



Оригинальная статья

Биоразнообразие мелких млекопитающих в зоне влияния горнодобывающей промышленности в бассейне р. Яна (Северо-Восточная Якутия)

Елена Георгиевна Шадрина^{✉,1}, Яков Лейзерович Вольперт^{1,2},
Евгений Владимирович Шемякин¹

¹Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН – обособленное подразделение,
ФИЦ «ЯНЦ СО РАН», пр. Ленина, 41, г. Якутск, 677000, Российская Федерация

²Научно-исследовательский институт прикладной экологии Севера
Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова,
пр. Ленина, 43, г. Якутск, 677007, Российская Федерация

✉ e-shadrina@yandex.ru

Аннотация

Оценка влияния промышленного освоения Арктики и Субарктики на биотические компоненты экосистем имеет огромное значение для обеспечения устойчивого развития регионов. В данном исследовании рассматривается влияние золотодобывающей промышленности на показатели биоразнообразия мелких млекопитающих как важного компонента животного населения наземных экосистем. Материал собран в 1983, 1994–1995, 2017 и 2025 гг. в бассейне р. Яна в трех пунктах, подвергавшихся воздействию геологоразведочной деятельности и горнодобывающей промышленности, а также в природных биотопах бассейна р. Адыча. Район исследований в целом характеризуется низкими показателями видового разнообразия природных сообществ, что является свидетельством низкой устойчивости к стрессирующим воздействиям. Фауна мелких млекопитающих природных биотопов бассейна р. Яна на современном уровне изученности представлена 15 видами, из них в зоне воздействия горнодобывающей промышленности отмечено 10, а на техногенно трансформированных участках – всего 7. На техногенно трансформированных участках наблюдается статистически значимое снижение показателей биоразнообразия и усиление монодоминантной структуры сообществ. В результате трансформации растительного покрова, происходящей при разработке месторождений и развитии сопутствующей инфраструктуры, получают преимущество эвритопные виды, обитатели открытых пространств, в условиях Якутии это, прежде всего, полевка-экономка. Последствия антропогенной трансформации ландшафтов даже при слабых по силе воздействиях и на ограниченных по площади участках в условиях Северо-Восточной Якутии приводят к долгосрочным изменениям состава и структуры сообществ мелких млекопитающих и снижению показателей биоразнообразия, что свидетельствует о нарушении гомеостатических механизмов на уровне ценоза. Это необходимо учитывать при прогнозировании последствий техногенного воздействия на население млекопитающих данной территории.

Ключевые слова: мелкие млекопитающие, биоразнообразие, техногенная трансформация, горнодобывающая промышленность, Северо-Восточная Якутия, Субарктика

Финансирование. Исследование проводилось в рамках государственного задания Минобрнауки России по проекту «Структурно-функциональная организация населения членистоногих и позвоночных животных наземных и пресноводных экосистем северо-восточного сектора Палеарктики в меняющихся условиях среды» (рег. № 126021217285-9).

Для цитирования: Шадрина Е.Г., Вольперт Я.Л., Шемякин Е.В. Биоразнообразие мелких млекопитающих в зоне влияния горнодобывающей промышленности в бассейне р. Яна (Северо-Восточная Якутия). *Природные ресурсы Арктики и Субарктики*. 2026;31(3):476–487. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2026-31-3-476-487> EDN: SUZWGB

Biodiversity of small mammals in the area affected by the mining industry in the Yana River Basin (Northeastern Yakutia)

Elena G. Shadrina^{✉,1}, Yakov L. Volpert^{1,2}, Evgeny V. Shemyakin¹

¹*Institute for Biological Problems of Cryolithozone, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Division of Federal Research Center “The Yakut Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences”, 41, Lenina Ave., Yakutsk, Russian Federation, 677000*

²*Research Institute of Applied Ecology of the North of the Ammosov North-Eastern Federal University, 43, Lenina Ave., Yakutsk, Russian Federation, 677007*

✉ e-shadrina@yandex.ru

Abstract

The sustainable development of the Arctic and Subarctic depends critically on assessing the impact of industrial development on the biotic components of their ecosystems. This study examines the impact of the gold mining industry on the biodiversity of small mammals as an important part of the animal population of terrestrial ecosystems. Material was collected in 1983, 1994–1995, 2017, and 2025 in the Yana River basin at three sites exposed to geological exploration and mining activities, as well as in natural biotopes in the Adycha River valley. The study area as a whole is characterized by low species diversity in natural communities, indicating low resistance to stressors. According to previous studies, the small mammal fauna of natural biotopes in the Yana River basin comprises 15 species, of which 10 were recorded in the area affected by mining activities and 7 in technogenically transformed locations. In these latter locations, there is a significant decrease in biodiversity and a tendency for the community structure to become monodominant. The transformation of the vegetation cover caused by the mining activities and associated infrastructure development creates more favorable conditions for eurytopic species, inhabitants of open areas. Under the conditions of Yakutia, this primarily concerns the root vole. The consequences of anthropogenic landscape transformation, even when impacts are moderate in magnitude and limited in the area, lead to long-lasting changes in the composition and structure of small mammal communities in the North-East of Yakutia and to a decrease in biodiversity. This indicates a disturbance of homeostatic mechanisms at the cenosis level. These findings should be taken into account when predicting the consequences of technogenic impact on the mammal populations of this region.

Keywords: small mammals, biodiversity, technogenic transformation, mining industry, Northeastern Yakutia, Subarctic
Funding. This research was conducted within the framework of the state assignment from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation under the project “Structural and functional organization of arthropod and vertebrate populations in terrestrial and freshwater ecosystems of the Northeastern sector of the Palearctic under changing environmental conditions” (Reg. No. 126021217285-9).

For citation: Shadrina E.G., Vol’pert Ya.L., Shemyakin E.V. Biodiversity of small mammals in the area affected by the mining industry in the Yana River Basin (Northeastern Yakutia). *Arctic and Subarctic Natural Resources*. 2026;31(3):476–487. (In Russ.); <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2026-31-3-476-487> EDN: SUZWGB

Введение

Оценка влияния промышленного освоения территорий на показатели биоразнообразия имеет огромное значение для обеспечения устойчивого развития регионов. Горнодобывающая промышленность представляет реальную угрозу для биоразнообразия водных и наземных экосистем как в результате воздействия через фрагментацию растительного покрова и утрату местообитаний, так и опосредованно через накопление загрязнителей [1–5], и одним из наиболее серьезных факторов является разработка месторождений металлов [5]. Тем не менее, число исследований, посвященных этой проблематике, невелико. Надо

отметить, что на биоразнообразии наземной фауны большое влияние оказывает характер восстановления растительного покрова как в ходе естественной сукцессии [6–9], так и в результате рекультивации [10, 11], причем в умеренных широтах, например в Центральной Европе, соблюдение норм разработки месторождений обеспечивает успешное самовосстановление и даже возможности для выживания редких видов [7], тогда как в условиях Севера самозаращение часто приводит к образованию растительных сообществ, коренным образом отличающихся от исходных [6], и, как следствие, восстановление животного населения на нарушенных участках затруднено [12].

Северо-Восточная Якутия, в частности бассейн р. Яна, – один из перспективных районов развития горнодобывающей промышленности, здесь имеются крупные месторождения благородных и цветных металлов, в том числе золота, олова, серебра, вольфрама, ртути, свинца, меди, полиметаллические месторождения, в составе руд которых имеются платина, сурьма, цинк, ртуть [13]. Геологоразведочные работы велись в регионе с 1930-х гг., а разработка месторождений олова и золота – с 1940-х и 1960-х гг. соответственно [14]. В 1970–1980-х гг. в бассейне р. Яна функционировало несколько крупных горнодобывающих предприятий, что способствовало развитию социальной инфраструктуры, а в 1990-х гг. произошло резкое снижение добычи и даже банкротство многих горнодобывающих предприятий, в результате произошло сокращение населения и ликвидация некоторых поселков, население которых было занято в горнодобывающей отрасли [15]. В настоящее время интерес к минерально-сырьевой базе Арктической зоны РФ (АЗРФ) снова повысился, поэтому можно ожидать значительный рост добычи стратегических видов минерального сырья на территории Российской Арктики, в том числе на территории северной Якутии [14, 16]. Растущее внимание к минеральным ресурсам АЗРФ создает потребность в их эффективной оценке и, как следствие, необходимость в получении новых данных о фоновом состоянии биотической составляющей экосистем и возможных последствиях разработки месторождений.

Для оценки трансформации животного населения наиболее пригодны массовые виды, имеющие относительно небольшие размеры, небольшой радиус индивидуальной активности и, как следствие, привязанные к определенным местобитаниям (отражая их состояние); в наземных экосистемах этим требованиям наиболее полно соответствуют мелкие млекопитающие [12]. Эта группа играет важную биоценотическую роль в экосистемах и часто используется в качестве модельной при оценке антропогенного влияния на показатели биоразнообразия [8, 9, 12, 17–22].

Северо-Восточная Якутия в целом и бассейн р. Яна в частности могут быть отнесены к числу слабоизученных в териологическом отношении регионов. Это связано прежде всего с крайне низкой заселенностью и слабо развитой транспортной сетью в сочетании с суровыми кли-

матическими условиями. В теплое время года основными средствами сообщения являются речной и вездеходный транспорт, при этом обширные междуречные пространства до сих пор остаются малодоступными. В настоящее время имеются сведения по териофауне долины р. Яна и ее притоков среднего и верхнего течения [23–26]. Анализу влияния горнодобывающей промышленности на население мелких млекопитающих бассейна р. Яна посвящен ряд исследований 1990–2000-х гг. [6, 17, 27], но данные за последние 20 лет отсутствуют. В связи с этим целью нашего исследования было изучение состава и структуры сообществ мелких млекопитающих в зоне техногенного воздействия горнодобывающей промышленности в бассейне р. Яна.

Материал и методы исследований

Материалом для настоящей работы послужили сборы 2017 и 2025 гг. в бассейне р. Яна на территории заброшенного пос. Власово и вахтового поселка месторождения «Кючус», Усть-Янский улус РС (Я) (рис. 1). Оба участка связаны с деятельностью золотодобывающей промышленности, но характер исходных биотопов и трансформация биоты различаются. Поселок Власово возник в связи с разработкой месторождений золота, выполнял функции горнодобывающего центра, что базировалось на построенной в поселке шахте. В период расцвета население составляло около 2 тыс. чел. Жилая застройка по преимуществу представляла собой индивидуальные деревянные дома, несколько многоквартирных зданий, а также была представлена необходимая инфраструктура (дом культуры, средняя общеобразовательная школа, учреждения здравоохранения, торговли и бытового обслуживания); был упразднен постановлением Правительства Республики Саха (Якутия) от 10 июля 1998 г. № 322 [15]. На период наших исследований поселок был заброшен, сохранились полуразрушенные здания и хозяйственные постройки, ярко выражено захламление территории. Растительность типична для тундровой зоны – мохово-осоковые, осоково-пушицевые, ивовые и дриадовые ассоциации на ненарушенных участках, кипрейные, разнотравно-злаковые и злаково-осоковые луга на антропогенно трансформированных. Кроме того, для анализа привлечены ранее опубликованные данные, собранные в окрестностях пос. Кулар [17] и в природных биотопах долины р. Адыча, правого притока р. Яна [25].

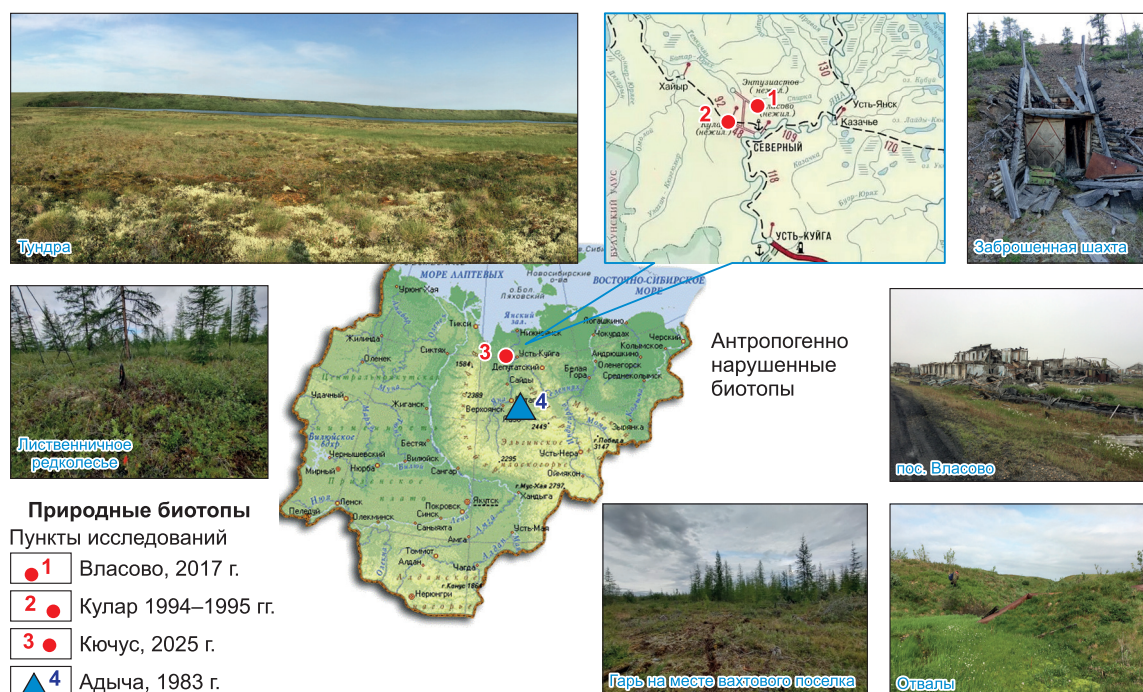


Рис. 1. Районы исследований. Фото Е.В. Шемякина, И.Т. Алексеева

Fig. 1. Research areas. Photos by E.V. Shemyakin, I.T. Alekseev

Кючус – одно из крупнейших золоторудных месторождений, расположено в нижнем течении одноименной реки, левого притока р. Яна; было открыто в 1963 г., геологоразведочные и оценочные работы велись в 1987–1993 гг. [14]. Разработка не начата, но уже сейчас имеются антропогенные нарушения: сведение растительности под территорию вахтового поселка, последующий перенос поселка на новое место, просеки, дороги, старая шахта. Нами обследовано десять биотопов, но надо отметить однообразие растительного покрова в районе исследований – это лиственничные редины, различающиеся по составу кустарникового и травянисто-кустарникового яруса, ерниковые заросли и небольшие по площади луга, часто антропогенного происхождения. На фоновых участках лиственничники ерниковые, брусничные, зеленомошные, местами с примесью ели; на зарастающих гарях, просеках и вырубках лиственничники с примесью ивы, ерниковые заросли, злаково-осоковые луга; из-за особенностей рельефа пойменные биотопы в целом и луга в частности не выражены.

Состав и структура населения мелких млекопитающих изучались общепринятыми методами – ловчими канавками с конусами и давилками Геро [28]. В ловчие канавки длиной 20 м и глу-

биной около 10 см попарно вкапывались конуса, до половины заполненные водой; отлов велся на протяжении всего периода работ. Давилки устанавливали линиями по 25 штук через 5 м в пределах одного биотопа на 3 суток; приманкой служили кусочки хлеба, смоченные нерафинированным подсолнечным маслом. Параллельно облавливали природные станции и биотопы, подвергавшиеся ранее антропогенному воздействию, – зарастающие отвалы, просеки, окрестности и окраины поселков. Всего в 2017 и 2025 гг. было отработано 550 ловушко-суток, 168 конусо-суток и отловлен 71 экз. мелких млекопитающих, относящихся к восьми видам. Видовое разнообразие и сходство населения мелких млекопитающих оценивали с применением индексов Шеннона, Симпсона, Пielу [29], Маргалефа [30], показателя видового разнообразия μ Л.А. Животовского [31]. Сходство сообществ оценивали с применением коэффициентов Серенсена, Жаккара, Животовского [32].

Результаты и обсуждение

По результатам наших исследований в окрестностях пос. Власово в летний период 2017 г. отмечено обитание пяти видов – средняя, тундрная и бурая бурозубки, полевки эконома и Мидден-

Таблица 1

Численность мелких млекопитающих в пункте Власово

Table 1

The number of small mammals in the Vlasovo site

Биотоп	Отработано к/с	Численность на 100 к.-с.	Виды				
			<i>Sorex caecutiens</i>	<i>Sorex tundrensis</i>	<i>Sorex roboratus</i>	<i>Microtus oeconomus</i>	<i>Microtus Middendorffi</i>
Техногенно трансформированные биотопы (ТТБ)							
Пойма р. Суор-Уйалах, хвощово-осоково-пушицевая тундра с ивой	8	137,5	–	12,5	37,5	87,5	–
Долина р. Суор-Уйалах, заросший отвал, разнотравно-злаковый луг	8	150,0	–	–	–	150,0	–
Заросшая дорога, травянистый покров злаково-кипрейный	8	37,5	–	–	–	37,5	–
В целом ТТБ	24	108,3	0,0	4,2	12,5	91,7	0,0
Природные биотопы							
Тундра мохово-осоковая с ивой	8	137,5	12,50	–	25,0	50,0	50,0
Распадок в тундре. Ивняк разнотравно-злаковый	8	50,0	–	12,5	–	25,0	12,5
Тундра дриадовая с ивой, ерником, бобовыми и злаками	8	50,0	–	–	12,5	25,0	12,5
В целом природные биотопы	24	79,2	4,2	4,2	12,5	33,3	25,0

дорфа (табл. 1, рис. 2, а). Обловлено шесть биотопов, из которых три расположенных на участках старой антропогенной трансформации на этапе самозарастания и три природных тундровых станции. Наиболее высокой численностью характеризовались участки тундры с примесью ивы, что можно объяснить относительно хорошими гнезδοзащитными условиями, а видовое разнообразие было невысоко – в каждом отдельном биотопе зарегистрировано один–четыре вида.

Почти повсеместно в сообществах мелких млекопитающих преобладала полевка-экономка, причем в техногенно трансформированных биотопах доминирование было ярче выражено, а на заросших отвалах, где население было моно-видовым, ее численность достигала 150 экз./100 конусо-суток. Такого рода структура сообществ в том же регионе описана нами ранее для окрестностей пос. Кулар [17]; доминирование полевки-экономки на техногенных территориях объясняется высокой экологической пластичностью данного вида. Отсутствие в уловах сибирского и копытного леммингов свидетельствует о низкой численности типичных обитателей тундры в период исследований. Ранее в окрестностях пос. Кулар (расстояние от пос. Власово около 30 км) сибирский лемминг был отловлен, но численность его была невысока. Кроме того,

там же в 1994–1995 гг. в трансформированных биотопах пос. Кулар был отловлен 1 экз. домовый мышь *Mus musculus*; это можно объяснить тем, что в тот период в поселке еще оставалось постоянное население, тогда как в 2017 г. в окрестностях пос. Власово спустя 30 лет после закрытия эусинантропов не отловлено, равно как и на территории вахтового пос. Кючус. Это еще раз подтверждает известный факт, что в условиях Якутии эусинантропы в природных биотопах не выживают. Для сравнения можно отметить, что на территории восточноевропейских тундр выселение синантропных видов с урбанизированных территорий в соседние биотопы – достаточно распространенное явление [33].

Численность мелких млекопитающих в пункте Власово была выше в трансформированных биотопах. Возможно, это связано с высокой степенью захламленности трансформированных участков, что обеспечивает хорошие защитные условия для мелких млекопитающих.

На территории месторождения Кючус в летний период 2025 г. отмечено обитание шести видов – средняя, тундряная, крупнозубая и бурая бурозубки, красная полевка и лесной лемминг. Помимо этого, вне учетных работ в природном биотопе была отловлена одна особь красно-серой полевки, не отраженная в таблице. По результа-

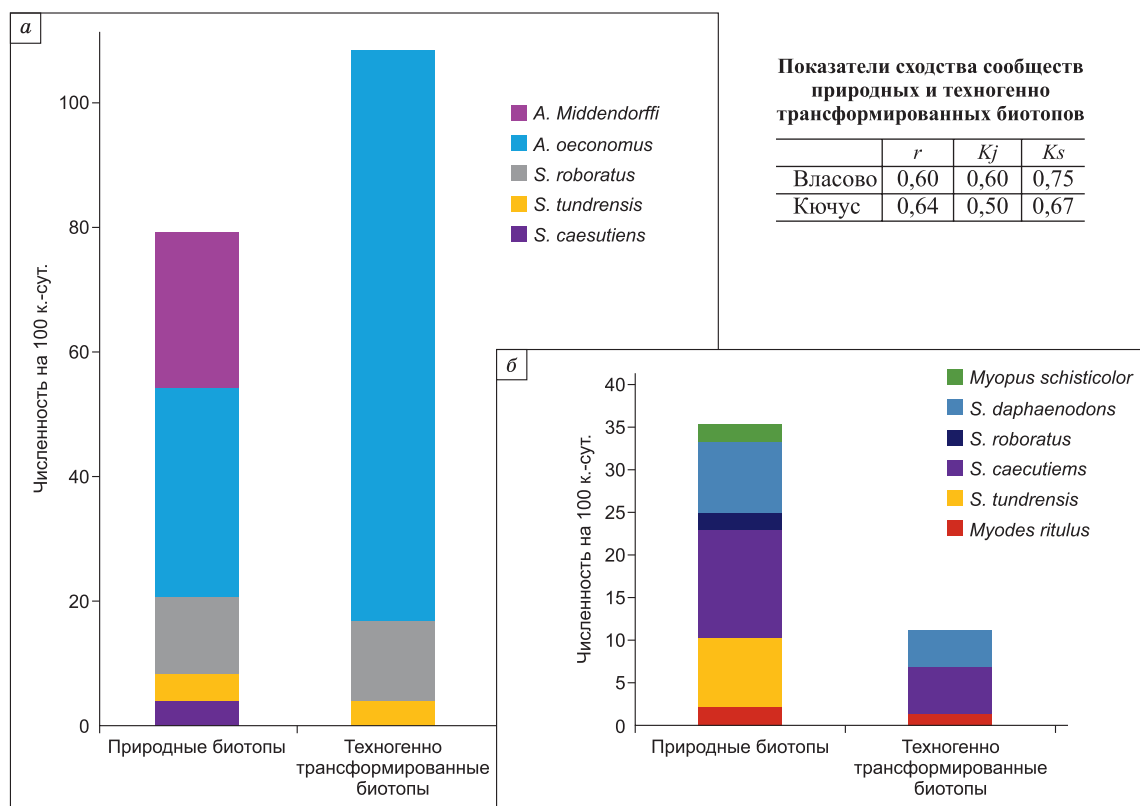


Рис. 2. Численность мелких млекопитающих в природных и техногенно трансформированных биотопах пос. Власово (а) и пункта Кючус (б). *r* – показатель сходства Л.А. Животовского, *Kj* – индекс Жаккара, *Ks* – индекс Серенсена

Fig. 2. Abundance of small mammals in natural and technogenically transformed biotopes at the Vlasovo (а) and Kutchus (б) sites. *r* – similarity index (L.A. Zhivotovsky); *Kj* – Jacquard index; *Ks* – Sorensen index

там отлова ловушками Геро численность мелких млекопитающих в период наших исследований можно охарактеризовать как очень низкую – 0,2 экз./100 ловушко-суток, т. е. на пять обловленных биотопов и 550 ловушко-суток попала всего 1 особь красной полевки (табл. 2), поэтому в дальнейшем обсуждении состава и структуры сообществ мы используем только результаты отлова конусами. По результатам последних суммарные показатели составили около 20 экз./100 конусо-суток, что можно охарактеризовать как средний уровень численности. Различия в попадаемости по результатам двух способов отлова отчасти объясняются особенностями методов и структурой доминирования группы: ловчие канавки с конусами характеризуются неизбирательным отловом, а в ловушки Геро на приманку более охотно идут зерноядные виды, в условиях Якутии – мыши, красная и красно-серая полевки и бурундук. Текущий сезон характеризовался очень низкой численностью красной полевки

и относительно высокой численностью бурозубок, попадаемость которых в давилки существенно ниже, чем в конусы.

В пункте Кючус численность мелких млекопитающих была выше в природных биотопах (в отличие от Власова), это может быть связано с двумя группами факторов. С одной стороны, трансформированные биотопы здесь характеризовались открытостью и отсутствием участков с хорошими гнездозащитными условиями; с другой стороны, нарушения почвенного покрова часто сопровождаются снижением численности почвенной мезофауны – основного корма бурозубок, поэтому в трансформированных биотопах их численность была ниже. В этом пункте, как и в предыдущем, население мелких млекопитающих в каждой отдельной станции было представлено одним–тремя видами; исключение составляет лиственничник голубичный, характеризовавшийся относительно высокой численностью при обитании пяти из шести зарегистрированных в районе

Таблица 2

Численность мелких млекопитающих в пункте Кючус

Table 2

The number of small mammals in the Kuchus site

Биотоп	Отработано к.-с.	Численность на 100 к.-с.	<i>S. tundrensis</i>	<i>S. caeculiensis</i>	<i>S. roboratus</i>	<i>S. daphaenodons</i>	<i>M. rutilus</i>	<i>Myopus schisticolor</i>
Отлов ловушками Геро	550	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00
Отлов конусами								
Лиственничник кустарниковый на месте старого поселка	24	8,33	0,00	8,33	0,00	0,00	0,00	0,00
Злаково-осоковый луг на зарастающей просеке	24	20,83	0,00	8,33	0,00	8,33	4,17	0,00
Зарастающая гарь на окраине вахтового поселка	24	4,17	0,00	0,00	0,00	4,17	0,00	0,00
В целом ТТБ	72	11,11	0,0	5,56	0,0	4,17	1,39	0,0
Редкостойный лиственничник ерничково-голубичный	24	50,00	16,67	12,50	4,17	12,50	0,00	4,17
Опушка зеленомошного елово-лиственничного леса	24	20,83	0,00	12,50	0,00	4,17	4,17	0,00
В целом природные биотопы	48	35,42	8,33	12,50	2,08	8,33	2,08	0,83

Таблица 3

Показатели видового разнообразия сообществ мелких млекопитающих природных и антропогенно трансформированных биотопов бассейна р. Яна

Table 3

Biodiversity indicators of small mammals in natural and anthropogenically transformed biotopes of the Yana River basin

Пункт	Биотоп	$\mu \pm s$	C	H	E	DMg
Кючус 2025	Природные	5,25±0,48	0,25	1,55	1,99	1,76
	Трансформированные	2,80±0,27	0,41	0,97	2,03	0,96
Власово 2017	Природные	4,27±0,40	0,31	1,33	1,90	1,36
	Трансформированные	2,12±0,27	0,73	0,51	1,07	0,61
Кулар [17]	Природные	5,83±0,23	0,19	1,74	2,24	1,70
	Трансформированные	3,36±0,28	0,66	0,75	0,89	1,19
Адыча [25]	Тажские биотопы	6,32±0,44	0,28	1,57	1,65	1,80
	Пойма	3,39±0,24	0,42	1,08	1,79	0,83
Яна [23]	Природные биотопы, в целом	5,15±0,44	0,47	1,11	1,07	1,61

Примечание. μ – показатель разнообразия Животовского, s – ошибка среднего; C – индекс Симпсона, H – индекс Шеннона, E – индекс Пielу, DMg – индекс Маргалефа.

Note. μ – Zhivotovsky index; s – error; C – Simpson index; H – Shannon index; E – Pielou's index; DMg – Margalef index.

видов (см. табл. 2), что может объясняться более высокой кормностью и хорошими гнездозащитными условиями биотопа.

Примечательно, что в обоих пунктах исследования показатели видового разнообразия в природных биотопах статистически значимо выше, чем в трансформированных (табл. 3). Ранее подобное явление мы отмечали в окрестностях

пос. Кулар [17], а также на территории Западной Якутии в зоне воздействия алмазодобывающей промышленности [19].

Для анализа влияния техногенной трансформации на показатели биоразнообразия мелких млекопитающих мы привлекли данные по окрестностям пос. Кулар, собранные нами в 1994–1995 гг. (в период закрытия пос. Кулар и Власово) и в 1983 г.

Фауна мелких млекопитающих бассейна р. Яна

Table 4

Small mammal fauna of the Yana River basin

Вид	Бассейн р. Яна [23–26]	MI area	
		Nature	Trans
Тундрная бурозубка <i>Sorex tundrensis</i> Merriam, 1900	+	+	+
Крупнозубая бурозубка <i>S. daphaenodon</i> Thomas, 1907	+	+	+
Средняя бурозубка <i>S. caecutiens</i> Laxmann, 1785 (1788)	+	+	+
Бурая бурозубка <i>S. roboratus</i> Hollister, 1913	+	+	+
Крошечная бурозубка <i>S. minutissimus</i> Zimmermann, 1780	+	0	0
Северная пищуха <i>Ochotona hyperborea</i> Pallas, 1811*	+	0	0
Лесной лемминг <i>Myopus schisticolor</i> Lilljeborg, 1844	+	+	0
Сибирский лемминг <i>Lemmus sibiricus</i> Kerr, 1792	+	+	0
Копытный лемминг <i>Dicrostonyx torquatus</i> Pallas, 1778	+	0	0
Красно-серая полевка <i>Craseomys rufocanus</i> Sundevall, 1846	+	+	0
Красная полевка <i>Myodes rutilus</i> Pallas, 1779	+	+	+
Лемминговидная полевка <i>Alticola lemmings</i> Miller, 1899	+	0	0
Узкочерепная полевка <i>Lasiopodomys gregalis</i> Pallas, 1779	+	0	0
Полевка-экономка <i>Alexandromys oeconomus</i> Pallas, 1776	+	+	+
Полевка Миддендорфа <i>Alexandromys middendorffii</i> Poljakov, 1881	+	+	+

Примечание. * – ранее *O. alpina* [24]; MI area – зона влияния горнодобывающей промышленности; Nature – природные биотопы; Trans – техногенно трансформированные биотопы.

Notes. * – previously *O. alpina* [24]; MI area – area affected by the mining industry; Nature – natural biotopes; Trans – technogenic transformed biotopes.

в природных биотопах долины р. Адыча (правый приток р. Яны) [25], а также литературные данные по природным биотопам долины р. Яна и ее притоков [23]. По обобщенным нашим и литературным данным, фауна мелких млекопитающих региона может включать 15 аборигенных видов грызунов и насекомоядных (табл. 4), из которых в каждом отдельном пункте отмечено пять–шесть видов.

Надо отметить, что в целом даже для природных биотопов региона характерны невысокие показатели биоразнообразия при относительно высоких индексах доминирования, и в таежной зоне они выше, чем в тундре (см. табл. 3). Наиболее высокие показатели биоразнообразия характерны для наиболее южного, северотаежного участка – долины р. Адыча, причем в пределах долины наблюдаются существенные различия между пойменными и таежными биотопами: показатель μ для таежных ландшафтов составил 6,32, тогда как для поймы 3,39, статистически значимо ниже ($t = 5,85$, $p < 0,001$). Такого рода тенденции типичны для долин горных рек северо-востока Сибири, это связано с периодическими

воздействиями паводков и меньшим числом местообитаний с хорошими гнездозащитными условиями [26].

Различия между природными и антропогенно трансформированными биотопами в пределах каждого пункта исследований были статистически значимы с высоким уровнем достоверности ($p < 0,001$), а показатели сходства сообществ варьировали: фаунистическое сходство по коэффициенту Серенсена составило при каждом попарном сравнении 0,62–0,75, тогда как сходство природных биотопов таежной зоны составило 0,94 (при более чем 35-летней разнице в сроках сбора материала), а показатель сходства Животовского был ниже, 0,44–0,64, это объясняется тем, что последний отражает не только сходство фаун, но и различия в структуре сообществ и численном соотношении видов. Кластерный анализ состава сообществ мелких млекопитающих бассейна р. Яна выявил четко выраженное разделение на природные и антропогенно трансформированные биотопы (см. рис. 2).

Техногенно трансформированные биотопы характеризуются значительно более бедным ви-

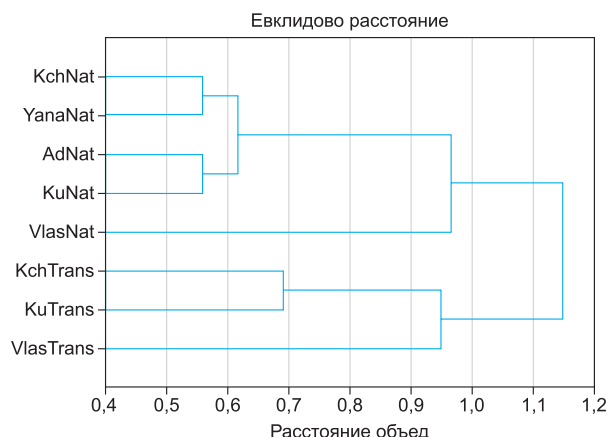


Рис. 3. Сходство сообществ мелких млекопитающих бассейна р. Яна по показателям видового разнообразия. KchNat – Кючус, природные биотопы; KchTrans – Кючус, трансформированные биотопы; AdNat – Адыча, природные биотопы; VlasNat – Власово, природные биотопы; VlasTrans – Власово, трансформированные биотопы; KuNat – Кулар, природные биотопы; KuTrans – Кулар, трансформированные биотопы; YanaNat – долина р. Яна, природные биотопы [23]

Fig. 3. Similarity of small mammal communities in the Yana River basin estimated by biodiversity indices. KchNat – Kuchus natural biotopes; KchTrans – Kuchus, transformed biotopes; AdNat – Adycha, natural biotopes; VlasNat – Vlasovo, natural biotopes; VlasTrans – Vlasovo, transformed biotopes; KuNat – Kular, natural biotopes; KuTrans – Kular, transformed biotopes; YanaNat – Yana river valley natural biotopes [23]

довым составом. В пределах каждого кластера наибольшей дистанцией от остальных выделов характеризуются сообщества пункта Власово; это связано с характером растительности – в данном пункте наиболее выражены тундровые биотопы и, как следствие обеднение фауны выражено наиболее ярко. Тенденции в изменениях численности могут быть различными, в зависимости от захламленности территории и характера восстановления растительности. Отмеченные закономерности наблюдались ранее как в пределах Якутии [12, 19], так и на севере европейской части РФ [33]. А.Н. Петров отмечает, что на территории Республики Коми в ходе сукцессии при возникновении луговых биотопов видовое разнообразие и суммарное обилие мелких млекопитающих снижаются, а в структуре происходит смещение в сторону доминирования видов лесолуговой и тундролуговой групп [33]. При этом благодаря более мягким климатическим условиям фаунистическое разнообразие мелких млекопитающих в тундрах европейской части РФ выше, чем в Северо-Восточной Якутии и, как следствие, тенденция к монодоминантности менее выражена.

Заключение

Фауна мелких млекопитающих природных биотопов бассейна р. Яна на современном уровне изученности представлена 15 видами, из них в зоне воздействия горнодобывающей промышленности отмечено 10, а на трансформированных участках – всего 7. Численность мелких млекопитающих в период исследований варьировала от средней в районе Кючуса до высокой в районе Власова. Различия в уровнях численности между природными и трансформированными биотопами были разнонаправленными, что может объясняться как различиями в захламленности территории, так и разнонаправленными движениями в разных выделах. На месте обоих заброшенных поселков не отмечено обитания эусинантропных грызунов – домовых мыши *Mus musculus* и серой крысы *Rattus norvegicus*, это объясняется суровыми климатическими условиями региона. Оба пункта исследований характеризуются низкими показателями видового разнообразия природных сообществ, что является свидетельством низкой устойчивости к стрессирующим воздействиям. В зоне воздействия горнодобывающей промышленности на техногенно трансформированных участках наблюдается статистически значимое снижение показателей биоразнообразия и усиление монодоминантной структуры сообществ. Основной причиной снижения биоразнообразия мелких млекопитающих является трансформация растительного покрова, происходящая при разработке месторождений и развитии сопутствующей инфраструктуры. Сведение лесных биотопов и замещение мохово-лишайникового покрова осоково-злаковым обеспечивает преимущество в адаптации к трансформированным биотопам обитателей открытых пространств, характеризующихся высокой степенью эвритопности, в условиях Якутии это прежде всего полевка-экономка.

Таким образом, последствия антропогенной трансформации ландшафтов даже при слабых по силе воздействиях и на ограниченных по площади участках в условиях Северо-Восточной Якутии приводят к долгосрочным изменениям состава и структуры сообществ мелких млекопитающих и снижению показателей биоразнообразия, что свидетельствует о нарушении гомеостатических механизмов на уровне ценоза. Это необходимо учитывать при прогнозировании последствий

техногенного воздействия на население млекопитающих данной территории.

Список литературы / References

1. Sonter L.J., Ali S.H., Watson J.E.M. Mining and biodiversity: key issues and research needs in conservation science. *Proc. Biol. Sci.* 2018;5:285(1892):20181926. <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.1926>.
2. Cabernard L., Pfister S. Hotspots of mining-related biodiversity loss in global supply chains and the potential for reduction through renewable electricity. *Environ. Sci. Technol.* 2022;56(22). <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c04003>
3. Shanmukha N.T., Vinayaka M., Lokeshappa B., Nadaf S. Biodiversity loss due to mining activities. In: Ashok K. Rathore (ed.) *Impact of societal development and infrastructure on biodiversity decline*. 2024. IGI Global. 1, pp. 166–191. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-6950-0.ch011>
4. Giljum S., Maus V., Sonter L., et al. Metal mining is a global driver of environmental change. *Nat. Rev. Earth Environ.* 2025. <https://doi.org/10.1038/s43017-025-00683-w>
5. Barbarossa V., Schipper A.M., Andringa I., et al. The many pathways of mining impacts on biodiversity. *Conservation Letters*. 2026;19(1):e70000. <https://doi.org/10.1111/con4.70000>
6. Захарова В.И., Погапова Н.К., Карпов Н.С. и др. Влияние горнодобывающей промышленности на экосистемы Северо-Востока Якутии. Новосибирск: Наука; 2010. 208 с.
7. Zakharova V.I., Potapova N.K., Karpov N.S., et al. *Effect of mining on the ecosystem of the North East of Yakutia*. Novosibirsk: Nauka; 2010. 208 p. (In Russ.)
8. Prach K., Rehounkova K., Rehounek J., Konvalinkova P. Ecological restoration of central european mining sites: a summary of a multi-site analysis. *Landscape Research*. 2011;36(2): 263–268. <https://doi.org/10.1080/01426397.2010.547571>
9. Arden N.C., Ferregueti A.C., Gettinger D., et al. Diversity and impacts of mining on the non-volant small mammal communities of two vegetation types in the Brazilian Amazon. *PLoS ONE*. 2016;11(11):e0167266. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167266>
10. Attuquayefio D.K., Owusu E.H., Ofori B.Y. Impact of mining and forest regeneration on small mammal biodiversity in the Western Region of Ghana. *Environ. Monit. Assess.* 2017;189:237. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-5960-0>
11. Cochran K.W., Chapman B.R., Warnell D.B., et al. Avian and small mammal communities on different successional stages of reclaimed Kaolin Mines in Georgia. *Proc. Annu. Conf. Southeast. Assoc. Fish and Wildl. Agencies*. 1999;53:464–475.
12. Лучникова Е.М., Ильяшенко В.Б., Ковалевский А.В. и др. Влияние различных способов лесной рекультивации на восстановление сообщества млекопитающих черновой тайги. *Теоретическая и прикладная экология*. 2022;(3):183–191. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2022-3-183-191> EDN: KZACOE
13. Luchnikova E.M., Ilyashenko V.B., Kovalevskiy A.V., et al. Influence of various methods of forest reclamation on the restoration of the community of mammals in the dark coniferous taiga forests. *Theoretical and Applied Ecology*. 2022;(3):183–191. (In Russ.). <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2022-3-183-191> EDN: KZACOE
14. Вольперт Я.Л., Шадрина Е.Г. Трансформация населения млекопитающих при техногенном преобразовании природных ландшафтов Арктики и Субарктики. *Изв. РАН. Сер. Биол.* 2020;47(2):213–223. <https://doi.org/10.31857/S0002332920020101> EDN: IGIJKI
15. Vol'pert Ya.L., Shadrina E.G. Transformation of the mammal population under the anthropogenic transformation of Arctic and Subarctic natural landscapes. *Biology Bulletin*. 2020;47(2): 205–215. <https://doi.org/10.1134/S1062359020020107>
16. Лацановский И.А., Аржаков Н.А., Шматкова Л.Е. Состояние и использование минерально-сырьевой базы полезных ископаемых Республики Саха (Якутия). *Глобус: геология и бизнес*. Режим доступа: <https://www.vnedra.ru/glavnaya-tema/sostoyanie-i-ispolzovanie-mineraln-99/> (дата обращения: 18.02.2026)
17. Latsanovskiy I.A., Arzhakov N.A., Shmatkova L.E. The state and use of the mineral resource base of the Republic of Sakha (Yakutia). *Globus: Geology and Business*. Available at: <https://www.vnedra.ru/glavnaya-tema/sostoyanie-i-ispolzovanie-mineraln-99/> (accessed: 18.02.2026) (In Russ.)
18. Волков А.В. Горнодобывающая промышленность арктической Якутии. *Проектный офис развития Арктики GoArctic*. Режим доступа: <https://goarctic.ru/news/gornodobyvayushchaya-promyshlennost-arkticheskoy-yakutii/> (дата обращения: 17.01.2026)
19. Volkov A.V. Mining industry of Arctic Yakutia. *Arctic Development Project Office GoArctic*. Режим доступа: <https://goarctic.ru/news/gornodobyvayushchaya-promyshlennost-arkticheskoy-yakutii/> (дата обращения: 17.01.2026) (In Russ.)
20. Астахова И.С. Из истории городских поселений якутской Арктики (на примере Усть-Янского района Республики Саха (Якутия)). *Северо-Восточный гуманитарный вестник*. 2021;4(37):53–64. <https://doi.org/10.25693/SVGV.2021.37.4.006> EDN: YVPNUO
21. Astakhova I.S. From the history of urban settlements of the Yakut Arctic (by the example of the Ust-Yansky District of the Republic of Sakha (Yakutia)). *North-Eastern Journal of Humanities*. 2021;4(37):53–64. <https://doi.org/10.25693/SVGV.2021.37.4.006> (In Russ.)
22. Волков А.В. Стратегические металлы Арктической зоны России. *Научные труды ВЭО России*. 2024;246(2):116–141. <https://doi.org/10.38197/2072-2060-2024-246-2-116-141>. – EDN: YBRVJL
23. Volkov A.V. Strategic metals of the Arctic Zone of Russia. *The Proceedings of the Free Economic Society of Russia*. 2024;246(2):116–141. (In Russ.). <https://doi.org/10.38197/2072-2060-2024-246-2-116-141>. – EDN: YBRVJL
24. Вольперт Я.Л., Сапожников Г.В. Реакция населения мелких млекопитающих при различных формах техногенных воздействий на арктические ландшафты. *Экология*. 1998;29(2):115–119. – EDN: LFCOMZ
25. Vol'pert Ya.L., Sapozhnikov G.V. Responses of small mammalian fauna to different forms of technogenic influences on Arctic landscapes. *Russ. J. Ecol.*, 1998;29(2):115–119. (In Russ.). – EDN: LFCOMZ
26. Mazerolle M.J., Drolet B., Desrochers A. Small-mammal responses to peat mining of southeastern Canadian bogs. *Can. J. Zool.* 2001;79(2):296–302. <https://doi.org/10.1139/cjz-79-2-296>
27. Вольперт Я.Л., Шадрина Е.Г. Влияние техногенной трансформации таежных ландшафтов на сообщества мелких млекопитающих Западной Якутии. *Проблемы региональной экологии*. 2010;(4):153–157. – EDN: NBGYMX
28. Vol'pert Ya.L., Shadrina E.G. Impact of technogenic transformation of taiga landscapes on small mammals of Western Yakutia. *Regional Environmental Issues*. 2010;(4):153–157. (In Russ.). – EDN: NBGYMX

20. Giacomelli F. The richness and relative abundance of small mammals in old surface coal-mined sites in Crawford and Cherokee Counties, Kansas. *Electronic Theses & Dissertations*. 2017. Available at: <https://digitalcommons.pittstate.edu/etd/260> (accessed: 18.02.2026)
21. Lawer E.A., Mupepele A.-C., Klein A.-M. Artisanal mining impacts small mammals while chainsaw milling is a more sustainable practice in Ghana. *Biodiversity and Conservation*. 2021;30(2):295–310. <https://doi.org/10.1007/s10531-020-02089-0>
22. Celeste H., Almeida-Maués P.C.R., Bezerra A.M.R., et al. Multiparameter analysis of small non-flying mammals' response to forest restoration post-bauxite mining in eastern Amazonia. *PLOS ONE*. 2025;20(1):e0315904. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0315904>. – EDN: WAOJPR
23. Кривошеев В.Г., Попов М.В. Материалы по фауне и экологии мелких млекопитающих бассейна р. Яна. В кн.: Кривошеев В.Г. (ред.) *Материалы по биологии и динамике численности мелких млекопитающих Якутии*. Якутск: Якут-книгоиздат; 1968. С. 120–145.
24. Krivosheev V.G., Popov M.V. Materials on the fauna and ecology of small mammals of the Yana River basin. In: Krivosheev V.G. (ed.) *Materials on biology and population dynamics of small mammals of Yakutia*. Yakutsk: Yakut Publishing House; 1968, pp. 120–145. (In Russ.)
24. Тавровский В.А., Егоров О.В., Кривошеев В.Г. *Млекопитающие Якутии*. М.: Наука, 1971. 660 с.
25. Tavrovskij V.A., Egorov O.V., Krivosheev V.G., et al. *Materials of Yakutia*. Moscow: Nauka; 1971. (In Russ.)
25. Ревин Ю.В., Вольперт Я.Л. Териофаунистические исследования в долине р. Адычи. В кн.: *Фауна и экология млекопитающих Якутии*. Якутск; 1985. С. 55–73.
26. Revin Yu.V., Volpert Ya.L. Theriofaunistic studies in the valley of the Adycha River. In: *Fauna and ecology of the mammals of Yakutia*. Yakutsk; 1985, pp. 55–73. (In Russ.)
26. Вольперт Я.Л., Шадрина Е.Г. *Мелкие млекопитающие северо-востока Сибири*. Новосибирск: Наука; 2002. 246 с. – EDN: TUXDNE
- Volpert Ya.L., Shadrina E.G. *Small Mammals of the North-East Siberia*. Novosibirsk: Nauka; 2002. 246 p. (In Russ.). – EDN: TUXDNE
27. Григорьев С.Е., Мордосов И.И. *Фауна и экология мелких млекопитающих бассейна нижнего течения реки Яна и прилегающих территорий в условиях антропогенного воздействия*. Якутск: Издат. дом СВФУ; 2024. 156 с.
27. Grigoriev S.E., Mordosov I.I. *Fauna and ecology of small mammals of the basin of the lower Yana River and adjacent territories under anthropogenic influence*. Yakutsk: NEFU Publishing House; 2024. 156 p. (In Russ.).
28. Карасева Е.В., Телицына А.Ю., Жигальский О.А. *Методы изучения грызунов в полевых условиях*. М.: Изд-во ЛКИ; 2008. 416 с. – EDN: QKRDHV
28. Karaseva E.V., Telitsyna A.Yu., Zhigalsky O.A. *Methods of studying rodents in the field*. Moscow: KMK Publ.; 2008. 416 pp. (In Russ.)
29. Одум Ю. *Основы экологии*. М.: Мир, 1975. 740 с.
29. Odum E., *Fundamentals of Ecology*, Philadelphia: Saunders, 1971.
30. Margalef R. Information Theory in Ecology. *Gen. Syst.* 1958;(3):36–71.
31. Животовский Л.А. Показатель внутривидового разнообразия. *Журн. общей биологии*. 1980;41(6):828–836.
31. Zhivotovskii L.A. Indicators of intrapopulation diversity. *Journ. Gen. Biol.* 1980;41(6):828–836. (In Russ.)
32. Животовский Л. А. Показатель сходства популяций по полиморфным признакам. *Журн. общ. биологии*. 1979; 40(4):587–602.
32. Zhivotovsky L.A. Population similarity index for polymorphic traits. *Journ. Gen. Biol.* 1979;40(4):587–601. (In Russ.)
33. Петров А.Н. *Мелкие млекопитающие (Insectivora, Rodentia) трансформированных и ненарушенных территорий восточноевропейских тундр*. СПб.: Наука; 2007. 178 с. – EDN: QKPTAT
33. Petrov A.N. *Micromammalia (Insectivora, Rodentia) of transformed and undisturbed territories of the East-European tundras*. Saint Petersburg: Nauka; 2007. 178 p. (In Russ.). – EDN: QKPTAT

Об авторах

ШАДРИНА Елена Георгиевна, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник отдела зоологических исследований, Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ «ЯНЦ СО РАН», <https://orcid.org/0000-0002-9660-0072>, SPIN: 6919-8134, e-mail: e-shadrina@yandex.ru

ВОЛЬПЕРТ Яков Лейзерович, доктор биологических наук, главный научный сотрудник отдела зоологических исследований, Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ «ЯНЦ СО РАН»; главный научный сотрудник лаборатории экологии наземных экосистем, Научно-исследовательский институт прикладной экологии Севера Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, <https://orcid.org/0000-0002-1385-8052>, SPIN: 8269-3464, e-mail: ylv52@mail.ru

Шемякин Евгений Владимирович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела зоологических исследований, Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН – обособленное подразделение ФИЦ «ЯНЦ СО РАН», <https://orcid.org/0000-0003-3840-8645>, SPIN: 9420-3986, e-mail: shemyakine@mail.ru

Вклад авторов

Шадрина Е.Г. – разработка концепции, методология, проведение статистического анализа, визуализация, создание черновика и редактирование рукописи; **Вольперт Я.Л.** – верификация данных, проведение исследования, редактирование рукописи; **Шемякин Е.В.** – проведение исследования

Конфликт интересов

Доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, Елена Георгиевна Шадрина является членом редакционной коллегии журнала «Природные ресурсы Арктики и Субарктики». Статья прошла независимое рецензирование,

к рецензированию не привлекались члены редакционной коллегии. Авторам неизвестно о каком-либо другом потенциальном конфликте интересов, связанном с этой рукописью.

About the authors

SHADRINA, Elena Georgievna, Professor, Dr. Sci. (Biol.), Chief Researcher, Department of Zoological Research, Institute for Biological Problems of Cryolithozone of the SB of the RAS, Division of Federal Research Center “The Yakut Scientific Center of the SB of the RAS”, <https://orcid.org/0000-0002-9660-0072>, SPIN: 6919-8134, e-mail: e-shadrina@yandex.ru

VOLPERT, Yakov Leizerovich, Dr. Sci. (Biol.), Chief Researcher, Department of Zoological Research, Institute for Biological Problems of Cryolithozone of the SB of the RAS, Division of Federal Research Center “The Yakut Scientific Center of the SB of the RAS”; Chief Researcher, Laboratory of Terrestrial Ecosystems Ecology, Research Institute of Applied Ecology of the North of the North-Eastern Federal University, <https://orcid.org/0000-0002-1385-8052>, SPIN: 8269-3464, e-mail: ylv52@mail.ru

SHEMYAKIN, Evgeny Vladimirovich, PhD, Senior Researcher, Department of Zoological Research, Institute for Biological Problems of Cryolithozone of the SB of the RAS, Division of Federal Research Center “The Yakut Scientific Center of the SB of the RAS”, <https://orcid.org/0000-0003-3840-8645>, SPIN: 9420-3986, e-mail: shemyakine@mail.ru

Authors' contribution

Shadrina E.G. – conceptualization, methodology, formal analysis, visualization, writing – original draft and writing – review & editing; **Volpert Y.L.** – validation, investigation, writing – review & editing; **Shemyakin E.V.** – investigation

Conflict of interest

Dr. Sci. (Biol.), Professor, Senior Researcher Elena G. Shadrina is a member of the Editorial Board of the of the journal “Arctic and Subarctic Natural Resources”. The article was independently peer-reviewed without the involvement of Editorial Board members. The authors are not aware of any other potential conflict of interest relating to this article.

Поступила в редакцию / Submitted 19.03.2026

Поступила после рецензирования / Revised 15.05.2026

Принята к публикации / Accepted 20.06.2026