

Воздействие оленеводства на экологию полуострова Ямал в эпоху нефтегазового освоения

The impact of reindeer husbandry on the environment of the Yamal peninsula in the era of oil and gas development

Маргарита СКРИЦКАЯ
Член Студенческого научного общества «Компас» ТюмГУ

Margarita SKRITSKAYA
Member of the Student Scientific Society «Compass» of TSU

Юрий ПЕТРОВ
Доцент кафедры геоэкологии и природопользования ТюмГУ, к. г. н., доцент
E-mail: petrov19811201@gmail.com

Yuri PETROV
Associate Professor of the Department of Geoecology and Environmental Management of TSU, PhD, Associate Professor
E-mail: petrov19811201@gmail.com

Арктическая тундра

Источник: mangz / depositphotos.com



Аннотация. Природно-территориальные комплексы и территориальные общественные системы на полуострове Ямал отличаются уникальным построением и организацией природопользования, не имеющим аналогов в мировой практике. Прежде всего, речь идёт про оленеводство, которое, наряду с недропользованием, выступает субъектом активного воздействия на окружающую природную среду. При этом параметры воздействия этого актора на отдельные элементы ландшафта могут превышать влияние топливно-энергетического комплекса. Системная организация мониторинга за воздействием оленеводства становится приоритетной задачей сохранения стабильности развития территории.

Ключевые слова: климат Арктики, Ямал, промышленное оленеводство, нефтегазовая промышленность, негативное воздействие на климат.

Abstract. Natural-territorial complexes and territorial public systems on the Yamal Peninsula are distinguished by their unique construction and organization of nature management, which has no analogues in world practice. First of all, we are talking about reindeer husbandry, which, along with subsurface use, acts as a subject of active impact on the environment. At the same time, the parameters of the impact of this factor on individual elements of the landscape may exceed the influence of the fuel and energy complex. The systematic organization of monitoring the impact of reindeer husbandry is becoming a priority task for maintaining the stability of the territory's development.

Keywords: Arctic climate, Yamal, industrial reindeer husbandry, oil and gas industry, negative impact on climate.

//

Воздействие нефтегазовой промышленности на территории природопользования происходит косвенно, путем отчуждения территории

Полуостров Ямал представляет собой уникальную в планетарном отношении территорию, на которой сохранилось традиционное природопользование, отличающееся, прежде всего, мировым лидерством по показателям оленеводства – площади, поголовью, параметрам путей калсания и т. п. Данный факт требует специализированного учёта, прежде всего, в области оценки экологического воздействия на природные ландшафты

данной отрасли, наряду с соседствующим сформировавшимся и расширяющимся недропользованием. Эпоха активного освоения нефтегазовых месторождений полуострова Ямал началась в 1980-е гг., выйдя в 2010-е гг. на глобальные показатели, в том числе и в части создания уникальной базы по производству сжиженного природного газа (СПГ), с сопутствующими экологическими последствиями. На этом фоне становится крайне важным правильная и эффективная организация устойчивой системы мониторинга воздействия оленеводства на окружающую природную среду.

Целью исследования является определение направлений по организации мониторинга воздействия оленеводства на окружающую среду полуострова Ямал. Информационной базой послужили общедоступные материалы дистанционного зондирования Земли, сопоставленные во временном диапазоне 1986–2023 гг. Задачи исследования: дифференциация территории по результатам воздействия оленеводства на окружающую природную среду полуострова Ямал; систематизация хронологических сведений по оценкам экологических аспектов воздействия традиционной экономики на окружающую природную среду.

Для формирования системы мониторинга воздействия традиционного природопользования на окружающую природную среду необходимо выделение зон, где комплексное воздействие со стороны промыслового освоения и традиционного природопользования неизбежно и оказывалось или будет оказываться длительное время, соответственно, именно в этих зонах и будут наблюдаться максимальные нарушения растительного покрова. Для выделения этих зон требуется учет множества факторов территориального размещения промышленных объектов и природных условий:



Лишайники Ямала
Источник: Grigoriy Pisotckii / depositphotos.com

1. Характеристика природных компонентов исследуемого ландшафта, прежде всего, типов почв и растительного покрова, составляющих основу дифференциации оленьих пастбищ на Ямале. К примеру, наиболее чувствительны к вытаптыванию виды плодовых кормовых лишайников, особенно рода *Cladina* и *Cladonia*. К этой же группе факторов можно отнести и текущее экологическое состояние территории.
2. Территориальное размещение основных субъектов воздействия на окружающую среду на полуострове. К данной группе относятся объекты нефтегазового промысла, линейная инфраструктура (железные и авто-

мобильные дороги, трубопроводы) и территории активного выпаса и путей миграции оленеводческих стад. Именно эти две отрасли хозяйства являются основной составляющей формирования экономики района и в то же время в совокупности оказывают наибольшее влияние на все компоненты природной среды. Активное размещение промышленной инфраструктуры на полуострове началось в 1970–1990-х гг., в настоящее время очаги техногенного воздействия локализованы на небольших площадях, подготовленных к эксплуатации газовых и нефтяных месторождений и в узкой полосе вдоль транспортных магистралей – трубопроводов, автомобильных и железных дорог [1]. Также учитываются границы лицензионных участков, как территорий потенциального воздействия на территорию в процессе освоения в будущем.

3. Результаты существующих исследований по оценке состояния и динамики растительного покрова в районах выпаса, а также выявлению деградированных участков, выведенных из оборота в результате перевыпаса. Исследования включают как данные полевых исследований о состоянии растительности, так и более масштабные оценки, проведенные при помощи дешифрирования космоснимков. Большинство ранее проведенных исследований [2], [3], [4], [5], [6], [7] подтверждают значительный вклад оленеводства в деградацию растительного покрова на полуострове Ямал. Интегральный анализ ряда факторов позволяет выявить потенциальные участки наибольшего воздействия на окружающую среду в отдельных точках полуострова.

Дифференциация территории по результатам воздействия оленеводства на экологию

Именно на полуострове Ямал функция растительности, заключающаяся в стабилизации субстратов, играет важную роль в связи с господством рыхлых мелкодисперсных отложений и активными эрози-

онными процессами. По данным [7], из-за перевыпаса происходит увеличение площади пятен морозного пучения и песчаных раздувов, что влечет за собой полное выбивание участков тундры с низким проективным покрытием. С точки зрения биосферного аспекта, растительность играет важную роль в ландшафтообразовании, с точки зрения социально-экономического аспекта выполняет этноэкологическую функцию в качестве ресурса для основного вида деятельности коренного населения – оленеводства. Особую важность в качестве кормового ресурса имеют именно лишайники, так как это высококалорийный корм, который требует малого количества энергии для его усвоения и круглый год имеет одинаковую питательную ценность. Таким образом, состояние растительности напрямую связано с экологическим состоянием территории, и в данном случае может являться маркером оценки его благополучия.

В рамках данного исследования нами дан анализ состояния растительного покрова на полуострове Ямал за период 1986 по 2023 гг. на основе многолетних данных дистанционного зондирования Земли, а также рассмотрена территориальная особенность расположения выявленных участков деградации растительности с вышеперечисленными территориальными факторами, включающими объекты нефтегазодобывающей инфраструктуры

Цветущая тундра
Источник: Grigoriy Pisotckii / depositphotos.com



Из-за перевыпаса происходит увеличение площади пятен морозного пучения и песчаных раздувов, что влечет за собой полное выбивание участков тундры с низким проективным покрытием

и оленьих пастбищ. Данный промежуток времени сопряжен с началом и активным развитием использования дистанционных технологий мониторинга окружающей среды. Кроме того, именно на данный промежуток приходится изменение характера традиционного природопользования на полуострове с переходом к рыночной системе хозяйства и появление новых субъектов деятельности – нефтегазовых компаний, стимулирующих развитие местного оленеводства.

Для получения детальной информации и комплексного анализа территория полуострова была разделена на 4 части в соответствии с принятой в научной литературе ландшафтной дифференциацией: арктическая тундра, типичная (северная) тундра (зона подразделена на две части из-за масштаба территории) и южная (кустарничковая) тундра [8]. Оценка состояния растительного покрова производилась посредством наиболее распространенного в современных исследованиях метода расчета индекса NDVI. На первом этапе для каждой зоны был рассчитан индекс NDVI снимка 2023 и 1986 гг., затем, посредством нахождения разности снимков, получены территории с отрицательным значением, то есть снизившимся в период с 1986 по 2023 год индексом. Данные участки были выделены для последующего территориального анализа влияния различных факторов на данный участок растительности, а также ретроспективного анализа значения индексов вегетации за 1986, 1990, 2001, 2010, 2015, 2020 и 2023 гг. На основании полученных средних, максимальных и минимальных значений индекса были построены графики, рассчитана корреляция и проанализированы возможные причины изменения индекса.

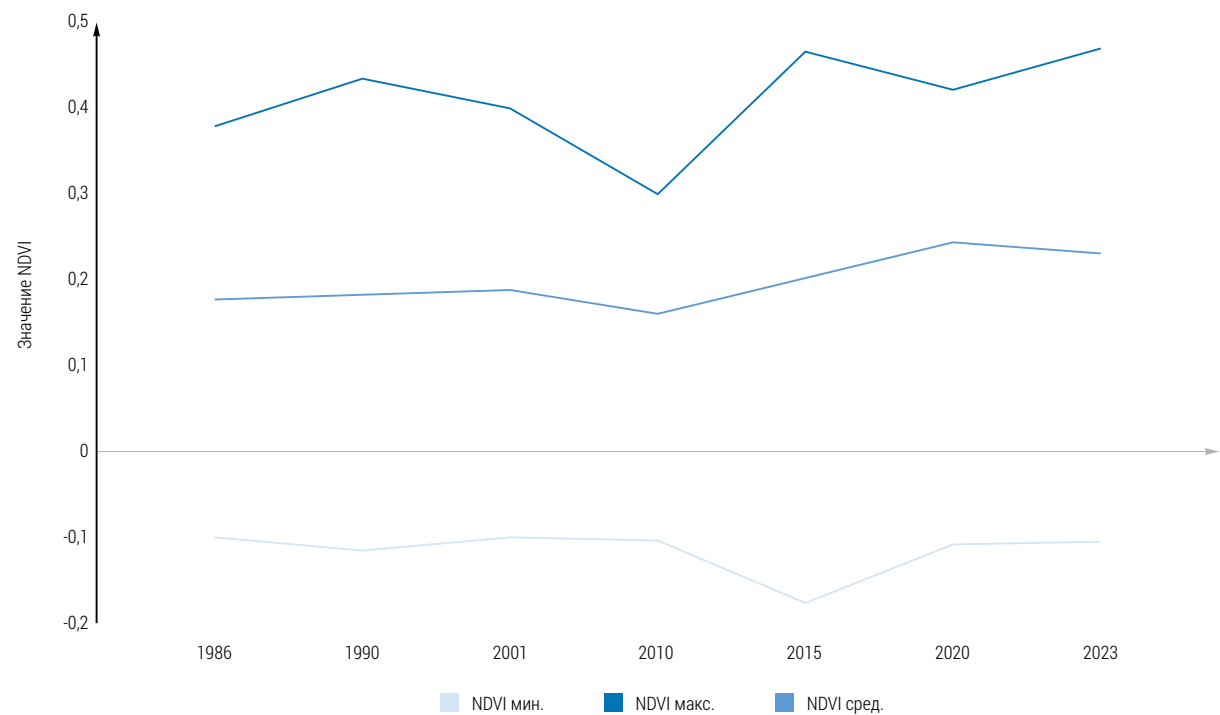


Рис. 1. Динамика показателей NDVI на космоснимках арктической тундры за 1986–2023 гг.

Арктическая тундра

На севере полуострова, в пределах арктической тундры, пастбища преимущественно используются для выпаса в летний период и промежуточные сезоны (весенне-осенние пастбища), когда теплые погодные условия благоприятны для выпаса. Для них характерна кустарничково-мохово-лишайниковая растительность на тундрово-болотных и арктотундровых почвах [9]. Важными территориальными особенностями данной зоны являются: отсутствие объектов линейной инфраструктуры, локальное незначительное воздействие на растительный покров объектов

промысла, наиболее уязвимый растительный покров, требующий длительных сроков восстановления, а также большое количество лицензионных участков, что говорит о перспективе освоения данной территории.

Для изучения динамики состояния растительного покрова зоны арктической тундры полуострова Ямал был проведен анализ значений среднего, максимального и минимального значения индекса NDVI на 9 космоснимках за 1986–2023 гг., а затем полученные данные сопоставлены с температурой июля (месяца наиболее активной вегетации) и численностью оленей по годам (таблица 1).

Таблица 1. Динамика показателей NDVI территории арктической тундры за 1986–2023 гг.

Год/ показатель	NDVI _{мин.}	NDVI _{макс.}	NDVI _{сред.}	Т _{июль} , Тамбей (°С)	Т _{ср} , Тамбей (°С)	Численность поголовья (тыс.)
2023	-0,110	0,465	0,233	7,7	-6,3	332,434
2020	-0,115	0,424	0,236	10,7	-4,5	322,926
2015	-0,168	0,459	0,193	8,6	-7,5	234,790
2010	-0,108	0,296	0,155	4,2	-10,3	290,636
2001	-0,104	0,402	0,190	6,3	-10,1	205,774
1990	-0,115	0,443	0,184	8,4	-11,0	177,401
1986	-0,107	0,381	0,177	4,8	-10,5	151,500

С 1986 по 2023 гг. идет изменение характера традиционного природопользования на Ямале: оленеводы переходят к рыночной системе хозяйства, появляются новые субъекты – нефтегазовые компании

В период с 1986 по 2023 гг. происходило нелинейное изменение показателей численности поголовья, температуры и показателей NDVI (рис. 1). Повышение индекса NDVI_{сред.} в период с 1986 по 2001 гг., вероятно, обусловлено ростом средней температуры июля. С 2001 по 2010 гг. пропорционально росту численности поголовья наблюдается снижение индекса NDVI_{сред.} Рост индекса в 2015 г. сопоставим с резким падежом оленей, небольшое снижение индекса в 2020 г. вероятно связано с очередным ростом поголовья, затем наблюдалось повышение индекса до 2023 г. Устойчивый рост поголовья с 1986 до 2010 гг. объясняется переходом от планового к рыночному типу экономики, отсутствием контроля за численностью поголовья, в том числе, в частных домашних

хозяйствах. Изменение средней температуры июля не подтверждает тренд потепления климата, то же самое можно сказать и о среднегодовой температуре.

Показатель корреляции между численностью оленей и NDVI_{ср} составляет 0,58, между средней температурой июля и NDVI_{ср} – 0,78. Таким образом, влияние на состояние растительности в целом в арктической тундре в большей степени оказывала изменчивость температуры.

Следующим шагом было выявление деградированных вследствие перевыпаса участков посредством анализа снимка NDVI₂₀₂₃ – NDVI₁₉₈₆. По результатам расчета среднего, максимального и минимального показателей NDVI из 20 выявленных участков были отобраны 16 участков (плюс 2 фоновых), в пределах которых наиболее ясно отслеживалась динамика изменения NDVI за 1986–2023 гг. По данным участкам был проведен ретроспективный анализ динамики NDVI посредством инструмента «Зональная статистика» в QGIS (таблица 2).

Ретроспективный анализ показателя NDVI_{сред.} в границах арктической тундры демонстрирует постоянные колебания. На графике (рис. 2) видно, что в целом колебания данного показателя на большинстве участков совпадают. На участках № 5 (ПМ), 288 (ПМ), 4 (ПМ), 17 (ПМ), 14 (МЕ), 10 (ПМ), 8 (ПМ), 15 (ПМ), 21 (МЕ) наблюдается устой-

Таблица 2. Результаты ретроспективного анализа NDVI_{сред.} в пределах арктической тундры 1986–2023 гг.

id участка	1986	1990	2001	2010	2015	2020	2023
19 (ПМ)	0,209	0,145	0,148	0,134	0,167	0,188	0,186
5 (ПМ)	0,251	0,176	0,173	0,154	0,19	0,216	0,211
255 (ПМ)	0,227	0,156	0,16	0,137	0,18	0,213	0,199
288 (ПМ)	0,284	0,216	0,21	0,175	0,221	0,264	0,255
4 (ПМ)	0,227	0,153	0,15	0,138	0,173	0,199	0,196
17 (ПМ)	0,258	0,183	0,182	0,155	0,187	0,232	0,23
14 (МЕ)	0,247	0,173	0,171	0,15	0,171	0,217	0,217
10 (ПМ)	0,236	0,16	0,158	0,138	0,175	0,208	0,209
8 (ПМ)	0,242	0,15	0,147	0,122	0,161	0,195	0,194
15 (ПМ)	0,216	0,147	0,143	0,119	0,156	0,193	0,187
21 (МЕ)	0,272	0,197	0,191	0,165	0,182	0,237	0,237
33 (МЕ)	0,148	0,132	0,129	0,117	-	0,167	0,163
34 (МЕ)	0,147	0,142	0,143	0,13	-	0,18	0,177
35 (МЕ)	0,147	0,143	-	0,137	-	-	0,184
36 (МЕ)	0,167	0,174	0,167	0,145	-	0,21	0,212
37 (МЕ)	0,155	0,195	0,193	0,171	-	0,237	0,239
50 (фон)	0,153	0,23	0,244	0,194	0,201	0,304	0,279
51 (фон)	0,16	0,283	0,296	0,21	0,23	0,346	0,307

ПМ – пути миграции, МЕ – месторождение, фон – фоновые участки

чивое снижение индекса до 2010 г. В 2015 г. на фоне резкого снижения численности на всех участках происходит увеличение значения индекса, в 2020 г. на всех участках наблюдается его рост. В 2023 г. на участках ситуация различна: на 19 (ПМ), 5 (ПМ), 255 (ПМ), 288 (ПМ), 4 (ПМ), 17 (ПМ), 8 (ПМ), 15 (ПМ) идет снижение индекса, на участках 14 (МЕ) и 21 (МЕ) индекс не изменяется и лишь на одном участке 10 (ПМ) индекс увеличивается (рис. 2).

Таким образом, можно сделать вывод, что растительность арктической тундры как под воздействием традиционного природопользования, так и промышленной инфраструктуры практически в одинаковой степени испытывает угнетающие последствия антропогенного воздействия, что требует мониторинга состояния всех участков и осуществления мероприятий по рациональному использованию территорий с уязвимыми видами растительности.

Типичная (северная) тундра

I часть (северный участок типичной тундры). Для данной части полуострова характерны кустарничково-осоково-моховые, кустарничково-травяно-зеленомошные, разнотравно-осоковые растительные со-

Рост поголовья с 1986 до 2010 гг. объясняется переходом от плановой к рыночной экономике, отсутствием контроля за численностью поголовья, в том числе, в частных домашних хозяйствах

общества. Почвенный покров представлен болотными перегнойно-торфянисто-глеевыми и тундрово-болотными пятнисто-бугорковатыми почвами. Преобладают летние олени пастбища в силу климатической специфики [9]. В пределах выделенного участка проходят пути миграции и пастбища оленей МОП «Ярсалинский», расположено Бованенковское месторождение и множество объектов сопутствующей инфраструктуры, прилегающие к нему железная дорога и инфраструктура, вахтовый поселок Бованенковский.

Для изучения динамики состояния растительного покрова в целом для северно-

Рис. 2. Динамика NDVI_{сред.} в пределах зон деградации растительного покрова арктической тундры

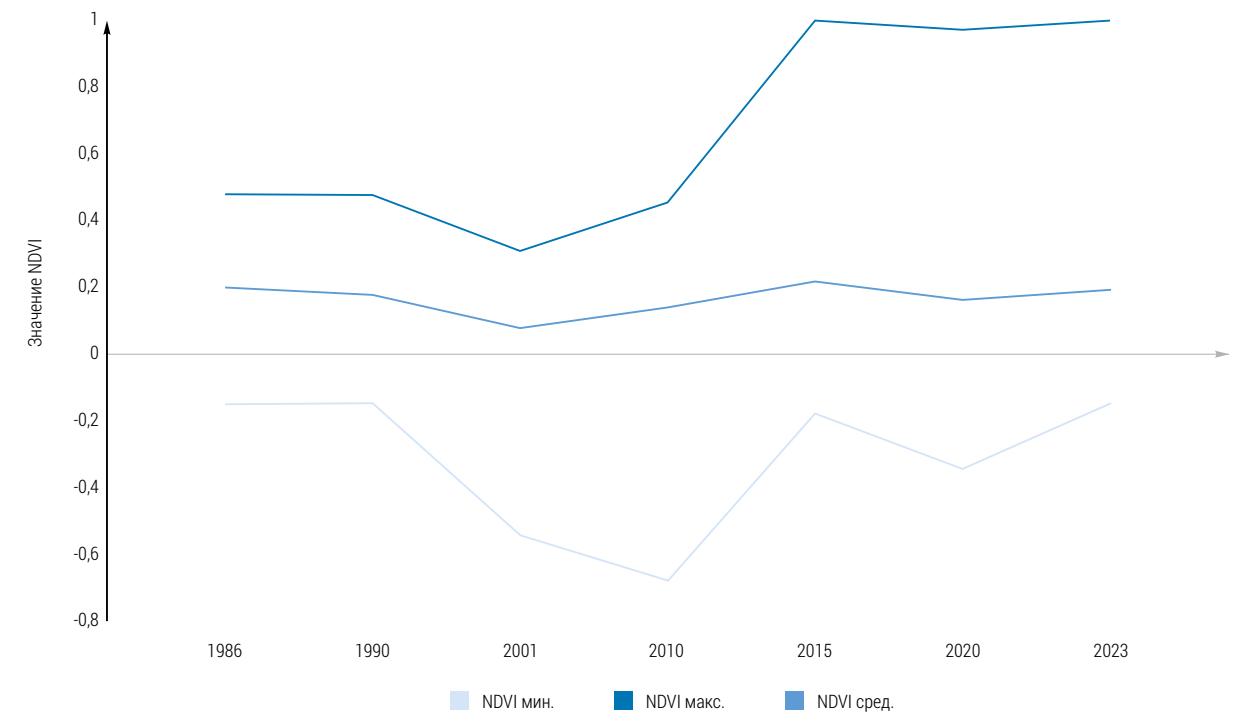
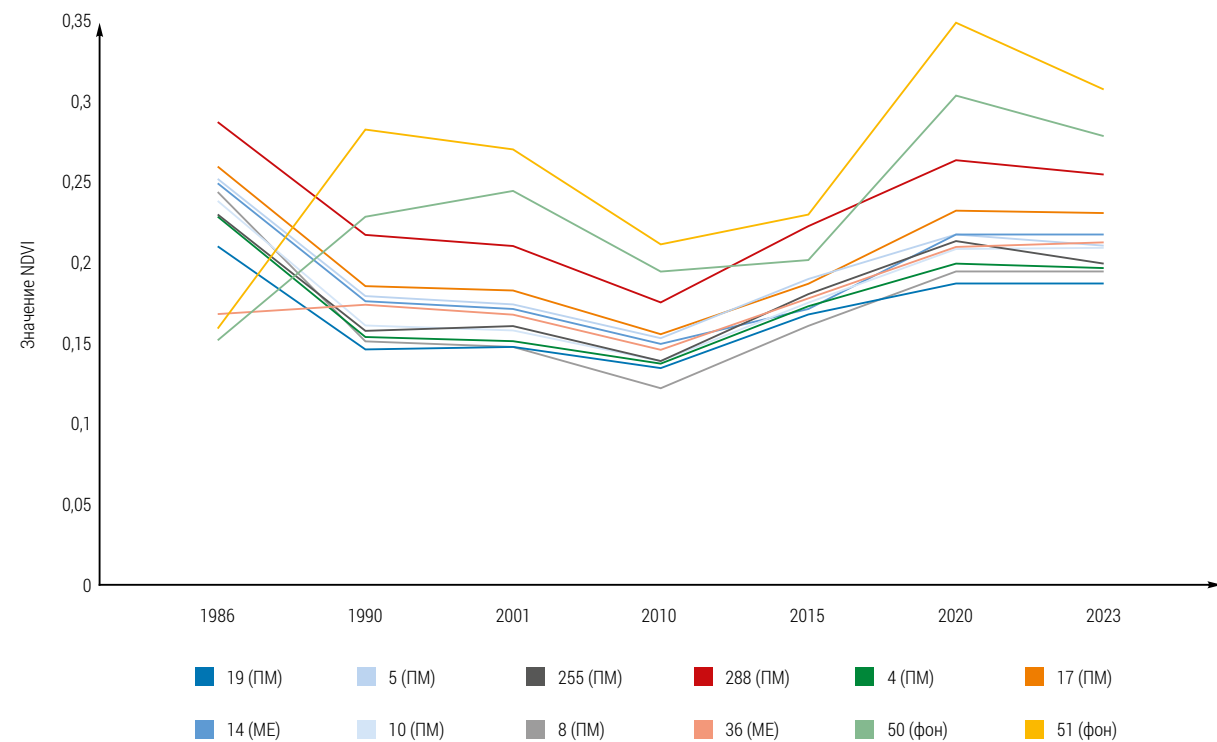


Рис. 3. Динамика показателей NDVI на космоснимках северной части типичной тундры за 1986–2023 гг.

го участка типичной тундры полуострова Ямал был проведен анализ 7 космоснимков за промежуток 1986–2023 гг. (таблица 3).

В период с 1986 по 2023 гг. наблюдаются скачки показателей NDVI_{макс.} и NDVI_{сред.} Снижение значения NDVI_{макс.} в 2001 г. может быть связано с устойчивым ростом поголовья оленей в течение 15 лет, а также снижением средней температуры июля. Рост индекса NDVI_{макс.} в 2015–2022 гг. объясняется массовым падежом оленей в 2014 г. в результате экстремальных погодных условий. Также, возможно, сказывается влияние высоких средних температур июля. Значение NDVI_{сред.} демонстрирует снижение в период 1986–2001 гг. по аналогичной причине не роста поголовья оленей. В 2015 г. на-

блюдается резкое повышение, вероятно, по аналогичным причинам, как и в случае с NDVI_{макс.} (рис. 3).

Показатель корреляции между NDVI_{сред.} и численностью поголовья оленей составляет 0,016, между NDVI_{сред.} и изменением средней температуры июля – 0,484, соответственно, в данном случае прослеживается более сильная зависимость между индексом NDVI и средней температурой июля.

На следующем этапе анализа посредством инструмента «Зональная статистика» в QGIS был произведен расчет среднего, максимального и минимального показателей NDVI для 13 участков (плюс 2 фоновых), которые были выявлены в ходе анализа снимка NDVI_{2023–1986} и про-

Таблица 3. Динамика показателей NDVI северного участка типичной тундры за 1986–2023 гг.

Год/показатель	NDVI _{мин.}	NDVI _{макс.}	NDVI _{сред.}	Т _{июль} Сеяха (°C)	Т _{ср.} Сеяха (°C)	Численность поголовья (тыс.)
2023	-0,154	0,999	0,188	11,3	-5,8	332,434
2020	-0,351	0,976	0,154	11,8	-3,9	322,926
2015	-0,179	0,997	0,214	11,1	-7	234,79
2010	-0,687	0,46	0,14	6,3	-10	290,636
2001	-0,553	0,308	0,071	7,9	-9,7	205,774
1990	-0,149	0,476	0,173	12,1	-10,2	177,401
1986	-0,152	0,476	0,19	8	-9,6	151,5

id участка	1986	1990	2001	2010	2015	2020	2023
1 (МЕ)	0,261	0,277	0,143	0,221	-	0,234	0,245
2 (ПМ)	0,259	0,274	0,152	0,237	0,198	0,267	0,275
3 (ПМ)	0,289	0,307	0,151	0,275	0,25	0,295	0,323
4 (МЕ)	0,284	0,304	0,145	0,26	0,307	0,289	0,301
5 (ПМ)	0,267	0,271	0,169	0,209	0,268	0,255	0,269
6 (ЛУ)	0,301	0,321	0,153	0,263	0,3	0,289	0,313
7 (ПМ)	0,275	0,296	0,159	0,248	0,308	0,273	0,287
8 (ПМ)	0,252	0,272	0,153	0,222	0,289	0,243	0,261
9 (ЛУ)	0,293	0,306	0,163	0,245	0,283	0,281	0,296
10 (ПМ)	0,274	0,295	0,133	0,225	0,3	0,243	0,268
11 (ЖД)	0,293	0,315	0,159	0,233	0,319	0,272	0,301
12 (фон)	0,281	0,315	0,146	0,247	0,302	0,279	0,299
13 (ЛУ)	0,283	0,319	0,157	0,255	0,291	0,272	0,298
15 (ЖД)	0,298	0,333	0,155	0,238	0,319	0,275	0,31
16 (фон)	0,283	0,311	0,142	0,238	0,259	0,267	0,297

ЖД – железная дорога, ПМ – пути миграции, ЛУ – лицензионные участки, МЕ – месторождение, фон – фоновые участки

Таблица 4. Результаты ретроспективного анализа NDVI_{сред.} в пределах северной части типичной тундры в период 1986–2023 гг.

веден ретроспективный анализ изменения значения индекса NDVI_{сред.} за период 1986–2023 гг. (таблица 4). В период с 1986 по 1990 гг. идет повышение индекса NDVI_{сред.} на всех участках, с 1990 по 2001 – снижение, связанное, вероятно, со значительными темпами роста поголовья, в 2010 г. отмечается новый рост индекса. Динамика в 2015 г., в сравнении с участками в арктической тундре, различна: лишь на двух (№ 2 (ПМ), № 3 (ПМ)) из шестнадцати участков наблюдается снижение индекса, несмотря на резкое снижение поголовья оленей в этот период.

Эти участки расположены в районе прохождения путей миграции. После 2015 г. на большинстве участков наблюдается снижение индекса в 2020 г. и новый рост в 2023 г. При этом такие результаты не коррелируют ни с динамикой температурного режима, ни с динамикой численности поголовья. Лишь на трех участках (№ 2 (ПМ), № 3 (ПМ), 16 (фон)) наблюдается устойчивый рост индекса за весь период с 2015 по 2023 гг. Они располагаются в зонах путей миграции оленей и на фоновом участке. Более детально колебания отражены на диаграмме (рис. 4).

Использование оленей в традиционном хозяйстве

Источник: [longtaildog / depositphotos.com](#)



Рис. 4. Динамика индекса NDVI_{сред.} в пределах зон деградации растительного покрова северного участка типичной тундры в период 1986–2023 гг.

В результате анализа значений NDVI за период 1986–2023 гг. в пределах северной части типичной тундры выявлено, что наибольшая динамика индекса наблюдается на участках, расположенных в местах высокой концентрации мест миграции и выпаса оленей, что требует учесть при формировании точек мониторинга состояния растительного покрова на карте.

II часть (южный участок типичной тундры). На данном участке обильно представлена травяно-кустарничково-сфагновая растительность и кустарничково-зеленомошные растительные сообщества. В почвенном покрове обильно представлены песчаные и супесчаные тундровые иллювиально-гумусовые почвы, легко подвергаемые процессу дефляции. Оленьи пастбища относятся к следующим нескольким типам: летние кустарничково-осоково-пушицево-моховые, кустарничково-травяно-моховые с ивой и ерником; весенне-осенние кустарничково-моховые с ивой и ерником; зимние кустарничково-мохово-лишайниковые [9].

Из объектов инфраструктуры на данную территорию приходится железная

дорога и несколько автомобильных дорог. Большая часть территории южного участка типичной тундры относится к Ямальскому заказнику. В пределах именно этого участка, согласно исследованию [4], расположены наиболее деградированные участки. Обращает на себя внимание тот факт, что именно на данной территории наименьшее количество лицензионных участков и не особо высокая концентрация объектов промышленной инфраструктуры, при этом очень густые пересечения путей

Растительность тундры как под воздействием традиционного природопользования, так и промышленной инфраструктуры одинаково испытывает угнетающие последствия антропогенного воздействия

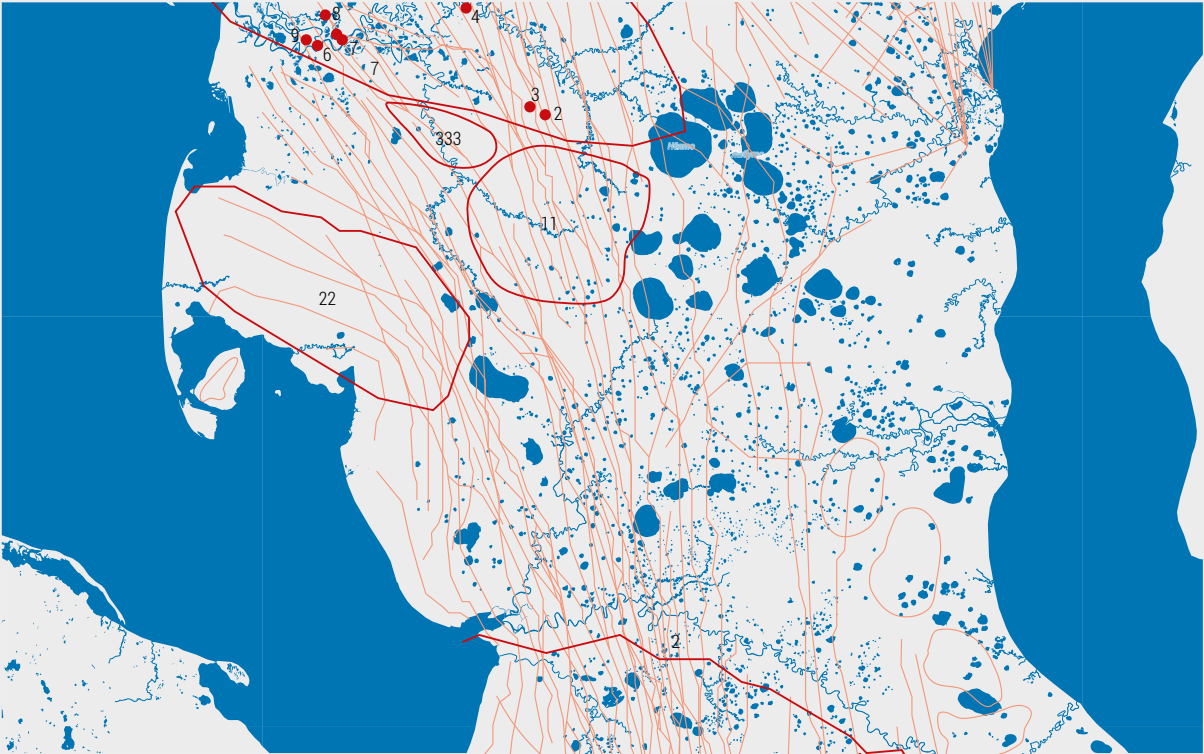


Рис. 5. Сопоставление густоты путей миграции оленей со степенью интенсивности деградации растительного покрова в пределах южного участка типичной тундры (пути миграции по данным администрации Ямальского района, участки перевыпаса по данным исследования [8])

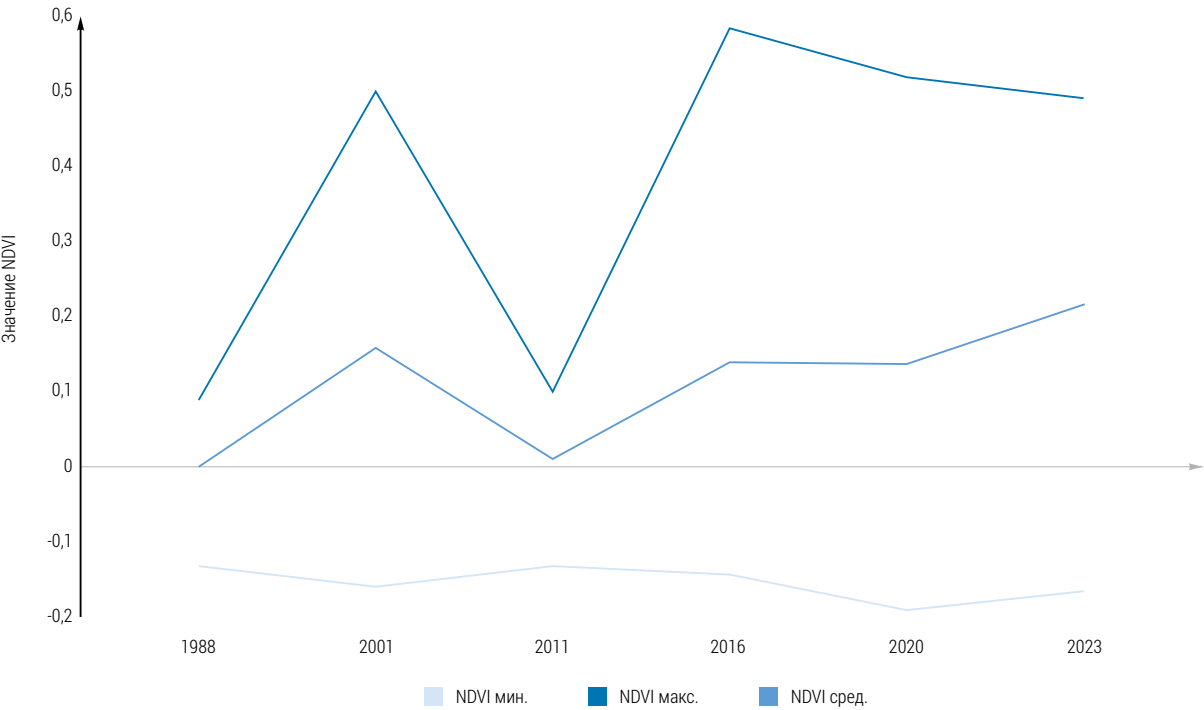


Рис. 6. Динамика показателей NDVI на космоснимках южного участка типичной тундры за 1988–2023 гг.

Год/ показатель	NDVI _{мин.}	NDVI _{макс.}	NDVI _{сред.}	Т _{июль} Сейха (°C)	Т _{ср.} Сейха (°C)	Численность поголовья (тыс.)
2023	-0,166	0,495	0,216	11,3	-5,8	332,434
2020	-0,192	0,521	0,136	11,8	-3,9	322,926
2016	-0,144	0,585	0,138	15	-5,6	234,79
2011	-0,133	0,098	0,009	7,4	-5,6	290,636
2001	-0,159	0,494	0,161	7,9	-9,7	205,774
1990	-	-	-	12,1	-10,2	177,401
1988	-0,133	0,088	-0,001	7,6	-9,4	151,5

Таблица 5. Динамика показателей NDVI южного участка типичной тундры за 1988–2023 гг.

касания оленей! (рис. 5). То есть большой вклад в воздействие на окружающую среду, в т. ч. на растительности, приходится именно на выпас оленей.

Для изучения динамики состояния растительного покрова в целом для южного участка типичной тундры полуострова Ямал проведен анализ 7 космоснимков за промежуток 1988–2023 гг. Получены данные среднего, максимального и минимального значения индекса NDVI и сопоставлены с температурой июля (месяца наиболее активной вегетации) и численностью оленей по годам (таблица 5).

В период с 1988 по 2001 гг. происходил рост значений NDVI_{макс.} и NDVI_{сред.}, с 2001

по 2011 гг. – снижение индекса, обусловленное ростом численности поголовья, с 2011 по 2016 гг. происходит новый скачок роста индекса, что возможно связано со скачком средней температуры июля, так как зафиксировано снижение поголовья оленей. С 2016 по 2020 гг. происходит незначительное снижение индексов, при снижении поголовья оленей и снижении средней температуры июля. С 2020 по 2023 гг. произошло снижение максимальных значений NDVI и повышение средних значений NDVI. При этом наблюдалось увеличение поголовья и снижение средней температуры июля (рис. 6).

Показатель корреляции между NDVI_{сред.} и численностью поголовья оленей состав-

Пастбище оленей на Ямале

Источник: e.m.mitroshin.gmail.com / depositphotos.com



id участка	1988	1990	2001	2011	2016	2020	2023
1 (ЖД)	0,014	-	0,188	0,02	0,227	0,234	0,234
2 (ЖД)	0,013	-	0,203	0,02	0,244	0,252	0,251
3 (ПМ)	0,012	-	0,2	0,02	0,242	0,251	0,249
4 (ЖД)	0,012	-	0,208	0,018	0,256	0,263	0,266
5 (ПМ)	0,012	-	0,185	0,02	0,224	0,234	0,232
6 (ПМ)	-	-	-	0,02	0,267	0,274	0,288
7 (ПМ)	0,011	-	0,214	0,019	0,243	0,253	0,263
8 (ЖД)	0,013	-	0,194	0,019	0,222	0,234	0,241
9 (ЖД)	0,006	-	0,242	0,015	0,27	0,276	0,289
10 (фон)	-0,001	-	0,204	0,004	-	-	0,324
11(фон)	-0,003	-	0,149	0,005	-	-	0,344
12 (фон)	-0,002	-	0,124	0,009	-	-	0,338
13 (фон)	-0,001	-	0,297	-	-	-	0,32
14(фон)	0,012	-	0,201	0,022	0,235	0,245	0,255
15 (ПМ)	0,016	-	0,178	0,023	0,213	0,227	0,226
16 (ПМ)	0,011	-	0,178	0,017	0,21	0,218	0,227
17 (ЖД)	0,01	-	0,179	0,016	0,199	0,219	0,223
18 (ЖД)	0,013	-	0,174	0,02	0,2	0,214	0,22
19 (ПМ)	0,011	-	0,195	0,018	0,242	0,248	0,257
20 (ПМ)	0,01	-	0,194	0,017	0,235	0,243	0,249
21(ПМ)	0,01	-	0,199	0,017	0,245	0,249	0,257
22 (ПМ)	0,011	-	0,187	0,018	0,228	0,235	0,244
23 (ПМ)	0,009	-	0,192	0,017	0,236	0,243	0,249
24 (ПМ)	-	-	0,183	-	0,216	0,225	0,232
25 (ПМ)	0,007	-	0,189	0,013	0,221	0,235	0,243
26 (ПМ)	0,008	-	0,209	0,016	0,248	0,254	0,263

ЖД – железная дорога, ПМ – пути миграции, фон – фоновый участок

Таблица 6. Результаты ретроспективного анализа NDVI_{сред.} в пределах южной части типичной тундры в период 1988–2023 гг.

ляет 0,477, между NDVI_{сред.} и изменением средней температуры июля – 0,562, соответственно, прослеживается более сильная зависимость между индексом NDVI и средней температурой июля, при этом разница между значениями корреляции незначительна. Далее посредством инструмента «Зональная статистика» в QGIS был произведен расчет среднего, максимального и минимального показателей NDVI для 21 участка (плюс 5 фоновых), которые были выявлены в ходе анализа снимка NDVI_{2023–1986} и проведен ретроспективный анализ изменения значения индекса NDVI_{сред.} за период 1986–2023 гг. (таблица 6).

Для всех участков наблюдалась одинаковая динамика: с 1988 по 2001 гг. повышение индекса NDVI_{сред.}, в 2011 г. снижение, связанное с ростом численности поголовья оленей, с 2016 по 2020 гг. – рост индекса, возможно связанный с повышением температуры, с 2020 по 2023 гг. на участках 2 (ЖД), 3 (ПМ), 5 (ПМ), 15 (ПМ). Они расположены в основном в местах прохождения густых путей миграции оленей.

На рис. 7 видно, что динамика индекса на всех участках практически идентична. Слишком сильные отрицательные скачки в 1968 и 2011 гг. могут быть обусловлены особенностями космоснимка, что стало результатом слишком большой погрешности в расчете индекса. В результате анализа значений NDVI за период 1986–2023 гг. в пределах южной части типичной тундры наибольшая динамика индекса наблюдается на участках, расположенных в местах высокой концентрации мест миграции и выпаса оленей, что требуется учесть при формировании точек мониторинга.

Южная тундра

Важной отличительной чертой зоны южной тундры является обильная кустарничковая растительность в сравнении с другими зонами ямальской тундры. В почвенном покрове преобладают песчаные и супесчаные тундровые иллювиально-гумусовые почвы, тундрово-глеевые и тундрово-болотные



Рис. 7. Динамика индекса NDVI_{сред.} в пределах зон деградации растительного покрова северного участка типичной тундры

почвы. Олени пастбища представлены весенне-осенними ерниково-ивняково-кустарников-травяно-моховыми тундрами. На юге полуострова источником лишайниковых кормов являются кустарничково-лишайниковые тундры [9]. В пределах участка южных тундр отмечается высокая концентрация сети автомобильных дорог, железнодорожные пути, практически половина территории поделена на лицензионные участки, а также с 2016 г. функционирует Новопортовское месторождение. Есть 3 коридора путей миграции, в западной части наблюдается их особая густота. Также в пределах южной тундры осуществляют выпас Панаевское и Ярсалинское МОП.

Для изучения динамики состояния растительного покрова в целом для участка южной тундры полуострова Ямал были получены данные среднего, максимального и минимального значения индекса NDVI и сопоставлены с температурой июля (месяца наиболее активной вегетации) и численностью оленей по годам (таблица 7).

В период с 1986 по 1990 гг. показатель NDVI_{сред.} демонстрирует рост, который связан с повышением средней температуры июля, при том, что произошло повышение и численности поголовья оленей. С 1990 по 2010 гг. происходит устойчивое снижение показателя NDVI-

Таблица 7. Динамика показателей NDVI территории южной тундры за 1986–2023 гг.

Год/показатель	NDVI _{мин.}	NDVI _{макс.}	NDVI _{сред.}	Т _{июль} Уренгой (°C)	Т _{ср.} Уренгой (°C)	Численность поголовья (тыс.)
2023	-0,168	0,515	0,257	18,7	-4,2	332,434
2020	-0,148	0,581	0,237	15	-2	322,926
2015	-0,208	0,998	0,195	15,3	-4,6	234,79
2010	-0,45	0,601	0,138	12,6	-8,2	290,636
2001	-0,133	0,445	0,191	13,4	-7,3	205,774
1990	-0,157	0,499	0,215	20,1	-6,9	177,401
1986	-0,175	0,633	0,196	17,5	-6,4	151,5

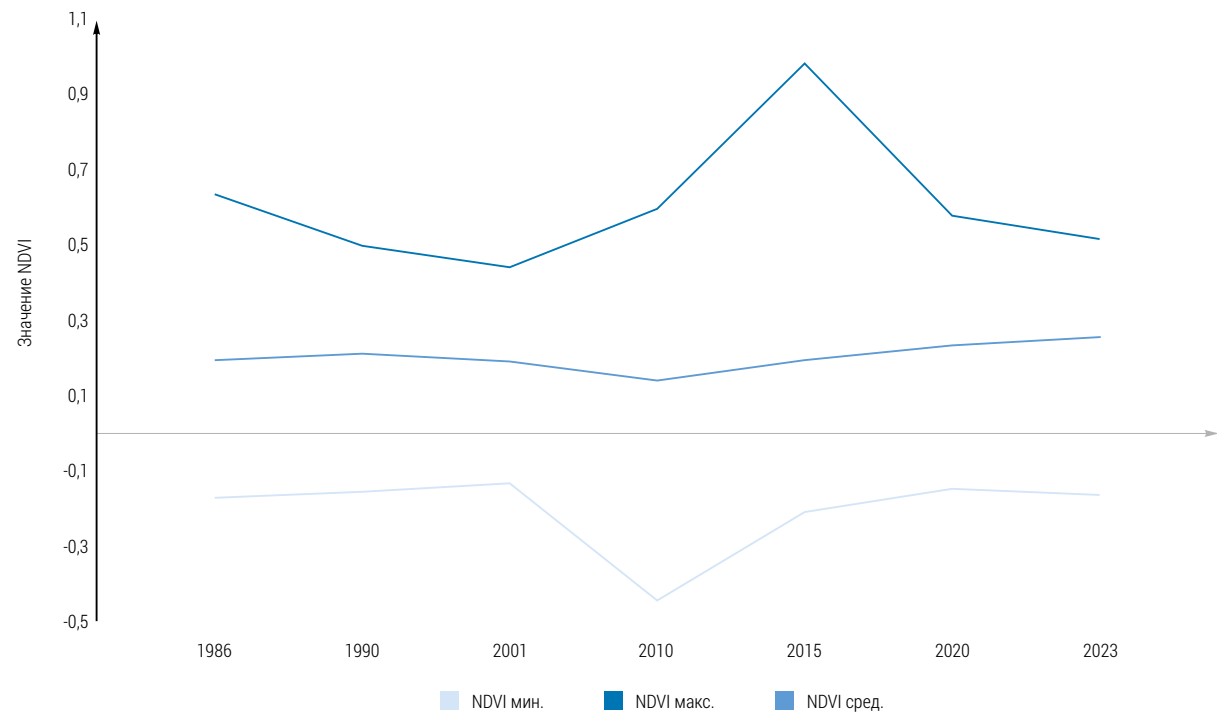


Рис. 8. Динамика показателей NDVI на космоснимках южной тундры за 1988–2023 гг.

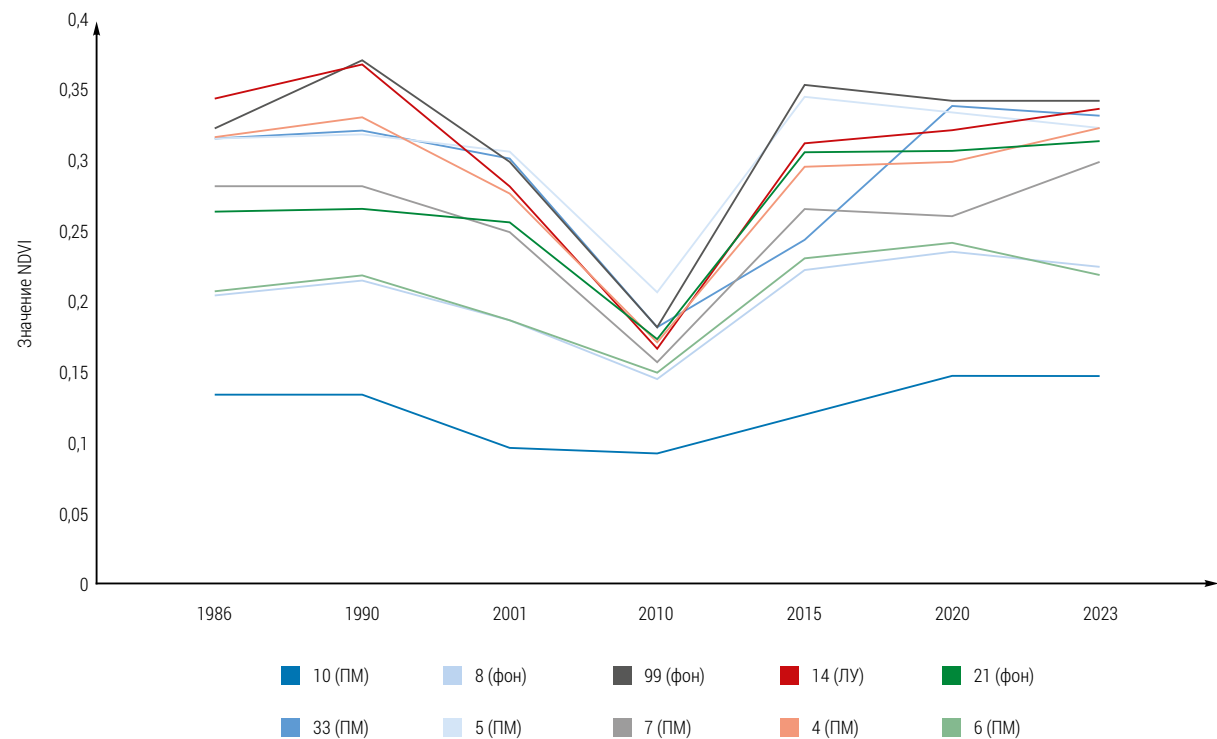


Рис. 9. Динамика индекса NDVI_{сред.} в пределах зон деградации растительного покрова северного участка типичной тундры

с_{сред.} чему могут способствовать сразу 2 фактора: снижение средней температуры июля и рост поголовья. В 2015 г. наблюдается резкий скачок индекса, который может быть связан с массовым падежом оленей в 2014 г. Затем, вплоть до 2023 г., рост значений индекса. В связи с тем, что с 2020 по 2023 гг. произошел рост численности поголовья оленей, решающим фактором стало изменение средней температуры июля (рис. 8).

Показатель корреляции между NDVI_{сред.} и численностью поголовья оленей составляет 0,294, между NDVI_{сред.} и изменением средней температуры июля – 0,644, соответственно, в данном случае прослеживается более сильная зависимость между индексом NDVI и средней температурой июля.

индекса NDVI_{сред.} на разных участках более значительна. На большинстве участков в период с 1986 по 1990 гг. наблюдалось повышение индекса, исключением является участок № 10 (ПМ), расположенный в зоне прохождения путей миграции, что как раз может быть обусловлено ростом численности поголовья оленей. С 1990 по 2001 гг. повсеместно наблюдается снижение значения индекса. С 2001 по 2010 гг. на всех участках, кроме участка № 11 (расположен в районе путей миграции), продолжалось снижение значений индекса параллельно с ростом численности поголовья.

После 2015 г. на всех участках наблюдается рост значений индекса, совпадающий с резким падением численности поголовья. В промежутке с 2015

id участка	1986	1990	2001	2010	2015	2020	2023
11 (ПМ)	0,13	-	0,093	0,095	0,14	0,147	0,146
10 (ПМ)	0,133	0,131	0,097	0,093	0,12	0,147	0,146
8 (фон)	0,206	0,216	0,187	0,145	0,223	0,236	0,226
14 (ЛУ)	0,345	0,37	0,283	0,167	0,313	0,322	0,338
21 (фон)	0,265	0,266	0,257	0,172	0,307	0,308	0,315
33 (ПМ)	0,317	0,322	0,303	0,182	0,243	0,339	0,333
20 (ЖД)	0,279	-	0,155	-	0,15	-	0,262
19 (ЖД)	0,29	-	0,229	-	0,28	-	0,271
17 (ЛУ)	0,299	-	0,261	0,187	0,205	0,299	0,301
5 (ПМ)	0,316	0,32	0,307	0,205	0,347	0,335	0,324
7 (ПМ)	0,282	0,282	0,25	0,157	0,266	0,262	0,298
4 (ПМ)	0,316	0,332	0,278	0,17	0,297	0,299	0,322
6 (ПМ)	0,208	0,219	0,187	0,148	0,231	0,242	0,22
15 (ЖД)	0,183	-	0,173	-	0,046	0,173	0,19
24 (ЖД)	0,33	-	0,252	-	0,081	0,286	0,324
18 (ЛУ)	0,193	-	0,158	-	0,057	0,179	0,195
16 (ЖД)	0,159	-	0,065	-	0,155	0,146	0,152

ЖД – железная дорога, ПМ – пути миграции, ЛУ – лицензионные участки, МЕ – месторождение, фон – фоновые участки

Таблица 8. Результаты ретроспективного анализа NDVI_{сред.} в пределах южной тундры в период 1986–2023 гг.

Для более детального анализа динамики состояния растительного покрова в пределах южной тундры был выделен 21 участок (плюс 3 фоновых) на основе визуального анализа снимков NDVI₂₀₂₃ - NDVI₁₉₈₆. Далее, посредством инструмента «Зональная статистика» в QGIS был произведен расчет среднего, максимального и минимального показателей NDVI и выделены участки, в пределах которых отслеживалась наиболее значительная динамика изменения NDVI за 1986–2023 гг. (таблица 8).

По сравнению с другими участками ямальской тундры, разница в динамике

по 2023 гг. наблюдается разная тенденция, преимущественно, повышение индекса в 2020 г. и снижение в 2023 г. Лишь на участке № 5 (ПМ), расположенном в районе путей миграции, наблюдался устойчивый тренд к снижению значений. При этом на фоновом участке № 21 отмечен устойчивый рост. В целом по результатам анализа можно отметить, что в зоне южной тундры полуострова Ямал традиционное природопользование и промышленная деятельность оказывают сопоставимое воздействие на растительный покров (рис. 9).



Стадо оленей на Ямале

Источник: [longtaildog / depositphotos.com](https://www.depositphotos.com/longtaildog)

Соотношение традиционного природопользования и нефтегазовой промышленности как источников негативного воздействия на окружающую среду полуострова Ямал

Воздействие нефтегазовой промышленности на территории традиционного природопользования происходит опосредованно, путем отчуждения территории: соответствующее изъятие растительных ресурсов и увеличение плотности поголовья оленей – числа оленей на единицу площади выпаса. В случае традиционного природопользования воздействие оказывается напрямую при использовании биологических растительных ресурсов пастбищ, наибольшее воздействие оказывает крупностадное оленеводство, которое является наиболее рентабельным способом ведения хозяйства для современных оленеводов. Ежегодно фиксируется изменение соотношения площадей земель сельскохозяйственного назначения и промышленности (рис. 10), что приводит к устойчивому снижению доли

первых и повышению доли и роли вторых: перевод земель между категориями и выведение земель из хозяйственного оборота в результате деградации от негативного воздействия. Но если обратиться к порядку фиксируемых размеров, то соотносятся миллионы с сотнями тысяч гектар, что позволяет именно традиционное природопользование на полуострове Ямал обозначить в качестве основного фактора негативного воздействия на растительный покров.

Если же обратиться к динамике рассматриваемого нами вегетационного индекса (рис. 11), то на территории нефтега-

Соотношение миллионов гектар земли под выпасы с сотнями тысяч гектар нефтегазового сектора позволяет оленеводство обозначить главным фактором негативного воздействия на окружающую среду

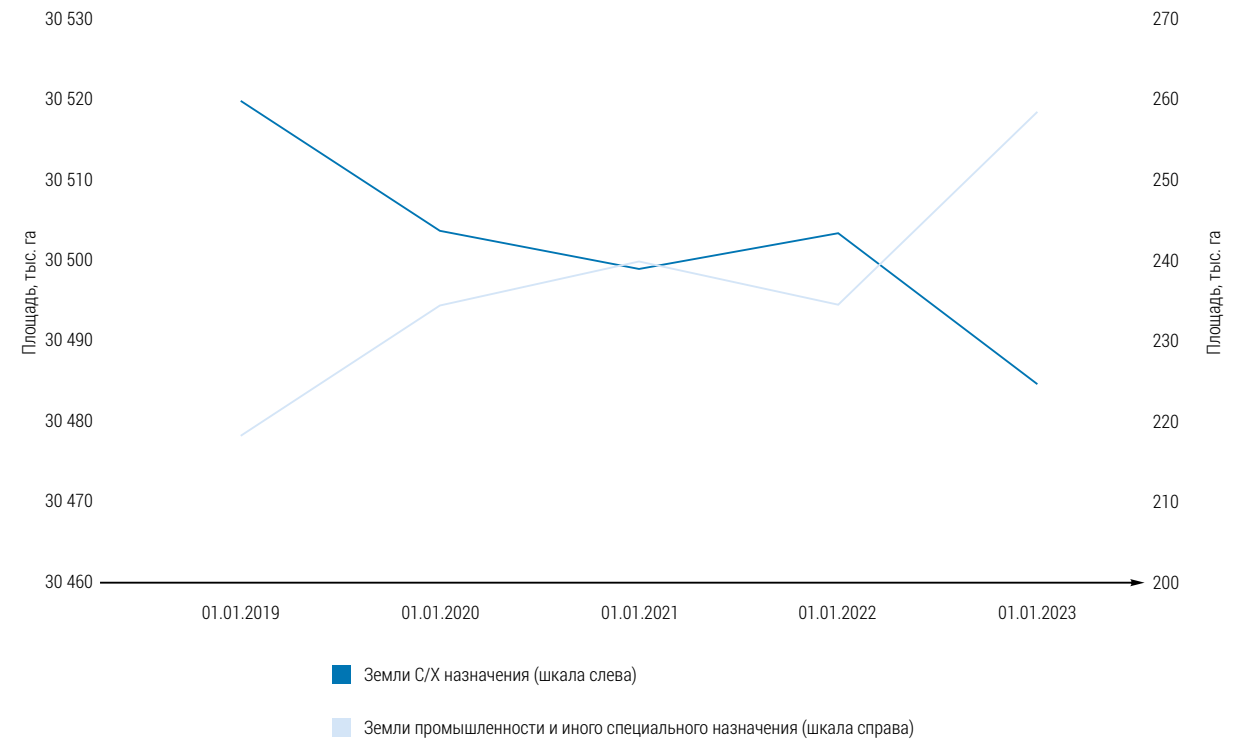


Рис. 10. Соотношение категорий промышленных земель и с/х назначения за 1986–2023 гг.

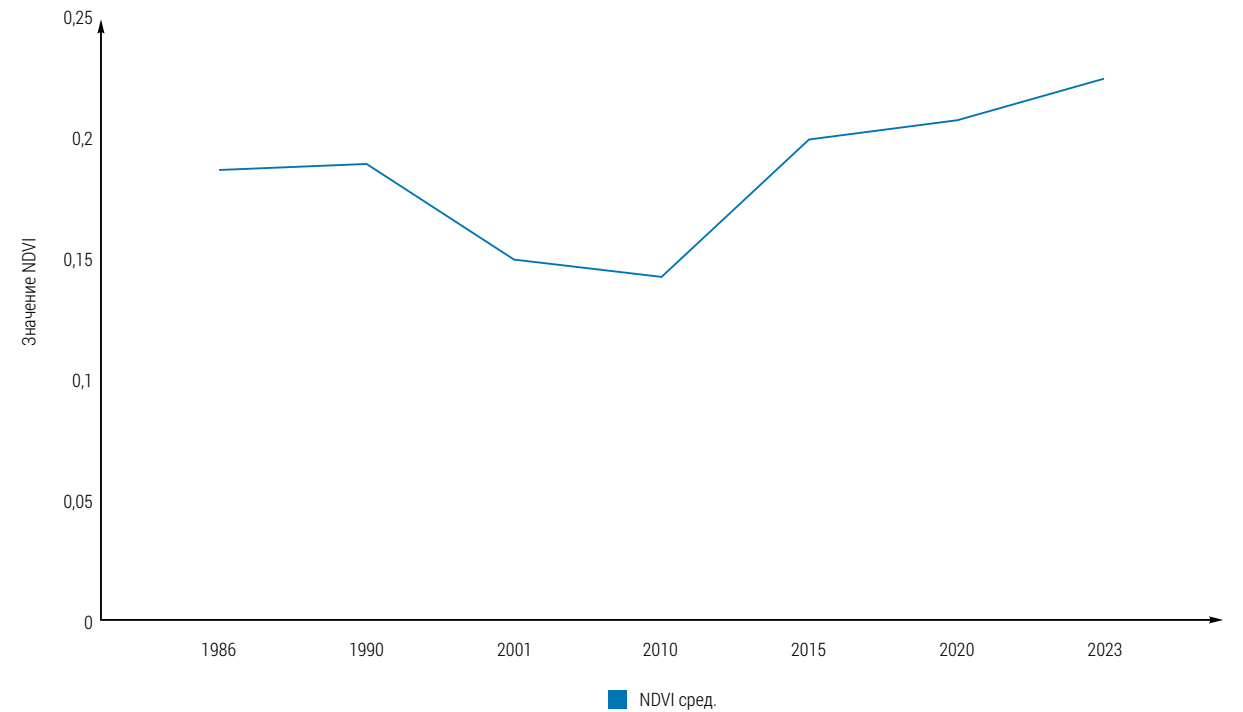


Рис. 11. Динамика индекса $NDVI_{\text{сред}}$ за 1986–2023 гг.

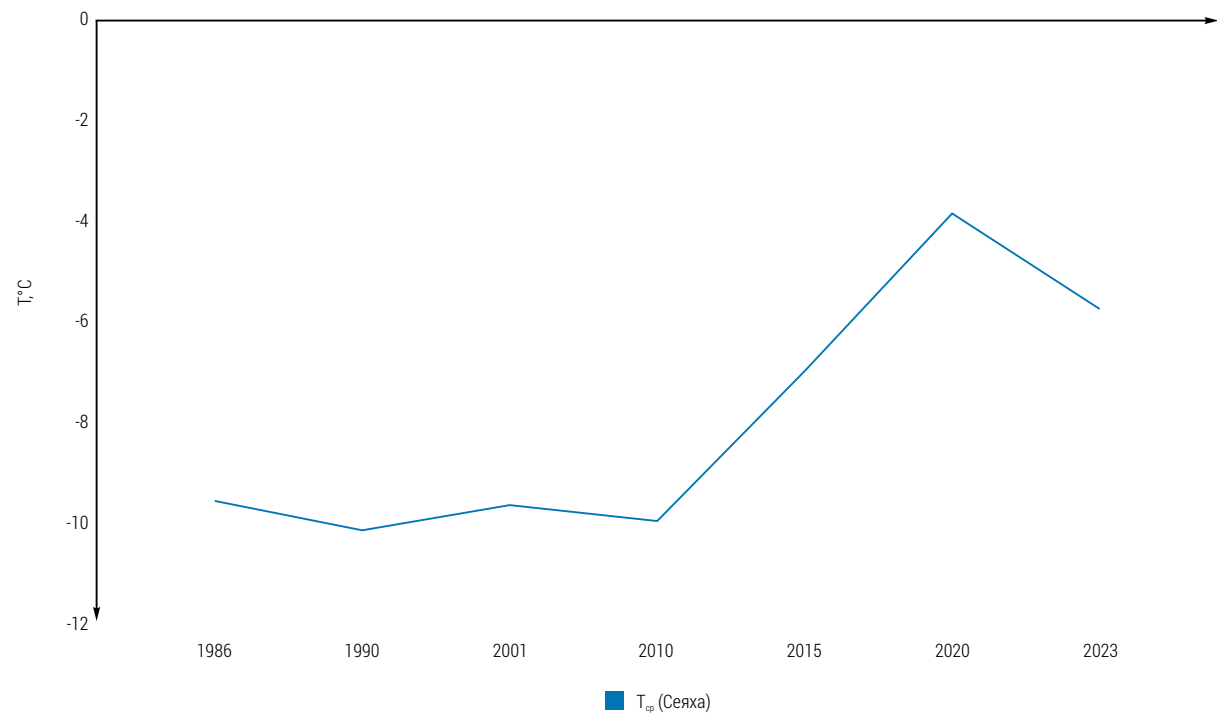


Рис. 12. Динамика среднегодовой температуры на полуострове Ямал за 1986–2023 гг.

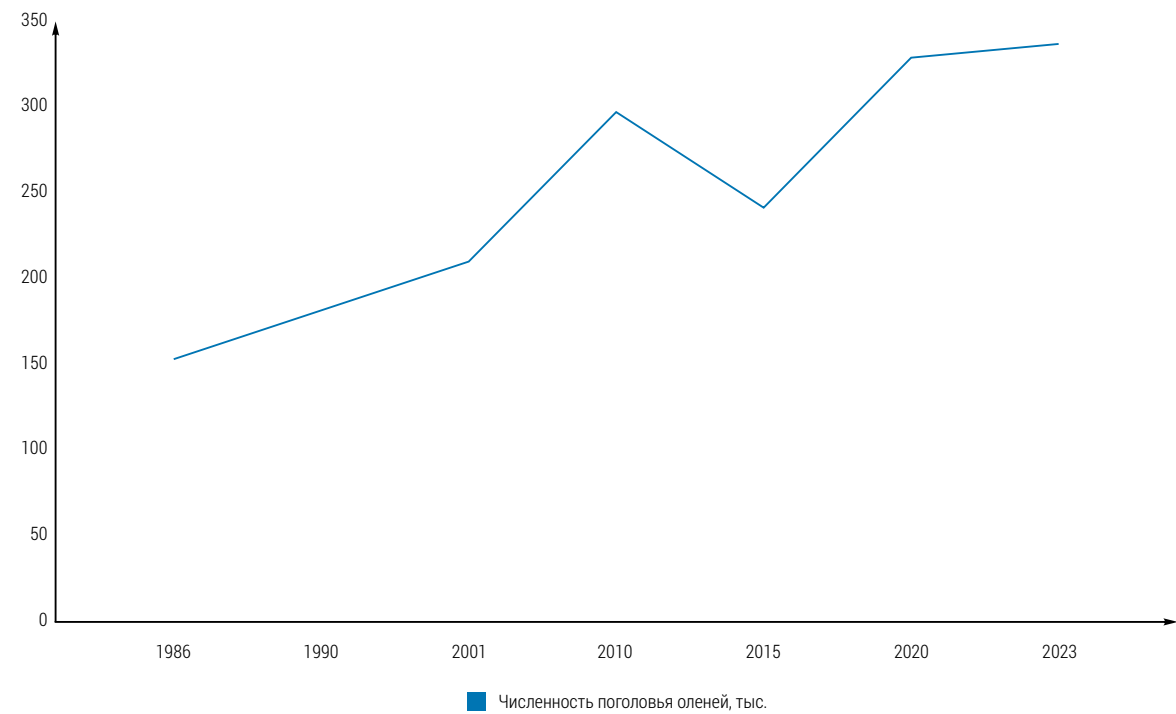


Рис. 13. Динамика численности поголовья оленей в Ямальском районе за 1986–2023 гг.

зовых промысловых угодий после спада в начале XXI в. обозначилась тенденция роста, что отражает преодоление последствий техногенного воздействия (очевидно, что это касается среднего значения по выбранному полигону, могут быть свои локальные проявления, не отменяющие общий тренд). При текущем соотношении и усилении антропогенного пресса со стороны двух рассмотренных источников негативного воздействия очевидной становится необходимость дифференцированного подхода к организации природовосстановительных мероприятий на нефтегазовых промыслах, когда учёту подлежит не только воздействие со стороны собственно нефтегазового промысла, но и присутствующего на этой территории традиционного природопользования, приведшего к значительному снижению ассимиляционного потенциала окружающей среды. И от сложившегося к моменту освоения определённой местности состояния окружающей среды необходимо отталкиваться при выстраивании государственной, корпоративной и общественной экологической политики на полуострове Ямал.

С другой стороны, современные реалии требуют учёта последствий глобального

Комплексный учёт всех видов антропогенных воздействий, включая основной – интенсивное оленеводство – приоритет для экологической политики нефтегазовых компаний, региона, муниципалитета

потепления, включая его характеристики в определённых локациях. Согласно значениям расчетов корреляции, во всех зонах ямальской тундры подтверждается более высокая зависимость между температурой и индексом NDVI (таблица 9). Следует подчеркнуть, что во всех зонах тундры полуострова значение коэффициента корреляции было выше у соотношения вегетационного индекса с температурой июля. С учётом зафиксированных трендов (рис. 12, 13), имеются все предпосылки для дальнейшего наложения воздействия (как положительного, так и отрицательного) от роста температуры и поголовья оленей.

Ненцы Ямала в тундре

Источник: domgadalki.ru



Зона тундры	Численность оленей и NDVI	Ср. температура июля и NDVI
Арктическая тундра	0,581	0,781
Северная часть типичной тундры	0,016	0,484
Южная часть типичной тундры	0,477	0,562
Южная тундра	0,294	0,644

Таблица 9. Коэффициенты корреляции показателей NDVI и факторов влияния на растительный покров

Соответственно, для экологической безопасности промысловой деятельности на полуострове, с учётом результатов мониторинга, необходимо принятие превентивных мероприятий, учитывающих обозначенные тренды. Так, например, освоение Бованенковского и Харасавэйского месторождений привело к сокращению территории оленьих пастбищ на 120 тыс. га, что, в условиях роста температур и поголовья оленей, необходимо рассматривать через призму организации недропользователями превентивных мероприятий, учитывающих ход процессов и в традиционном природопользовании, и в природных ландшафтах из-за глобального потепления, основываясь на данных регулярного мониторинга.

Таким образом, на современном уровне социально-экономического развития муниципального округа Ямальский район (муниципальное образование соотноси-

мо с физико-географическими границами полуострова Ямал), оленеводство является ведущим актором негативного экологического воздействия на окружающую природную среду. Прежде всего, его роль выделяется в пределах определённых природных зон, на которых отсутствуют иные источники антропогенного воздействия.

Применение инструментария дистанционного зондирования для фиксации воздействия оленеводства на окружающую среду показывает свою эффективность для обзорных исследований в границах площадных объектов. Вместе с тем, по мере усиления антропогенного воздействия на природные ландшафты полуострова, необходима организация системного отслеживания воздействия оленеводства на пастбища, перегоны, прибрежные урочища, что может быть достигнуто во взаимосвязи с реализованным в Ямало-Ненецком автономном округе ло-

Малочисленные народы Крайнего Севера

Источник: domgadalki.ru



Производство пельменей из оленины на Нарьян-Марском мясокомбинате

Источник: nvinder.ru

кальным экологическим мониторингом углеводорододобывающих организаций. В этом случае инструментальное наблюдение дополнялось бы обзорным охватом материалами дистанционного зондирования Земли, в разрезе определённых природных зон.

Существующий организационный подход экологического надзора на полуострове Ямал, в силу отсутствия оленеводства как учитываемого источника негативного

воздействия на окружающую среду, приводит к искажению причинно-следственных связей изменения состояния окружающей среды. Соответственно, комплексный учёт всех видов антропогенных воздействий, включая основной – интенсивное оленеводство – приоритет для экологической политики нефтегазовых компаний, региона, муниципалитета и территориальных общностей людей, включая субъектов традиционного природопользования.

Использованные источники

1. Единая картографическая система ЯНАО. URL: <https://karta.yanao.ru/eks> (дата обращения: 03.05.2024).

2. Головнёв А. В., Абрамов И. В. Олени и газ: стратегии развития Ямала //Вестник археологии, антропологии и этнографии. 2014. №. 4 (27). С. 122–131.

3. Кулюгина Е.Е. Флора и растительность песчаных обнажений Припечерских тундр: автореф. дисс... канд. биол. наук. Сыктывкар, 2004. – 26 с.

4. The change of tundra biota at Yamal peninsula (the North of the Western Siberia, Russia) in connection with anthropogenic and climatic shifts / In book: Tundra's: Vegetation, Wildlife and Climate trends / Golovatin M.G., Morozova L.M., Ektova S.N., Paskhalny S.P.; ed.: B. Gutierrez and C. Pena. New York: Nova Science Publishers, 2010. Cht.1. Pp. 1–46.

5. Елсаков В. В., Щанов В. М. Современные изменения растительного покрова пастбищ северного оленя Тиманской тун-

дры по результатам анализа данных спутниковой съёмки // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. №. 2. С. 128–142.

6. Логинов В. Г., Игнатьева М. Н., Балашенко В.В. Вред, причиненный ресурсам традиционного природопользования, и его экономическая оценка // Экономика региона. 2017. Т. 13. №2. С. 396–409.

7. Морозова Л. М., Магомедова М. А. Влияние выпаса оленей на ресурсный потенциал растительного покрова // Полуостров Ямал: растительный покров. Тюмень: Сити-пресс. 2006. С. 235–247.

8. Матвеева Н. В. Зональность в растительном покрове Арктики // Труды Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН. Спб., 1998. Вып. 21. – 220 с.

9. Атлас Ямало-Ненецкого автономного округа. Омск: Омская картографическая фабрика, 2004. 1 атл. – 303 с.