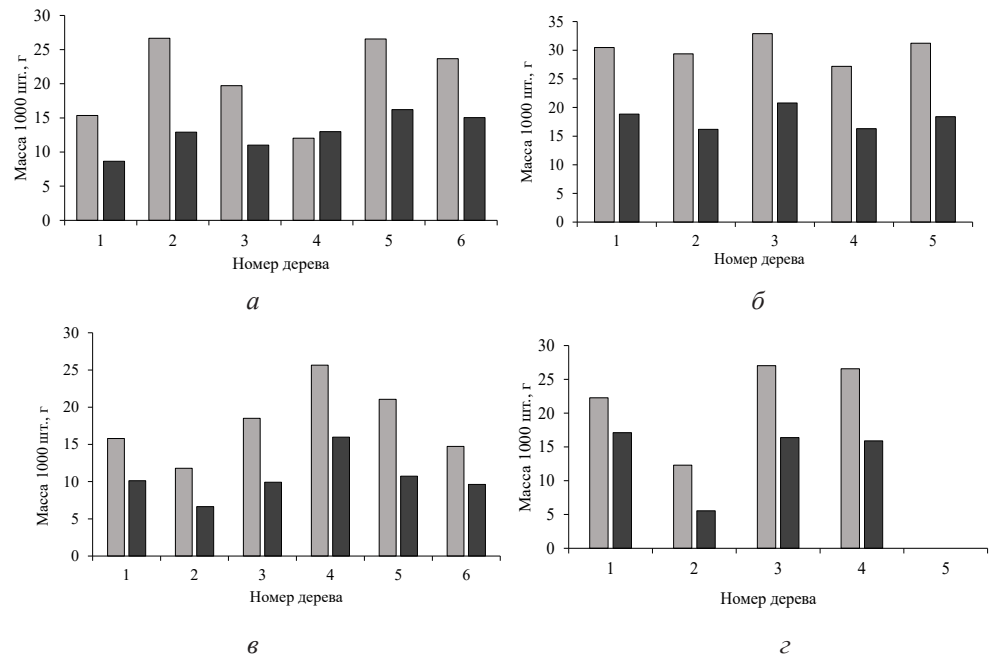


Рис. 2. Масса 1000 орешков (серые столбцы) и 1000 семян (черные столбцы) *T. nasczokinii* на левом (а, в) и правом (б, г) берегах Енисея в 2019 (а, б) и 2020 (в, г) гг.

Fig. 2. Mass of 1000 *T. nasczokinii* lime-capsules (grey columns) and 1000 seeds (black columns) on the left (а, в) and right (б, г) Yenisey River banks in 2019 (а, б) and in 2020 (в, г)

Таблица 2

Распределение орешков *T. nasczokinii*, произрастающей на берегу Енисея, по количеству семян
Distribution of the lime-capsules of *T. nasczokinii* growing on the Yenisey River bank by the number of seeds

Берег Енисея	Доля орешков, %		
	1-семянных	2-семянных	бессемянных
<i>2019 г.</i>			
Левый	39	1	60
Правый	83	8	9
<i>2020 г.</i>			
Левый	46	5	49
Правый	63	8	29

В левобережной популяции зафиксирована довольно большая доля пустых семян – 31 % в 2019 г. и 43 % в 2020 г. В правобережной популяции пустых семян было значительно меньше – 1 % в 2019 г. и 18 % в 2020 г. Жизнеспособность семян в левобережной популяции в целом оказалась невелика и составляла 17 % в 2019 г. и 32 % в 2020 г. В правобережной популяции этот показатель высокий – 83 % в 2019 г. и 66 % в 2020 г. В условиях культуры в Новосибирске и пос. Краснообск для *T. sibirica* характерна высокая жизнеспособность семян – 65,3 и 90,4 % соответственно [7]. По-видимому, условия произрастания липы в

правобережной популяции более благоприятны для репродуктивной сферы, чем в левобережной. Также возможной причиной повышенной доли бессемянных орешков и сниженной жизнеспособности семян является недоопыление цветков в левобережной популяции, поскольку генеративные особи находятся на достаточно большом расстоянии. Внутри групп, где есть от 3 до 7 плодоносящих деревьев, отмечены особи с жизнеспособностью семян до 54 % (рис. 3).

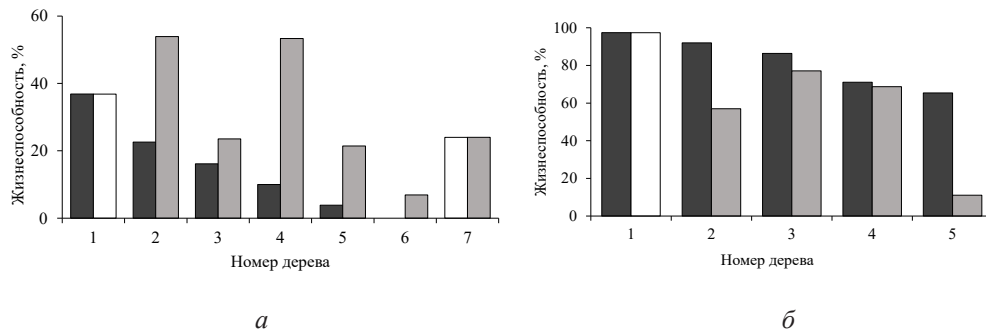


Рис. 3. Жизнеспособность семян *T. nasczokinii* в 2019 (черные столбцы) и 2020 (серые столбцы) гг. на левом (а) и правом (б) берегах Енисея. Для неокрашенных столбцов данные отсутствуют

Fig. 3. Viability of *T. nasczokinii* seeds in 2019 (black columns) and in 2020 (grey columns) on the left (a) and right (b) Yenisey River banks. The data are not available for white columns

Известно, что для липы мелколистной характерно относительно низкое качество семян. Так, в отдельные годы в разных частях ареала от 30 до 100 % ее плодов были бессемянными, почти 2/3 семян оказывались пустыми, а грунтовая всхожесть не превышала 30–40 % [21, 26]. С низким качеством семян у липы сибирской, скорее всего, связано то, что в Кемеровской области в естественных насаждениях крайне мало всходов либо они отсутствуют [4, 8]. Грунтовая всхожесть семян липы Нащокина также была невелика. В целом в левобережной популяции она составила 9,2 % (у отдельных деревьев – от 0 до 10,5 %), а в правобережной – 12,2 % (от 0 до 21,2 %).

Заключение

Исследование плодов и семян *Tilia nasczokinii* в 2 реликтовых популяциях на левом и на правом берегах Енисея в окрестностях г. Красноярска показало, что в левобережной популяции ее орешки и семена более вытянутые, чем в правобережной. Форма орешков в левобережной популяции близка к грушевидной, тогда как в правобережной орешки шаровидные, слегка заостренные сверху. По размерам орешков и семян *T. nasczokinii* статистически не отличалась от *T. cordata*, произрастающей в сходных условиях. Левобережная популяция характеризовалась большей долей бессемянных орешков и низким качеством семян. Условия в правобережной популяции более благоприятны для репродуктивной сферы – большая часть орешков содержала жизнеспособные семена. Несмотря на то, что грунтовая всхожесть семян в обеих популяциях оказалась небольшой, существует возможность получения семенного посадочного материала для создания искусственных насаждений *T. nasczokinii* с целью сохранения и восстановления численности этого редкого реликтового вида юга Средней Сибири.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Амелин И.И., Бляхарчук Т.А. Распространение липы сибирской (*Tilia sibirica* Bayer) в Кемеровской области // Вестн. ТГУ. Сер.: Биология. 2016. № 2(34). С. 30–52.
Amelin I.I., Blyakharchuk T.A. Distribution of Siberian Linden (*Tilia sibirica* Bayer) in Kemerovo Oblast. *Vestnik Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Biologia* = Tomsk State University Journal of Biology, 2016, no. 2(34), pp. 30–52. (In Russ.). <https://doi.org/10.17223/19988591/34/3>
2. Буторина Т.Н., Нащокин В.Д. Липа сибирская в заповеднике «Столбы» // Тр. государственного заповедника «Столбы». Вып. II. Красноярск, 1958. С. 152–167.
Butorina T.N., Nasczokin V.D. Siberian Lime in the “Stolby” State Reserve. *Trudy Gosudarstvennogo zapovednika “Stolby”* = Transactions of the “Stolby” State Reserve, 1958, iss. II, pp. 152–167. (In Russ.).
3. Гитерман Р.Е., Голубева Л.В., Заклинская Е.Д., Корнеева Е.В., Матвеева О.В., Скиба Л.А. Основные этапы развития растительности Северной Азии в антропогене. М.: Наука, 1968. 271 с. (Труды АН СССР. Геол. ин-т; вып. 177).
Giterman R.E., Golubeva L.V., Zaklinskaya E.D., Koreneva E.V., Matveeva O.V., Skiba L.A. The Main Development Stages of the Vegetation of North Asia in Antropogen. *Trudy Geologicheskogo Instituta AN SSSR* = Transactions of Geological Institute AS USSR, 1968, iss. 177. 271 p. (In Russ.).
4. Егоров В.Н. Экологические условия возобновления липы сибирской в Горной Шории: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Кемерово, 2007. 18 с.
Yegorov V.N. *Ecological Conditions of Siberian Lime Regeneration in Gornaya Shoria*: Cand. Biol. Sci. Diss. Abs. Kemerovo, 2007. 18 p. (In Russ.).
5. Коропачинский И.Ю., Встовская Т.Н. Древесные растения Азиатской России. Новосибирск: СО РАН, Фил. «Гео», 2012. 706 с.
Koropachinsky I.Yu., Vstovskaya T.N. *Woody Plants of the Asian Part of Russia*. Novosibirsk, SB RAS Publ., “Geo” Branch, 2012. 706 p. (In Russ.).
6. Красная книга Алтайского края. Т. 1. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов / науч. ред.: А.И. Шмаков, М.М. Силантьева. Барнаул: Алтайск. ун-т, 2016. 290 с.
The Red Book of the Altai Territory. Vol. 1. Rare and Endangered Species of Plants and Fungi. Barnaul, Altai State University Publ., 2016. 290 p. (In Russ.).
7. Кузьмина Т.В., Тараканов В.В. Жизнеспособность семян липы мелколистной в искусственных насаждениях юга Западной Сибири // Гео-Сибирь. 2011. Т. 3, № 2. С. 224–226.
Kuzmina T.V., Tarakanov V.V. Small-Leaved Lime Seeds Vitality in Artificial Plantations of the South of West Siberia. *Geo-Sibir* = Geo-Siberia, 2011, vol. 3, no. 2, pp. 224–226. (In Russ.).
8. Куприянов А.Н., Куприянов О.А., Романова Н.Г. Условия появления всходов липы сибирской (*Tilia sibirica* Bayer) в естественных насаждениях // Проблемы регион. экологии. 2015. № 1. С. 24–27.
Kupriyanov A.N., Kupriyanov O.A., Romanova N.G. The Conditions for the Emergence of *Tilia sibirica* Bayer in Natural Stands. *Problemy regionalnoy ekologii* = Regional Environmental Issues, 2015, no. 1, pp. 24–27. (In Russ.).
9. Мамаев С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале). М.: Наука, 1972. 284 с.
Mamaev S.A. *Intraspecific Variability Forms of Woody Plants (by the Example of the Family Pinaceae)*. Moscow, Nauka Publ., 1972. 284 p. (In Russ.).
10. Некрасов В.И. Основы семеноведения древесных растений при интродукции. М.: Наука, 1973. 279 с.
Nekrasov V.I. *The Essentials of Woody Plants Seed Science at Introduction*. Moscow, Nauka Publ., 1973. 279 p. (In Russ.).

11. Николаева М.Г., Разумова М.В., Гладкова В.Н. Справочник по проращиванию покоящихся семян. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1985. 348 с.
- Nikolaeva M.G., Rasumova M.V., Gladkova V.N. *Reference Book on Dormant Seed Germination*. Leningrad, Nauka Publ., Leningrad Branch, 1985, 348 p. (In Russ.).
12. Положий А.В., Крапивкина Э.Д. Реликты третичных широколиственных лесов во флоре Сибири. Томск: Томск. ун-т, 1985. 155 с.
- Polozhii A.V., Kravivkina E.D. *Relicts of Tertiary Broad-Leaved Forests in the Siberian Flora*. Tomsk, Tomsk University Publ., 1985. 155 p. (In Russ.).
13. Полянская Д.Ю., Андреева Е.Б., Гончарова Н.В. Мониторинг *Tilia nasczokinii* Степанов в заповеднике Столбы // Научные исследования в заповедниках и национальных парках Южной Сибири. Вып. 6. Новосибирск: СО РАН, 2016. С. 46–49.
- Polyanskaya D.Yu., Andreyeva Ye.B., Goncharova N.V. Monitoring of *Tilia nasczokinii* Stepanov in Stolby National Park. *Nauchnye issledovaniya v zapovednikakh i natsional'nykh parkakh yuzhnoy Sibiri* = Scientific Research in Reserves and National Parks of South Siberia. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2016, iss. 6, pp. 46–49. (In Russ.).
14. Седяева М.И., Экарт А.К., Кравченко А.Н. Характеристика семян *Tilia* в естественных популяциях в окрестностях города Красноярска // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений: материалы XXIII Междунар. науч. конф., Красноярск, 23 апр. 2020 г. / СибГУ им. М.Ф. Решетнёва. Красноярск, 2020. С. 113–116.
- Sedaeva M.I., Ekart A.K., Kravchenko A.N. *Tilia* Seeds Characteristic in Nature Populations near Krasnoyarsk. *Gardening, Seed Growing, Introduction of Woody Plants: Materials of the XXIII Intern. Scient. Conf.*, Krasnoyarsk, Reshetnev University Publ., 2020, pp. 113–116. (In Russ.).
15. Седяева М.И., Экарт А.К., Степанов Н.В., Кривобоков Л.В., Кравченко А.Н. Состояние реликтовых популяций *Tilia nasczokinii* Степанов (Tiliaceae) // Флора и растительность Сибири и Дальнего Востока: материалы VII Всерос. конф. с междунар. участием, Красноярск, 25–26 нояб. 2021 г. Красноярск: Краснояр. гос. пед. ун-т, 2022. С. 136–140.
- Sedaeva M.I., Ekart A.K., Krivobokov L.V., Stepanov N.V., Kravchenko A.N. Characteristic of *Tilia nasczokinii* Stepanov (Tiliaceae) Relict Populations near Krasnoyarsk. *Flora and Vegetation of Siberia and Far East. Readings in Memory of L.M. Cherepnin: Materials of VI Russian Conference with International participation*. Krasnoyarsk, KSPU Publ., 2022, pp. 136–140. (In Russ.).
16. Селищева О.А., Гвоздев В.К. Исследование посевных качеств и эффективности способов подготовки семян липы к посеву // Тр. БГТУ. 2015. № 1. С. 166–169.
- Selishcheva O.A., Gvozdev V.K. Investigation of Progeny and Method Effectiveness in the Process of Preparing Linden Seeds for Dropping. *Trudy Belorusskogo Gosudarstvennogo Tehnologicheskogo Universiteta* = Transactions of Belorussian State Technological University, 2015, no. 1, pp. 166–169. (In Russ.).
17. Семерикова С.А., Экарт А.К. Анализ изменчивости хлоропластной ДНК подтверждает существование нескольких плейстоценовых рефугиумов липы на юге Сибири // Генетика. 2022. Т. 58, № 4. С. 398–409.
- Semicova S.A., Ekart A.K. Analysis of Chloroplast DNA Variability Confirms the Existence of Several Pleistocene Lime Refugia in Southern Siberia. *Genetika* = Genetics, 2022, vol. 58, no. 4, pp. 398–409. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/S0016675822030122>
18. Степанов Н.В. *Tilia nasczokinii* (Tiliaceae) – новый вид из окрестностей Красноярска // Ботан. журн. 1993. Т. 78, № 3. С. 137–145.
- Stepanov N.V. *Tilia nasczokinii* (Tiliaceae), a New Species from the Neighbourhood of Krasnoyarsk. *Botanicheskii Zhurnal* = Botanicheskii Zhurnal, 1993, vol. 78, no. 3, pp. 137–145. (In Russ.).
19. Степанов Н.В. Сосудистые растения Приенисейских Саян. Красноярск: СФУ, 2016. 252 с.

Stepanov N.V. *Vascular Plants of the Trans-Yenisey Sayan Mountains*. Krasnoyarsk, SFU Publ., 2016. 252 p. (In Russ.).

20. Хлонов Ю.П. Липы и липняки Западной Сибири: (Распространение, лесоводственные свойства, типы лесов, искусственные посадки) / АН СССР. Сиб. отд-ние. Биол. ин-т. Новосибирск, 1965. 155 с.

Khlonov Yu.P. *Limes and Lime-Tree Forests of the West Siberia*. Novosibirsk, SB AS USSR Publ., 1965. 155 p. (In Russ.).

21. Хлонов Ю.П. Липа сердцевидная – *Tilia cordata* Mill. // Ботан. исследования Сибири и Казахстана. 2006. Вып. 12. С. 39–53.

Khlonov Yu.P. Lime Tree – *Tilia cordata* Mill. *Botanicheskiye issledovaniya Sibiri i Kazakhstana* = Botanical Investigations of Siberia and Kazakhstan, 2006, iss. 12, pp. 39–53. (In Russ.).

22. Bolikhovskaya N.S., Shunkov M.V. Pleistocene Environments of Northwestern Altai: Vegetation and Climate. *Archaeol. Ethnol. Anthropol. Eurasia*, 2014, iss. 42, no. 2, pp. 2–17. <https://doi.org/10.1016/j.aecae.2015.01.001>

23. Czerepanov S.K. *Vascular Plants of Russia and Adjacent States (the Former USSR)*. New-York, Cambridge University Press, 1995. 491 p.

24. Ekart A.K., Larionova A.Ya., Kravchenko A.N., Semerikova S.A., Sedaeva M.I. Genetic Structure and Differentiation of Relicts Lime Populations Based on the Analysis of Variability of Nuclear Microsatellite Loci. *Russian Journal of Genetics*, 2021, vol. 57, no. 8, pp. 920–927. <https://doi.org/10.31857/S0016675821070079>

25. Hairs M., Komprdova K., Ermakov N., Chytry M. Modelling the Last Glacial Maximum Environments for a Refugium of Pleistocene Biota in the Russian Altai Mountains, Siberia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2015, vol. 438, no. 15, pp. 135–145. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2015.07.037>

26. Jaegere T. de, Hein S., Claessens H. A Review of the Characteristics of Small-Leaved Lime (*T. cordata* Mill.) and Their Implications for Silviculture in a Changing Climate. *Forests*, 2016, vol. 7, no. 3, pp. 56–76. <https://doi.org/10.3390/f7030056>

27. Novak J., Trotsiuk V., Sykora O., Svoboda M., Chytry M. Ecology of *Tilia sibirica* in a Continental Hemiboreal Forest, Southern Siberia: An Analogue of a Glacial Refugium of Broad-Leaved Temperate Trees. *The Holocene*, 2014, vol. 24, no. 8, pp. 908–918. <https://doi.org/10.1177/0959683614534744>

28. Pigott C.D. *Lime-Trees and Basswoods: Biological Monograph of the Genus Tilia*. New-York, Cambr. Univ. Press, 2012. 395 p. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139033275>

29. Semerikova S.A., Isakov I.Yu., Semerikov V.L. Chloroplast DNA Variation Shed Light on the History of Lime Tree (*Tilia cordata* s. L.) in the Eastern Part of the Range. *Russ. J. Gen.*, 2020, vol. 56, no. 2, pp. 192–203. <https://doi.org/10.1134/S1022795420020118>

30. *The Plant List*. A Working List of Plant Species. 2011–2020. Available at: www.theplantlist.org/tpl1.1/record/kew-2517498; www.theplantlist.org/tpl1.1/record/kew-2517793 (accessed 18.10.21).

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов
Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest

Вклад авторов: Все авторы в равной доле участвовали в написании статьи
Authors' Contribution: All authors contributed equally to the writing of the article