

УДК 575.21

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА КОПЫТНЫХ ЖИВОТНЫХ, ОБИТАЮЩИХ В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ

© 2024 г. К. А. Лайшев¹*, Ю. А. Столповский²**, А. А. Южаков¹, М. Т. Семина²

¹Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр РАН, Санкт-Петербург, Россия

²Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова Российской академии наук, Москва, Россия

* e-mail: layshev@mail.ru

** e-mail: stolpovsky@mail.ru

Поступила в редакцию 25.09.2023 г.

После доработки 27.09.2023 г.

Принята к публикации 24.10.2023 г.

Генетический потенциал копытных животных Арктической зоны РФ богат и разнообразен, но требует современных методов исследования. Применение генетических систем позволяет изучить геном животных, определить состояние генетического разнообразия вида, предложить разумные пути поддержания уровня гетерозиготности у одомашниваемых животных, целенаправленно получать особей, которые наделены необходимыми человеку признаками. Анализ генофондов и их структуры интересен как для современной селекции и природоохранной генетики, так и может быть востребован в будущем при планировании развития животноводства в Арктической зоне на десятилетия вперед. Уникальные адаптационные возможности животных к суровым условиям Крайнего Севера открывают широкие возможности для их рационального использования. Северный олень, овцебык и снежный баран являются важнейшими компонентами высокоширотных экосистем, в которых практически не могут обитать другие виды копытных. Таким образом они представляют собой большую научную и практическую ценность в деле сохранения агроразнообразия в Арктической зоне РФ.

Ключевые слова: Арктическая зона РФ, копытные животные, генетический потенциал

DOI: 10.31857/S0042132424010024, **EDN:** RYFBIG

ВВЕДЕНИЕ

Северное оленеводство является ведущей сельскохозяйственной отраслью традиционного природопользования в Арктической зоне РФ.

В настоящее время большое внимание уделяется исследованиям, связанным с Арктическими территориями РФ. Несомненно, в первую очередь они связаны с охраной территории, с разведкой и добычей полезных ископаемых, развитием Северного морского пути (Сапожникова и др., 2022). В то же время следует отметить, что решение периодически возникающих экологических проблем, вопросы рационального использования природных ресурсов и сохранения отраслей традиционного природопользования, повышения жизненного уровня коренных малочисленных народов Крайнего Севера и особенно вопросы продовольственной безопасности территории так же актуальны и требуют конкретных решений.

Проблему сохранения генетических ресурсов местных пород и сортов растений мировое сообщество тесно связывает с необходимостью сохранения культурных традиций, биологизацией сельского хозяйства, с продовольственной безопасностью, устойчивым развитием сельского хозяйства и агро-, экolandшафтов в мире и в его отдельных регионах, а также качеством жизни в целом (<http://www.fao.org>; Столповский и др., 2013).

В то же время некоторые авторы отмечают, что для обеспечения возрастающих потребностей в продукции животного происхождения, особенно мяса и мясопродуктов, требуется увеличение их производства, однако решение этой задачи связано с рядом проблем, одной из которых является ограниченность генетических ресурсов (Багиров и др., 2009; Савельева, 2013; Fuglie, 2004; Regmi et al., 2008).

В.А. Багиров с соавт. (Багиров и др., 2009, 2018) считают, что прогресс в животноводстве

возможен при наличии в популяции генетического разнообразия, при наличии генотипов, адаптированных к конкретным условиям. Сохранение сельскохозяйственных животных и их рациональное использование — стратегические и наиважнейшие задачи в животноводстве — это задачи федерального уровня. Одним из путей рационального ведения животноводства является создание новых источников животноводческой продукции, а также вовлечение в сельскохозяйственное производство ресурсов дикой фауны (Столповский и др., 2022).

ГЕНЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ЖИВОТНЫХ АРКТИКИ

При рассмотрении вопроса оценки генетического потенциала копытных, обитающих в Арктической зоне РФ, и перспективах его использования, следует определить два направления:

1. Развитие генетического потенциала domesticированных видов животных, которое в основном представлено оленеводством.
2. Сохранение и рациональное использование генетического потенциала основных видов крупных копытных животных дикой фауны.

Домашний северный олень

Домашнее оленеводство оказывает существенное влияние на формирование продоволь-

ственной базы Арктической зоны РФ, особенно в автономных округах (рис. 1).

При этом оленеводство следует рассматривать не только как исторически сложившуюся отрасль в северном хозяйстве природопользования, но и как форму сохранения уникальных северных этносов.

В 2022 г. насчитывалось около 1.7 млн голов домашних северных оленей. Наибольшее количество животных было зафиксировано в Ямало-Ненецком автономном округе (700 тыс. гол.), далее в Ненецком автономном округе (175.5 тыс. гол.), республике Саха (Якутия) (171 тыс. гол.) и Чукотском автономном округе (145 тыс. гол.).

Оценивая природный потенциал поголовья северных оленей в Арктической зоне РФ с учетом оленеемкости пастбищ, возможность увеличения поголовья животных составляет более 460 тыс. особей. Особенно большие перспективы увеличения поголовья домашних оленей имеются в Магаданской обл., Республике Саха (Якутия), Чукотском автономном округе и Эвенкийском муниципальном районе Красноярского края.

Оценивая генетический потенциал домашнего оленеводства, стоит напомнить, что в Минсельхозе СССР в 1985 г. утверждены четыре породы.

Ненецкая порода — оленей разводят на территории Мурманской, Архангельской, Тюменской областей, Коми АССР, Красноярского края (Таймырский автономный округ) (рис. 2).



Рис. 1. Стадо домашних оленей на Ямале (Фото К. А. Лайшева).

Чукотская порода — разводят на территории Магаданской обл. (Чукотский автономный округ), Камчатской обл., Республики Саха (Якутия).

Эвенская порода — разводят на территории Республики Саха (Якутия), Магаданской и Камчатской областей.

Эвенкийская порода — разводят на территории Красноярского края (Эвенкийский муниципальный район), Хабаровского края, Республики Саха (Якутия), Тувинской, Бурятской, Иркутской, Читинской, Амурской, Сахалинской областей.

Более детальный анализ краниологических и морфологических признаков позволяет внутри пород выделить экотипы. Так, например, в ненецкой породе можно говорить о пяти экотипах: кольском, печерском, ямальском, колымском, таймырском. В чукотской породе может быть выделен экотип харгин; в эвенской — тундровый и горно-таежный; в эвенкийской — эвенкийский, охотский, тофаларо-тувинский (Южаков и др., 2018, 2023).

Генетическая уникальность каждой породы обусловлена ее структурой и адаптивностью к агроклиматическим условиям разведения. Для

изучения генофондов северных оленей использовались различные генетические маркеры.

Одними из первых были исследованы белки и изоферменты крови с помощью которых был проведен геногеографический анализ (Шубин, 1969; Шубин, Ефимцева, 1988; Бороздин и др., 1989). Полученная информация позволила определить направление и интенсивность пространственно-временного течения эволюционного процесса для северного оленя.

Изучение митохондриального генома северного оленя проводилось как для изучения доместики и породного разнообразия, так и в рамках экологических и историко-демографических исследований расселения *R. tarandus*. По отдельным митохондриальным маркерам было изучено генетическое разнообразие северных оленей в северных территориях как европейской, так и азиатской части России (Харзинова и др., 2015, 2019; Доцев и др., 2020; Столповский и др., 2020; Додохов и др., 2020; Соловьева и др., 2022а, 2022б).

В настоящее время проводятся исследования генетического разнообразия ядерного генома пород и подвидов северного оленя. Проведено полногеномное секвенирование (Li et al., 2017; Weldenegodguad et al., 2020).



Рис. 2. Важенка с теленком ненецкой породы (Фото К. А. Лайшева).

Наиболее перспективное и важное направление в генетике северного оленя — поиск ассоциаций генотипа и фенотипа. Активное исследование данных направлений стало возможным благодаря открытию так называемого ОНП (однонуклеотидного полиморфизма или SNP, single nucleotide polymorphism). Считается, что за последние 40 лет открытие SNP является одним из крупных достижений в области молекулярной генетики. Создание панели SNP-маркеров, ассоциированных с хозяйственно значимыми признаками, повысит эффективность селекционно-племенной работы в оленеводстве (Семина и др., 2022; Кошкина и др., 2022; Крутикова, Пегливанян, 2023).

Точные знания о генетической специфичности популяции необходимы для выбора селекционной стратегии, для улучшения продуктивных качеств пород и для создания селекционно-племенных программ для каждого выделенного экотипа.

Например, на Нарьян-Марской сельскохозяйственной опытной станции на основании изучения межмикросателлитной последовательности ДНК у молодняка и взрослых особей оленей Малоземельской тундры и о. Колгуев была проведена сравнительная оценка внутригруппового и внутрипопуляционного полиморфизма ДНК и уровня гетерозиготности. Установлено, что, несмотря на относительно высокий уровень сходства отдельных особей по исследованным участкам ДНК, значения этого показателя свидетельствуют о существенном генетическом разнообразии соответствующих микросателлитных локусов у оленей, что дает возможность использовать оленей о. Колгуев для прилития крови оленям Малоземельской тундры и контролировать генетическое разнообразие и инбридинг, что, в свою очередь, обеспечивает устойчивое разведение популяций (Южаков и др., 2018; Романенко и др., 2020; Крутикова, Пегливанян, 2023).

Для изучения генетической дифференциации и филогении пород и популяций северного оленя (*Rangifer tarandus* L.) разработана тест-система, основанная на мультиплексном ПЦР-анализе 16 высокополиморфных STR-маркеров: Rt6, BMS1788, Rt30, Rt1, Rt9, FCB193, Rt7, BMS745, C143, Rt24, OheQ, C217, C32, NVHRT16, T40 и C276. С помощью разработанной тест-системы исследованы 397 животных из 11 выборок, четыре из которых относятся к диким формам северного оленя, а остальные представляют ненецкую, эвенскую и эвенкийскую породы, разводимые в различных климатических зонах РФ. Для 16 микросателлитных локусов идентифицировано 204 аллеля, некоторые из них могут счи-

таться породо-специфичными. Статистический анализ микросателлитных данных показал, что разработанная тест-система является эффективным инструментом для идентификации домашних и диких форм северного оленя, тестирования породной принадлежности животных и определения миграционных потоков вида на обширной территории их обитания.

Выявлены существенные межпородные различия в современных популяциях северных оленей. В целом, в домашних популяциях оленей наблюдается снижение общего уровня генетического разнообразия, возможно, это последствия снижения численности и увеличения уровня изоляции (Столповский и др., 2020).

Дикий северный олень

Дикий северный олень (*Rangifer tarandus tarandus*) — наиболее массовый вид копытных в Арктике. Наибольшее количество диких северных оленей обитает на Таймыре. Численность таймырской популяции в начале XXI в. достигала около 1 млн гол. и имела огромное хозяйственное значение. За 35 лет ее эксплуатации было изъято более 1.9 млн гол. (рис. 3).

В настоящее время из-за комплекса абиотических и биотических факторов (чаще всего это связано с бесконтрольной добычей и промышленным освоением территорий) численность диких копытных в регионе сократилась и составляет немногим более 200 тыс. особей (Якушкин и др., 2001; Колпашиков и др., 2003; Кочкарев и др., 2018; Бондарь, Колпашиков, 2019б). Численность диких северных оленей в других регионах Арктической зоны РФ существенно меньше за исключением Чукотского автономного округа и северных районов Республики Саха (Якутия) (Кривошапкин, 2019; Слепцов, Жондоров, 2023; Давыдов и др., 2023).

Генетические исследования по диким северным оленям в целом связаны с изучением характеристики современного состояния генетического разнообразия популяций дикого северного оленя, обитающих на территории Арктической зоны РФ, с разработкой тест-систем для идентификации домашних и диких форм северного оленя, с определением миграционных потоков вида на обширной территории их обитания.

Д.А. Баранова с соавт. (Баранова и др., 2012) провели анализ полиморфизма нуклеотидных последовательностей фрагмента контрольного региона мтДНК для оценки генетического разнообразия дикого северного оленя (*Rangifer tarandus*), населяющего европейскую часть России, включая Республику Коми, Архангельскую,



Рис. 3. Стадо диких северных оленей на Таймыре (Фото В. А. Куксова).

Мурманскую области и Карелию. Филогенетический анализ показал близкое родство европейских северных оленей с дикими северными оленями Сибири, а у северных оленей из Мурманской обл. был описан общий гаплотип с дикими северными оленями, населяющими Юго-Западную Норвегию. Предполагается, что дикие северные олени Европейского Севера России в недавнем прошлом составляли единую популяцию с оленями, населявшими север азиатской части Евразии. Д.А. Соловьева с соавт. (Соловьева и др., 2022а) изучили характеристику современного состояния генетического разнообразия пород домашнего оленя и популяций дикого северного оленя, обитающих на территории Республики Саха (Якутия), с использованием STR-маркеров и отметили, что в структуре генетического древа четко выделяются два кластера: дикие и домашние группы северного оленя, а полученные результаты могут быть полезны при разработке научно-обоснованных программ по сохранению дикого северного оленя.

Ю.А. Столповский с соавт. (Столповский и др., 2020) по результатам своих исследований генофондов диких и одомашненных оленей сделали вывод, что более 70% уникального ал-

лелофонда сосредоточены в диких популяциях северных оленей.

Популяции диких северных оленей — это уникальный генетический материал, который можно использовать в природоохранных и хозяйственных целях. Исследования генофондов диких северных оленей позволит оценить степень родства и/или изолированности внутривидовых группировок. Выяснение популяционно-генетической структуры дикого северного оленя России важно для разработки стратегии управления и сохранения ресурсов этого вида.

Овцебык

Овцебык (*Ovibus moschatus*) — с одной стороны, это сравнительно новый вид для Арктической зоны РФ, с другой — восстановленный, ранее живший на Таймыре вид копытных животных (рис. 4).

Реакклиматизация овцебыка началась в 1970-х гг. прошлого столетия. В 1974 г. на Восточный Таймыр и о. Врангеля выпустили 50 овцебыков, завезенных из Канады и США. Цель интродукции овцебыков на Таймыр и о. Врангеля — создание места накопления племенного материала для последующего расселения в тун-



Рис. 4. Стадо овцебыков на Таймыре (Фото В.И. Кирпиченко).

дровые зоны Российской Арктики, чтобы заполнить пустующую экологическую нишу крупными копытными животными (Якушкин, 1998; Якушкин и др., 2012).

За 50 лет реадaptации вида численность овцебыков в различных регионах РФ выросла более чем в 180 раз и составляет в настоящее время 9,07 тыс. особей (Бондарь, Колпашиков, 2019а; Борисюк, 2019; Корякина, 2021).

По данным некоторых исследователей, через 10 лет при среднегодовом приросте популяции 19% и ежегодном изъятии 2% численность овцебыков достигнет 20 тыс. особей. Расчеты показывают, что при изъятии за 10 лет 2,0 тыс. животных общая стоимость только мясной продукции будет составлять 40 млн руб. (Попов, 2019; Мишуков и др., 2020).

Следует особо отметить, что овцебык — единственное копытное животное, которое оседло живет в самых бесплодных районах Арктики. В ее отдельных регионах травянистой растительностью покрыто всего 12–15% поверхности земли, а запасы кормов составляют 2,8–7,0 ц/га. Стоит напомнить, что усвояемость корма у овцебыка в пять раз выше, чем у крупного рогатого скота, поэтому использование генетического потенциала овцебыка в гибридизации перспек-

тивно и необходимо (Якушкин, 1998; Якушкин и др., 2012; Бондарь, Колпашиков, 2019а).

Генетические исследования по овцебыку немногочисленны, что в первую очередь связано со сложностью отбора биологического материала.

Н.В. Гордеева с соавт. (Гордеева и др., 2009) провели оценку генетического разнообразия в микросателлитных локусах (ожидаемая гетерозиготность и число аллелей на локус) у интродуцированных овцебыков. Показатели генетического разнообразия оказались довольно высокими для популяций, образовавшихся от незначительного числа особей-основателей. Последствия генетического дрейфа оказались не так значительны, как можно было ожидать, очевидно благодаря высокой скорости мутирования нейтральных микросателлитных локусов и быстрому росту образовавшихся популяций.

Н.В. Бардуков с соавт. (Бардуков и др., 2011) выполнили сравнительный анализ трех популяций овцебыков, обитающих в Восточной Гренландии, на п-ве Таймыр и о. Врангеля по двум типам молекулярно-генетических маркеров — ISSR-PCR и IRAP-PCR. Обнаружены отличия; так данные по ISSR-PCR соответствовали истории происхождения популяций, степени близкородственных скрещиваний, однако полиморфизм

IRAP-PCR-маркеров оказался наибольшим у реинтродуцированных групп по сравнению с исходной популяцией.

М.И. Соколова и С.С. Кузьмина (Соколова, Кузьмина, 2020) отмечали, что активно ведутся работы по изучению генома овцебыка, проведен хромосомный анализ современных и вымерших овцебыков внутри вида, степень их родства, при этом до сих пор не разрешен вопрос: от какого подсемейства произошел овцебык, от подсемейства бычьих или от подсемейства козьих? В связи с последними достижениями науки, развитием технологий, созданием новых методик изучения ДНК этот спорный вопрос решается.

Дальнейшие наблюдения за популяционно-генетическими изменениями популяций овцебыков в ходе освоения Севера России помогут лучше представить микрореволюционные процессы, действующие в природных популяциях, позволят оптимизировать методику расселения овцебыка в Арктической зоне РФ, выявить хозяйственно-полезные гены, которые можно будет использовать в селекционно-племенной работе на других видах животных.

Снежный баран

Снежный баран (*Ovis nivicola*) — один из редких видов копытных в Северной Азии. В настоящее время по современной классификации различаются четыре подвида снежного барана (путоранский, чукотский, якутский и корякский), причем первые два относятся к особо охраняемым “краснокнижным” видам (рис. 5).

Ареал обитания снежного барана на западе охватывает плато Путорана, на востоке его граница доходит до Чукотского автономного округа. Как уникальный представитель копытных животных, адаптированный к обитанию в экстремально жестких условиях высокогорий Крайнего Севера, снежный баран имеет особую значимость. В настоящее время обширные малопродуктивные территории высокоширотных горных ландшафтов плато вовлечены в хозяйственный оборот лишь посредством промысловой эксплуатации таймырской популяции диких северных оленей. При восстановлении численности в отдельных регионах снежный баран может стать перспективным объектом охоты, что позволит получать продукцию от еще одного представителя фауны копытных животных Заполярья. Помимо хозяйственной ценности снежного барана, следует подчеркнуть важность экологической роли вида в горных биоценозах Крайнего Севера. Некоторые ученые справедливо отмечают, что снежный баран, являясь единственным крупным растительноядным млекопитающим, круглогодично

использующим кормовые ресурсы верхних поясов гор, играет важную роль в энергетическом обмене между различными трофическими уровнями биоценозов (Железнов, 1975; Ларин, 1984; Филь, Мосолов, 2010; Дунайцева, 2020; Сипко, Поярков, 2021; Бондарь, 2023).

О необходимости сохранения и рациональном использовании генетических ресурсов снежного барана писали Ш.Н. Насибов с соавт. (Насибов и др., 2010), которые отмечали, что создание криобанка семени снежного барана — надежный способ резервирования генетических ресурсов, который обеспечит дальнейшее рациональное его использование с целью получения новых высокопродуктивных селекционных форм сельскохозяйственных животных с использованием методов отдаленной гибридизации.

В.А. Багиров с соавт. (Багиров и др., 2016) представили исследования, посвященные характеристике генетического разнообразия снежного барана и сохранению его генофонда в пределах крупнейшего очага распространения — горных экосистем Республики Саха (Якутия). Представлены первые результаты исследований по созданию новых высокопродуктивных селекционных форм посредством межвидовой гибридизации снежного барана с домашними овцами.

Т.Е. Денискова с соавт. (Денискова и др., 2018) по 17 микросателлитным локусам изучили генетическую характеристику аллелофонда четырех групп якутского подвида снежного барана (*Ovis nivicola lydekkeri*), обитающих в различных частях Верхоянской горной цепи: Хараулахский хребет, хребет Орулган, хребты Центрального Верхоянья, хребет Сунтар-Хаята. Обнаружен значительный дефицит гетерозигот во всех группах и показана дифференциация изучаемых групп в соответствии с их географическим происхождением.

А.В. Доцев с соавт. (Доцев и др., 2022) с помощью полногеномного анализа исследовали генетическое разнообразие 13 популяций снежного барана. Результаты генотипирования позволили выявить популяции снежного барана, которые являются обособленными, а также популяции, образованные в результате смешения соседних групп.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении следует сказать, что генетический потенциал копытных животных Крайнего Севера богат и разнообразен, но, к сожалению, мало изучен. Его, несомненно, необходимо исследовать. Существует большой интерес к использованию ДНК-технологии для изучения



Рис. 5. Снежные бараны в Пutorанах (Фото А. Волкова).

диких и одомашниваемых животных Севера. Применение генетических систем позволяет изучить геном животных, определить состояние генетического разнообразия вида, предложить разумные пути поддержания уровня гетерозиготности у одомашниваемых животных, целенаправленно получать особей, которые наделены желательными для человека признаками.

Анализ описанных выше генофондов их структуры интересен как для современной селекции и природоохранной генетики, так и может быть востребован в будущем при планировании развития животноводства в Арктической зоне на десятилетия вперед. Уникальные адаптационные возможности животных к суровым условиям Крайнего Севера открывают широкие возможности по их рациональному использованию. Северный олень, овцебык и снежный баран являются важнейшими компонентами высокоширотных экосистем, в которых практически не могут обитать другие виды копытных, таким образом они представляют собой большую научную и практическую ценность в деле сохранения агроразнообразия в Арктической зоне РФ. В настоящее время крайне важно создать национальную программу поддержки арктических генофондов, глобальный план действий по

исследованию генетических ресурсов животных Севера.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 22-16-00062, а также в рамках государственных заданий Минобрнауки РФ “Генетические технологии в биологии, медицине и сельском хозяйстве” — 122022600162-0 и “Изучение генофондов сельскохозяйственных животных” (16.11.2016) — ААА-А-16-116111610182-7.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

Настоящая статья не содержит каких-либо исследований с участием людей и животных в качестве объектов изучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Багиров В.А., Эрнст Л.К., Насибов Ш.Н. и др. Сохранение биоразнообразия животного мира и использование

- отдаленной гибридизации в животноводстве // До-
стижения науки и техники АПК. 2009. № 7. С. 54–56.
- Багиров В.А., Иолчиев Б.С., Волкова Н.А. и др. Использо-
вание генетических ресурсов дикой фауны для по-
вышения генетического разнообразия // Актуальная
биотехнол. 2028. № 3 (26). С. 209–213.
- Багиров В.А., Охлопков И.М., Зиновьева Н.А. и др. Снеж-
ный баран Якутии: генетическое разнообразие и
пути сохранения генофонда Дубровицы: ФИЦ ВИЖ
им. Л.К. Эрнста, 2016. 272 с.
- Баранова А.И., Холодова М.В., Давыдов А.В., Рожков Ю.И.
Полиморфизм контрольного региона мтДНК диких
северных оленей европейской части России *Rangifer
tarandus* (Mammalia: Artiodactyla) // Генетика. 2012. Т.
48 (9). С. 1098–1104.
- Бардуков Н.В., Сипко Т.П., Глазко В.И. ISSR-PCR- и
IRAP-PCR-маркеры в оценках генетической струк-
туры реинтродуцированных популяций овцебыков
на севере России // Изв. Тимирязевской сельскохоз.
академии. 2011. № 6. С. 136–143.
- Бондарь М.Г. Толстороги плато Путорана // Наука из
первых рук. 2023. № 1 (96). С. 78–99.
- Бондарь М.Г., Колпащиков Л.А. Современные данные о
структуре популяции овцебыка на полуострове Тай-
мыр // Млекопитающие России: фаунистика и во-
просы териогеографии. 2019а. С. 34–37.
- Бондарь М.Г., Колпащиков Л.А. Таймырская популяция
дикого северного оленя в изменяющихся условиях
среды обитания // Науч. вестн. Арктики. 2019б. № 6.
С. 8–15.
- Борисюк В.Н. Реинтродукция овцебыка в Ямало-Ненец-
ком автономном округе // Науч. вестн. Арктики.
2019. № 6. С. 15–19.
- Бороздин Э.К., Мухачев А.Д., Савадерева Л.Ф. Проблема
генетики в северном животноводстве // Совершен-
ствование технологии и повышение экономической
эффективности северного животноводства. Ново-
сибирск: ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние. МЗНИИСХ СВ,
1989. С. 45–49.
- Гордеева Н.В., Сипко Т.П., Груздев А.Р. Изменчивость
микросателлитной ДНК в популяциях овцебыков
Ovibos moschatus, акклиматизированных на Севере
России // Генетика. 2009. Т. 45 (7). С. 932–940.
- Давыдов А.В., Моргунов Н.А., Чугреев М.К., Ткачева И.С.
Северные олени Крайнего Северо-Востока России //
Вестн. АПК Верхневолжья. 2023. № 2 (62). С. 12–19.
- Денискова Т.Е., Доцев А.В., Охлопков И.М. и др. Характе-
ристика генетической структуры снежного барана
(*Ovis nivicola lydekkeri*) Верхоянской горной страны //
Генетика. 2018. Т. 54 (3). С. 342–348.
- Додохов В.В., Павлова Н.И., Калашишникова Л.А. Полимор-
физм микросателлитных локусов ДНК у оленей чу-
котской породы // Аграр. науч. журн. 2020. № 9. С.
49–53.
- Доцев А.В., Харзинова В.Р., Шимит Л.Д.О. и др. Генети-
ческая оценка изолированной популяции северного
оленя (*Rangifer tarandus*) из Тувы, Россия // Журн. зо-
отехн. 2020. Т. 98 (С4). С. 238–239.
- Доцев А.В., Родионов А.Н., Денискова Т.Е. и др. Полноге-
номный SNP-анализ структуры популяции и генети-
ческого разнообразия снежного барана (*Ovis nivicola*)
// Млекопитающие в меняющемся мире: актуальные
проблемы териологии (XI съезд Териологического
общества при РАН) / Мат. конф. с международным
участием Общества териологов РАН, 14–18 марта
2022 г., Москва, ИПЭЭ РАН). М.: КМК, 2022. 98 с.
- Дунайцева П.Д. Особенности биологии и экологии *Ovis
nivicola* // Молодежь XXI века: образование, нау-
ка, инновации / Мат. IX Всерос. студенческой на-
уч.-практ. конф. с международным участием. Ново-
сибирск, 02–04 декабря 2020 г. Новосибирск:
Новосибирский ГПУ, 2020. С. 210–211.
- Железнов Н.К. Снежный баран Чукотки // Тр. ВСХИЗО.
М. 1975. Вып. 104. С. 67–74.
- Колпащиков Л.А., Якушкин Г.Д., Кокорев Я.И., Михайлов В.В.
Современное состояние таймырской популяции
диких северных оленей (проблемы рационально-
го использования ресурсов, мониторинг, прогноз
численности) // Таймыр: биологические ресурсы и
перспективы их использования / Таймыр. Мат. меж-
дунар. науч.-практ. конф. “Биологические ресурсы
Таймыра и перспективы их использования”. СПб.;
Дудинка, 05–08 августа 2003 г. 2003. С. 52–59.
- Корякина Л.П. Интродукция овцебыка в Якутии // Ин-
новации в природообустройстве и защите в чрезвы-
чайных ситуациях / Мат. VIII междунар. науч.-практ.
конф. “Инновации в природообустройстве и защите
в чрезвычайных ситуациях”. Саратов, 21–22 апреля
2021 г. Саратов: Амирит, 2021. С. 507–510.
- Кочкарев П.В., Колпащиков Л.А., Кочкарев А.П. Динамика
популяций диких северных оленей (*Rangifer tarandus*)
тундрной и лесной формы на севере Красноярского
края, факторы и риски // Вестн. охотоведения. 2018.
Т. 15 (4). С. 266–270.
- Кошкина О.А., Соловьева А.Д., Денискова Т.Е. и др. Изуче-
ние генетического разнообразия домашних и диких
популяций северного оленя (*Rangifer tarandus* L.,
1758) с использованием маркеров ядерного и мито-
хондриального геномов // Сельскохоз. биол. 2022. Т.
57 (6). С. 1101–1116.
- Кривошапкин А.А. Современное состояние тундровых
популяций дикого северного оленя в Якутии // Ар-
ктический вектор: стратегия развития / Мат. II-й на-
уч.-практ. конф. Якутск, 22 мая 2019 г. Редколлегия:
И.В. Самсонова [и др.]. Якутск: Академия наук Ре-
спублики Саха (Якутия), 2019. С. 176–177.
- Крутикова А.А., Пегливанян Г.К. Анализ полиморфизма
гена *BMP2* костного морфогенетического белка-2 у
северных оленей // Междунар. вестн. ветеринарии.
2023. № 2. С. 161–170.
- Ларин В.В. Некоторые особенности биологии снежного
барана гор Путорана // Охрана живой природы. М.,
1984. С. 81–82.
- Мишуков И.О., Павлов П.М., Сипко Т.П. Овцебыковод-
ство как элемент комплексного развития Арктики //
Глобальные проблемы Арктики и Антарктики / Сб.
науч. мат. Всерос. конф. с междунар. участием, по-

- священной 90-летию со дня рождения акад. Николая Павловича Лавёрова, Архангельск, 02–05 ноября 2020 г. 2020. С. 1097–1102.
- Насибов Ш.Н., Багиров В.А., Кленовицкий П.М. и др. Сохранение и рациональное использование генофонда снежного барана // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 12. С. 63–65.
- Попов А.Л. Овцебык в Арктической зоне Республики Саха (Якутия) и перспективы его использования в социально-экономическом развитии региона // Арктический вектор: стратегия развития / Мат. II-й науч.-практ. конф. Якутск, 22 мая 2019 г. Якутск: Академия наук Республики Саха (Якутия), 2019. С. 183–187.
- Романенко Т.М., Харзинова В.Р., Лайшев К.А. Сравнительная характеристика микропопуляций северных оленей ненецкой породы малоземельской тундры НАО // Генетика и разведение животных. 2020. № 2. С. 37–43.
- Савельева А.В. Роль продовольственной проблемы в современной мировой экономике // Эконом. журн. ВШЭ. 2013. № 3. С. 524–539.
- Сапожникова О.А., Полягалова А.С., Забродина Е.Н. и др. Тренды и векторы устойчивого развития в Арктике: Арктический совет и регионы Российской Арктики // Электронная монография. В двух частях / Том. Ч. 1. Возможности привлечения повестки исследований рабочих групп Арктического совета для совершенствования механизмов охраны природы и реализации устойчивого природопользования регионов Арктической зоны Российской Федерации. М.: МГИМО МИД РФ, 2022. 339 с.
- Семина М.Т., Свищева Г.Р., Сипко Т.П. и др. Популяционная структура домашних и диких популяций северного оленя (*Rangifer tarandus*) // Генетические процессы в популяциях / Мат. науч. конф. с междунар. участием, посвященной 50-летию юбилею лаборатории популяционной генетики им. Ю.П. Алтухова ИОГен РАН и 85-летию со дня рождения академика Юрия Петровича Алтухова. 2022. Т. 56 (12). С. 1410–1426.
- Сипко Т.П., Поярков А.Д. Снежный баран *Ovis nivicola* Eschsholtz, 1829 // Красная книга Российской Федерации. 2-ое издание. М.: ВНИИ Экология, 2021. С. 1041–1045.
- Слепцов И.И., Жондоров П.Н. О диком северном олене как ценнейшем биологическом ресурсе для жителей Крайнего Севера // Аграрная экономика Севера и образование: развитие вместе / Сб. науч. статей внутривузовской науч.-практ. конф. экономического факультета, посвященной памяти профессора, д.э.н. В.Р. Дарбасова. 2023. С. 189–192.
- Соколова М.И., Кузьмина С.С. Перспективы изучения систематической принадлежности овцебыка с помощью генетической экспертизы // Науч. обозрение. Биол. науки. 2020. № 1. С. 31–39.
- Соловьева А.Д., Харзинова В.Р., Денискова Т.Е., Зиновьева Н.А. Исследование генетической структуры домашних и диких северных оленей Республики Саха (Якутия) с использованием STR-анализа // Генетика и разведение животных. 2022а. № 3. С. 5–11.
- Соловьева А.Д., Харзинова В.Р., Доцев А.В. и др. Исследование пород северного оленя Якутии по микросателлитам // Сб. науч. трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. 2022б. Т. 11 (1). С. 29–32.
- Столповский Ю.А. Популяционно-генетические основы сохранения генофондов доместифицированных видов животных // Вавиловский журн. генетики и селекции. 2013. Т. 17 (4). С. 900–915.
- Столповский Ю.А., Бабаян О.В., Каштанов С.Н. и др. Генетическая оценка пород северного оленя (*Rangifer tarandus*) и их дикого предка с помощью новой панели STR-маркеров // Генетика. 2020. Т. 56 (12). С. 1410–1426.
- Столповский Ю.А., Гостева Е.Р., Солоднева Е.В. Генетические аспекты истории развития скотоводства на территории России. М.: Акварель, 2022. 88 с.
- Филь В.И., Мосолов В.И. Снежный баран Камчатки. Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2010. 168 с.
- Харзинова В.Р., Гладырь Е.А., Федоров В.И. и др. Разработка мультиплексной панели микросателлитов для оценки достоверности происхождения и степени дифференциации популяций северного оленя *Rangifer tarandus* // Сельскохозяй. биол. 2015. Т. 50 (6). С. 756–765.
- Харзинова В.Р., Доцев А.В., Соловьева А.В. и др. Изучение изменчивости микросателлитов для характеристики аллелофонда и генетической структуры домашней популяции северного оленя (*Rangifer tarandus* L., 1758) // Биотехнология в растениеводстве, животноводстве и сельскохозяйственной микробиологии / Сб. тез. докладов 19-ой Всерос. конф. молодых ученых, посвященной памяти академика РАСХН Георгия Сергеевича Муромцева. Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии, 2019. С. 109–111.
- Шубин П.Н. Генетика трансферринов северного оленя и европейского лося // Генетика. 1969. Т. 5 (1). С. 37–41.
- Шубин П.Н., Ефимцева Э.А. Биохимическая и популяционная генетика северного оленя. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1988. 103 с.
- Южаков А.А., Романенко Т.М., Лайшев К.А. Новые знания, методы и модели в разведении, экологии и эпизоотологии северных оленей. СПб.–Пушкин: АльфаМиг, 2018. 72 с.
- Южаков А.А., Мухачев А.Д., Лайшев К.А. Породы и проблемы селекции северных оленей России. М.: Наука, 2023. 165 с.
- Якушкин Г.Д. Овцебыки на Таймыре. Монография / Ред. Я.И. Кокорев. Новосибирск: Рос. акад. с.-х. наук. Сиб. отд-ние. НИИ сел. хоз-ва Крайнего Севера, 1998. 236 с.
- Якушкин Г.Д., Колпашиков Л.А., Кокорев Я.И. Размещение и численность таймырской популяции диких северных оленей в 2000 г // Научное обеспечение рационального природопользования Енисейского Севера / Сб. науч. трудов. РАСХН, Сиб. отд-ние, ГНУ НИИСХ Крайнего Севера. Новосибирск: Ре-

- дакционнно-полиграфическое объединение СО РАС-ХН, 2001. С. 32–37.
- Якушкин Г.Д., Кокорев Я.И., Колпацников Л.А. Природные зоны и мир животных Таймыра. Монография. Белгород: ЛитКараВан, 2012. 276 с.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. Второй доклад о состоянии мировых генетических ресурсов животных для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства. <http://www.fao.org/3/a-i6132e.pdf>.
- Fuglie K.O. Challenging the bennets law: the new economies of starchy staples in Asia // Food Policy. 2004. V. 29 (2). P. 187–202.
- Li Z., Lin Z., Ba H. et al. Draft genome of the reindeer (*Rangifer tarandus*) // GigaScience. V. 6 (12). December 2017. <https://doi.org/10.1093/gigascience/gix102>
- Regmi A., Takeshima H., Unnevehr L. Convergence in global food demand and delivery / USDA Economic research report, № 56, March 2008. 39 p.
- Weldenegodguad M., Pokharel K., Ming Y. et al. Genome sequence and comparative analysis of reindeer (*Rangifer tarandus*) in Northern Eurasia // Sci. Rep. 2020. V. 10 (1). 8980. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65487-y>

Prospects of Using the Genetic Potential of Ungulates Living in Arctic Zone

K. A. Laishev^{a, *}, Yu. A. Stolpovsky^{b, **}, A. A. Yuzhakov^a, M. T. Semina^b

^aSaint Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

^bVavilov Institute of General Genetics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

* e-mail: layshev@mail.ru

** e-mail: stolpovsky@mail.ru

The genetic potential of ungulates of the Arctic zone of the Russian Federation is rich and diverse, but requires modern research. The use of genetic systems makes it possible to study the genome of animals, determine the state of the genetic diversity of the species, suggest reasonable ways to maintain the level of heterozygosity in domesticated animals, purposefully obtain individuals that are necessary for humans. The analysis of the above-described gene pools of their structure is interesting both for modern breeding and environmental genetics, and may be in demand in the future when planning the development of animal husbandry in the Arctic zone for decades to come. The unique adaptive capabilities of animals to the harsh conditions of the Far North open up wide opportunities for their rational use. Reindeer, musk ox and snow sheep are the most important components of high-latitude ecosystems, in which other ungulate species can practically not live, so they are of great scientific and practical value in preserving agro-diversity in the Arctic zone of the Russian Federation.

Keywords: Arctic zone of the Russian Federation, ungulates, genetic potential