



Министерство просвещения Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский государственный педагогический университет»  
Свердловское областное отделение Русского Географического Общества  
Институт географии РАН  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
Институт степи Уральского отделения РАН  
Алтайский государственный университет  
Пермский государственный научно-исследовательский университет

# **КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЛАНДШАФТОВ**

**Материалы Всероссийской  
научно-практической конференции**

**22-24 апреля 2021 г.**

Екатеринбург 2021

УДК 581.543  
ББК Е081.2  
К49

Рекомендовано Ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный педагогический университет» в качестве *научного* издания (Решение № 17 от 18.05.2021)

**Редакционная коллегия:**

Янцер О.В., канд. геогр. наук, доцент,  
Липухин Д.Н., канд. геогр. наук, доцент,  
Иванова Ю.Р., ассистент кафедры географии, МГО и туризма.

**К49 Климатические изменения и сезонная динамика ландшафтов :** материалы Всероссийской научно-практической конференции, 22-24 апреля 2021 года / Уральский государственный педагогический университет ; под редакцией О. В. Янцер, Д. Н. Липухина, Ю. Р. Ивановой. – Электрон. дан. – Екатеринбург : [б. и.], 2021. – 1 CD-ROM. – Текст : электронный.

ISBN 978-5-7186-1793-1

В сборнике изложены результаты научных исследований, посвященных актуальным проблемам климатических изменений и сезонной динамики ландшафтов. Отражены теоретические и методологические подходы к исследованию динамики ландшафтов в контексте климатических изменений, выявлены особенности климатических и гидрологических изменений на глобальном и региональном уровнях иерархии геосистем. Рассмотрены актуальные и перспективные направления развития фенологической сети РГО и региональные аспекты фенологического мониторинга биоты, влияние антропогенного фактора на динамику и развитие геосистем, а также социально-экономические и эколого-медицинские проблемы региональных хозяйственных систем в контексте современных климатических изменений.

Широкий круг проблем, обсуждаемых в сборнике, предполагает широкий круг читателей. Его материалы будут полезны научным сотрудникам особо охраняемых природных территорий (ООПТ), учителям, студентам, аспирантам, всем, кто интересуется современными изменениями климата и сезонной динамикой ландшафтов.

Материалы публикуются в авторской редакции.

*Сборник публикуется при поддержке гранта Всероссийской общественной организации «Русское Географическое Общество» «Влияние климатических изменений на сезонную динамику ландшафтов Урала», договор №03/2020-Р от 14 июля 2020 г.*

УДК 581.543  
ББК Е081.2

ISBN 978-5-7186-1793-1

© ФГБОУ ВО «УрГПУ», 2021

**Горбунова Анастасия Михайловна,**

инженер-исследователь, Институт экологии растений и животных  
ИЭРиЖ УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия; anastasiya\_psu1991@mail.ru

## **МОНИТОРИНГ ЗАПАСОВ НАДЗЕМНОЙ ФИТОМАССЫ В ЮЖНЫХ ТУНДРАХ ЯМАЛА**

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** южные тундры; надземная фитомасса; мониторинг; запасы надземной фитомассы.

**АННОТАЦИЯ.** Актуальность работы связана с необходимостью мониторинга растительных ресурсов южных тундр Ямала в условиях глобального потепления климата и высокой пастбищной нагрузки на экосистемы полуострова Ямал. Цель работы – оценка современного состояния растительности и запасов надземной фитомассы в южных тундрах Ямала в нижнем течении р. Еркатаяха путем совмещения результатов наземных исследований (геоботанические описания, взятие проб надземной фитомассы методом укосов) и данных дистанционного зондирования Земли (с использованием сервиса VEGA-Science ИКИ РАН). Результаты работы содержат оценку состояния оленьих пастбищ разной степени нарушенности в 2017-2018 гг. и 2019 г. Выявлены положительные связи между общим проективным покрытием растений и запасами надземной фитомассы. На деградированных участках, исследованных в 2017 г., в 2019 г. запасы фитомассы увеличились в 1,7 раза. На малонарушенных и ненарушенных участках, исследованных в 2018 г., в 2019 г. запасы фитомассы снизились в 2,5 раза. На территории с 2001 по 2019 гг. наблюдались тренды на повышение суммы активных температур и количества накопленных за год осадков; в то время как динамика тренда значений вегетационного индекса NDVI на исследуемой территории с 2001 по 2019 гг. была отрицательная. Выявлена положительная корреляция между значениями NDVI и проективным покрытием лишайников, и между NDVI и запасами биомассы. Соответственно, запасы биомассы и проективное покрытие лишайников с 2001 г. снижаются.

**Anastasiya M. Gorbunova,**

Research Engineer, Institute of Plant and Animal Ecology UB RAS, Ekaterinburg, Russia

## **MONITORING OF ABOVEGROUND PHYTOMASS STOCKS IN THE SOUTHERN TUNDRA OF YAMAL**

**KEYWORDS:** southern tundra; aboveground phytomass; monitoring; overground phytomass reserves.

**ABSTRACT.** The relevance of the work is associated with the need to monitor the plant resources of the southern tundra of Yamal in the context of global warming and high grazing pressure on the ecosystems of the Yamal Peninsula. The goal of this work is to assess the current state of vegetation and reserves of aboveground phytomass in the southern tundra of Yamal in the lower reaches of the Yerkatayakha river by combining the results of ground-based research (geobotanical descriptions, taking samples of the aboveground phytomass by the mowing method) and remote sensing data of the Earth (using the VEGA-Science service of the IKI RAS). The results of the work contain an assessment of

the state of reindeer pastures of varying degrees of disturbance in 2017-2018 and 2019. Positive relationships were revealed between the total projective cover of plants and the reserves of aboveground phytomass. In the degraded areas surveyed in 2017, the phytomass reserves increased 1,7 times in 2019. In the intact and undisturbed areas studied in 2018, in 2019 the phytomass reserves decreased by 2,5 times. In the territory from 2001 to 2019 there were trends for an increase in the sum of active temperatures and the amount of precipitation accumulated during the year; while the dynamics of the trend in the values of the vegetation index NDVI in the study area from 2001 to 2019 was negative. A positive correlation was found between the NDVI values and the projective cover of lichens, and between the NDVI and biomass reserves. Accordingly, biomass reserves and projective cover of lichens have been decreasing since 2001.

**Введение.** Полуостров Ямал является центральным районом оленеводства в Ямало-Ненецком автономном округе. Площадь подзоны южных тундр Ямального района составляет более 5 млн га, к оленьим пастбищам относятся все доступные к выпасу территории, покрытые растительностью. Выпас не опасен для тундровых экосистем, адаптированных к умеренным пастбищным нагрузкам, если на одного оленя приходится не менее 100-150 га пастбищ. Начиная с 1950 г. на Ямале происходит постоянный стабильный рост численности домашних оленей. Прежде всего, увеличивается число частных стад и их поголовье [6], маршруты стад пересекаются, и пастбища стравливаются неоднократно за один сезон, что приводит к их истощению [7; 4]. Механическое нарушение (выбивание) растительности особенно опасно для лишайниковых тундр [10]. Процесс самовосстановления тундровой растительности занимает 15-20 и более лет [5].

Для арктических ландшафтов с помощью ГИС выявлены глобальные феномены: «позеленение» Арктики; продвижение кустарников на север; увеличение проективного покрытия кустарников и трав; рост значений вегетационных индексов [11; 1]. Эти выводы не согласуются с данными полевых исследований в южных тундрах Ямала, где растительность испытывает высокую пастбищную нагрузку, разрастание кустарников не регистрируется, а запасы фитомассы снижаются.

Задачи исследования: 1) оценить состояние растительных сообществ и запасы надземной фитомассы на ранее исследованных участках (2017-2018 гг.) с разной степенью деградации; 2) связать значения вегетационного индекса NDVI, полученные на основе данных дистанционного зондирования Земли с использованием спутникового сервиса ВЕГА (системы ВЕГА-Science), с результатами наземной оценки.

**Методология.** Тундровая зона полуострова Ямал подразделяется на подзону арктических и подзону субарктических тундр с разделением последней на две полосы – полосу типичных (северных) тундр и полосу южных тундр. Граница между северными и южными тундрами проведена по границе распространения ерниковых тундр на водоразделах [9]. Место проведения экспедиции: научно-исследовательский стационар «Еркута»,

расположенный в 2 км от разезда № 10, в нижнем течении р. Еркатаяха (устье р. Паютаяха). На территории окрестностей стационара воздействия выпаса минимально, отсутствуют промышленные объекты, состояние растительного покрова репрезентативно для подзоны южных тундр. Имеются как выбитые участки, так и ненарушенные (с развитым моховым покровом и проективным покрытием растительности 100%).

При выборе пробных площадей использовали карту перпендикулярного вегетационного индекса PVI, предоставленную зав. лаб. компьютерных технологий и моделей Института биологии Коми научного центра УрО РАН В. В. Елсаковым Летом 2017 г. были исследованы контуры одного цвета (предположительно, деградированные участки). Летом 2018 г. исследовали участки, которые на карте PVI обозначены другими цветами [2].

Летом 2019 г. повторно обследовали деградированные участки тундр, исследованные в июле 2017 г., а также ненарушенные и малонарушенные участки, исследованные в августе 2018 г. Изучение растительности проводили методами геоботанического описания (площадь одного описания – 100 м<sup>2</sup>). В 2017 г. выполнили 16 геоботанических описаний деградированных тундровых сообществ. В 2018 г. заложили 4 трансекты в градиенте от уреза воды до плакора, выполнили 24 геоботанических описания. В 2019 г. выполнили 40 геоботанических описаний: на пробных площадях 2017 и 2018 гг. Пробы запасов надземной фитомассы взяли на пробных площадях методом укосов, предполагающим случайный отбор образцов на учетных площадках размером 25x25 см в 3-кратной повторности. В 2019 г. собрали 120 укосов. Травянистые растения и кустарнички срезали на уровне границы зеленой и бурой части мхов. Лишайниково-моховую дернину вырезали ножом (на выбитых участках остатки мхов и лишайников собирали в пакеты). Материал взвешен в воздушно-сухом состоянии.

Данные дистанционного зондирования Земли получены с помощью спутникового сервиса ВЕГА (системы ВЕГА-Science; сайт <http://sci-vega.ru>) [8]. С использованием ВЕГА-Science для каждой пробной площади получены и проанализированы значения максимальных и средних за сезон вегетации индексов NDVI за 2001–2019 гг.

**Результаты и обсуждение.** На исследуемой территории за 2017–2019 гг. было сделано 80 геоботанических описаний тундр, болот, зарослей кустарничков и тундровых луговин. В 2017 г. были исследованы деградированные тундры. Хотя проективное покрытие на большинстве пробных площадей было в среднем 75%, высота травяно-кустарничкового яруса в среднем была 10–15 см. Лишайники чаще всего были представлены в виде трухи. На 15 из 16 площадей находился помёт оленей. Летом 2018 г. были исследованы ненарушенные и малонарушенные участки. Проективное по-

крытие на площадях в среднем было 98%. Участки 2018 г. отличались от участков 2017 г.: были выше видовое разнообразие, высота растений, толщина органического горизонта почвы. Олений помёт присутствовал на 15 из 24 исследуемых участков.

Летом 2019 г. мы повторили геоботанические описания с взятием проб наземной фитомассы на всех пробных площадях 2017 и 2018 гг. Проективное покрытие на площадях 2019 г. в среднем было 79%. Покрытие на деградированных участках 2017 г. практически не изменилось (в среднем 71%), а на трансектах 2018 г. снизилось (в среднем 85%) Покрытие мхов в среднем – 39%, покрытие лишайников 12%. Помет оленей присутствовал на 30 из 40 участков.

При помощи программы STATISTICA выявлены положительные связи между общим проективным покрытием и запасами наземной фитомассы – коэффициент корреляции г-Пирсона 0,41 ( $p = 0,0086$ ). Следовательно, при снижении проективного покрытия тундровых сообществ, запасы фитомассы в них уменьшаются.

На структуру и продуктивность фитоценозов влияют температура и водный режим. В холодные годы запас фитомассы и максимальные за сезон значения вегетационных индексов могут быть ниже средних многолетних показателей, т. к. травы формируют меньше вегетативных и генеративных побегов, снижается густота и высота травостоев, кустарники формируют меньшее количество листьев, снижается линейный годичный прирост побегов.

Зависимость между продуктивностью биома и NDVI, как правило, не прямая и связана с особенностями исследуемой территории, ее климатическими и экологическими характеристиками [3].

С помощью VEGA-Science мы составили график суммы активных температур выше 0 °С и накопленных осадков за год (рис. 1) за 2001-2019 гг.

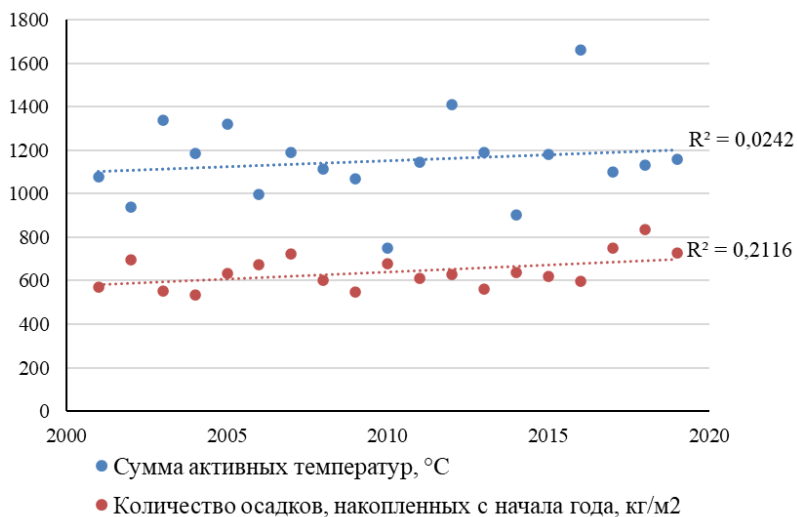


Рис. 1. Суммы активных температур и накопленных осадков с начала года

На исследуемой территории с 2001 по 2019 гг. наблюдались тренды на повышение суммы активных температур и количества накопленных за год осадков.

Мы сравнили запасы надземной фитомассы на деградированных и малонарушенных участках тундр, оцененные в 2017-2018 гг. и в 2019 г.

В 2019 г. запасы фитомассы стали больше в 1,7 раз. Показатели выросли на 15 пробных площадях. Летом 2019 г. рядом с площадью № 8 находилась стоянка местного населения, стоял чум; вероятно, поэтому запас на ней снизился в 1,5 раза. Укосы в 2019 г. брали в те же даты, что и в 2017 г.

В 2019 г. запасы надземной фитомассы стали значительно меньше (в 2,5 раза). Это, вероятно, объясняется тем, что в 2018 г. укосы собраны в августе; полевые работы в 2018 г. совпали с пиком значений NDVI за сезон вегетации. В 2019 г. работы проводились в июле, а пик развития растительности был в августе. Таким образом, в 2019 г. не удалось собрать максимально возможное количество фитомассы за сезон с площадки.

Мы также отследили динамику максимальных и средних за сезон значений вегетационного индекса NDVI на исследуемой территории (рис. 2) в период с 2001 по 2019 гг.

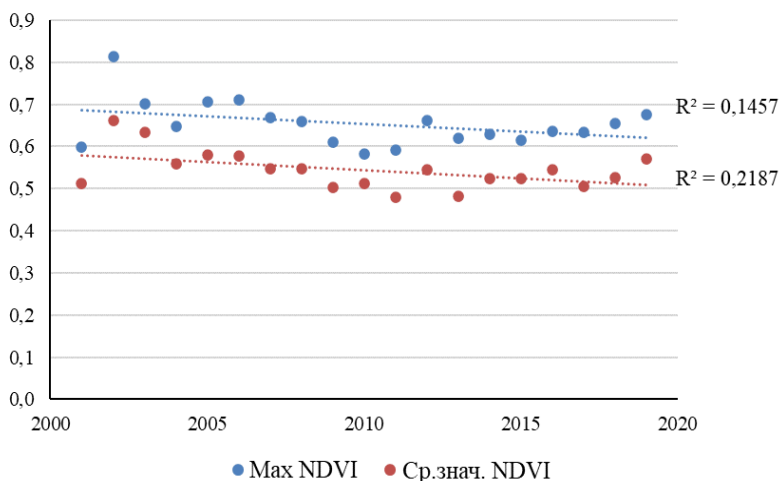


Рис. 2. Динамика максимальных и средних за сезон значений NDVI

Данные свидетельствуют, что значения индекса NDVI в окрестностях стационара «Еркута», несмотря на глобальное потепление, за 19 лет не растут. Самые высокие показатели были в 2002 г., самые низкие – в 2010-2011 гг.

По оценкам 2019 г. выявлены положительные корреляции между проективным покрытием лишайников на площади и значениями: максимальным за сезон вегетации NDVI – коэффициент корреляции г-Пирсона 0,36 ( $p = 0,0248$ ); средним за сезон вегетации NDVI – коэффициент корреляции г-Пирсона 0,49 ( $p = 0,0017$ ). Также выявлена положительная связь между максимальным за сезон вегетации NDVI и запасами биомассы – коэффициент корреляции г-Пирсона 0,40 ( $p = 0,0110$ ). Таким образом, можно предполагать, что запасы биомассы и проективное покрытие лишайников в районе нашего исследования с 2001 г. по 2019 г. снижаются с уменьшением значений NDVI.

**Закключение.** Оценка запасов фитомассы в южных тундрах проведена на площади 1342,35 га. 2/3 обследованных в 2019 г. сообществ деградированы, т. е. сильно нарушены выпасом. Все деградированные пастбища приурочены к положительным элементам рельефа. На сильно нарушенных участках тундр, описанных в 2017 г., запасы надземной фитомассы в 2019 г. увеличились в 1,7 раза (и составили 27,03 ц/га). На относительно ненарушенных участках тундр, описанных в 2018 г., в 2019 г. запасы фитомассы снизились в 2,5 раза (и составили 33,14 ц/га). Выявлены положительные связи между вегетационным индексом NDVI и проек-

тивным покрытием лишайников, и между максимальными за сезон вегетации значениями NDVI и запасами биомассы. Рост NDVI на исследуемой территории в период 2002-2019 гг. не наблюдается.

Таким образом, мы считаем, что, несмотря на наблюдаемое потепление климата, растительность южных субарктических тундр Ямала находится в угнетенном состоянии, и проблема перевыпаса и дефицита пастбищ является острой. Происходит делихенизация пастбищ, а в структуре фитомассы преобладают плохо поедаемые и непоедаемые кустарнички.

Данная работа имеет практическую значимость, т. к. комбинирование наземных и дистанционных методов может позволить проводить оценку пастбищных ресурсов на больших территориях. Экономическая эффективность и социальная значимость результатов исследования высоки в виде «удаленного эффекта», т. к. нацелены на сохранение оленеводства как отрасли хозяйства в будущем, поскольку обосновывают необходимость снижения пастбищных нагрузок с целью сохранения на обследованной территории зеленых кормов и пастбищ бесснежного периода и создания условий для постепенного восстановления лишайниковых кормов.

#### **Информационные источники**

1. Белоновская, Е. А. «Позеленение» российской Арктики и современные тренды изменения ее биоты / Е. А. Белоновская, А. А. Тишков, М. А. Вайсфельд [и др.] // Известия Российской академии наук. Серия географическая. – 2016. – № 3. – С. 28-39.
2. Горбунова, А. М. Запас и структура надземной фитомассы южных субарктических тундр в районе нижнего течения р. Еркатыяха / А. М. Горбунова // Экология: факты, гипотезы, модели : материалы конф. молодых ученых. – Екатеринбург, 2019. – С. 31-35.
3. Елсаков, В. В. Межгодовые изменения индекса NDVI на территории Европейского северо-востока России и Западной Сибири в условиях климатических флуктуаций последних десятилетий / В. В. Елсаков, М. Ю. Телятников // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2013. – Т. 10, № 3. – С. 260-271.
4. Зуев, С. М. Оленеводство в Ямало-ненецком автономном округе: перспективы и проблемы / С. М. Зуев // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. – 2015. – № 3 (88). – С. 103-107.
5. Ишков, А. Г. Деградация и охрана почвенно-растительного покрова при освоении месторождений углеводородов Крайнего Севера / А. Г. Ишков, А. В. Баранов, В. Я. Григорьев, К. Л. Унакян. – М. : ООО «Газпром экспо», 2009. – 283 с.
6. Колпашиков, Л. А. Экосистема: северные олени – пастбища – человек / Л. А. Колпашиков, В. В. Михайлов, А. Д. Мухачев. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 336 с.

7. Логинов, В. Г. Вред, причиненный ресурсам традиционного природопользования / В. Г. Логинов, М. Н. Игнатьева, В. В. Балащенко // Экономика региона. – 2017. – Т. 13, вып. 2. – С. 396-409.
8. Лупян, Е. А. Возможности работы с долговременным архивом данных спутников LANDSAT по территории России и приграничных стран / Е. А. Лупян, И. В. Балашов, М. А. Бурцев [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2012. – Т. 9, № 3. – С. 307-315.
9. Магомедова, М. А. Полуостров Ямал: растительный покров / М. А. Магомедова, Л. М. Морозова, С. Н. Эктова [и др.]. – Тюмень : Сити-пресс, 2006. – 360 с.
10. Морозова, Л. М. Состояние растительного покрова тундровых пастбищ в районах многолетнего выпаса домашних и диких северных оленей / Л. М. Морозова, Н. В. Малыгина // В мире научных открытий. – 2013. – № 7.3 (43). – С. 49-79.
11. Forbes, B. C. Russian arctic warming and ‘greening’ are closely tracked by tundra shrub willows / B. C. Forbes, M. M. Fauria, P. Zetterberg // Global Change Biology. – 2010. – № 16. – P. 1542-1554.