

Уральский федеральный
университет им. первого
Президента России
Б.Н.Ельцина*
Екатеринбург



Уральский
федеральный
университет

Институт экологии растений
и животных УРО РАН
Екатеринбург



Н. В. Малыгина

К. В. Маклаков

* участник Технологической платформы «Освоение океана»



ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БИОСФЕРУ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

Сохранение малых народов Севера непосредственно связано с сохранением среды их обитания. Основным биоресурсом для коренных малочисленных народов Таймыра является популяция северного оленя. С благополучием данной популяции непосредственно связаны жизнь и будущее целого ряда малочисленных народов. Популяции дикого северного оленя угрожает как чрезмерная промысловая нагрузка (отстрел), так и нарушение кормового баланса из-за промышленной нагрузки и связанной с ней деградацией кормовой базы оленей (растительности). Оба эти фактора могут контролироваться с помощью современных методов дистанционного мониторинга.

Контроль численности популяции дикого северного оленя, а также пути миграции отдельных стад можно производить с помощью спутниковой фотографии. Методики эти известны и хорошо отработаны. Более сложный вопрос – борьба с незаконной охотой на дикого оленя, проще говоря, с браконьерством. Кроме традиционных методов привлечения к ответственности – борьбы с коррупцией, пресечение нелегальной торговли и т.д., здесь уместно применение современных технических средств контроля, включая наблюдение за стадами в криминогенных районах с беспилотных летательных аппаратов с фиксацией преступлений и формированием доказательной судебной базы.

Анализ динамики кормовой базы оленей – важная область приложения современных методов дистанционного контроля. Современная спектросонозная спутниковая съемка позволяет с большой точностью определять видовое разнообразие растительности и следить за его динамикой. Для более детального изучения и контроля биоты также уместно применение беспилотников. Оснащенные современной лидарной аппаратурой беспилотники могут осуществлять контроль за температурно-влажностным режимом почв, на основании чего можно делать достаточно обоснованные прогнозы кормовой базы и миграции стад оленей.

Таким образом, на основе современных дистанционных методов контроля параметров окружающей среды и специализированных геоинформационных систем возможно создать методику прогнозирования миграции дикого северного оленя и его продуктивности, что в большой степени определяет жизнь и поведенческие механизмы малочисленных народов Севера [1].

Цель проекта: поддержание благосостояния и выживания аборигенного населения северных регионов в условиях природных и социальных трансформаций и усиления промышленного освоения Арктических территорий.

Подцели проекта:

1. Сохранение наземных экосистем Таймыра на основе мониторинга и контроля:
 - состояния популяции дикого северного оленя как основного биоресурса для коренных малочисленных народов Таймыра;
 - состояния растительности тундры как кормового ресурса для диких северных оленей;
 - климатических изменений и их влияний на экосистемы и хозяйственный уклад малых народов;
 - влияния промышленных объектов на экосистемы и хозяйственный уклад коренного населения.
2. Разработка мер по поддержанию устойчивости социально-экологической системы Таймыра через:
 - системный анализ социально-экономического состояния коренных народов, проводимый на основании моделирования и количественных характеристик основных факторов и ресурсов, определяющих благосостояние, демографическую динамику и численное соотношение народов Севера;
 - разработку нормативно-правовых мер в области природоохранной и культурной политики по сохранению и поддержанию благосостояния коренных малочисленных народов.

Методы. Системно-экологический анализ на основе моделирования социально-экономического состояния народов Севера и популяции дикого северного оленя как



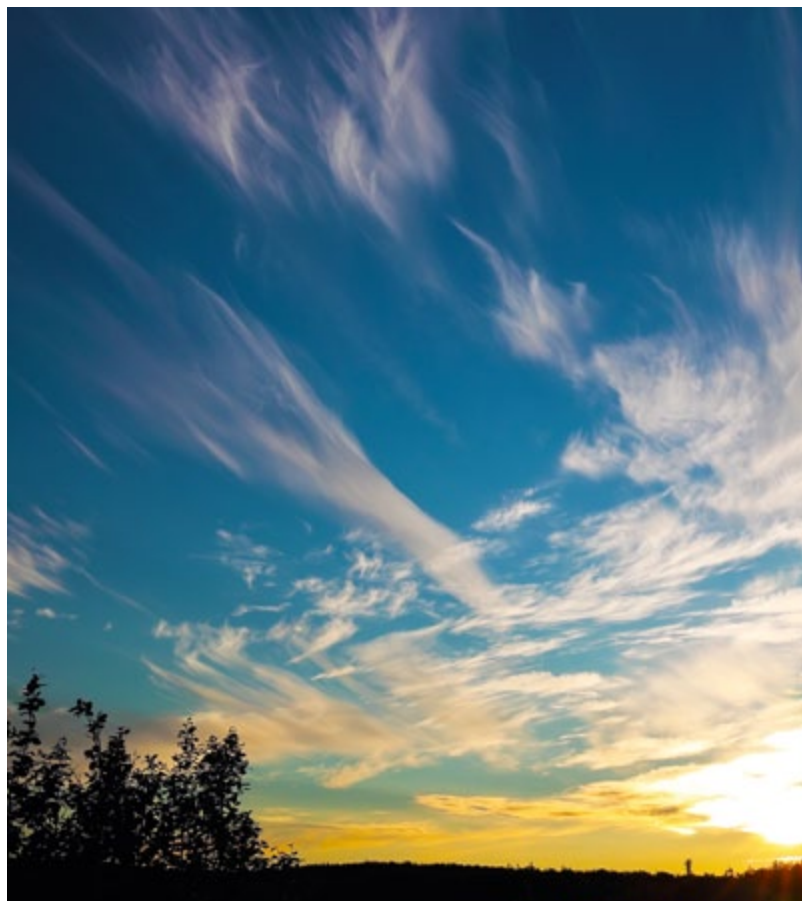
Рис. 1. Район исследований



Дикие северные олени на водной переправе (Восточный Таймыр, р. Хатанга)

основного биоресурса в Таймырском автономном округе (рис. 1). В настоящее время подбор параметров и точный анализ системной динамики стал возможен благодаря развитию вычислительной техники и разработке средств имитационного моделирования. В частности, при выполнении проекта планируется применять программный пакет для имитационного моделирования AnyLogicUniversity отечественной разработки [2].

Интенсивно развивается применение спутникового зондирования для определения чистой первичной продукции, индекса листовой поверхности и других параметров растительного покрова. На настоящий момент дистанционное зондирование Земли является фактически единственным способом, который позволяет регулярно получать информацию о продуктивности растительности, как на глобальном, так и региональном уровнях. Большинство моделей дистанционного зондирования Земли для оценки чистой первичной продукции используют зависимость уровня первичной продуктивности от эффективности усвоения фотосинтетически активной радиации. Во многих работах было показано, что при идеальных условиях уровень чистой первичной продукции линейно зависит от уровня фотосинтетически активной радиации. Разработан ряд моделей, использующих эту зависимость, таких как CASA,



GLO-PEM, SDBM, TURC, SIB2, MODIS-NPP. Однако все эти модели были разработаны для глобального масштаба и являются слишком общими, например, в модели MODIS-NPP вся территория суши разделена на 13 биомов. Понятно, что при таком глобальном подходе региональные оценки будут иметь большие погрешности. Пере- и недооценка может быть еще больше, если работать на региональном уровне [3]. Поэтому для региональных оценок требуется калибровка метода спутникового зондирования наземными измерениями чистой первичной продукции в ходе экспедиционных работ.

Современным средством учета и слежения в локальном масштабе, и в частности в Арктике, становятся беспилотные летательные аппараты. Их применение в учете численности, а в перспективе и охране северных оленей от браконьерского отстрела даст широкий набор возможностей для изучения и регулирования популяции. Эти инновационные технологии требуют своего освоения, апробации, обучения обслуживающего персонала, что является заделом на будущее развитие.

Представление предварительных результатов работы на международных конференциях и публикации в рецензируемых, в том числе и зарубежных изданиях, позволяют сделать вывод о том, что планируемое исследование соответствует мировому уровню.



Природа Таймыра

Таблица 1

Валовой запас кормов по ботанико-географическим регионам Восточного Таймыра [17]

Ботанико-географические регионы	Площадь зон и подзон, тыс. га	Запас кормов в воздушно-сухом состоянии, т						всего зеленых кормов
		лишайниковые		травы		ивы / ерник		
		на 1 га	всего	на 1 га	всего	на 1 га	всего	
1. Полярные пустыни	1 264	нет	нет	0,1	126 400	0,02 / -	25 280 / -	151 680
2. Арктические тундры	3 828	0,04	153 120	0,22	842 216	0,04 / -	153 120 / -	995 336
3. Северные и средние тундры	6 260	0,065	406 900	0,24	1 502 400	0,07 / 0,05	438 200 / 313 000	2 253 600
4. Южные тундры	1 848	0,09	166 320	0,24	443 520	0,13 / 0,05	240 240 / 92 400	776 160
Итого	13200	-	726 340	-	2 914 536	-	856 840 / 405 400	4 176 776



Экологические перспективы промышленного освоения Таймыра

Имеющиеся данные по популяции дикого северного оленя на Таймыре свидетельствуют о том, что основным фактором, определяющим снижение численности оленей, является браконьерство, которое в сочетании с нерегулируемым коммерческим отстрелом может привести к необратимым последствиям. В основном в виде браконьерства и беспокойства стад от присутствия человека проявляется антропогенное влияние на дикого северного оленя при промышленном освоении региона. Данные авторов проекта по динамике численности популяции диких северных оленей позволяют говорить о существовании естественной саморегуляции популяции на Таймыре, в которой воздействие хищников и человека пока не является определяющим.

Прогноз влияния промышленного освоения Таймыра на экосистему в целом, состояние популяции дикого северного оленя и, как следствие, на местное население является одной из главных задач междисциплинарного проекта. Ставящиеся задачи освоения Крайнего Севера вынуждают, помимо необходимости защиты природных экосистем, давать ответы на такие сложные вопросы, как: Возможна ли поддержка аборигенных народов с помощью создания дополнительных экологических связей с внешним миром через товарно-денежные отношения? Повлияет ли это на состоя-

ние населенных ими «кормящих» экосистем? По каким критериям оценивать благополучие аборигенного населения? По каким критериям считать его аборигенным и какими наделять правами? и т.д.

Состояние оленьих пастбищ Таймыра

Оценка запаса кормов на оленьих пастбищах всех зональных подразделений Таймыра проведена в конце 70-х годов XX века. Общий запас кормов на пастбищах зоны полярных пустынь и тундровой зоны Восточного Таймыра был оценен в 4903 тыс. тонн. Оленеемкость пастбищ Восточного Таймыра в пределах рассматриваемой территории по расчетной формуле В. Н. Андреева [5], исходя из запасов зеленых кормов, составляет 272,3 тыс. голов. При такой численности на одного оленя приходится менее 48,5 га пастбищ, или 2,1 голов/км², что соответствует очень высоким пастбищным нагрузкам. Опыт Ямала показал, что оценки оленеемкости выдающегося исследователя В. Н. Андреева все же были заниженными и не предполагали возможности пастбищ выдерживать нагрузку от современного поголовья домашних оленей.

Популяция диких оленей уже испытала на себе существенное воздействие со стороны человека в индустриальную эпоху. Свидетельством этого является изменение исконных путей миграции и исчезновение ряда локальных популяций вблизи Норильского промышленного комплек-

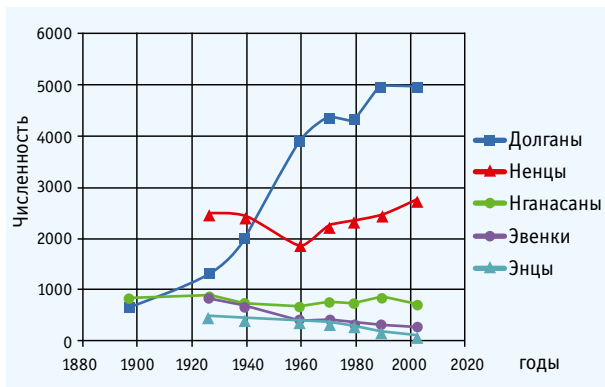


Рис. 2. Динамика численности коренных народов в Таймырском автономном округе в XX веке [8]

са [6]. Однако обилие дикого северного оленя является важным свидетельством сохранения биоразнообразия Севера, окружающей среды, а для населения промышленных районов Таймыра представляет еще и рекреационно-эстетическую ценность.

В этих условиях возрастает необходимость любой формы защиты «кормящего ландшафта» аборигенного населения северных регионов как основы их жизнеобеспечения и выживания. Этно-хозяйственный уклад малых народов Севера точно экологически и культурно сбалансирован с кормящими биоценозами и обитающими в них видами. Любые социальные и технические вмешательства в их жизнь нарушают веками установившуюся гармонию взаимоотношений коренного населения Севера с его «кормящим ландшафтом», вызывают фрустрацию функциональных связей коренных жителей с природой. Таймырская популяция дикого северного оленя на сегодняшний день находится в достаточно благоприятной ситуации как по природным, так и по социально-экономическим причинам. На полуострове Таймыр после пика численности оленей в 2000 году около 1 млн голов и последующего спада до около 600 000 голов в 2009 году должен возобновиться рост, который в сочетании и с промышленным освоением и увеличением фактора беспокойства может увеличить подвижность оленьих стад. Следствие этого – нагрузка на растительный покров до уровня, превышающего возможности саморегуляции численности оленей через изменения пространственной организации популяции, путей миграции и возможности восстановления растительности [7].

Демографическая структура коренного населения Таймыра

Таймырский автономный округ представляет собой очень удобный объект для исследования этнических культур с точки зрения их экологической адаптации. Экосистемы Крайнего Севера как наименее продуктивные и наиболее простые по видовому составу и трофическим связям предоставляют ограниченный набор возможностей

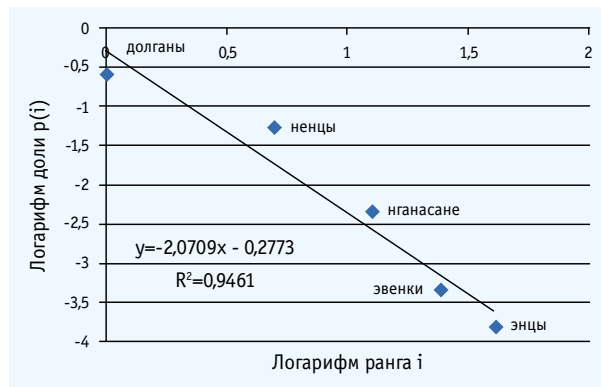


Рис. 3. Распределение по численности малых народов Таймыра в 1989 году

для эксплуатации своих биологических ресурсов, поэтому материально-энергетические потоки предстают в более явном виде для количественного описания, что облегчает задачи учета и моделирования происходящих процессов.

Динамика численности людского населения является одновременно и индикатором предыдущего развития, и фактором для последующей социально-экономической политики. При этом законы системной экологии имеют прямое отношение к демографии человека, что хорошо видно на примере зависящих от естественных биоценозов народов. Для народов, основой жизнеобеспечения которых является охота (и рыбная ловля), общий объем доступного ресурса зависит прежде всего от состояния экосистем и популяций диких животных, а не от эффективности трудовой деятельности и социальной организации (как в аграрных и индустриальных обществах).

Полуостров Таймыр выделяется тем, что на нем располагается наибольшая в Евразии популяция диких северных оленей, что, в свою очередь, делает невозможным или нерентабельным крупностадное оленеводство домашних оленей. Состояние аборигенных народов оказывается тесно связанным с природной популяцией диких животных, подверженной естественной саморегулирующейся динамике.

С точки зрения экологии человека полуостров Таймыр, благодаря многонациональному составу коренного населения, основой жизнеобеспечения которого является популяция дикого северного оленя, рыболовство, охота на песца и в меньшей степени домашнее оленеводство, демонстрирует уникальную возможность для эталонного (модельного) исследования на территории России. У исполнителей проекта имеется научный задел по изучению состояния популяции дикого северного оленя на Таймыре [9–15].

Ныне существующие на Таймыре аборигенные народы – долганы, ненцы, нганасаны, эвенки, энцы – используют вариативные стратегии выживания в жестких условиях Крайнего Севера, что отражается как на их численности, так и на ее исторической динамике (рис. 2, 3).

На примере Крайнего Севера отчетливо видна система регулирующих прямых и обратных связей влияния как человека на природу, так и природы на человека через демографическое (экологическое) состояние популяций. Для получения выводов, имеющих прогностическое значение, накопленный предыдущими исследователями обширный количественный материал [9–15] требует взаимной увязки и формализации в обобщающей модели. В качестве модельной территории определен полуостров Таймыр (Долгано-Ненецкий автономный округ) с возможной экстраполяцией полученных результатов на территорию всего циркумполярного региона. Пастбищные угодья полуострова используются северными оленями тысячи лет и адаптированы к выпасу этих животных, однако влияние выпаса оленей на растительность пастбищ зависит от пастбищных нагрузок и климатических условий. Для оценки состояния пастбищ и текущей численности диких оленей требуются полевые работы экспедиционного характера.

Применение комплексного экологического подхода для Таймыра дает возможность разработать и верифицировать

не только «многовидовую» (мультикультурную для человека) модель конкуренции за ресурс, но и более общую многоресурсную модель.

Проблема, к решению которой может вести предлагаемый проект, существует не только на региональном уровне, а может являться глобальной в буквальном смысле. Переживаемый человечеством в связи с глобальной урбанизацией и индустриализацией стремительный по историческим меркам демографический переход теоретически по оптимистическим прогнозам должен завершиться стабилизацией численности населения на пока неизвестном уровне. При существующей культурной и экономической дифференциации и ограниченности промышленных ресурсов прогнозирование стационарного соотношения численности населения разных народов и континентов в глобальном масштабе, а также решение вопросов, какими путями возможно достижение такой стабилизации, должно осуществляться на основе исследований на модельных объектах, одним из которых является уникальный по своим характеристикам регион полуострова Таймыр. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Рыбаков О. К., Н. В. Аллилуева. Беспилотные летательные аппараты в изучении и освоении Арктики // Морские информационно-управляющие системы. – №1(4). – 2014. – С. 86-93.
2. Суховольский В. Г., Исхаков Т. Р., Тарасова О. В. Оптимизационные модели межпопуляционных взаимодействий. – Новосибирск: Наука. – 2008. – 162 с.
3. Короновский Н.В., Златопольский А.А., Иванченко Г.Н. Автоматизированное дешифрирование космических снимков с целью структурного анализа // Исследование Земли из космоса. – 1986. – N 1. – С. 111-118.
4. Морозова Л. М., Малыгина Н. В. Состояние растительного покрова тундровых пастбищ в районах многолетнего выпаса. // В мире научных открытий – Красноярск. – 2013. – № 3. – С. 49-80.
5. Андреев В. Н. Состояние кормовой базы советского оленеводства и вопросы использования пастбищ диким северным оленем // Дикий северный олень в СССР. – М. – 1975. – С. 68-79.
6. Якушкин Г. Д., Павлов Б. М., Савельев В. Д., Зырянов В. А., Куксов В. А. Биологическое основание хозяйственного использования диких северных оленей на севере Красноярского края // Дикий северный олень СССР. – М., 1975. – С. 225-230.
7. Malygina N.V., Maklakov K.V., and Kryazhimskiy F.V. Population Dynamics of Wild Reindeer (*Rangifer tarandus* L.) on the Taimyr Peninsula: A Simulation Model // *Ekologiya*. – 2013. – No. 5. – P. 376-382.
8. Архивное агентство Администрации Красноярского края. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Красноярскому краю.
9. Malygina N. Le migrazione di renne nel Taimir centrale e orientale Alto Critica della Società Alpina Friulana. – 1997. – С. 44.
10. Малыгина Н. В. Оборонительное поведение дикого северного оленя (*Rangifer tarandus* L.) при действии авиасредств // Вестник КрасГАУ. – 2014. – № 5 (92). – С. 148-153.
11. Малыгина Н. В. Некоторые особенности суточного ритма активности дикого северного оленя (*Rangifer tarandus* L.) как отклик на внешние факторы беспокойства // «XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс»: Периодическое научное издание. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та, 2014. – № 01(17). – С. 57-63.
12. Малыгина Н. В. Поведенческие характеристики дикого северного оленя (*Rangifer tarandus* L.) в период охоты в контексте стратегии и механизмов рационального природопользования // «В мире научных открытий». – Красноярск. – 2012. – № 3.3. 39. – С. 293-316.
13. Малыгина Н.В. Объект охоты: дикий северный олень (*Rangifer tarandus* L.) Восточного Таймыра. – 2005. – 212 с.
14. Малыгина Н.В. Хоросинхронная динамика диких северных оленей (*Rangifer tarandus* L.) на территории Восточного Таймыра как отклик на внешние вызовы // В мире научных открытий. – Красноярск. – 2012. – № 3.3. 39. – С. 265-293.
15. N. Malygina, E. Vlasova, V. Bogdanova. Wild reindeer (*Rangifer tarandus* L.) resources use in the Taimyr peninsula: Aspects of the principle of ecological law / *Czech Polar Reports*, 2013. – V. 3. – № 1. – P. 69-73.