

Высокая сопротивляемость к внешним воздействиям социально-экологической системы Ямала (север Западной Сибири, Россия).

Брюс С. Форбс^{*1}, Флориан Штаммлер^{1,4}, Тимо Кумпула², Нина Месштыб³, Ану Паюнен^a, Элина Каарлеярви^{1,5}

¹Арктический научный центр, Лапландский университет, 96101 Рованиemi, Финляндия

²Кафедра географии, университет г. Йёнсуу, 80101 Йёнсуу, Финляндия

³ Институт Этнологии и Антропологии Российская Академия Наук, Москва 119334, Россия

⁴ Полярный исследовательский институт Скотта при Кембриджском университете, CB2 1ER Кембридж, Соединённое Королевство

⁵Текущий адрес: Кафедра экологии и защиты окружающей среды, Университет Умео, 90187 Умео, Швеция

*Ответственный автор; bforbes@ulapland.fi, телефон +358-40-847-9202, факс +358-16-341-2777

Тундровые экосистемы уязвимы к последствиям разработки углеводородов, частично из-за того, что небольшие, малоинтенсивные нарушения могут наносить несоразмерный их величине ущерб растительности, многолетнемерзлым грунтам и живой природе. Арктические *социально-экологические системы*, включая постоянно проживающее население, чувствительны как к отрицательным промышленным воздействиям, так и к изменениям климата. В отличие от ситуации на севере Аляски и Канады, большая часть наземных и водных ресурсов Западно-Сибирских нефтяных и газовых месторождений находятся в сезонном пользовании оленеводов (в качестве пастбищ для оленей - *Rangifer tarandus* L.), охотников, рыбаков. Несмотря на антропогенные воздействия, изменения окружающей среды, социально-экономические потрясения последних лет и выраженное потепление климата, мы считаем, что социально-экологическая система Ямала является в высокой степени устойчивой, благодаря некоторым ключевым моментам. В данной статье мы подробно рассматриваем степень успешности реорганизации социально-экологической системы в ответ на современные потрясения и оцениваем ее возможность к адаптации. Для того чтобы понять всеобъемлющие последствия активного землепользования и климатических

изменений, выявить преодолённые трудности и потенциальные проблемы - мы рассматриваем Ямал как целостную систему, при этом наш аналитический подход сочетает количественный метод и непосредственное наблюдение. Институциональные преграды и причинно-следственные связи были так же важны, как и подтверждённые документально экологические изменения. Особенно важной для успешного существования социально-экономической системы северного Ямала является возможность свободного передвижения людей и животных в пространстве и времени, которая позволяет им попеременно избегать одних и/или использовать широкий спектр других естественных и антропогенных ареалов. Однако, развитие инфраструктуры и сопутствующее ему ухудшение состояния наземных и пресноводных экосистем, изменение климата и массовый приток рабочей силы являют собой причину дестабилизации социально-экологической системы Ямала в будущем.

Ключевые слова: нарушение тундровой зоны, Rangifer tarandus, кочевой образ жизни, нефте-и газодобывающая деятельность, дистанционный сбор данных

За последние десятилетия одни арктические регионы претерпели более значительное и быстрое климатическое потепление, чем другие. За последние 30 лет средние температуры воздуха на территории Западно-Сибирской равнины, в Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНАО) повысились на 1 - 2° (1). За такой же период заметно потеплели некоторые области северной Аляски и Канады (1–3).

Нефтегазовые месторождения неравномерно распределены в приполярной Арктике - некоторые регионы Северной Америки и России находятся в активной эксплуатации, в то время как остальные остаются практически незатронутыми (4, 5). Понимание ответной реакции социально-экологических систем Западной Сибири на активное использование земель и изменение климата важно в связи с тем, что эта территория подвержена быстрому потеплению (1–3) и здесь находятся самые большие из известных в мире неразработанных газовых месторождений (7). Несмотря на то, что добыча газа в тундровой зоне будет осуществляться ещё только через несколько лет, и наземные, и водные экосистемы ЯНАО как к северу, так и к югу от верхней границы произрастания лесов, уже претерпели широкомасштабную деградацию (12). В данном исследовании проводится анализ принципов реагирования социально-экологических систем Западной Сибири в прошлом, настоящем и возможном будущем на широкий

спектр разноплановых негативных воздействий как то деградация пастбищ под воздействием индустриальной экспансии, общее изменение климата, распад Советского Союза и наплыв промышленных рабочих мигрантов. К таким ответным реакциям следует отнести повсеместное изменение растительности тундры, изменение маршрутов и сроков миграции людей и оленей, уход с испорченных и приведённых в упадок территорий, а также, развитие новых методов хозяйствования и социального взаимодействия.

Полуостров Ямал является домом для 10 000 ненцев, половина из которых до сих пор занимается оленеводством, ведя кочевой образ жизни. Первоначально, в период между 500-1100 гг. ненцы–кочевники и их предки занимались охотой на оленей и использовали этих животных в качестве тягловой силы во время миграций (13), а после середины 17-го века стали постепенно переходить к занятию оленеводством (14). Самые длинные маршруты миграции (до 1200 км) между верхней границей произрастания лесов и тундрой ежегодно осуществляются на территории Ярсалинского совхоза (рис. 1) (15). После распада Советского Союза многие регионы претерпели серьёзные социально-экономические последствия. Анализируя основные экономические и социальные показатели как в индустрии, так и в сфере местных промыслов, можно заключить, что Ямал справился с трудностями переходного периода довольно неплохо (16-19) (по сравнению с другими регионами пост-советской России, некоторые из которых претерпели полный крах в сфере оленеводства),.

Разграничение между социальными и экологическими системами является условным и произвольным, между тем понятие «социально-экологическая система» делает акцент на «человека в природе» и требует комплексных аналитических подходов (20-23). Социально-экологическую систему также определяют как связанную систему «человек – окружающая среда» (24) и «физическая природа человека» (25). Попытки разобраться в этих системах до сих пор находятся на стадии исследований (23, 26). Сопrotивляемость среды считается тем более сложным для работы понятием в контексте управления эколого-экономической системой (27), что в его отношении чаще встречаются умозрительные спекуляции, чем, при работе с непосредственными измерениями (26). На Ямале, где ненцы являются органической частью функциональной структуры экосистемы, где они полностью осознают свою ключевую роль в организации хозяйства и свою ответственность за поддержание жизнеспособности системы, разграничение понятий «человек» и «природа» выглядит особенно иллюзорным (15). То есть, в общественном сознании отчетливо прослеживаются рефлексии того, что люди – это основная движущая сила в развитии и эволюции экосистем (20).

Сопrotивляемость, резистентность – это способность системы абсорбировать нарушения и реорганизовывать происходящие изменения, таким образом, чтобы сохранить заданную функцию, структуру, тождественность и адекватные реакции (22, 23, 28). По мнению некоторых исследователей (27), сопротивляемость и, соответственно, устойчивость системы определяется уровнем замещений, который система может допустить и возвратиться в то состояние, где данная функция может существовать. Некоторые авторы утверждают, что «в экологических системах такую функцию, как способность системы захватывать и сохранять ресурсы, довольно легко определить. В социально-экологических системах определение такой функции может быть намного более трудным (27)». Перспектива резистентности, фокусом которой является жизнеспособность социально-экономической системы, особенно важна при рассмотрении проблемы соответствия между экологической и институциональными системами (29) и, таким образом, является релевантной данному исследованию. В устойчивых социально-экономических системах внешние воздействия и нарушения имеют потенциальную возможность дать толчок для дальнейшего развития и инноваций. (6, 23, 30).

Северные олени (*Rangifer spp.*) занимают экологически важное место в биоме тундры в связи с тем, что они пасутся на пастбищах, вытаптывают их, отлагают экскременты (31-33). Количество животных в ЯНАО устойчиво возросло - с зафиксированного минимума (310 000 голов) после Второй мировой войны до приблизительно 630 000 голов на сегодняшний день (300 000 из которых находятся на Ямальском полуострове) (15,34). При этом, согласно статистике, число кочевого населения выросло с 3 552 человек в 1981 году до 5 000 человек на данный момент. Согласно одной из оценок, количество кочевого населения на Ямале увеличилось как минимум втрое за последние 300 лет (16).

Современная трансформация тундры выражается в переходе от преобладания кустарников к доминированию травяных растений. Общеизвестно, что здесь, так же как и на остальной территории российской Арктики эта тенденция есть результат многолетнего экстенсивного промышленного вмешательства и активного вытаптывания/выпаса крупных стад оленей (11,31,35). На местном уровне, высокопродуктивные пастбищные луга могут образовываться на органических подпочвах, когда активность травоядных животных сконцентрирована на ограниченных территориях (33), например, вдоль миграционных путей ненцев, некоторые из которых находятся в использовании уже несколько столетий. Плотные слои дёрна могут формироваться как реакция тундры в ответ даже на небольшое вмешательство людей или

животных, такое как кемпинг или вытаптывание (**Рис. 2**) (36). Сочетание пастбищной деятельности, вытаптывания и питательной биомассы (экскрементов) способствует росту трав, осоки и рудеральных мохообразных за счёт лишайников, полукустарников и мхов *Sphagnum*. Вместе эти факторы образуют позитивную цепь обратной связи, в которой дёрн, богатый питательным и легко усваиваемым фуражом, стимулирует более интенсивное локальное кормление, тем самым повышая уровень продуктивности (37).

Целью этого исследования было выявление определяющих факторов сопротивляемости природной среды в интегрированной социально-экономической системе, которая хоть и подверглась существенным социальным/экологическим потрясениям и увеличивающемуся давлению, но, по всей видимости, смогла реорганизоваться путями, позволяющими всей системе продолжать функционировать и даже процветать. Такое исследование требовало междисциплинарного подхода для понимания соответствия экологических и социальных изменений, особенностей взаимодействия между ними, через оценку заинтересованных сторон и исторический контекст (26). Предыдущие исследования говорят о степени существенного экологического влияния в северных лесных и лесотундровых зонах ЯНАО (8-11). Хотя разработка газовых месторождений в тундровой зоне находится на начальной стадии, предварительная работа продемонстрировала наличие наземных экологических проблем, вызванных сейсмической разведкой, пробным бурением, формированием новой инфраструктуры, включающей строительство дорог и железнодорожных путей (10,11). С точки зрения оленеводов и учёных, имеющее место разрушение обширных пастбищных территорий, является чрезвычайно важной проблемой будущего (8, 10, 38). Поэтому, используя комплексные полевые замеры и дистанционный сбор данных, мы в особенности хотели попытаться определить величину поражённой территории вблизи Бованенковского газового месторождения (далее БГМ), самого большого месторождения на Ямальском полуострове (**Рис. 1**). Интенсивная разработка БГМ началась около 1980 года. После затишья в ранний пост-советский период, разработка продолжилась ускоренными темпами, воздействуя на растительность тундры, запасы пресной воды, почву, вечную мерзлоту и на жизнь оленеводов (10,15). Данная территория включает в себя летние пастбища оленей. Как таковое, наше внимание было сконцентрировано на общих изменениях в основных компонентах качества пастбищ, включая растительную биомассу (с основным акцентом на главные кормовые растения ((*Salix* spp., осоковые, злаки), а также относительно свободный доступ к миграционным путям, так как они включают в себя пастбища и пригодные для ловли рыбы озёра и реки.

Предыдущие исследования также выявили узел социо-экономических, демографических проблем, в том числе, связанных со здоровьем возникший в результате индустриальной деятельности по освоению БГМ и строительством дорожного/железнодорожного коридора на юге полуострова (**Рис. 1**) (10, 39, 40). Наиболее активные оленеводы нами были вовлечены непосредственно в исследовательский процесс (**Рис. 3**); их точка зрения на комбинации социальных и экологических факторов воздействия на оленеводство за последние 20-30 лет особо ценна для научных интерпретаций. На данный отрезок времени приходится не только основной период деятельности по разработке газовых месторождений, но и период быстрого потепления климата в данном регионе (1, 41). Нашей задачей было понять величину экологических, социальных и институциональных проблем, возникших в ранней стадии разработок. Полученные данные показали, что несмотря на подверженность всесторонним и продолжительным изменениям в структуре экосистемы и динамике развития государства, на фоне чрезвычайных погодных условий и социо-экономических потрясений, социальная составляющая Ямальской социально-экологической системы смогла адаптироваться неожиданно удачно. Между тем, несмотря на способности к адаптации в экологической системе, планирующиеся промышленные разработки на фоне изменений климата могут разрушить ключевые пастбищные и рыболовецкие ресурсы, необходимые для поддержания всей системы. Значительные части северной Аляски, Канады и Восточно-Европейской Арктики располагают сравнительными запасами углеводородов и продолжающиеся разработки постоянно расширяются. Ситуация характеризуется комбинацией быстрого потепления климата и влияния крупных стад *Rangifer spp*, зависящих от нижней арктической тундры, под растительным покровом которой лежит постоянный слой вечной мерзлоты (4,5). Основная разница между континентами состоит в том, что на Ямале фактором влияния на экосистему являются одомашненные олени, и человек контролирует их миграции равно как и численность, а в Северной Америке на экосистему влияют свободные миграции карibu, популяция которых сезонно «прореживается» охотниками, преимущественно из северных поселений. Принимая во внимание широкомасштабное распространение последствий промышленного производства и глобальных изменений, мы ожидаем что данные относительно устойчивости ямальской социально-экологической системы найдут применение также и в других регионах Арктики, а также за ее пределами.

Результаты

Реакции ненцев на разработку газовых месторождений и потепление климата.

Помимо промышленного развития и климатических изменений, на социально-экологическую систему Ямала повлиял крах Советского Союза в результате которого (i) произошло резкое сокращение субсидий, направляемых в оленеводство, сократился сбыт мясной продукции; (ii) выросла численность животных, находящихся в частной собственности с 30% в 1969 г. до 80% на настоящий момент; (iii) и сформировалась практика ежегодной заготовки оленьих пант для получения дополнительного дохода. Постсоветская эпоха также открыла, с одной стороны новые возможности вовлечения оленеводов в рыночные отношения, которые, с другой стороны, сопровождаются новыми рисками, растущей неопределённостью в области юридического сопровождения и правовых гарантий, и в целом, нормативного регулирования принципов традиционного природопользования - пользования пастбищами и промысловыми угодьями для охоты и рыбалки. В общем и целом Ямал – это единственный тундровый регион, характеризующийся приростом численности в постсоветский период как населения, так и животных (15, 16, 19). Значительное большинство молодых людей из семей оленеводов выбирают оленеводство, как основу к существованию. Таким образом, необходимые в тундре народные знания продолжают передаваться здесь от поколения к поколению (**см. Дополнительную Информацию, ДИ 1**).

По мнению пастухов, одним из последствий современного потепления которое они ощущают, является увеличение количества и частоты необычных погодных явлений, создающих условия, которые невозможно предугадать. Весной 1999 г. намерзание льда стало причиной того, что пастбищные территории на севере Ямала оказались недоступными, что в свою очередь привело к высокой смертности среди животных. Весной 2005 г. река Се-Яха, протекающая через Бованенковское газовое месторождение (рис. 1, 3), вскрылась ото льда раньше на 2 недели. Это означало, что бригадам оленеводов пришлось мигрировать значительно быстрее для того, чтобы достичь побережья, где благодаря холодным ветрам, туманам и мелким солёным брызгам с Карского моря олени могли бы найти спасение от комаров, гнуса и оводов и спокойно пастись на лугах с высокопитательной осокой, необходимой для выживания и дальнейшего роста телят. Так как после рождения оленят у оленеводов и без того начинается достаточно напряженный момент, когда они передвигаются на новое место

каждые 24 – 48 часов, то ускоренный темп движения, вызванный вскрытием реки, привёл к дополнительному стрессу оленей и пастухов.

Зимой 2006 – 2007 гг. на большой территории южной части полуострова Ямал имели место необычные, следующие один за другим периоды обледенения, которые нанесли ущерб многим бригадам. 8 – 10 ноября 2006 г. на территории кочевания восьмой бригады ярсалинского совхоза, следующие друг за другом периоды таяния и последующего замерзания льда привели к формированию двух слоёв льда на территории около 100 км с севера на юг и 60 км с востока на запад. Двумя месяцами позже, 18 января 2007 г. необычайно сильное зимнее обледенение охватило ещё большую площадь, примерно 100x100 км. Оба эти явления потребовали активного вмешательства со стороны оленеводов, для того чтобы оказать помощь животным в добыче корма. Кроме того и после срочного обсуждения с руководством совхоза и соседями было принято решение об изменении маршрутов миграции. Оленеводы были пересекать покрытые льдом территории во время весенней миграции, в результате чего понесли убытки, потеряв по их собственным подсчётам 25% животных (включая и погибших от истощения оленей и мертворождённых, в связи с плохим питанием беременных самок, телят).

Для перевозки домашнего имущества мигрирующие ненцы вынуждены содержать значительное количество кастрированных оленей – самцов. С целью производства мяса процент продуктивных самок увеличен сверх необходимого прожиточного минимума (см. **Дополнительную Информацию, ДИ 2**). Способность администрации к своевременному адекватному реагированию на форсмажорные ситуации и принятию правильных решений относительно регулирования численности стада также являются фактором адаптивности социально-экологической системы и устойчивости к всевозможным потрясениям и нарушениям в среде обитания. Совхозы и предприятия, являющиеся их преемниками, предпочитают главным образом большие стада, считая это наиболее эффективным способом ведения дел, связанных с оленеводством и производством мяса. Однако, небольшие стада и стойбища оленеводов способны более гибко реагировать на экологические изменения, поскольку они могут использовать небольшие участки пастбищ, включая те, которые окружены промышленными сооружениями, тогда как такие участки слишком мелкие, чтобы быть использованными большим стадом.

Социально значимые последствия. Одним из главных последствий промышленного развития является утрата территорий с многообразной экологической и культурной

значимостью. С началом промышленного развития, бригады 4 и 8 потеряли восемь важных площадок для лагерных стоянок (стойбищ) в непосредственной близости от БГМ, которым они смогли найти замену только благодаря гибкой адаптации, и хорошему знанию всесторонних особенностей местного пространства.

В 2007 году четвертая бригада ярсалинского совхоза не смогла использовать в своих целях небольшой мыс реки Се-Яха, из-за карьерной добычи песка. Это была их последняя не потревоженная площадка, чрезвычайно важная для организации переправы через реку при движении на север. На площадке также находилось святое место, где ненцы общались с духами и просили у них поддержки как во время летней миграции, так и осенней, по возвращению. После того, как площадку окружили забором и там был выкопан карьер - она утратила свою семиотическую ценность, которую имела будучи частью этнического ландшафта.

Промышленные разработки явились причиной ещё одной проблемы, важность которой отметили оленеводы - это потеря рыбы вследствие продолжающейся деградации источников пресной воды. Оленеводы не забивают оленей для пищи в летний период и питаются рыбой, добываемой в озёрах, в многочисленных реках Ямальского полуострова, и в Карском море. Количество этого, одного из важнейших продуктов питания, стремительно сокращается. Во-первых, большое количество рек перекрывается в период миграции рыбы, из-за строительства мостов (**см. Дополнительную Информацию, ДИ 3**), таким образом население, находящееся вдалеке от моря, лишается источника ценного пропитания летний период. Во-вторых, озёра используются под строительные площадки, для строительства песчаных карьеров или, например аэропорта. Согласно Газпрому, запланированный аэропорт Бованенково вполне может быть построен на территории озера и окружающего его болота, точное местонахождение которого нам в настоящий момент не известно (42).

Социально значимые косвенные последствия. Как и в других частях Арктики, общий объём косвенных последствий намного превышает размер непосредственного влияния комплекса по разработке нефти или природного газа (**см. Дополнительную Информацию, ДИ 3**). Каждая новая прямая потеря части территории или части культуры, влечёт за собой цепную реакцию косвенных социальных последствий, которые невозможно идентифицировать, собирая данные дистанционным путём, то есть по вторичным источникам. Сокращение количества рыбы в местах традиционных рыболовных угодий коренного населения является также следствием активного вылова

рыбы промышленными рабочими, для которых рыбалка является предпочтительным видом досуга. Оленеводы сообщают, что рабочие, не имея информации и знаний о миграциях рыбы, оставляют свои сети в воде на долгий период, блокируя тем самым миграционное движение рыбы, а в озерах засоряя водоем. Рабочие также привозят с собой собак, как на промышленную территорию, так и в тундру. Эти животные часто отстают от людей, дичают и начинают нападать на ослабших оленей. Оленеводы вынуждены уничтожать диких собак, используя при этом мотосани, что для них весьма накладно, так как бензин и боеприпасы нельзя купить в тундре нигде, кроме как на чёрном рынке. Таким образом, оленеводы вынуждены подключаться к этому сектору экономики для борьбы с этой новой угрозой.

Развитие инфраструктуры способствует появлению как позитивных, так и негативных косвенных последствий. Каждая дополнительно построенная дорога делает большое количество новых территорий доступными для приезжих, которые редко, в должной мере обладают экологическими или культурными знаниями, необходимыми для экологически безопасного поведения. Вне сферы служебных обязанностей, промышленные рабочие охотно используют дороги для незаконной охоты и рыбной ловли, развлекательных поездок или торговли. Не имея навыков межкультурных контактов, или, проще говоря, не располагая должным этикетом для общения с оленеводами и оленями, они могут вести себя неподобающим образом, например, заходить без приглашения на территории ненецких стоянок с фотокамерами, алкоголем, и т.п. Дороги, таким образом, играют для оленеводов роль не только путей сообщения, но каналов распространения новых опасностей извне. С другой стороны, развитие наземных и воздушных путей сообщения предоставляет оленеводам возможность вступать в рыночные отношения исключая затраты на транспортировку. Таким примером может служить торговля пантами. Тогда как в других регионах России этот вид предпринимательства прекращён, на Ямале он продолжается, благодаря доступу к вертолётам газодобывающих компаний. Использование рабочих вертолетов для вывоза рогов, делает высокие затраты связанные с этим видом деятельности преодолимым препятствием. Кроме того, рабочие газовых месторождений вступают в торговые отношения с оленеводами, что позволяет им, находясь в тундре и на стоянках, получать товары и продовольствие посредством бартерной торговли, что есть роскошь, ранее недоступная многим оленеводам.

Контакты оленеводов и рабочих чаще всего происходят на промышленных базах, буровых расположенных на путях миграции оленеводов, которые останавливаются там,

чтобы приобрести основные продукты питания и пообщаться. Несмотря на эти позитивные примеры взаимодействия, обе стороны имеют ограничения, не позволяющие далее развивать взаимовыгодные отношения. Соблюдение этих правил существенно сокращает свободу действий администрации буровых или рабочих промышленных баз, например когда запрещено продавать оленеводам топливо для мотосаней и ламп. Это показывает, что социально значимые последствия могут носить как позитивный, так и негативный характер.

По сравнению с другими регионами, испытавшими как небольшой, так и значительный спад численности населения, поголовья оленей и экономической стабильности вообще в пост-советский период, ямальская тундра является довольно успешным регионом. В качестве определяющих детерминантов этого успеха, мы идентифицировали доступ к пастбищам и их гибкое использование, параллельно с исторически имеющим здесь место частным владением животными. Ненцы также подчёркивают важность того, что большое количество семей и в особенности молодёжи, решили жить в тундре. Социальный капитал (включая доверие и разветвленные социальные взаимоотношения), память (включая опыт жизни во время перемен), и особые отношения между людьми, животными и растениями, связанные с постоянными миграциями, являются основными компонентами устойчивости и жизнеспособности социально-экологической системы Ямала.

Дистанционное исследование воздействий. Комплексные полевые исследования, анализ спутниковых снимков и беседы с работниками газовых месторождений предоставили подробную информацию относительно различных типов земного покрова, претерпевших антропогенное воздействие. Основной причиной нарушения почвы, начиная с первой половины 80-х годов, является главным образом внедорожный транспорт. Это подтвердили также изображения, полученные со спутника. Мероприятия по регистрации изменений выявили видимое воздействие на 22 и 25% летних территорий, принадлежащих соответственно 4-й и 8-й бригадам ярсалинского совхоза, которые имеют пути летней миграции, проходящие непосредственно через территорию БГМ (рис. 4). Для контраста, менее 1% территории миграции соседней 2-й бригады того же совхоза, находящейся к югу от БГМ, подверглось изменениям (рис. 3). Главным трендом в растительном покрове тундры является переход от преобладания кустарниковой растительности (*Salix* spp.) к преобладанию травянистых пород (*осоковые*, *злаки*). Рекультивированные транспортные пути и большие территории обнажённой почвы,

которые были восстановлены полностью, было легко определить с помощью изображений, полученных с многоспектрального спутника «Quickbird-2». По данным на 2005 год примерно 2500 км. транспортных путей занимают площадь 25 км².

Некоторые транспортные пути, которые невозможно обнаружить при полевых исследованиях, чётко видны на изображениях, полученных со спутника, благодаря контрастирующему спектральному коэффициенту отражения, который является различным у кустарников и трав. Однако, мусор и нефтехимические продукты было очень сложно или почти невозможно обнаружить с помощью дистанционного исследования. На изображениях низкого разрешения, полученных с Landsat во второй половине 80-х годов, можно было разглядеть большую площадь обнажённого почвенного покрова. С тех пор было проложено несколько дорог и растительный покров местами был полностью уничтожен, например, из-за работ в песчаных карьерах и активного движения различного транспорта, что видно по относительно высокому альбедо минеральных почв, находящихся под растительным покровом. К концу 90-х годов на большей части этих территорий была полностью восстановлена травянистая растительность, что значительно уменьшило отражательную способность поверхности.

К постоянно меняющимся ландшафтам относятся территории, занятые под дороги и инфраструктуру. Действующая транспортная сеть в 2005 году составляла 79 км и покрывала площадь в 143 га. Несмотря на то, что ширина дорог составляет всего около 18 м, фактическая зона вдоль дорог, подвергающаяся вредным воздействиям, намного шире из-за непрямого воздействия песчаных бурь, пыли и изменённых гидрологических констант (36). Общая территория, подвергшаяся вредному воздействию, была просчитана путём очерчивания зон внутри БГМ, имеющих следы антропогенного вмешательства, видимые на изображениях ASTER TERRA и Quickbird-2 (рис. 4). Территория занимает приблизительно 450 км². Внутри этой зоны видимые изменения были повсеместно в сравнении с нетронутым первоначально ландшафтом, между тем, довольно значительная часть территории оказалась относительно нетронутой прямым механическим воздействием.

Изменения в растительной биомассе. Главным трендом в вегетации тундры был широкомасштабный переход от преобладания кустарниковых пород растительности к преобладанию травянистых пород. Мы сфокусировали своё внимание на прямолинейной траектории в вегетации ивовых кустарников, обнажённой транспортным движением, в особенности гусеничными вездеходами. Взятые пробы данной вегетации показали, что

её регенерационный период составил ≈ 20 лет. Между биомассой преобладающего покрытия вертикально произрастающих кустов ивы и пролегающим по нему путям, наблюдались существенные различия. Количество живой лиственной биомассы в нетронутых зарослях ивы на БГМ составило 119.4 ± 71 г/м². Согласно стандартам ЯНАО (31) в измерении пастбищ и изучения фитомассы в российской Арктике (43), эти данные даются как 1.19 ± 0.71 т га⁻¹. Другое исследование на БГМ показало определило степень годовой генерации в таких зарослях ивы на уровне ≈ 0.72 т га⁻¹ (44). Через 20 лет после нарушения, количество лиственной биомассы *Salix* на полностью рекультивированных транспортных путях с закрытым растительным покровом ($\geq 100\%$), составило всего лишь 0.10 ± 0.22 т га⁻¹, намного меньше чем на территории с нетронутой растительностью ивы, расположенной рядом ($p < 0.0001$). С другой стороны, количество травяной биомассы на рекультивированных транспортных путях было намного ($p < 0.0001$) больше (3.78 ± 2.09 т га⁻¹), чем в нетронутых ивовых зарослях (0.56 ± 0.71 т га⁻¹).

Уменьшение количества *Salix* измеряется в двух порядках величины, тогда как количество травяных пород возросло в семь раз. В следствии этого, количество живой биомассы даже увеличилось, с 4.74 ± 2.73 т га⁻¹ до 4.79 ± 1.74 т га⁻¹, 79 % от общего количества составили травянистые растения. Уменьшение биомассы мохообразных с 2.12 ± 2.28 т га⁻¹ до 0.71 ± 0.84 т га⁻¹, составило один порядок величины ($p < 0.02$). В это же время произошло уменьшение уровня лесной подстилки с 1.00 ± 0.74 т га⁻¹ до 0.04 ± 0.12 т га⁻¹, составив около двух порядком величины ($p < 0.0001$), с превращением в высокопродуктивный, низинный тип растительности, то есть произошёл так называемый эффект «зелёного пояса» (45) (см. **Дополнительную информацию ДИ 3**). Высаживание *Salix* spp. находилось на незначительном уровне с небольшим количеством подсчитанных саженцев и при минимальном уровне ответвлений от неповреждённых кустов, граничащих с транспортными путями. Карликовые кусты исчезли практически полностью.

Обсуждение

Альтернативные состояния. Главной реакцией тундры на антропогенное вмешательство является уменьшение разнообразия флоры (36). Вокруг БГМ, <40% от общего количества местной флоры произрастают в антропогенных ареалах и только 8 % являются активными колонистами (10). В отличие от нефтяных промыслов Северной Америки, где

предписания по минимизации вмешательства и реабилитации, являются строго обязательными, нарушения на Ямале часто происходят без каких-либо правовых последствий (40), и пострадавшие ареалы не подвергаются целенаправленной revegetации (46). Результатом данной практики является медленное «отторжение» важнейших для оленеводства территорий (см. **Дополнительную Информацию ДИ 3**). Тогда как сокращение растительности может продолжаться десятилетиями или столетиями и распространяться на большие территории (9,36). Многообразие видов в самых продуктивных ареалах необязательно гарантирует качественный корм для оленей летом (33,37). Из произрастающей на нетронутых летних пастбищах Ямала растительности, листья *Salix* и *Betula* составляют 30-40% зелёного корма, тогда как остальную часть составляют травяные растения и цветковые растения (31). Два десятилетия усиленного нарушения поверхностных слоёв делают очень заметным контраст между ивовым ареалом и травяным покровом, и часто этот переход имеет очень узкие границы до ≤ 1 м (см. **Дополнительную Информацию ДИ 3**). Несмотря на появление в ранней стадии развития обширного обнажённого почвенного покрова, в результате быстрой регенерации произошло небольшое увеличение живой лиственной биомассы, поэтому уровень доступного зелёного корма не понёс убытков. С другой стороны, наличие мусора, нефтехимикатов, шума и диких собак означает, что значительное количество территории потеряно с функциональной точки зрения (см. **Дополнительную Информацию ДИ 3**). К этому добавляются косвенные последствия влияния дорог и инфраструктуры, такие как ухудшение растительности, систем использования пресной воды и возрастающий уровень браконьерства. Нами были задокументированы последствия чрезвычайных погодных условий, совместимых со сценариями потепления климата (2,3). Ненцы преуменьшают степень значимости климатических изменений и выделяют в качестве главной долгосрочной угрозы их существованию разработку углеводородов (47, 48), но тем не менее нельзя оставлять без внимания, триаду, несущую изменения: быстрое изменение климата, землепользование и воздействие со стороны рабочих (см. **Дополнительную Информацию ДИ 4**).

Полученные нами экологические данные показывают, что резкий переход растительности тундровых пастбищ от доминирующей кустарниковой к доминирующей травяной явился реакцией на прогрессирующее развитие, от местного до регионального уровня. Замены между доминирующими лесистыми и доминирующими травяными пастбищами были представлены как переменные устойчивые состояния, при которых нарушение является нормальным воздействием на землю при использовании её для выпаса животных.

Сопrotивляемость – это то, что связывает переход этих состояний из одного в другое (49, 50). Понятие экологической сопrotивляемости предполагает существование области комплексной устойчивости и толерантности системы к нарушениям, которые способствуют переходам из одного устойчивого состояния в другое (30). В случае с пастбищными угодьями, переменные состояния классифицируются в соответствии с доминантными растительными формами, а нарушение – это воздействие на почву при выпасе животных. Однако, изменение состояния экосистемы в тундре может быть результатом как антропогенных, так и зоогенных нарушений (33, 36). Ситуация постоянно изменяется, между тем, пастухи подчёркивают, что в пастбища должны быть подходящими не только экологическом, но и в социо-культурном плане (15, 51) (**см. Дополнительную Информацию, ДИ 5**).

Если не уделить больше внимание построению конструктивного диалога о положении дел в будущем, то в то время, как мы будем проводить научные наблюдения за переменным состоянием экосистемы вследствие изменений растительности в районе БГМ, переменное состояние социально-культурной системы (30) будет предполагать значительное сокращение кочевого населения в регионе (52). Вероятным результатом для ставших недавно осёдлыми оленеводов может быть увольнение с работы, злоупотребление алкоголем, самоубийства и домашнее насилие (53, 54). Таким образом особое значение имеет подход, предполагающий совестное планирование и сосуществование между оленеводами и представителями газо-добывающей отрасли.

Территориальные потери как ловушка. Процесс уменьшения площади пастбищ в результате промышленного загрязнения, изъятия земель и инфраструктурного отторжения оказывает экологическое, экономическое и социальное влияние на оленеводство, как основы существования коренного населения тундры (см. **Дополнительную информацию, ДИ 6**). Продолжающаяся потеря пригодных для пастбищ земель, святых мест и миграционных путей, часто сопровождаемая эрозией создаёт чрезвычайно критическую ситуацию на земле с большим количеством болот и топей. Гибкость в использовании территории является главным компонентом для социально-экологической системы, до сих пор помогавшем ей справляться с давлением извне. Например, разграничение на обособленные участки пастьбы для каждой бригады в советское время принималось как указ сверху, но на практике было результатом договорной деятельности. Переход к пост-советской системе менеджмента также облегчил фактор непрерывности частного владения оленями на Ямале. Это дало ненцам

нужный импульс к началу частной оленеводческой деятельности после распада советской системы. Считается очень важным то, что на Ямале количество оленей, находящихся в частной собственности, никогда не опускалось ниже 30% от общего количества, в сравнении с 5% на Чукотке (15,55). (*пример важности исторического контекста* (56) (см. **Дополнительная информация, ДИ 6**). Нам удалось задокументировать, как промышленное развитие вызывает широкомасштабную экологическую трансформацию территории, в комбинации с уменьшением возможности пространственной гибкости. В ближайшем будущем, в связи с быстрым отторжением земель газодобывающей промышленностью, большее количество земельных угодий и источников пресной воды будет утеряно или испорчено до такой степени, что создаст угрозу традиционным механизмам адаптации ненцев к внешним потрясениям, что может привести впоследствии к тому, что возможность существования кочевого образа жизни в тундре будет поставлено под сомнение.

Недавние события несут в себе концепцию «социально-экологической ёмкости» (15) территории, а также заставляют думать о потенциальной «ловушке» (57), в которую ненцы попадают, когда происходящие изменения превышают способность культуры к адаптации. С 2006 года происходит массовый наплыв рабочей силы на север Ямала. По прогнозам, число вахтенных рабочих колеблется на уровне 50 000. Это увеличит промышленное население в 10 раз в сравнении с кочевым населением оленеводов/рыбаков. Текущий темп наземных и пресноводных нарушений даёт основания предполагать, что экологический след этого наплыва рабочих будет настолько существенным, что очень быстро приведёт к социальному и культурному «отчуждению» оленеводов от данной территории (см. **Дополнительную информацию, ДИ 7**). Любая трансформация деятельностью извне несёт за собой массу экологических, социальных, культурных и духовных последствий (см. **Дополнительную информацию, ДИ 8**).

Способность сопротивляться. Адаптация означает развитие новых социально-экологических структур, которые эффективно действуют в новых условиях (22, 27, 58). Способность к адаптации (30) в Ямало-Ненецкой СЭС частично заключается в комплексной экологии оленей, которые используют в пищу более 400 биологических видов (31) и продолжают успешно кормиться, несмотря на быстрое крупномасштабное изменение ареала обитания. Следовательно, не количество биологических видов непосредственно помогает поддерживать экосистему в определённом состоянии. Наоборот, существование функциональных групп видов с различными, зачастую

совпадающими характеристиками (23), такими как биомасса, усваиваемость и энергетическая ценность (59), даёт возможность регенерации и успешной добычи корма в условиях существующих нарушений. Оленеводам за свою жизнь пришлось пережить значительный индустриальный скачок и серьёзное климатическое изменение и в то время как прочие хозяйства потерпели неудачу, оленеводческие хозяйства ненцев до сих пор преуспевают и активно занимаются выпасом оленей несмотря на непрекращающиеся работы по добыче газа и инфраструктуру, которые здесь доставляют значительно больше беспокойства, нежели подобные объекты на месторождениях в Северной Америке. Таким образом способность к адаптации заключается также в особых методах хозяйствования, социальной деятельности и культурных обычаях кочующих по тундре ненцев. Мы показали, с каким вниманием они относятся к демографии стада, используя оленей для различных нужд с учётом энергетики животного и социально-экономических условий. Поэтому, мы утверждаем, что способность адаптироваться к «изменению земли» (60) в результате разработки газовых месторождений у мелких стад лучше, нежели у более крупных.

Выводы

Мы показали экологически чистое преодоление порога при переходе от доминирующих лесистых тундр к доминирующим травяным. Пастбищные земли, подвергшиеся видимым вредным воздействиям (при этом нарушения от промышленных воздействий более заметны, чем нагрузка, испытываемая пастбищами от выпаса животных) простираются на сотни квадратных километров и представляют собой переменчивое устойчивое состояние. Институциональные причины были очевидны практически во всех аспектах экологического и социального сдвига, как позитивные, так и негативные. Официальные организации, занимающиеся проблемой уменьшения экологического ущерба, были и остаются неэффективными и издают «неудачные указы» (29), так как применение существующего законодательства осуществляется в минимальном объёме. Та же проблема пригодности (29) характеризует установленные нормы и законные права на землю, которые почти полностью исключают оленеводов и не реализуются из-за разности интересов правительства, компаний и представителей коренного населения. С другой стороны, организации, регулирующие перемещение людей и животных в пространстве и времени, остаются гибкими и предоставляют ненцам права собственности на их стада, которые могут пользоваться широким диапазоном экологически разнообразных естественных и антропогенных ареалов. Мы подчеркиваем, что в большей степени эта гибкость наблюдается среди мелких, находящихся в частном владении стад. Мы отмечаем

в определённых случаях тот факт, что некоторые организации, изначально подразумевавшиеся как официальные правительственные учреждения, как например бригады в советском понимании, были переопределены в соответствии с местными особенностями и укоренившимися культурными потребностями кочевников (15). Это указывает на то, что в принципе они обладают способностью реформироваться в соответствии новыми внешними переменами, как, например, разделение пастбищ промышленными объектами на отдельные территории. В выводах мы показали, что социо-экологическая система Ямала обладает высокой устойчивостью, сопротивляемостью и способностью преобразовываться перед лицом разнообразных изменений системной структуры в течение 2 – 3 десятилетий. Мы показали, что свободное перемещение людей, животных и товаров увеличивает способность оленеводов реагировать на объединённые экологические и социальные изменения, а так же способствует установлению контактов между кочевниками и приезжими работниками со всеми сопутствующими благоприятными и проблемными последствиями. Сами ненцы подчёркивают значение того, что большое количество семей и молодёжи выбрали жизнь в тундре. Мы определяем гибкое использование пастбищ как решающий определяющий фактор сопротивляемости ямало-ненецкого населения. Мы отмечаем, что значительное уменьшение в биомассе кустарников на территории БГМ было возмещено чистым увеличением продуктивности высокопитательных и легко усваиваемых разновидностей корма, хотя доступ стада к ним с каждым разом всё более ограничен. Оленеводы выразили озабоченность по поводу утраты рыбы, как важнейшего источника протеина во время длительных летних миграций, когда они не занимаются забоем оленей. Основываясь на подробном обзоре наблюдаемых трендов, индустриальных планов и специфических настоящих и потенциальных проблем, стоящих перед ненцами, мы размышляем по поводу пределов сопротивляемости. Мы представляем себе маячащий вдалеке порог, связанный с огромным объёмом вероятных будущих потребностей промышленности, сопутствующей этому деградацией пастбищ и рек/озёр, быстро растущей рабсилой на фоне происходящего в это время потепления климата. Мы ставим перед ключевыми руководящими организациями проблемы соответствия, поскольку СЭС являются уязвимыми не только к изменениям в физической среде (61), но и к изменяющейся или неменяющейся политике и экономико-правовой среде (62) и к потенциальным ловушкам негибкости (56). Если преобразования земли (60) будут происходить в современном темпе, реконфигурация перемещения во времени и пространстве будет невозможной и вся СЭС целиком станет крайне уязвимой. Однако,

если какая-то система в современной России стоит в положении выживания после такой атаки, то это Ямало-Ненцкая СЭС благодаря накопленному ею опыту сосуществования, финансовым средствам, полученным как доход от газа и нефти и общепризнанной живой культуре кочевников. Тем не менее, исторический опыт, так же как и современная деятельность ненцев могут служить надёжным фундаментом для продолжения существующего на протяжении десятилетий сосуществования индустриального развития и пасторализма кочевников, в случае если совпадёт целый ряд условий. Инвестиции от промышленных предприятий должны подвергнуться анализу затрат и выгод в пользу экологической и социально-культурной ситуации в тундре, нежели концентрироваться на живущих осёдло сообществах. Если бы предложения кочевников брались во внимание, то деньги были бы перераспределены со строительства жилья в деревнях на увеличение экологической безопасности инфраструктуры в тундре, путём поднятия трубопроводов для обеспечения свободного передвижения людей и животных, увеличения воздушных поставок взамен разветвлённой сети дорог, концентрации растянутой инфраструктуры с целью минимизации экологического ущерба тундровым пастбищам и пресноводным источникам рыбы и соблюдения моральных норм поведения оленеводами и рабочими (48). В регионе происходит испытание модели деятельности, которую хорошо было бы использовать ещё раз где-нибудь в другой области Арктики и получить ответную реакцию для глобальной системы. Сейчас, когда условия для успешного сосуществования известны и существует достоверная информационная база относительно обеих сторон, полученная в ходе этого и предшествующего исследований, надлежащая реализация этих условий сможет превратить регион в будущем во всемирнозначимый образец для подражания

Материалы и методы

Участки исследования. Полуостров Ямал расположен на низменной (30-70 м над уровнем моря) осадочной равнине. Он охватывает более трёх биоклиматических подзон (63), с мелкозернистым плейстоценовым песком, слоем соляной морской глины и широко распространённой, богатой льдом вечной мерзлотой. Щёлочные субстраты встречаются редко (9). Объединённые, социальные и экологические полевые работы проводились на нескольких основных точках на территории Ярсалинского совхоза, включающей в себя материковую лесотундровую зону на юге (примерно 65°30'N) и зону «типичной» тундры на севере, вдоль побережья Карского моря в западной части Ямальского полуострова (примерно 71°30'N) (**Рис. 1**). Эти конечные точки самых

длинных миграционных путей оленей, в свою очередь соответствуют подзонам E и D (63) на Карте приполярной арктической растительности. Наши экологические и географические замеры были сосредоточены на территории близкой к БГМ (70°17'N, 68°54'E). Превалирующий тип растительности на БГМ, это плотный покров ивы (*Salix* spp.), занимающий низинную местность и относительно влажные субстраты с глинистыми болотами. В ложбинах и других участках с защитным слоем снега, высота ивы может достичь 50-60 см, но в среднем обычно равняется 30-40 см. Более приподнятый слой почвы с улучшенной дренажной системой занимает пустошь карликовых кустов, с преобладанием *Betula*, *Ledum* и *Empetrum*. Самые влажные территории, это торфяные болота с доминирующими в них осоками (*Carex* spp., *Eriophorum* spp.), с меньшим количеством травяного покрова.

Классификация земляного покрова. В июле 2004 и 2005 были совершены две экспедиции на БГМ. Полевые исследования проводились на 220 участках для интерпретации спутниковых фотографий, охватывавших более ≈15 классов земляного покрова. Каждый участок был отмечен на GPS и определён тип растительности. В зависимости от степени разнородности, были выбраны 5-10 квадратов размером 50 x 50 см всех главных типов растительности, произведены идентификация и оценка покрова и высоты всех таксонов; трав, осок, кустарников, лишайников и мохообразных. Замеры обнажённой земли и мусорного покрова проводились с уделением внимания видимым следам человеческого воздействия.

Для сравнения степеней видимости различных типов воздействия были использованы спутниковые снимки с разным пространственным разрешением. Данные дистанционного сбора с высоким разрешением (Quickbird-2) были получены 15.7.2004 с пространственным разрешением 2.4 м на многоспектральных каналах (синий, зелёный, красный и инфракрасный) и 0.63 м на панхроматическом канале. Данные сохраняются в 11-байтовом формате. Использовались данные высокого разрешения ASTER TERRA с 15 м разрешением (4 канала с 21.7.2001), Landsat TM с 30 м разрешением (7 каналов с 07.08.1988), и Landsat MSS с 80 м разрешением (4 канала с 28.7.1984).

Посредством использования снимков Quickbird-2, ASTER TERRA and Landsat TM в цифровую форму была переведена информация о дорожных сетях, путях внедорожных транспортных средств, участках с большим количеством путевых отпечатков (невозможно определить отпечатки отдельных путей), мусорных свалках,

трубопроводах, линиях электропередачи, песочных карьерах, буровых, миграционных путях оленеводов и заметках бригадиров. Оценка общей территории подверженной воздействию проводилась посредством буферного анализа. Средняя широта дорог и путей внедорожников была замерена в 25 местах панхроматической группой изображений Quickbird-2. В сравнительном анализе видимости различных видов воздействия использовались снимки с полевых участков, вертолётной съёмки и снимком сделанных на земном уровне. При тестировании обнаружительной способности различных спутниковых платформ использовались примеры воздействия разных размеров. Целью данной деятельности было получение точной оценки всей территории, подверженной прямому и косвенному воздействию, со всеми видимыми признаками нарушений.

Растительная биомасса. Замеры растительной биомассы проводившиеся в непосредственной близости от БГМ, находящейся на низинных глинистых субстратах, подверженных большому антропогенному вмешательству, были включены в вышеупомянутую сферу деятельности Quickbird-2. Преобладающий покров прямостоящего кустарника на БГМ отвечал типу растительности '*Salix lanata-Brachytheticium mildeanum*', который недавно был охарактеризован для этой территории (64). Кустарниковый слой в основном состоял из *Salix glauca* L. and *S. lanata* L. с меньшим количеством *S. phylicifolia* L., средняя высота составила 30-40 см.

В середине июля 2005 года, во время пика сезонного роста, нами были взяты образцы растительной биомассы на трёх, произвольно выбранных колеях внедорожных транспортных средств в местах с преобладанием в растительности ивовых кустарников (см. **Дополнительную информацию, ДИ 9**). Нами были определены шесть квадратов с интервалом в 12 м с началом в произвольной точке вдоль поперечно расположенных линий проходящих в середине колеи. Такие же линии были сделаны в 12 м от середины колеи, на территории с относительно нетронутой растительностью. Общее количество делянок на колеях и местах с нетронутой растительностью составило 38. Наземный материал был срезан с делянки размером 25 x 25 см и сортирован в соответствии с формой роста (листопадные кустарники, вечнозелёные кустарники, травы, цветочные растения, мохообразные, лишайники). Лиственный и древесный материал был отсеян, высушен в печи при температуре 60°C в течении 48 часов и взвешен. Через эти данные мы произвели оценку количества доступного зелёного корма (согласно спутниковым снимкам) в доминирующих покровных классах. Статистический анализ был проведён с

помощью статистической программы R (версия 2.6.2), при использовании общих линейных моделей с квази-пуассоновой структурой ошибок (65).

Непосредственное наблюдение и интервью. Уход за ямальскими оленями производится в интенсивном порядке 24 часа в сутки 365 дней в году, целыми семьями из поколения в поколение. Историческое профилирование (26) через активное участие, требовало принятия участия во всех аспектах повседневной жизни во все времена года. Эти полевые исследования проводились в соответствии с Главными принципами проведения исследований, опубликованных Международной арктической ассоциацией общественных наук (<http://www.iassa.gl/principles.htm>). Хотя основные экологические и географические полевые исследования проходили на территории летних пастбищ возле БГМ и озера Халевто, интенсивные полевые антропологические исследования также включали в себя работу на осенних, зимних и весенних пастбищах. В числе дискуссионных тем были затронуты, такие как влияние экологического, социально-экономического и промышленного воздействия на кочевое оленеводство как способ получения средств к существованию. Специальный акцент был сделан на обсуждении проблемы необходимых мер по успешному преодолению реальных и возможных рисков в настоящем и будущем. Во время полевой работы, мы проводили не непосредственные наблюдения участвуя во всех актуальных рабочих моментах жизни оленеводов, в том числе наблюдали обмен между оленеводами и рабочими газовых месторождений. Посещали вместе с оленеводами базу БГМ, а также были свидетелями визитов промышленных рабочих на стойбища. Нами были опрошены рабочие газовых месторождений с большим стажем работы (≥ 18 лет), это помогло нам понять как складывались и изменялись их взаимоотношения в течение последних 20 лет. Мы занимались интерпретацией цветных и панхроматических спутниковых снимков в полевых условиях совместно с оленеводами и рабочими. Наши информанты легко узнавали особенности ландшафта, миграционные пути и даже места традиционных стоянок (**Рис. 3**). Общее время потраченное на непосредственное участие всеми группами с марта 2004 по июль 2007 составило 29 человеко-месяцев, включая оценочный семинар (26) заинтересованных сторон в декабре 2007 (46) и дополнительные интервью в марте и ноябре 2008.

На территории Ярсалинского совхоза мы работали в трёх «северных бригадах» ярсалинского совхоза. Стада этих бригад имеют или прямой или косвенный контакт с

главной инфраструктурой газовой и нефтяной промышленности на БГМ. В результате нашей работы в различных бригадах оленеводов, пути миграций которых проходят в разных условиях, мы получили возможность оценить особенности ситуации в бригадах, потерявших значительную часть своей территории, по сравнению с бригадами потерявшими их малую часть. Одну из бригад (№ 4) мы сопровождали в июле 2005 г., во время миграции через БГМ, а другую (№ 2) во время перехода в ≈ 20 км южнее БГМ (**Рис. 3**). Пути миграций третьей бригады (№ 8) также проходит через БГМ, но эту бригаду мы имели возможность сопровождать, на другой, не подвергшейся промышленному воздействию территории осенью 2007 (во время 200-километрового перехода по дороге к месту забоя в поселок Яр-Сале) (**Рис. 1**). Бригады были различны по численности - от 10 до 90 человек, состояли от двух до девяти нуклеарных семей. У каждой из бригад было под управлением от 3000 до 8000 животных. Территория, подвергающаяся усиленному развитию расположена к северу от реки Се-Яха, между БГМ и пос. Харасавей (**Рис. 1**) (см **Дополнительную информацию, ДИ 10**).

Информация о рисунках

Рис. 1. Оленеводческие территории Ямальского полуострова главным образом включают в себя тундровые пастбища (весенние, летние, осенние) и зимние пастбища Обской губы в лесотундре. Основное количество газовых месторождений расположено на территории используемой с мая по ноябрь, как Ярсалинским совхозом так и оленеводами-частниками.

Рис. 2. Лагерь мигрирующих ненцев вблизи БГМ. Из-за долгосрочного выпаса, вытаптывания и отложения экскрементов, происходит изменение функциональных типов растений от древесных к клоновым корневищным травяным (например *Alopecurus*, *Eriophorum*, *Carex*). Ареалы с такой пышной растительностью производят питательный и легко усваиваемый корм (37,59), приводящий к интенсивной степени локального питания.

Рис. 3. Панхроматические снимки (Quickbird 2) с очень высоким разрешением облегчает процесс качественного анализа условий и управления, делая особенности ландшафта и инфраструктуры узнаваемыми для всех информантов. Стрелка справа внизу указывает на

накатанную колею лишённую кустарника в результате свободного доступа Бригады 2 на эту лагерную площадку.

Рис. 4. Видимые признаки воздействия в цифровой форме на снимке Quickbird-2 от 7/2004 и частично совпадающем снимке ASTER от 7/2001. Затенением отмечены антропогенные нарушения средней-тяжёлой степени. Эти снимки в свою очередь наложены на снимок Landsat от июля 2008 для получения пространственного контекста. Затенением отмечены антропогенные нарушения средней-тяжёлой степени. Отмечены миграционные пути бригад 2, 4 и 8.