

МОДЕЛИРОВАНИЕ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ И УСТОЙЧИВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ СЕВЕРНЫХ ОЛЕНЕЙ (НА ПРИМЕРЕ ТАЙМЫРСКОЙ ПОПУЛЯЦИИ)

В. В. Михайлов (Санкт-Петербург), Л. А. Колпащиков (Норильск)

В деле охраны и устойчивого использования ресурсов охотничье-промысловых животных Севера России проблема диких северных оленей является одной из важнейших. Численность этих животных на Енисейском Севере достигла 1 млн. особей или около 70% общего поголовья этих животных на территории тундровой зоны Средней и Восточной Сибири. Наиболее крупные стада таймырской популяции оленей обитают на Центральном и Восточном Таймыре. Эти группировки диких северных оленей наиболее динамичны и имеют тенденции к росту. Таймырская популяция диких северных оленей является географическим и экологическим феноменом, не имеющим аналогов по численности, длительности миграций, широте освоения зональных типов растительности [5]. Период изучения популяции оленей охватывает три этапа ее развития – допромысловый (1962–1972 гг.), этап регламентированного интенсивного промысла (1973–1993 гг.) и постпромысловый (с 1994 г. до настоящего времени). За это время поголовье оленей увеличилось примерно в 4 раза. Наиболее плодотворным в изучении таймырской популяции был период формирования и развития промысловой системы, когда осуществлялся контроль основных популяционных параметров, состояния кормовой базы и величины промыслового изъятия оленей, регулярно проводились учеты численности и пространственного размещения животных. Организованный промысел оленей дал массовый материал для оценки возрастно-половой структуры и морфо-физиологического состояния животных. Полученные данные о численности и половозрастной структуре систематизированы и обобщены с использованием демографических моделей различной детализации и точечных эколого-экономических моделей. На этой основе решались задачи прогнозирования, управления численностью и половозрастной структурой популяции [1,2,7,9,10]. С переходом в начале 90-х годов к капиталистической экономике и рыночным отношениям разрушилась организационно-производственная структура промысловых хозяйств, интенсивность регламентированного организованного промысла существенно снизилась и возросли темпы роста численности популяции. Ситуация с дикими оленями усугубляется тем, что естественные факторы – хищники, охота коренного населения, домашнее оленеводство – не могут существенно влиять на динамику численности популяции. С 1993 г. почти полностью было прекращено финансирование научных исследований популяции и прекращены авиаучеты. В результате экологический и хозяйственный контроль за состоянием популяции был утрачен.

В 2000 г. авиаучеты и наземные наблюдения возобновились. Исследователям предстоит ответить на ряд вопросов, без которых нельзя осмысленно решать на Таймыре задачи природопользования. Первый касается численности популяции и тенденции ее изменения. Второй – территориального размещения популяции и миграций. Третий – это вопрос о структуре популяции. Необходимо знать, представляет ли эта популяция единую панмиктическую единицу, или разделяется на более мелкие группировки-субпопуляции, которые имеют свои пути сезонных миграций и свои летние и зимние пастбища. Материалы, полученные по популяциям карibu на американском Севере, свидетельствуют в пользу второй версии. Однако данные авиа и наземных обследований таймырской популяции характеризуют очень большие межгодовые различия мест зимнего размещения животных и районов их отела. В последние десятилетия отмечены смещения зимовок и мест отела в восточном и южном направлении с расширением

первоначального ареала. Знание популяционной структуры позволит обосновать меры по сохранению фенотипического разнообразия таймырских оленей. Четвертый вопрос – это вопрос о пастбищах. Пастбища на Таймыре достаточно хорошо изучены [14, 16]. Зимние пастбища на территории Эвенкии и Якутии не исследованы, их современное состояние не известно. По ранее полученным оценкам предельная численность диких северных оленей на Таймыре составляет 820–850 тыс. особей [3]. В последующие годы ареал популяции существенно расширился, и эти данные требуют корректировки. Пятый вопрос касается влияния глобальных климатических изменений на территориальное размещение и миграции животных. Актуальной является задача прогнозирования пространственной структуры популяции в условиях глобальных изменений климата.

Поиск ответов на эти вопросы связаны с решением общей фундаментальной научной проблемы – выявления закономерностей пространственно-временной динамики популяций копытных животных в зависимости от внутривидовых и внешних факторов – кормовой базы, климатических условий, антропогенных воздействий. Решение данной проблемы в современных условиях требует применение новых технических средств и информационных технологий, более эффективных и менее затратных, чем применявшиеся ранее.

1. Получение данных.

Учеты численности диких северных оленей на Таймыре с 1966 г. выполняются во время концентрации животных на территории летних пастбищ при наступлении жаркой безветренной погоды и массовом вылете кровососущих двукрылых насекомых. Методика авиаучетов включает проведение рекогносцировочных полетов для выявления общей картины пространственного размещения оленей. На втором этапе выполняется регистрация основных группировок путем глазомерной оценки и фотографирования. Камеральная обработка состоит в монтировании фотографий скоплений оленей, подсчете количества животных в них и экстраполяции по территории для учета мелких групп и отдельных животных [12]. Поиск временных скоплений животных весьма сложная задача, решение которой требует одновременно совместной работы не менее 4 самолетов типа АН-2 и участие опытных специалистов. Проведение подобного рода учетов в настоящее время крайне затрудняется в связи с резким удорожанием авиатранспорта в России, ликвидации части местных аэропортов, исчерпанием ресурсов использования самолетов АН-2 и замена его на АН-3, недостаточно пригодного для подобных работ. С увеличением поголовья диких оленей Таймыра до 1 миллиона изменяются традиционные пути и сроки миграций, что значительно усложнило осуществление мониторинга на громадном ареале популяции, составляющем более 1,5 млн. кв. км. Новые маршруты и сроки перемещений основных группировок животных во многом неизвестны и недоступны для исследования обычными методами с применением малой авиации.

В настоящее время разработан метод обнаружения и учета количества животных по теплоизлучению с использованием сканирующей инфракрасной аппаратуры [15]. Метод был успешно применен для учета численности лосей в Ленинградской области, нерпы на Белом море, северных оленей в зимней лесотундре на Кольском полуострове. Преимуществом метода является широкое поле обзора (120°), съемки с высоты до 500 м, возможность автоматического подсчета животных на снимках. При установке тепловизора на самолете АН-30 может быть проведена сплошная съемка территории вероятного нахождения стад с точной географической привязкой, что исключает пропуски и повторный учет животных. Планируется использовать тепловизор в сочетании с широкоформатной телекамерой в 2006 г. на Таймыре для летнего учета диких северных оленей с целью снижения субъективных и случайных ошибок оценки численности.

Высокая стоимость авиаучетов связана с уникальностью использования авиации для решения одной конкретной задачи – обследования территориального размещения и определения численности популяции диких северных оленей. В отличие от этого космические аппараты являются многоцелевыми устройствами, что позволяет снизить финансовые затраты на решение частных задач. Но основным преимуществом спутникового зондирования является оперативная инвентаризация крупных стад и животных в районах разреженного выпаса в короткий период на обширной территории. Применение такой методики также исключает ошибки, связанные с повторной съемкой стад. Однако проблема инвентаризации стад диких северных оленей тундровых популяций на основе средств космического зондирования практически не изучена.

Современные методы фиксации миграций диких животных состоят в использовании радиошейников. Однако массовый выпуск радиошейников в России не налажен, а применение зарубежных приборов ограничено в связи с проблемами национальной безопасности. По таймырской популяции мы располагаем обширной информацией о территориальном размещении и миграции оленей на ретроспективе, полученной в результате авиа и наземных наблюдений [4, 5]. К настоящему времени выполнен лишь качественный анализ данных.

Для оценки степени обособления группировок и определения макроструктуры популяции используются молекулярно-генетические методы. Такие работы со взятием генетических проб от основных группировок оленей на Таймыре предполагается провести в 2006–2007 гг.

Космические многозональные съемки могут служить для картирования и оценки состояния ягельниковых пастбищ, выявления территорий их выгорания, слежением за состоянием снежного покрова, фенофаз растительности. На Чукотке и в Якутии эксплуатируется система поддержки оленеводства, разработанная при участии специалистов НАСА [17]. К сожалению, позиции советской космонавтики в Российской Федерации утрачены. Экологические работы в нашей стране ведутся на базе снимков земной поверхности, полученных с космических аппаратов США, стран ЕС и Индии.

Для представления погодно-климатических факторов с точки зрения их влияния на оленей нами использован биоклиматический подход [8,18]. В качестве интегрального показателя принята величина энергозатрат организма животных. Пространственно-временное распределение энергозатрат в зависимости от значений актинометрических и метеофакторов образуют биоклиматическое поле ареала популяции. Положение и сезонная динамика зон оптимума и пессимума поля определяют благоприятные и неблагоприятные по климатическим условиям районы ареала. Для расчета энергопотерь северных оленей используется компьютерная модель, имитирующая метаболические реакции организма в широком диапазоне изменения погодно-климатических условий [11]. Исходные уравнения модели формулируются в виде энергобалансовых соотношений для особи и распределяются затем на всю половозрастную структуру популяции. Усредненными стоками энергии животного являются продуктивный обмен, теплообмен, биомеханические энергозатраты. Модель учитывает влияние следующих погодно-климатических факторов: температуры воздуха, скорости ветра, высоты и плотности снежного покрова, облачности, прямой и диффузной радиации, угловой высоты солнца. Тепловое сопротивление для различных по толщине меха, величине жировых отложений, гипотермической специфике участков тела животного рассчитываются в различных блоках модели. Суточные энергозатраты находятся в зависимости от веса животного, бюджета времени и суммарных трат в тот или иной период активности. При построении биоклиматических полей ареала в качестве входной информации для модели

энергопотерь используются данные о климате, представленные в виде временных рядов.

2. Накопление и представление данных.

Для накопления, визуализации и когнитивного анализа данных о территориальном размещении диких оленей и состоянии ареала популяции (кормовых ресурсах, биоклимате, районах техногенного воздействия, искусственных препятствиях и др.), пищевых конкурентах, хищниках используются ГИС-технологии. ГИС биологических природных ресурсов Таймыра строится на базе геоботанической карты территории с занесением в базу данных информации о современном состоянии ресурсов и ретроспективе для выявления динамики природных процессов. Вторая задача, которая будет решаться с помощью ГИС, – получение количественных оценок взаимосвязи распределенных данных о факторах среды и территориальном размещении животных.

3. Анализ и обобщение данных, проверка гипотез и прогнозирование.

Средством поддержки решения этих задач является моделирование. Будут использованы два подхода к имитации пространственной динамики популяции – на основе динамической модели компартментного типа и агентного подхода (*individual base model*). Разрабатываемые модели являются по сути экосистемными, поскольку включают не только модель популяции северных оленей, но и модели среды обитания – кормовой базы, пищевых конкурентов, хищников, климатических условий ареала, антропогенных и техногенных воздействий, включая традиционные системы природопользования коренных народов Таймыра. Между системой моделирования и ГИС будет осуществляться информационный обмен через общую базу данных. Роль ГИС в комплексной системе – это хранение данных, их картографическая привязка, отображение результатов моделирования.

В настоящее время разработана пространственно распределенная динамическая модель системы «популяция диких северных оленей Таймыра – пастбища – человек». Модель относится к классу компартментных. Ареал популяции представлен множеством секторов, каждый из которых характеризуется определенным запасом кормов и биоклиматическим показателем энергозатрат. Популяция размещается по секторам ареала, образуя в каждом некоторую группировку. В пределах сектора группировки «живут» изолированно в течение модельного шага счета. За это время часть животных погибает от естественных причин, часть изымается промыслом. Олени поедают корма в соответствии с потребностями. Запас кормов на пастбищах изменяется с учетом естественного прироста, отмирания и выедания животными. По окончании модельного шага происходят межсекторные переходы животных, в результате которых формируются новые группировки, которые будут «проживать» в секторах в течение очередного шага счета. По завершении года жизни животных в модели выполняются возрастные переходы и пополнение популяции за счет родившихся телят. Модель пастбищ отражает зональную структуру растительного покрова Таймыра. Границы подзон выбраны в соответствии с геоботаническим районированием Таймыра по работам Р.П. Щелкуновой и Н.В. Матвеевой [6, 16]. Биоклиматические поля ареала были рассчитаны с помощью модели энергообмена северных оленей на основе среднемесячных значений метеоданных от сети метеостанций в ареале популяции [12].

Предпринятая работа, по мнению авторов, будет способствовать выявлению закономерностей пространственно-временной динамики диких копытных животных в условиях антропогенных воздействий и глобальных климатических изменений и позволит восстановить экологический и хозяйственный контроль над популяцией диких северных оленей Таймыра.

Литература

1. **Иванищев В.В., Михайлов В.В.** Автоматизация моделирования экологических систем. –Изд. СПбГТУ, 2000. – 171 с.
2. **Иванищев В.В., Михайлов В.В.** Системное проектирование как методологическая основа решения крупномасштабных программ развития Таймыра//Вопросы экологии традиционного природопользования на Крайнем Севере. –Новосибирск, 2002. – С.54–67.
3. **Колпащиков Л.А., Куксов В.А., Павлов Б.М.** Экологическое обоснование предельной численности таймырской популяции диких северных оленей//Экология и рациональное использование позвоночных севера Средней Сибири. ВАСХНИЛ. – Новосибирск, 1983. – С. 3–14.
4. **Колпащиков Л.А., Михайлов В.В.** Особенности пространственно-временной структуры таймырской популяции диких северных оленей//Актуальные проблемы природопользования на Крайнем Севере. –Новосибирск, 2004. – С.18–34.
5. **Лайшев К.А., Мухачев Д., Колпащиков Д.А., Зеленский В.М., Пикулева И.Н.** Северные олени Таймыра. –Новосибирск, 2002. – 340 с.
6. **Матвеева Н.В.** Зональность в растительном покрове Арктики. –СПб, 1998. –220 с.
7. **Михайлов В. В., Павлов Б. М., Зырянов В. А., Колпащиков Л.А., Куксов В. А.** Исследование таймырской популяции диких северных оленей с помощью математических моделей//Ресурсы, экология и рациональное использование диких северных оленей в СССР. –Новосибирск, 1990. – С. 14–25.
8. **Михайлов В.В., Мордовин В.Ю.** Биоклиматическая модель популяции диких северных оленей//Освоение Севера и проблема рекультивации. Доклады Международной конференции. –Сыктывкар, 1994. – С. 218–228.
9. **Михайлов В.В.** Моделирование для решения проблем развития этноприродных систем северных регионов//Таймыр: Материалы Международной научно-практической конференции. «Биологические ресурсы Таймыра и перспективы их использования». –СПб.: Астерион, 2003. – С. 224–230.
10. **Михайлов В.В., Колпащиков Л.А.** Прогнозирование численности диких северных оленей таймырской популяции//Зоо. журн. –2003. –Т.87. –№ 6,– С.714–723.
11. **Мордовин В.Ю., Михайлов В.В.** Модель энергозатрат животных и климат//Труды СПИИРАН. –СПб.: Наука, 2004. –Т. 2. –Вып.2. –С. 201–214.
12. **Мордовин В.Ю., Михайлов В.В., Колпащиков Л.А.** Биоклиматическая модель ареала диких северных оленей (методические указания по построению и практическому использованию) – НИИСХ Крайнего Севера РАСХН. –Изд. СПбГУАП, 2005. – 32 с.
13. **Павлов Б.М., Колпащиков Л.А., Михайлов В.В.** Методика авиаучета и определение норм опромышления таймырской популяции диких северных оленей. Методические рекомендации. –СПб.: 1999. –25 с.
14. **Пикулева И.Н., Жиганова Е.С.** Динамика лишайниковых пастбищ в таймырском автономном округе//Таймыр: Материалы Международной научно-практической конференции. «Биологические ресурсы Таймыра и перспективы их использования». –СПб.: Астерион, 2003. – С. 129–139.
15. **Шилин Б.В.и др.** Основные достижения в развитии тепловой аэросъемки//Оптич. журн. –2003. –Т.70. –№10,– С.77–83.
16. **Щелкунова Р.П.** Зональное распределение кормовой фитомассы на Таймыре//Бот. журн. –1982. –Т.67. – С.479–491.
17. **Maynard N., Yurchak B., Steptsov Y., Turi Y., Mathiesen S.** Space technologies for enhancing the resilience and sustainability of indigenous reindeer husbandry in the Russian Arctic//Proceedings of 31 International Symposium on Remote Sensing of Environment, 2005.
18. **Mordovin V.J., Michailov V.V.** Modeling a bioclimate of the range. Proceedings of 31 International Symposium on Remote Sensing of Environment, 2005.