

ОЦЕНКА  
СОСТОЯНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ

УДК 639.11(571.56)

ТРАНСФОРМАЦИЯ НАСЕЛЕНИЯ МЛЕКОПИТАЮЩИХ  
ПРИ ТЕХНОГЕННОМ ПРЕОБРАЗОВАНИИ ПРИРОДНЫХ  
ЛАНДШАФТОВ АРКТИКИ И СУБАРКТИКИ

© 2020 г. Я. Л. Вольперт\*, @, Е. Г. Шадрина\*\*

\*Научно-исследовательский институт прикладной экологии Севера им Д.Д. Саввинова  
Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, просп. Ленина, 1, Якутск, 677000 Россия

\*\*Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, просп. Ленина, 41, Якутск, 677980 Россия

@E-mail: ylv52@mail.ru

Поступила в редакцию 26.08.2019 г.

После доработки 25.10.2019 г.

Принята к публикации 25.10.2019 г.

Исследованы реакции населения млекопитающих (охотничьи виды и *Micro mammalia*) на техногенную трансформацию природных ландшафтов в разных регионах Якутии. Установлено, что на охотничьи виды основное воздействие оказывает прямое преследование, а трансформация населения мелких млекопитающих в первую очередь зависит от интенсивности техногенной трансформации ландшафта и географической зональности. Отмечено, что в условиях Арктики последствия трансформации природного ландшафта имеют более масштабный характер, чем в среднетаежной подзоне. Обнаружено, что в арктической зоне население млекопитающих после антропогенного преобразования не способно к восстановлению исходного облика.

DOI: 10.31857/S0002332920020101

Анализ общих тенденций развития цивилизации показывает, что негативное воздействие человека на окружающую среду постоянно усиливается, в том числе за счет увеличения мощностей и экспансии промышленности и сельского хозяйства на ранее неосвоенные девственные территории. В условиях специфической экономики России в первую очередь надо отметить наблюдаемую в настоящее время территориальную экспансию горно-добывающей промышленности на природные ландшафты Восточной Сибири, причем темпы этого процесса постоянно возрастают (Государственный..., 2017). При освоении промышленностью районов Крайнего Севера проблема баланса охраны окружающей среды с развитием производительных сил усугубляется особенностями региона. В природоохранном плане наибольшая проблема — низкая устойчивость северных экосистем к техногенному воздействию, что детерминирована низкой биологической продуктивностью, обедненностью трофических связей и, как было показано нами ранее (Шадрина, Вольперт, 2004), низкой устойчивостью организмов периферийных популяций таежных видов к внешним воздействиям.

Социальная проблема усугубляется тем, что развитие горно-добывающей промышленности, как правило, происходит на территориях прожи-

вания коренных малочисленных народов Севера (КМНС), традиционные формы хозяйствования которых неразрывно связаны с использованием биологических ресурсов. Широко известно, что при экспансии промышленности на Севере в первую очередь страдает население позвоночных животных — основа существования КМНС. На месте девственных территорий возникают техногенные ландшафты, которые в той или иной степени могут осваиваться млекопитающими. В то же время эти ландшафты принципиально отличаются от окружающих пространств и главный фактор их формирования не природные процессы, а антропогенное воздействие.

Согласно классическим представлениям экологии на любые популяции животных влияет широкий круг абиотических и биотических факторов среды (Одум, 1975). Мы не будем останавливаться на влиянии указанных факторов на популяции животных, в частности на млекопитающих Якутии, так как этой проблеме уделено большое внимание в литературе. Принимая совокупность абиотических и биотических факторов как данность, определенную особенностями региона, остановимся только на роли антропогенных факторов как менее изученных. Последнее особенно касается охотничьих видов животных, тогда как воздействие на мелких млекопитающих изу-

чено лучше (Вольперт и др., 2003; Шишкин, Тимошкин, 2010; Вольперт, 2012, 2014; Ревуцкая, 2014; Шишкин и др., 2014).

Этот вопрос изучался в таежной зоне Кузбасса, на Урале, в Западной Сибири, на северо-востоке европейской части РФ (Куликова, 1979; Малков, 1987; Лукьянова, 1990; Лукьянова и др., 1994; Вартапетов, Юдкин, 1998; Лукьянова, Лукьянов, 1998а, б; Гашев, 2000 и др.). Во всех случаях отмечалось снижение показателей видового разнообразия, в первую очередь уменьшения видового богатства и численности видов на посттехногенных территориях. В ряде экотоксикологических работ обращалось внимание на мелких млекопитающих (Безель, 2006; Безель, Мухачева, 2016; Мухачева, 2017).

Исследования проводились в северных регионах России. Была получена информация о возникновении колоний узкочерепной и водяной полевок на залуженных днищах спущенных озер в Большеземельской тундре (Емельянова, Колякин, 1989). Изучался этот вопрос и на севере Западной Сибири (Юдкин и др., 1996), в восточно-европейской тундре (Петров, 2007), причем последним автором было отмечено появление на залуженных территориях зеленоядных полевок, которые начинают доминировать в сообществе и достигать на посттехногенных участках высокой численности. При этом численность полевок изменялась синхронно в природных местообитаниях и на посттехногенных территориях в отличие северо-востока Якутии (Вольперт, Сапожников, 1998).

Изучение влияния техногенной трансформации природных ландшафтов на население млекопитающих проводилось в Южной Якутии в окрестностях г. Алдан (Егоров, Вольперт, 1996), в Северо-Западной Якутии в окрестностях городов Мирный, Удачный и в бассейне р. Анабар (Вольперт и др., 2004, 2005; Прокопьев, 2004; Колодезников, 2005; Вольперт, Шадрина, 2010), в среднем течении р. Марха (Прокопьев, Данилов, 2002), в Северо-Восточной Якутии, в нижнем течении р. Яна (Вольперт, Сапожников, 1998; Григорьев, Мордосов, 2007). В отдельных случаях параллельно с изучением сообществ мелких млекопитающих посттехногенных территорий проводилось изучение реакции видов на указанные формы воздействия на популяционном и организменном уровне (Шадрина и др., 2003; Шадрина, Вольперт, 2004).

В англоязычной литературе практически отсутствуют сведения о реакции населения млекопитающих на трансформацию ландшафтов в результате деятельности горно-добывающей промышленности, по-видимому, по причине неактуальности проблемы. Вопросы трансформации сообществ рассматриваются, как правило, для сельскохозяйственных ландшафтов и урбанизированных территорий (Łopuski *et al.*, 2013; Gortat *et al.*, 2014).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Влияние промышленного освоения территории на охотничье-промысловые виды млекопитающих изучалось во время полевых работ в Северо-Западной и Юго-Западной Якутии. Основным методом сбора данных для натурной оценки области влияния промышленных предприятий было проведение зимних маршрутных учетов (ЗМУ) по завершении промыслового сезона согласно имеющимся методическим указаниям (Методические..., 1980). Маршруты закладывались методом ромашки, особое внимание уделялось расстоянию от источника воздействия, на котором встречались следы животных. Общая протяженность маршрутов составила >800 км.

Исследованиями реакции населения мелких млекопитающих на техногенное преобразование ландшафтов охвачены все основные регионы республики: Южная Якутия (верхнее течение р. Алдан, южная граница среднетаежной подзоны), Западная Якутия (среднетаежная подзона, окрестности г. Мирный, и северотаежная подзона, г. Удачный), Северо-Восточная Якутия (арктическая зона РФ, лесотундра нижнего течения р. Яна, пос. Кулар). Население мелких млекопитающих во всех точках исследований изучалось по единой принципиальной схеме: параллельно облавливались природные местообитания (контроль) и местообитания, в различной степени подвергавшиеся техногенному воздействию. В силу неоднородности воздействия все посттехногенные биотопы нами разделены на три категории: макро-, мезо-, микроантропогенно трансформированные участки. К макроантропогенным отнесены территории карьеров, полигонов, отвалов, хвостохранилищ, где почвенный покров полностью уничтожен или погребен; к разряду мезоантропогенных — земли, где почвенный покров профильно-деформирован и/или химически загрязнен; к микроантропогенным — биотопы, почвенный покров которых трансформирован незначительно, а физическое воздействие оказывают в основном линии электропередач, водоводы, участки вырубок леса и т.п. (Вольперт и др., 2012). За период исследований было проанализировано >100 вариантов населения мелких млекопитающих в различных экологических выделах.

Мелких млекопитающих отлавливали ловчими канавками длиной 20 м и глубиной 15 см; в каждую канавку устанавливалось по два конуса, наполовину заполненных водой. Указанный способ позволяет отлавливать наиболее широкий круг мелких млекопитающих (Кучерук, 1963). Всего в 1993–2015 гг. было отработано 10100 конусо/суток и отловлено 2700 мелких млекопитающих (Вольперт, 2012).

Показатели видового разнообразия ( $\mu$ ) и доли редких видов ( $h$ ) рассчитывали по формулам,

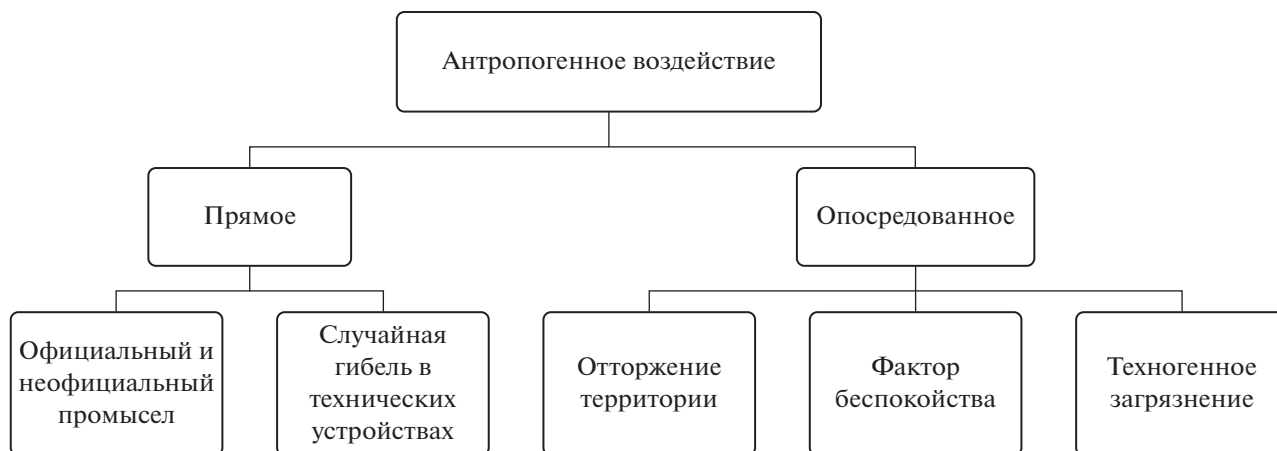


Рис. 1. Факторы антропогенного воздействия в зоне влияния добывающей промышленности.

предложенным Животовским (Животовский, 1980), сходство сообществ – по формулам Жаккара-Наумова и Животовского (Животовский, 1979).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При разных вариантах антропогенного освоения территории можно выделить воздействия на животных – прямое и опосредованное. Под прямым воздействием в первую очередь понимается прямое преследование (официальный и неофициальный промысел) и гибель млекопитающих в технических устройствах. Опосредованное воздействие может определяться рядом факторов, наиболее распространенные из которых следующие: отторжение площадей природных ландшафтов, фактор беспокойства, техногенное загрязнение (рис. 1).

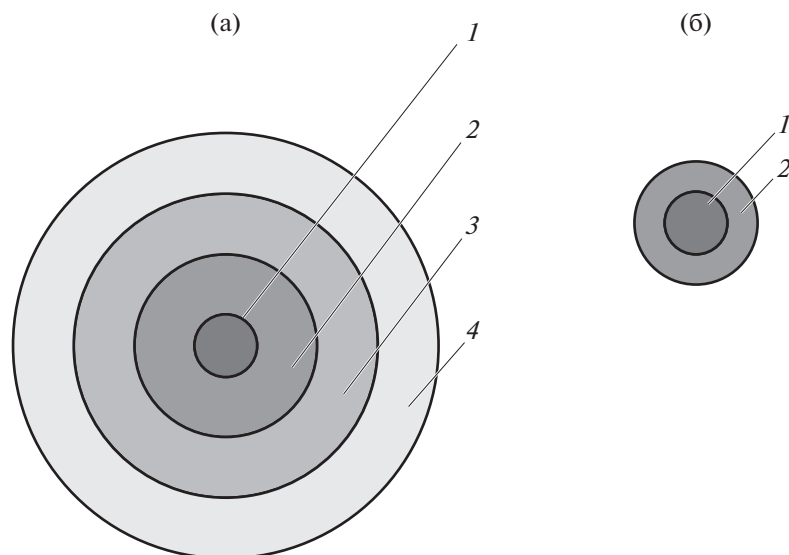
Всех млекопитающих по подверженности разным формам антропогенного воздействия можно разбить на две группы: во-первых, виды, которые подвергаются как прямому преследованию, так и опосредованному воздействию (в нее входят млекопитающие, представляющие потребительскую ценность); во-вторых, виды, на которые оказывается преимущественно опосредованное воздействие. Это животные, не имеющие потребительской ценности (насекомоядные, большинство грызунов и т.д.). Естественно, что наиболее сильное воздействие оказывается на первую группу, которая непосредственно входит в круг экономических интересов местного населения, и в первую очередь КМНС.

*Прямое преследование.* Для оценки роли указанного фактора нами проведены специальные исследования в таежной зоне Западной Якутии (Вольперт и др., 2003). Было установлено, что вокруг изолированного промышленного объекта, расположенного в массиве девственной тайги, в

случае если режим, принятый на предприятии, не препятствует выходу сотрудников в окружающие уголья, четко дифференцируется зона влияния ~30 км. При этом зона, где полностью отсутствуют следы соболя (основного охотничье-промыслового вида региона), составляет ~6 км от границы предприятия, уменьшение плотности населения этого вида на 50 и 25% было отмечено на расстояниях до 15 и 30 км соответственно. По копытным зона полного отсутствия была распространена на расстояние до 30 км от границ объекта (рис. 2). Если копытные и отмечаются в указанной зоне, то они проходят ее транзитом, не задерживаясь. Анализ ситуации в целом по территории Якутии показал, что прямое преследование оказывало очень сильное влияние на состояние охотничьих видов, по крайней мере начиная с XIX в., когда структура охотничьей фауны, возможно, впервые в обозримом прошлом подверглась трансформации под влиянием промысла (Вольперт, 2014).

*Отторжение территорий природных ландшафтов.* В настоящее время для нужд промышленности на территории Якутии отторжению подверглись относительно небольшие площади, но этот процесс стремительно нарастает. Согласно официальным данным (Государственный..., 2017), площадь земель промышленности составляет 133.9 тыс. га, т.е. <1% территории Республики Саха (Якутия). Участки, занятые промышленными предприятиями, как правило, лишены растительности и уже в силу этого не пригодны для обитания здесь охотничьих видов животных (Вольперт и др., 2012). Кроме того, на действующих предприятиях значительную роль играет фактор беспокойства.

Посттехногенные территории тоже, как правило, малопривлекательны для промысловых видов (Вольперт и др., 2012), но в отдельных случаях



**Рис. 2.** Влияние предприятий с различным режимом передвижения персонала на численность охотничьих видов млекопитающих. а – свободный доступ персонала в прилегающие угодья, б – ограниченный доступ персонала в прилегающие угодья. 1 – территория предприятия; 2 – следы соболя и копытных отсутствуют; 3 – следы копытных отсутствуют, плотность населения соболя снижена на 50%; 4 – следы копытных отсутствуют, плотность населения соболя снижена на 25%.

могут активно использоваться животными, в частности как солончаки (Данилов и др., 2012).

**Фактор беспокойства.** Выявить его роль в реалиях Восточной Сибири достаточно сложно, но нами проведены исследования распределения охотничьих видов млекопитающих в окрестностях предприятия, где режим строго запрещает выход персонала за его периметр (рис. 2). В этом случае по плотности населения охотничьих видов четко дифференцировалась полоса шириной 2.5 км.

Необходимо отметить, что масштабы воздействия фактора беспокойства напрямую зависят от интенсивности прямого преследования. По всей территории Якутии интенсивность преследования охотничьих видов очень высокая, что и определяет поведенческие реакции животных, которые избегают места с высокой плотностью населения людей и зоны, примыкающих к ним.

**Гибель млекопитающих в технических устройствах.** В связи с наличием широкой зоны воздействия фактора беспокойства и прямого преследования, в условиях Якутии гибель охотничьих видов млекопитающих от непосредственного контакта с техническими устройствами явление крайне редкое.

Влияние техногенного загрязнения на охотничьи виды животных пока не изучено, так как непосредственно близости от источников загрязнения эти животные практически отсутствуют. Предварительный анализ позволяет предположить, что в настоящее время этот фактор для существования охотничье-промысловых видов на

земных экосистем в условиях Якутии принципиального значения не имеет, поскольку ореолы рассеивания загрязняющих веществ у большинства предприятий здесь значительно меньше, чем зона воздействия фактора прямого преследования. Исключение – угледобывающая промышленность, ареал техногенного загрязнения которой диагностируется на расстоянии десятков километров (Шадрина и др., 2003, 2009). Гораздо сложнее ситуация с околородными млекопитающими, поскольку по водотокам загрязнители могут распространяться на значительные расстояния от источника.

В случае сооружения линейных объектов (линии электропередачи (ЛЭП), нефте- и газопроводы, автодороги, железнодорожные магистрали) суть воздействия остается такой же, как и в случае площадных сооружений. В то же время имеются особенности: если отторжение площадей природного ландшафта, техногенное загрязнение импактных территорий (железнодорожные пути и автодороги) характерно для обоих типов сооружений, то значительное воздействие на миграционные потоки характерно в первую очередь для линейных. Типичные примеры – освоение Верхне-Мунского месторождения алмазов и Томторского месторождения редкоземельных металлов, когда основное воздействие на миграции дикого северного оленя оказывают не территории месторождений, а постоянные автодороги и автозимники (Вольперт и др., 2018).

Имеют особенности и размеры зоны воздействия линейных объектов, которые в основном

**Таблица 1.** Показатели численности и разнообразия сообществ мелких млекопитающих природных и посттехногенных местообитаний Южной Якутии

Показатель	Лиственнично-березовый лес (25 лет после трансформации)	Лиственнично-сосновый лес (50 лет после трансформации)	Лиственничники (контроль)
Число видов	7	5	11
Численность на 100 конусо/суток	50.0	15.4	67.1
Видовое разнообразие	6.25	4.7	6.35
Доля редких видов	0.11	0.06	0.42

определяются фактором беспокойства. Среднее расстояние от полотна железной дороги до первого встреченного следа соболя в 2005 г. составляло 450 м (200–800 м), в 2011 г. оно составило 344 м (100–650 м). Согласно полученным данным ширину зоны воздействия линейных объектов на соболя в условиях Южной Якутии рекомендовано принимать равной 350–450 м, в зависимости от состава насаждений и рельефа местности (Величенко и др., 2014).

Таким образом, из всех рассмотренных факторов воздействия на охотничьи виды млекопитающих (отторжение территорий природных ландшафтов, фактор беспокойства, гибель от технических устройств, техногенные загрязнения) в настоящее время наиболее существенную роль играет фактор прямого преследования, зона воздействия которого, как правило, во много раз превышает официально отведенную территорию предприятия или населенного пункта (Вольперт, Шадрина, 2019).

Млекопитающие, не имеющие потребительской ценности, представляют большой интерес для оценки воздействия горно-добывающей промышленности на экосистемы в целом, и животный мир в частности, поскольку широкая распространенность этой группы позволяет провести наблюдения, которые невозможно провести на немногочисленных видах. Ранее были отмечены эколого-географические особенности реакции населения мелких млекопитающих на техногенное преобразование природного ландшафта (Вольперт, 2012), поэтому рассмотрим трансформации населения по подзонам средней тайги.

*Южная граница средней тайги (бассейн среднего течения р. Алдан).* Из-за особенностей дражной технологии добычи все посттехногенные местообитания отнесены к макроантропогенным, но, поскольку находятся на разных стадиях самовосстановления, они разбиты нами на выделы: пойму и надпойменные террасы. При этом необходимо отметить, что ручьи, в долинах которых происходила добыча золота, в исходном состоянии выраженной поймы не имели. Таким образом, сам факт образования поймы – результат антропогенного

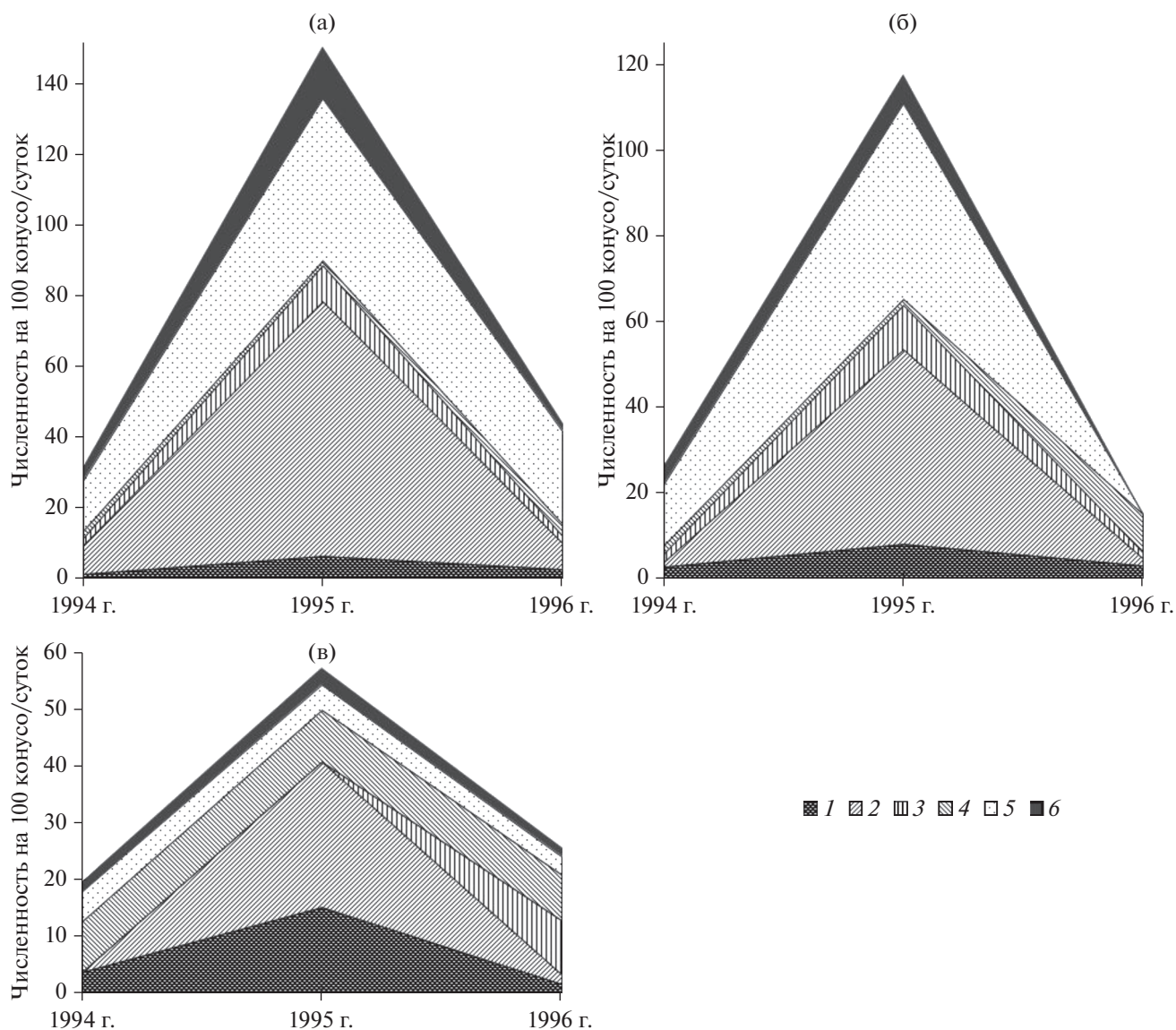
воздействия, изменившего геоморфологический облик долины ручья.

Сравнительный анализ населения природных и антропогенных местообитаний (рис. 3, табл. 1) показал, что население указанных принципиальных выделов различается по ряду параметров. Во-первых, трансформированные местообитания в целом характеризуются более низкими уровнями численности мелких млекопитающих, во-вторых, для них характерна обедненность видового состава.

Коэффициент сходства между сообществами трансформированных и исходных местообитаний по формуле Жаккара-Наумова составил 22.6, а по формуле Животовского – 0.8 (табл. 1). Таким образом, в случае возобновления лесных насаждений формируется сообщество, по своим основным показателям приближающееся к природным таежным местообитаниям, но даже на самых старых из обследованных нами разработках (50 лет) полной идентичности не наблюдается.

Последний вывод подтверждается результатами анализа демографической структуры популяций (Егоров, Вольперт, 1996) и нарушения стабильности развития животных, населяющих трансформированные местообитания (Шадрина и др., 2003). Повышенные значения флуктуирующей асимметрии (ФА) массовых видов мелких млекопитающих свидетельствуют о меньшей степени благоприятности трансформированных биотопов по сравнению с контрольными.

Надо отметить, что движения численности мелких млекопитающих в бассейне р. Алдан в трансформированных и природных местообитаниях происходили синхронно (рис. 3), что подтверждает высокую степень общности населения. Анализируя генезис населения мелких млекопитающих на трансформированных участках на южной границе средней тайги, необходимо отметить, что, в случае если трансформация не затронула геоморфологический уровень, развитие населения направлено на восстановление к природному.



**Рис. 3.** Изменения численности мелких млекопитающих в среднетаежной подзоне Южной Якутии в зависимости от степени трансформации природных ландшафтов. а – природные биотопы, б – трансформированная пойма, в – трансформированная надпойменная терраса. 1 – *Sorex tundrensis*, 2 – *S. caecutiens*, 3 – *Alexandromys oeconomus*, 4 – *Craseomys rufocanus*, 5 – *Myodes rutilus*, 6 – прочие.

**Средняя тайга.** При сравнении природных биотопов и местообитаний разной степени антропогенной трансформации самая высокая численность мелких млекопитающих, максимальные показатели видового богатства и видового разнообразия были зарегистрированы в микроантропогенных местообитаниях (табл. 2). В мезоантропогенных биотопах численность и структура сообществ примерно совпадали с таковыми в контрольных местообитаниях (Вольперт и др., 2005; Вольперт, Шадрина, 2010), тогда как в макроантропогенных местообитаниях, представленных отвалами различного генезиса, население мелких млекопитающих резко отличалось от та-

кового во всех других выделах. Несмотря на длительный срок окончания техногенной трансформации (>30 лет), восстановления населения здесь не произошло, более того, обитающие здесь животные испытывают сильный дополнительный пресс по сравнению с животными в природных местообитаниях (Шадрина и др., 2012).

Анализируя изменения структуры и состава сообществ мелких млекопитающих в зависимости от типа антропогенной трансформации в среднетаежной подзоне, можно выделить основные тенденции. При полной техногенной трансформации местообитания даже в случае возобновления растительности возникающее тут насе-

**Таблица 2.** Показатели видового разнообразия сообществ мелких млекопитающих в разных подзонах тайги

Выделы	Число видов	Видовое разнообразие	Доля редких видов
Среднетаежная подзона			
Леса			
контроль	8	5.79	0.28
микроантропогенные	13	8.16	0.37
мезоантропогенные	9	7.11	0.21
макроантропогенные	6	4.75	0.21
Пойма, контроль	11	9.29	0.16
Околоводные биотопы, мезоантропогенные	13	10.65	0.18
Луга макроантропогенные			
восстановление 20–30 лет	12	10.36	0.14
восстановление 10 лет	9	7.30	0.19
Северотаежная подзона			
Леса			
контроль	5	4.9	0.02
микроантропогенные	5	4.19	0.16
мезоантропогенные	6	5.4	0.10
Луга			
контроль	3	2.9	0.03
микроантропогенные	4	3.3	0.18
мезоантропогенные	1	1.0	0.0
макроантропогенные	1	1.0	0.0

ление мелких млекопитающих характеризуется низкими значениями обилия и видового разнообразия (табл. 2). Видовой состав населения макроантропогенных местообитаний зависит от возникших здесь условий, но в большинстве случаев повышается доля в сообществе видов, предпочитающих ксерофитные биотопы. Подобные местообитания заселяют виды, в природных условиях предпочитающие открытые незалесенные местообитания (серые полевки и тундряная бурозубка *Sorex tundrensis* Merriam, 1900), но по основным показателям эти сообщества значительно уступают природным.

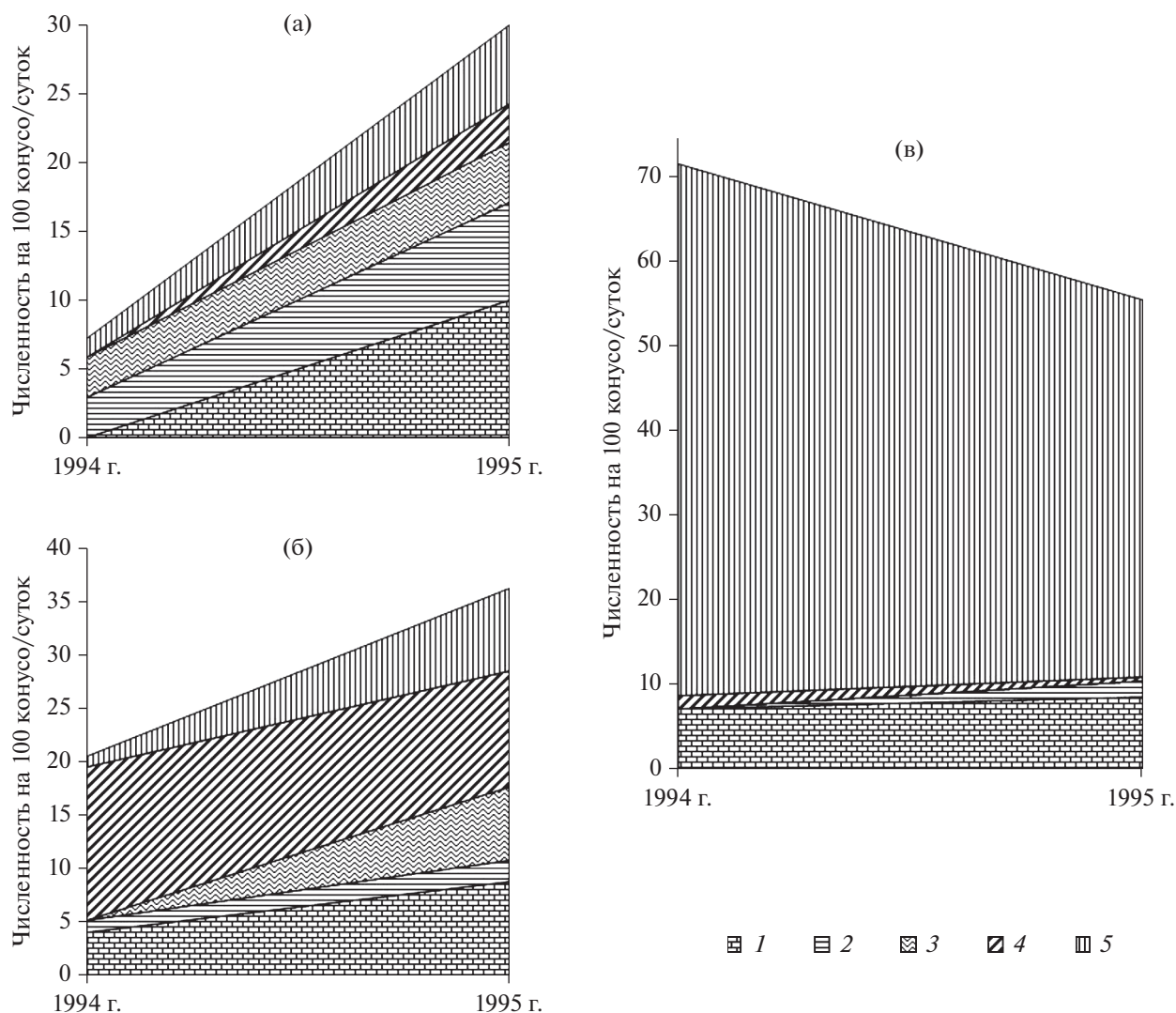
В случае мезо- и микроантропогенного воздействия картина значительно сложнее. В некоторых случаях показатель видового разнообразия сообществ даже несколько возрастает благодаря повышению мозаичности местообитаний (табл. 2).

В направлении от микро- к макроантропогенным биотопам показатели обилия и видового богатства мелких млекопитающих снижаются. Животные, обитающие на техногенно трансформированных местообитаниях, испытывают дополнительный антропогенный пресс (Шадрина и др., 2003; Шадрина, Вольперт, 2004). При этом, как и на южной границе среднетаежной

подзоны, направления движения численности в природных и посттехногенных местообитаниях совпадают.

*Лесотундровая подзона (пос. Кулар).* Здесь реакция населения мелких млекопитающих на техногенную трансформацию территории имеет свои ярко выраженные особенности. В первую очередь, изменения численности мелких млекопитающих, составляющих население природных местообитаний, отражаются на характеристиках сообществ малотрансформированных участков и практически не затрагивают таковые в макроантропогенных местообитаниях (рис. 4). Последнее обстоятельство позволяет предположить высокую степень самостоятельности населения полностью трансформированных участков. Подобное явление ранее отмечалось нами в пределах тайги только на ландшафтном уровне (Вольперт, Шадрина, 2018) и в тундре дельты р. Лены, в азональных элементах тундрового ландшафта (Вольперт, Сапожников, 1998).

Механические воздействия мезоантропогенного характера в лесотундре могут приводить к увеличению показателей видового разнообразия населения. При таком варианте воздействия наблюдается увеличение обилия видов открытых и



**Рис. 4.** Изменение численности мелких млекопитающих в лесотундровой зоне в зависимости от степени трансформации природных ландшафтов. а – природные биотопы; б, в – соответственно мезо- и макроантропогенно трансформированные биотопы. 1 – *Sorex tundrensis*, 2 – *Myopus schisticolor*, 3 – *Myodes rutilus*, 4 – *Alexandromys middendorffii*, 5 – *A. oeconomus*.

опушечных местообитаний (Вольперт, Сапожников, 1998). При этом сообщества мезоантропогенных местообитаний в условиях Субарктики по своему составу остаются достаточно близкими к исходным (табл. 3). Значительно глубже трансформации сообществ на участках макроантропогенного воздействия. Даже в случае зарастания участков разработок (Захарова и др., 2010) их население коренным образом отличается от населения природных местообитаний (рис. 4). Виды наиболее равномерно представлены в сообществе контрольных местообитаний, а больше всего их в макроантропогенных (табл. 3). Сообщества последних характеризуются резко выраженной монодоминантностью, когда до 90% населения биотопа представлено видом-эдикатором сообщества

(рис. 4) – в данном случае полевкой-экономкой *Alexandromys oeconomus* Pallas, 1776. Коэффициент общности сообществ Жаккара-Наумова и Животовского был минимальным, как и следовало ожидать при сравнении макроантропогенных и природных местообитаний (табл. 4).

Независимость движений численности мелких млекопитающих, населяющих макроантропогенные участки, от численности населения компактных территорий указывает на высокую степень отторгнутости последних от природных местообитаний. Анализ генезиса этих сообществ в ряду растительных сукцессий позволяет предположить, что по основным характеристикам (численность, видовой состав, соотношение видов) развитие направлено не на возвращение к



**Таблица 3.** Показатели видового разнообразия сообществ мелких млекопитающих в лесотундре

Выдел	Число видов	Видовое разнообразие	Доля редких видов
Контроль	6	5.34 ± 0.22	0.11 ± 0.04
Мезоантропогенные	6	5.66 ± 0.35	0.06 ± 0.06
Макроантропогенные	7	3.06 ± 0.20	0.56 ± 0.03

**Таблица 4.** Сходство состава сообществ мелких млекопитающих в биотопах разной степени трансформации в лесотундре

Коэффициент Животского			
Выделы	Контроль	Мезоантропогенные	Макроантропогенные
Контроль		0.66	0.28
Мезоантропогенные	56.2		0.35
Макроантропогенные	16.3	18.4	
Коэффициент Жаккара-Наумова			

природному состоянию, а на формирование самостоятельного сообщества, не имеющего аналогов на исходных площадях.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ влияния техногенной трансформации на млекопитающих, не имеющих потребительской ценности, показал, что для них основное значение имеет отторжение природных территорий, причем глубина трансформации населения зависит от интенсивности воздействия и от широтной зональности региона. Наиболее значительные изменения наблюдаются при макроантропогенном воздействии, нарушающем растительный и почвенный покров. Последствия такого воздействия равнозначны в среднетаежной, северотаежной подзонах, а также в лесотундре. Более слабые мезо- и микроантропогенные воздействия в средней тайге в некоторых случаях приводили к повышению показателей видового разнообразия, а в северном редколесье те же воздействия однозначно вызвали снижение анализируемых показателей.

Восстановление населения мелких млекопитающих на техногенно трансформированных территориях также находится в зависимости от ландшафтной зональности. Если на юге среднетаежной подзоны этот процесс хотя и происходит довольно медленно, но направлен на возвращение к естественному для региона сообществу, то на севере этой подзоны он происходит медленнее, и только в некоторых случаях характер восстановления позволяет предположить, что со временем население мелких млекопитающих вернется к исходному состоянию. В лесотундре восстановление исходного сообщества в обозримое время не происходит.

Сравнительный анализ воздействия техногенного освоения территории на млекопитающих, имеющих потребительскую ценность, показал, что наибольшие последствия для этой группы обусловлены ростом прямого преследования. Для остальных видов наибольшее значение имеет отторжение территории природных ландшафтов, так как восстановление населения на посттехногенных территориях в среднетаежной зоне происходит очень медленно, а на Крайнем Севере, по видимому, невозможно.

Работы выполнены в рамках Государственного задания Минобрнауки России 5.8169.2017/8.9, Государственного задания Института биологических проблем криолитозоны СО РАН (проект № АААА-А17-117020110058-4 “Структура и динамика популяций и сообществ животных холодного региона Северо-Востока России в современных условиях глобального изменения климата и антропогенной трансформации северных экосистем: факторы, механизмы, адаптации, сохранение”) и при финансовой поддержке РГНФ (грант № 17-402-00214).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Безель В.С.* Экологическая токсикология: популяционный и биоценотический аспекты. Екатеринбург: Гошицкий, 2006. 280 с.

*Безель В.С., Мухачева С.В.* Использование данных токсикологических экспериментов для оценки состояния природных популяций мелких млекопитающих // Токсикол. вестн. 2016. № 1. С. 36–41.

*Вартанетов Л.Г., Юдкин В.А.* Воздействие нефтегазодобычи и урбанизации на сообщества наземных позвоночных // Успехи соврем. биологии. 1998. Т. 118. Вып. 2. С. 216–226.

*Величенко В.В., Сидоров М.М., Данилов В.А.* К методологии оценки воздействия линейных объектов на

- охотничьи ресурсы // Проблемы регион. экологии. 2014. № 1. С. 60–63.
- Вольперт Я.Л. Трансформации населения млекопитающих при промышленном освоении девственных территорий Севера // Фундамент. исследования. 2012. № 4-1. С. 186–199.
- Вольперт Я.Л. Роль антропогенных факторов в существовании млекопитающих Якутии // Проблемы регион. экологии. 2014. № 1. С. 98–103.
- Вольперт Я.Л., Сапожников Г.В. Реакция населения мелких млекопитающих при различных формах техногенных воздействий на арктические ландшафты // Экология. 1998. № 2. С. 133–138.
- Вольперт Я.Л., Шадрина Е.Г. Влияние техногенной трансформации таежных ландшафтов на сообщества мелких млекопитающих Западной Якутии // Проблемы регион. экологии. 2010. № 4. С. 153–157.
- Вольперт Я.Л., Шадрина Е.Г. Сообщества мелких млекопитающих природных ландшафтов Якутии // Новые методы и результаты исследований ландшафтов в Европе, Центральной Азии и Сибири. Монография в 5 т. Т. I. Ландшафты в XXI веке: анализ состояния, основные процессы и концепции исследований / Под ред. Сычева В.Г., Мюллера. М.: ВНИИАгрохимии, 2018. С. 392–397. <https://doi.org/10.25680/6084.2018.13.44.076>
- Вольперт Я.Л., Шадрина Е.Г. Трансформация населения млекопитающих в ходе промышленного освоения природных территорий // Экология и эволюция: новые горизонты: Матер. Междунар. симпозиума, посвященного 100-летию академика С.С. Шварца (1–5 апреля 2019, г. Екатеринбург). Екатеринбург: Гуманитарный университет, 2019. С. 491–493.
- Вольперт Я.Л., Величенко В.В., Аргунов А.В. Роль антропогенных факторов в существовании охотничье-промысловых видов млекопитающих Якутии // Прикладная экология Севера: опыт проведенных исследований, современное состояние и перспективы: Междунар. науч.-практ. конф., г. Якутск, 20–21 марта 2003 г. Якутск: Якут. фил. СО РАН, 2003. С. 184–192.
- Вольперт Я.Л., Данилов В.А., Сидоров М.М. Современное состояние и возможные трансформации населения охотничье-промысловых видов млекопитающих в районе Томторского месторождения редкоземельных металлов // Проблемы регион. экологии. 2018. № 5. С. 22–26.
- Вольперт Я.Л., Величенко В.В., Прокопьев Н.П., Шадрина Е.Г. Воздействие разработки рассыпных месторождений алмазов на млекопитающих // Экологическая безопасность при разработке рассыпных месторождений алмазов. Якутск: Сахаполиграфиздат, 2004. С. 92–99.
- Вольперт Я.Л., Шадрина Е.Г., Данилов В.А., Шадрин Д.Я., Величенко В.В. Сообщества мелких млекопитающих антропогенных ландшафтов Западной Якутии // Наука и образование. 2005. № 2(38). С. 47–52.
- Вольперт Я.Л., Шадрина Е.Г., Саввинов Г.Н., Данилов П.П., Поисеева С.И. Состояние наземных экосистем в районе деятельности горнодобывающих предприятий АК АЛРОСА (ОАО) // Горн. журн. 2012. № 2. С. 84–87.
- Гаев С.Н. Млекопитающие в системе экологического мониторинга (на примере Тюменской области). Тюмень: ТюмГУ, 2000. 220 с.
- Государственный доклад “О состоянии и охране окружающей среды Республики Саха (Якутия) в 2017 г.”. Электронный ресурс. URL: <https://minpriroda.sakha.gov.ru/uploads/ckfinder/userfiles/files>.
- Григорьев С.Е., Мордосов И.И. Фауна и экология мелких млекопитающих естественных и антропогенных ландшафтов дельты реки Яны и прилегающих территорий // Проблемы регион. экологии. 2007. № 3. С. 72–77.
- Данилов В.А., Сидоров М.М., Шадрина Е.Г. Воздействие геологоразведочной деятельности и разработки месторождений углеводородного сырья на население млекопитающих таежной зоны Западной Якутии // Актуальные проблемы современной териологии: Тез. докл. (18–22 сентября 2012 г., Новосибирск). Новосибирск: Сибрегион ИНФО, 2012. С. 9–10.
- Егоров Н.Г., Вольперт Я.Л. Население мелких млекопитающих техногенных ландшафтов в бассейне р. Алдан // Биолого-экологические исследования в Республике Саха (Якутия). Якутск: Изд-во ЯГУ, 1996. С. 21–31.
- Емельянова Л.Г., Колякин В.Н. Сравнение видового состава грызунов Большеземельской тундры в погачках хищных птиц и уловах ловушками // Взаимодействие организмов в тундровых экосистемах. Сыктывкар, 1989. С. 92–93.
- Животовский Л.А. Показатели сходства популяций по полиморфным признакам // Журн. общ. биологии. 1979. Т. 40. № 4. С. 587–602.
- Животовский Л.А. Показатель внутривидовой популяционной разнообразия // Журн. общ. биологии. 1980. Т. 41. № 6. С. 828–836.
- Захарова В.И., Потапова Н.К., Карнов Н.С., Перфильева В.И., Вольперт Я.Л., Исаев А.П. Влияние горнодобывающей промышленности на экосистемы северо-востока Якутии. Новосибирск: Наука, 2010. 208 с.
- Колодезников В.Е. Мелкие млекопитающие северо-западной Якутии: Автореф. дис. канд. биол. наук. Якутск, 2005. 19 с.
- Куликова И.Л. К фауне млекопитающих дражных отвалов Урала // Млекопитающие Уральских гор. Свердловск, 1979. С. 39–41.
- Кучерук В.В. Новое в методике количественного учета вредных грызунов и землероек // Организация и методы учета птиц и вредных грызунов. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 159–183.
- Лукьянова Л.Е. Изучение экологических параметров мелких млекопитающих техногенных зон // Животные в условиях антропогенного ландшафта. Свердловск, 1990. С. 10–16.
- Лукьянова Л.Е., Лукьянов О.А. Реакция сообществ и популяций мелких млекопитающих на техногенные воздействия. I. Сообщества // Успехи соврем. биологии. 1998а. Вып. 5. С. 613–622.
- Лукьянова Л.Е., Лукьянов О.А. Реакция сообществ и популяций мелких млекопитающих на техногенные

- воздействия. II. Популяции // Успехи соврем. биологии. 1998б. Вып. 6. С. 693–706.
- Лукьянова Л.Е., Лукьянов О.Ф., Пястолова О.А. Трансформации сообществ мелких млекопитающих под воздействием техногенных факторов (на примере таежной зоны Среднего Урала) // Экология. 1994. № 3. С. 69–75.
- Малков А.Л. Динамика населения мелких млекопитающих в сукцессионном ряду рекультивационных систем Южного Кузбасса // Фауна, таксономия, экология млекопитающих и птиц. Новосибирск: Наука, 1987. С. 28–38.
- Мухачева С.В. Многолетняя динамика концентрации тяжелых металлов в корме и организме рыжих полёвок (*Myodes glareolus*) в период понижения выбросов медеплавильного завода // Экология. 2017. № 6. С. 461–471.
- Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 740 с.
- Петров А.Н. Мелкие млекопитающие (Insectivora, Rodentia) трансформированных и ненарушенных территорий восточноевропейских тундр. СПб.: Наука, 2007. 177 с.
- Прокопьев Н.П. Население мелких млекопитающих в районе добычи рассыпных месторождений алмазов (среднее течение ручья Биллях) // Экологическая безопасность при разработке рассыпных месторождений алмазов. Якутск: Сахаполиграфиздат, 2004. С. 203–207.
- Прокопьев Н.П., Данилов В.А. Население мелких млекопитающих в районе Накынского кимберлитового поля // Наука и образование. 2002. № 1. С. 19–25.
- Ревуцкая О.Л. Количественный анализ влияния хозяйственной деятельности человека на динамику численности охотничьих животных // Региональные проблемы. 2014. Т. 17. № 2. С. 18–27.
- Шадрина Е.Г., Вольперт Я.Л. Реакция популяций мелких млекопитающих на стрессирующие воздействия природного и антропогенного происхождения // Наука и образование. 2004. № 2. С. 38–46.
- Шадрина Е.Г., Вольперт Я.Л., Данилов В.А. Показатели нарушения стабильности развития растений и животных как критерии качества среды в зоне воздействия предприятий угледобывающей промышленности Якутии // Проблемы регион. экологии. 2009. № 3. С. 43–48.
- Шадрина Е.Г., Вольперт Я.Л., Данилов В.А., Шадрин Д.Я. Биоиндикация воздействия горнодобывающей промышленности на наземные экосистемы Севера (морфогенетический подход). Новосибирск: Наука, 2003. 110 с.
- Шадрина Е.Г., Вольперт Я.Л., Алексеева Н.Н., Данилов В.А., Пудова Т.М. Биоиндикационная оценка изменения качества окружающей среды в результате воздействия алмазодобывающих предприятий // Горн. журн. 2012. № 2. С. 79–83.
- Шишикин А.С., Тимошкин В.Б. Оценка воздействия строительства Эвенкийской ГЭС на охотничьи ресурсы // Лес. таксация и лесоустройство. 2010. № 1(43). С. 165–176.
- Шишикин А.С., Ореников Д.Н., Углова Е.С. Состояние животного населения в зоне воздействия Норильского промышленного комплекса // Сиб. экол. журн. 2014. № 6. С. 997–1008.
- Юдкин В.А., Вартопатов Л.Г., Козин В.Г. Изменение населения наземных позвоночных при освоении нефтегазовых и газовых месторождений на севере Западной Сибири // Сиб. экол. журн. 1996. Т. 3. Вып. 6. С. 573–584.
- Gortat T., Barkowska M., Gryczynska-Siemiatkowska A., Pieniazek A., Kozakiewicz A., Kozakiewicz M. The effects of urbanization – small mammal communities in a gradient of human pressure in Warsaw city, Poland // Pol. J. Ecol. 2014. V. 62. P. 163–172.
- Łopucki R., Mróz I., Berliński Ł., Burzych M. Effects of urbanization on small-mammal communities and the population structure of synurbic species: an example of a medium-sized city // Can. J. Zool. 2013. V. 91(8). P. 554–561.

## Transformation of Mammal Population under the Anthropogenic Transformation of Arctic and Subarctic Natural Landscapes

Ya. L. Vol’pert<sup>1, #</sup> and E. G. Shadrina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Research Institute of Applied Ecology, North-Eastern Federal University, ul. Lenina 1, Yakutsk, 677000 Russia

<sup>2</sup>Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS; ul. Lenina 41, Yakutsk, 677980 Russia

#e-mail: yiv52@mail.ru

The investigations of the mammalian population reaction to the technogenic transformation of natural landscapes in different regions of Yakutia were carried out in the period 1993–2015. The research covered both hunting species and small mammals. It is established that hunting species are mainly affected by direct persecution, and the transformation of the population of small mammals primarily depends on the intensity of the natural landscape anthropogenic transformation and geographical zonality. The consequences of the transformation of the natural landscape are more profound in the Arctic than in the middle taiga subzone. Moreover, in the Arctic zone the mammal population is not able to restore the original status after a deep anthropogenic transformation.