

Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2022. № 2. (115). С. 39-56.
Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2022. № 2. (115). P. 39-56.

ЭКОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 581.524; 574.42

doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.003

МОНИТОРИНГ БИОРАЗНООБРАЗИЯ И СОСТОЯНИЯ ЛЕСА В 2001-2021 ГГ. НА ПОДТАЁЖНОМ БИОГЕОЦЕНОТИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ «КУЧАК» (ТЮМЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Казанцева Мария Николаевна¹, Арефьев Станислав Павлович², Гашев Сергей Николаевич³, Левых Алёна Юрьевна⁴

^{1,2}*Институт проблем освоения Севера ТюмНЦ СО РАН, Тюмень, Россия*

³*Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия*

⁴*Научный центр изучения Арктики, Салехард, Россия*

¹*Kazantseva@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1227-6720>*

²*sp_arefyev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8621-9884>*

³*gsn-61@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5774-0427>*

⁴*aljurlev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1749-0806>*

Аннотация. Представлены результаты многолетних исследований (2001–2021 гг.) лесного биоценоза на подтаёжном полигоне «Кучак» в Тюменской области. Приведены данные по динамике состояния и биологического разнообразия растительного покрова, сообществ грибов и наземных позвоночных животных. Проанализировано влияние на нее погодно-климатических условий отдельных лет, сезонов и многолетних климатических трендов, связанных с глобальными процессами. В целом за период наблюдений отмечается усиление ксерофильности лесной биоты полигона.

Ключевые слова: Тюменская область, подтайга, лесной биоценоз, экологический мониторинг, биоразнообразие.

Цитирование: М.Н. Казанцева, С.П. Арефьев, С.Н. Гашев, А.Ю. Левых. Мониторинг биоразнообразия и состояния леса в 2001-2021 гг. на подтаёжном биогеоценотическом полигоне «Кучак» (Тюменская

область) // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2022. (115). № 2. С. 39-56. doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.003

Original article

MONITORING OF BIODIVERSITY AND FOREST CONDITION AT THE KUCHAK SUB-TAIGA BIOGEOCENOTIC TEST SITE (TYUMEN REGION) IN 2001-2021

Mariya N. Kazantseva¹, Stanislav P. Arefyev², Sergei N. Gashev³, Alyona Yu. Levykh⁴

^{1,2}*Institute of the problems of Northern development of the Tyumen Scientific Center SB RAS, Tyumen, Russia*

³*University of Tyumen, Russia*

⁴*Arctic Research Center, Salekhard, Russia*

¹*Kazantseva@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1227-6720>*

²*sp_arefyev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8621-9884>*

³*gsn-61@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5774-0427>*

⁴*aljurlev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1749-0806>*

Abstract. The article presents the results of long-term studies (2001-2021) of forest biocenosis at the Kuchak sub-taiga test site in the Tyumen region. Data on the dynamics of the state and biological diversity of vegetation cover, fungal communities and terrestrial vertebrates are presented. The influence of weather conditions of certain seasons and global climate trends on biodiversity is analyzed. In general, during the observation period, an increase in the xerophilicity of the biota of the forest biocenosis is noted.

Keywords: Tyumen region, sub-taiga, forest biocenosis, ecological monitoring, biodiversity.

Citation: M.N. Kazantseva, S.P. Arefyev, S.N. Gashev, A.Yu. Levykh. Monitoring of biodiversity and forest condition at the Kuchak sub-taiga biogeocenotic test site (Tyumen region) in 2001-2021 // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2022. (115). N 2. P. 39-56. doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.003

Введение

Показатели биологического разнообразия традиционно и вполне справедливо считаются одними из базовых при проведении экологического мониторинга. Они тесно связаны с устойчивостью и стабильностью экосистем, являются «исходными» при проведении натуральных исследований и поэтому содержат минимальный «шум», обусловленный возможными ошибками при углубленном анализе первичных данных. В 2000 г. по заказу департамента недропользования и экологии администрации Тюменской области нами разработана «Методика регионального экологического мониторинга», которая была одобрена Министерством природных ресурсов РФ и рекомендована для производственной проверки и внедрения. По этой методике в 2001 г. в г. Тюмени создана сеть постоянных пробных площадей регионального экологического мониторинга с целью изучения влияния факторов урбанизации на биотические сообщества лесопарков и парковых зон [1]. В качестве контроля в рамках этих работ была заложена постоянная пробная площадь на не подверженном антропогенному воздействию биогеоценотическом полигоне «Кучак» в 50 км к северо-востоку от г. Тюмени. Площадь рассматривалась также как ключевой полигон для изучения естественных (в том числе климатогенных) процессов развития лесного биоценоза, представленного одним из наиболее типичных зональных вариантов сосновых лесов подтайги Западной Сибири в пределах Тюменской области.

Целью настоящего исследования является оценка многолетних изменений биологического разнообразия и состояния подтаёжных сосновых лесов юга Тюменской области в связи с изменением климата на примере биогеоценотического полигона «Кучак».

Материалы и методы

Постоянная пробная площадь (ПП) на биогеоценотическом полигоне «Кучак» заложена в 2001 г. в сосняке травяно-кустарничковом (57°22'41" N, 66°02'59" E). Леса этого типа имеют широкое распространение в подтайге Западной Сибири, являясь одним из зональных элементов лесной растительности. Размер ПП составляет 1/4 га (50×50 м). Работы по изучению видового состава и состояния лесной биоты (включая растения, грибы и позвоночных животных) на полигоне проводились с 2001 по 2021 гг. По данным ближайшей метеостанции Тюмень [2], за этот период среднегодовая температура воздуха в целом увеличилась на 0,6°C, а количество осадков уменьшилось на 94 мм (рис. 1), то есть рассматриваемые изменения биоты могут быть связаны с этими климатическими трендами.

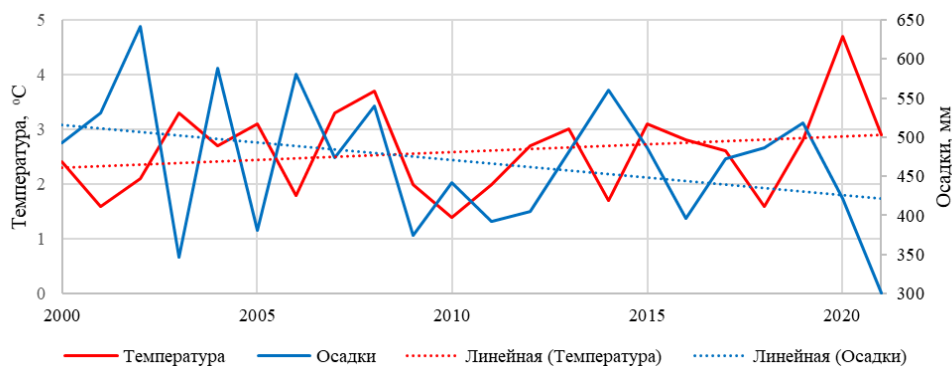


Рис. 1. Изменение годовых показателей температуры воздуха и количества осадков по метеостанции Тюмень (с трендами)

При закладке ПП на ней был проведён полный перечёт древостоя и определены его таксационные показатели [3-4]. Каждому дереву присвоен номер, составлена схема размещения деревьев. Повторные обследования древостоя проводили в 2012 и 2021 гг.

За ряд лет сделаны сплошные учёты состава и обилия дереворазрушающих грибов (афиллофороидных макромицетов, разрушающих основную пул древесного отпада). Анализ грибного сообщества проведён с использованием матрицы *Betula*-комплекса афиллофороидных грибов [5], где каждый вид координирован в системе экологических факторов (состояние субстрата, гидротермический режим, сукцессия).

Описание травянистой растительности осуществлялось в соответствии с общепринятыми геоботаническими методами [6] на 5 постоянных учётных площадках размером 10×10 м. Для более полного выявления флористического состава дополнительно проводились маршрутные учёты.

Сообщества наземных позвоночных изучались общепринятыми методами: на пробных площадках и учётных маршрутах [7-9].

Статистическая обработка полученных данных проведена с использованием программ Microsoft Excel и STATAN-64.

Результаты и обсуждение

Динамика состояния древостоя

Древесная растительность в лесном биоценозе имеет важнейшее эдификаторное значение, определяя его структурные и функциональные особенности. Изменения, происходящие в составе и состоянии древесного яруса, неизбежно приводят к перестройкам всех компонентов биоценоза.

В год закладки ПП с лесоводственных позиций насаждение на ней было определено как сосняк травяно-кустарничковый, II класса бонитета, приспевающий, высокополнотный. В составе древостоя помимо главной лесообразующей хвойной породы *Pinus sylvestris* L. присутствовали также мелколиственные – *Betula pendula* Roth и *Populus tremula* L. За период наблюдений насаждение перешло в статус спелого. Роль лиственных пород усилилась за счёт частичной гибели сосны. Развитие леса сопровождалось увеличением средних морфометрических показателей деревьев (табл. 1). Средняя высота древостоя за 20 лет увеличилась на 8,5 м, средний диаметр – на 9,1 см, объём стволовой древесины (запас) вырос в 1,9 раза. Класс бонитета уже к 2012 г. сменился на I.

За рассматриваемый период в насаждении существенно увеличилось количество погибших деревьев (рис. 2). В 2021 году на долю сухостоя и валежника пришлось более четверти от общего первоначального числа стволов. В эту категорию в основном перешли деревья сосны низших классов роста. Несмотря на большой процент отпада, прирост здоровых деревьев обеспечил сохранение высокой полноты насаждения.

Таблица 1. Таксационная характеристика древостоя на пробной площади по годам

Показатели	2001 г.	2012 г.	2021 г.
Состав древостоя	9С1Б+Ос	8С1Б1Ос	7С2Б1Ос
Возраст деревьев, лет	68	79	88
Число деревьев, шт./га	748	676	560
Средний диаметр ствола, см	24,2	28,7	33,3
Средняя высота ствола, м	18,8	24,1	27,3
Средний диаметр кроны, м	2,1	2,8	3,8
Полнота	1,0	1,2	1,3
Запас, куб. м./га	301,7	448,2	561,7
Бонитет, класс	II	I	I

Примечание: С – сосна, Б – береза, Ос – осина; знаком «+» в формуле древостоя отмечаются отдельно стоящие растения, представленность которых на пробной площади не достигает 10%.

В 2021 г. отмечена гибель нескольких деревьев сосны первой величины в результате поражения стволовыми вредителями, что может свидетельствовать об ухудшении лесорастительных условий, ослаблении

деревьев и снижении их способности сопротивляться негативным факторам внешнего воздействия. Возможной причиной этого могут быть наблюдаемые процессы аридизации климата, последствия которых особенно выражены в подзоне подтайги на южной границе распространения лесной растительности.

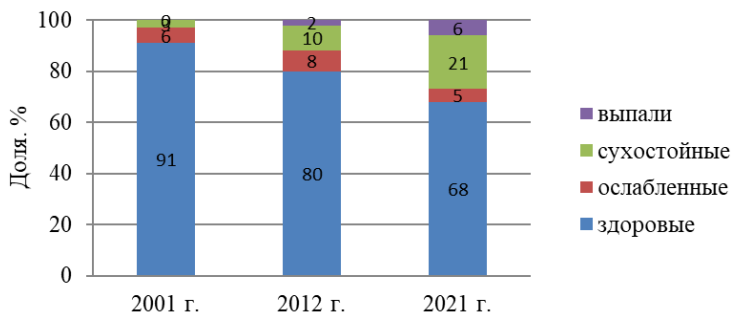


Рис. 2. Распределение деревьев на пробной площади по категориям состояния в годы обследования

За 20 лет из состава древостоя выпало 12 деревьев. В результате этого, а также за счёт разрушения крон сухостойных деревьев и частичной их дефолиации у ослабленных экземпляров, на отдельных участках ПП произошло разрежение лесного полога, и, как следствие, увеличение освещённости нижних ярусов леса.

Мониторинг разнообразия и состояния грибной биоты

Грибы являются неотъемлемой частью биогеоценозов, выполняя в ней не только свою основную функцию редуции мёртвого органического вещества, но и функцию регулятора их состава и структуры. В свою очередь, видовой состав и структура микоценоза проявляют большую чувствительность к изменениям состояния внешней среды и биоты [10]. Плодовые тела афиллофороидных грибов хорошо сохраняются в зимнее время, поэтому весной 2001 г. был зафиксирован ксиломиценоз генерации 2000 г. За период с 2001 по 2021 гг. на полигоне проведено 6 учётов грибов.

В общей сложности учтено 207 особей 47 видов афиллофоровых грибов (рис. 3). Их состав представлен широко распространёнными бореальными и лесостепными видами, характерными для юга Западной Сибири. Хотя древостой является почти чистым сосняком с небольшим участием лиственных пород, на сосне отмечено только 6 видов (20 особей) грибов, на берёзе – 24 (72), на осине – 15 (51), на иве – 12 (58); на рябине грибы отмечены с 2014 г. – 3 (6).

Видовое разнообразие и обилие грибов на ПП существенно изменялось по годам. При увеличении общего обилия грибов число их видов

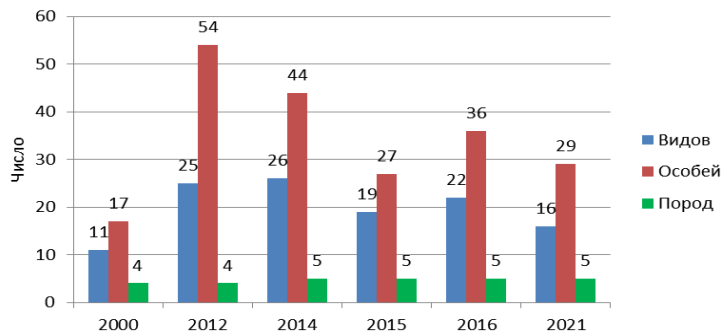


Рис. 3. Изменение видового разнообразия и обилия дереворазрушающих грибов на полигоне «Кучак» в период с 2000 по 2021 г.

возрастало ($R=0,92$). Наименьшие показатели были отмечены в 2000 г. (17 особей 11 видов). Наибольшие показатели (54 особи 25 видов) отмечены в засушливо-жарких пожароопасных условиях 2012 г. (после также сухого 2011 г.). Судя по индикаторной подсистеме грибов *Betula*-комплекса, к 2012 г. доля засухоустойчивых видов (*Daedaleopsis tricolor* (Bull.) Bondartsev & Singer, *Plicaturopsis crispa* (Pers.) D.A. Reid, *Picipes badius* (Pers.) Zmitr. & Kovalenko и др.) увеличилась на 12% (рис. 4), доля грибов, характерных для сомкнутых лесов (*Fomitopsis betulina* (Bull.) B.K. Cui, M.L. Han & Y.C. Dai и др.) уменьшилась на 12%. Появились и составили 25% ксиломиценоза грибы, характерные для усыхающих нарушенных древостоев (*Irpex lacteus* (Fr.) Fr., *Metuloidea murashkinskyi* (Burt) Miettinen & Spirin, *Phlebia tremellosa* (Schrad.) Nakasone & Burds. и др.) (рис. 5).

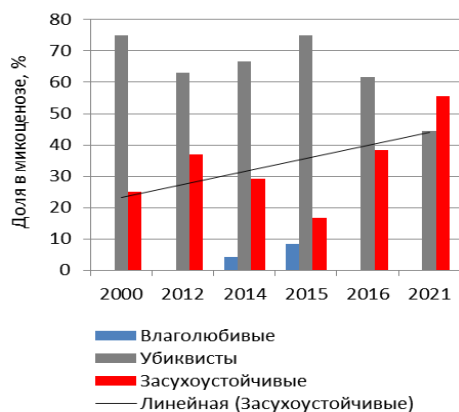


Рис. 4. Изменение численной доли грибов-индикаторов гидротермического режима на полигоне «Кучак» (в *Betula*-комплексе)



Рис. 5. Изменение численной доли грибов-индикаторов состояния леса на полигоне «Кучак» (в *Betula*-комплексе)

В аномально холодном и влажном 2014 г. обилие грибов, напротив, заметно уменьшилось, а число видов увеличилось с 25 до максимального за весь период значения 26. На 8% уменьшилась доля засухоустойчивых лесостепных грибов, на 19% – доля грибов, индицирующих усыхание древостоя, впервые появился влаголюбивый гриб *Antrodiella semisupina* (Berk. & M.A. Curtis) Ryvarden (рис. 4, 5). В следующий, средний по климатическим условиям 2015 г., по сравнению с 2012 г. обилие грибов сократилось в 2 раза, число видов – на четверть. Доля засухоустойчивых лесостепных видов достигла минимума за период наблюдений (17%), исчезли виды, характерные для усыхающих древостоев, напротив, доля лесных видов достигла максимума в 54%.

В жаркий засушливый 2016 г. разнообразие и обилие грибов увеличились по сравнению с 2015 г., хотя и в меньшей степени, чем в 2012 г. Более существенные изменения произошли в индикаторном *Betula*-комплексе: доля лесных грибов снизилась до 23%, а доля грибов редколесий увеличилась до 65%; в два раза увеличилась доля засухоустойчивых грибов, вновь появились грибы, индицирующие усыхание древостоя (12%).

В засушливый маловодный 2021 г. видовое разнообразие (16) и обилие (29) грибов оказалось сравнительно невелико, но усилились изменения структуры ксилотомиобиоты в тенденции 2016 г. Доля лесных грибов уменьшилась до минимума (17%), доля грибов, характерных для редколесий (72%), и засухоустойчивых грибов (56%) достигла максимума, сохранили свои позиции грибы-индикаторы усыхания древостоя (11%). Таким образом, в 2021 году структура изучаемого подтаёжного ксилотомиоценоза соответствовала таковой для лесостепной зоны.

В целом за период наблюдений произошло усиление ксерофильности биоты дереворазрушающих грибов и индицируемое ею ослабление лесной среды, что подтверждает наши предыдущие оценки [11]. Наибольшее разнообразие и обилие грибов фиксируется в годы с неблагоприятными климатическими условиями (засуха 2012 г.). Это связано со спецификой дереворазрушающих грибов как биологических деструкторов, получающих наибольшее развитие на отпаде при ухудшении лесорастительных условий в ходе климатогенной трансформации лесных экосистем.

Состояние и разнообразие живого напочвенного покрова

Описание растительности нижних ярусов лесного фитоценоза в течение периода наблюдений проводилось 4 раза (2001, 2012, 2015, 2021 гг.).

Живой напочвенный покров на ПП отличается хорошим развитием. Общее проективное покрытие травяно-кустарничковой растительностью

и видовая насыщенность высокие и по годам варьируют слабо (табл. 2). Отмечена тенденция увеличения проективного покрытия после 2012 г., что связано с разрастанием по площади некоторых доминирующих лесных видов: *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth, *Vaccinium myrtillus* L., *Vaccinium vitis-idaea* L.

Таблица 2. Показатели живого напочвенного покрова на пробной площади по годам

Показатели	2001 г.	2012 г.	2015 г.	2021 г.	CV, %
Проективное покрытие, %	86,0 ± 9,5	84,4 ± 7,1	95,0 ± 1,6	94,0 ± 1,9	6,0
Насыщенность, видов /уч. пл.	19,2 ± 3,6	22,8 ± 4,1	22,6 ± 3,9	23,6 ± 1,8	9,3

Примечание: средние значения показателей приводятся со статистической ошибкой; CV – коэффициент вариации показателя по годам, %.

В составе травяно-кустарничкового яруса за всё время наблюдений было отмечено 79 видов сосудистых растений, принадлежащих к 64 родам и 30 семействам. Данные по годам приводятся на рисунке 6. В 2012 г. видовое богатство было максимальным, в дальнейшем отмечается его постепенное снижение.

Список ведущих семейств стабильно включает в себя семь основных таксонов: Poaceae, Pyrolaceae, Ericaceae, Rosaceae, Fabaceae, Ariaceae, Asteraceae. На эти семейства приходится более 63% от общего флористического списка во все годы исследований.

Состав видов живого напочвенного покрова ПП различается по годам наблюдений. Флористическое сходство относительно 2001 г. постепенно снижается (табл. 3), что указывает на направленные перестройки в видовой структуре фитоценоза. Об этом же свидетельствуют и изменения, происходящие в соотношении групп растений, относящихся к различным широтным географическим элементам флоры (рис. 7).

В 2012 г. отмечено существенное снижение доли бореальной группы растений (на 14%) по сравнению с 2001 годом. При этом в составе сообщества возросла роль неморальных и лесостепных видов, оказавшихся в более оптимальных погодно-климатических условиях и реализующих свое конкурентное преимущество.

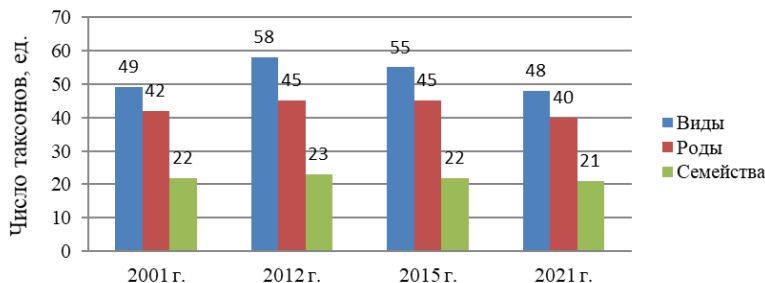


Рис. 6. Таксономическое богатство живого напочвенного покрова пробной площади «Кучак» по годам наблюдений

Такое соотношение широтных групп в фитоценозе в основном сохраняется на протяжении последующих лет наблюдений, что можно рассматривать, как следствие происходящих климатических изменений. Если виды неморальной группы реагируют в первую очередь на потепление климата, то лесостепные также и на увеличение его сухости.

Таблица 3. Флористическое сходство живого напочвенного покрова на пробной площади в годы исследования (по Серенсону-Чекановскому), %

Год	2001	2012	2015	2021
2001	-	74,8	75,0	66,0
2012	-	-	71,8	78,2
2015	-	-	-	81,6

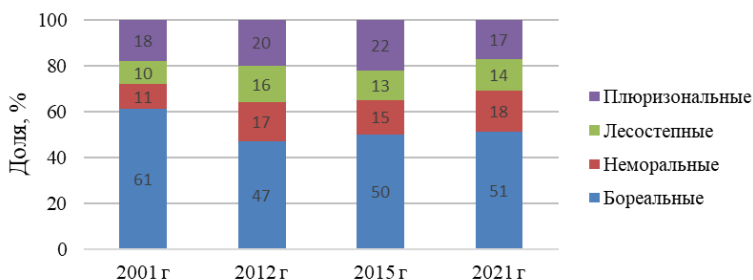


Рис. 7. Таксономическое богатство живого напочвенного покрова пробной площади «Кучак» по годам наблюдений

Наземные позвоночные животные

Сообщества наземных позвоночных исследуемого участка в три исследованных периода (2001, 2010 и 2021 гг.) представлены видами из 4 классов (Amphibia, Reptilia, Aves и Mammalia), однако из первых двух отмечено лишь по одному виду – *Rana arvalis* Nilsson, 1842 и *Zootoca vivipara*

Lichtenstein, 1823 соответственно. При этом вид *R. arvalis* встречался только в 2001 и 2010 гг. в количестве 3 и 1 особи на 1 км маршрута. Вид *Z. vivipara* встречался в течение всех периодов наблюдения с обилием 1, 2 и 4 особи на 1 км маршрута соответственно. Наблюдаемая динамика встречаемости амфибий и рептилий свидетельствует о снижении доли влаголюбивых и увеличении доли ксерофильных видов герпетофауны.

Сообщества птиц и млекопитающих представлены в целом за три года соответственно 27 и 12 видами. В течение всего срока исследований число зарегистрированных видов обоих классов постепенно снижалось (рис. 1). Эта динамика наблюдалась на фоне закономерного снижения относительного обилия как птиц (с 291 до 92 эк./км²), так и млекопитающих (с 18,6 до 9,5 экз./100 лов.-суток). При этом в сообществе птиц понижалась доля растительных видов, а всеядные встречались только в 2001 г. (рис. 1 А). Однако наблюдается обратная картина при смене доминирующих по численности видов с *Sylvia borin* Boddart, 1783 и *Phylloscopus trochiloides* Sundevall, 1837 на *Fringilla coelebs* L., 1758. Это, на наш взгляд, может быть следствием осветления подпологового пространства в результате дефолиации крон и частичной гибели деревьев. Как следствие, наблюдается увеличение видового спектра насекомых при снижении обилия влаго- и тенелюбивых видов (например, Culicidae и др.).

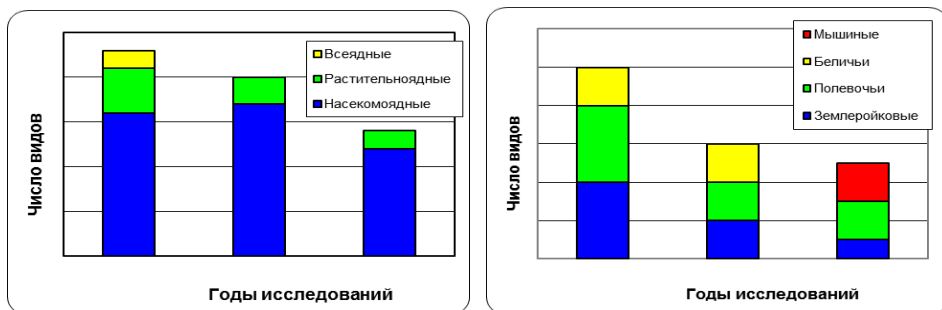


Рис. 8. Динамика соотношения числа видов в экологических группах птиц (А) и семействах млекопитающих (Б) на исследуемом участке

В сообществе млекопитающих отмечено сокращение количества видов семейства Soricidae (с 4 до 1 наиболее экологически пластичного вида *Sorex araneus* L., 1758) и в меньшей степени Arvicolidae на фоне исчезновения видов семейства Sciuridae и появления ранее отсутствующих видов Muridae (рис. 1 Б). В свою очередь, среди полёвок исчезли представители серых полёвок рода *Microtus*, а среди лесных полёвок рода *Clethrionomys* вдвое выросло доминирование более ксерофильной *Clethrionomys rutilus* Pallas, 1779 по сравнению с *Clethrionomys glareolus* Schreber, 1780. Все это также может свидетельствовать о ксерофитизации местообитаний наземных по-

звоночных [12]. Естественно, что эти динамические процессы не могли не найти отражения и в показателях биологического разнообразия (табл. 4).

Таблица 4. Показатели биологического разнообразия сообществ наземных позвоночных (птиц/млекопитающих) в разные годы исследований

Показатель биоразнообразия	2001	2012	2021
Индекс видового богатства Маргалефа (R)	8,93 / 7,09	9,00 / 4,20	6,62 / 4,09
Индекс видового разнообразия Шеннона (H)*	3,71 / 2,35	3,79 / 2,21	3,10 / 2,04
Величина предельного хаоса	4,52 / 3,32	4,32 / 2,58	3,81 / 2,32
Индекс видового разнообразия Симпсона (D)	0,91 / 0,74	0,91 / 0,75	0,85 / 0,72
Индекс доминирования Симпсона (C)	0,095 / 0,26	0,094 / 0,25	0,150 / 0,28
Индекс Животовского	16,02 / 6,62	16,48 / 5,21	10,69 / 4,50
Доля редких видов	0,30 / 0,34	0,18 / 0,13	0,24 / 0,10
Резистентная устойчивость (UR)	1,32 / 1,18	1,32 / 1,56	1,40 / 1,52
Упругая устойчивость (UU)	22,97 / 8,16	22,97 / 8,67	15,94 / 7,22

Примечание: * – Обычно эмпирические значения индекса видового разнообразия Шеннона (H) не превышают 6,64.

Анализ таблицы свидетельствует в целом о снижении с 2001 по 2021 гг. показателей разнообразия в сообществах птиц и мелких млекопитающих: индексов видового богатства, видового разнообразия Шеннона и Симпсона, Животовского, доли редких видов, величины предельного хаоса на фоне повышения индекса доминирования Симпсона. В то же время у птиц и млекопитающих изменения разнообразия выражены по-разному. У птиц в период с 2001 по 2012 гг. наблюдается несущественное понижение отдельных показателей разнообразия – величины предельного хаоса, индекса Животовского, в том числе и индекса доминирования Симпсона, в то время как остальные параметры незначительно повышаются или остаются неизменными. Значимо снижается лишь доля редких видов. В период с 2012 по 2021 гг. все показатели разнообразия резко сокращаются на фоне существенного повышения индекса доминирования Симпсона и доли редких видов.

У млекопитающих все показатели разнообразия, за исключением индекса видового разнообразия Симпсона, понижаются в течение всего периода наблюдений. При этом более резкие изменения отмечены в период с 2001 по 2012 гг. Индекс видового разнообразия Симпсона в течение всего периода изменяется незначительно.

В обеих группах высших позвоночных за период исследований отмечается увеличение показателя резистентной устойчивости, что характерно для

нарушенных экосистем, и, наоборот, снижение показателя упругой устойчивости, более высокие значения которого отмечаются в естественных сообществах [13, 14]. В сообществе птиц показатели устойчивости изменяются лишь в последние 10 лет, из двух показателей наиболее значимо изменение упругой составляющей (UR увеличивается в 1,06 раза; UU уменьшается в 1,44 раза). В сообществе млекопитающих изменения показателей устойчивости разнонаправленны в разные периоды наблюдений – с 2001 по 2012 гг. оба показателя увеличиваются (более выражено увеличение резистентной составляющей – в 1,32 раза), с 2012 по 2021 гг. оба показателя уменьшаются (более значимо снижение упругой составляющей – в 1,2 раза).

Некоторое отставание в изменении показателей разнообразия и устойчивости сообществ птиц по сравнению с мелкими млекопитающими, вероятно, можно объяснить тем, что в силу эколого-биологических особенностей авифауна более чувствительна к изменению структуры растительности, а териофауна – к изменению микроклимата.

Заключение

На основании данных 20-летних наблюдений на подтаёжном полигоне «Кучак» можно заключить, что состояние лесного биоценоза – сосняка травяно-кустарничкового и динамика видового разнообразия отдельных групп организмов в значительной степени определялись погодно-климатическими условиями конкретного года, вегетационного сезона, а также многолетними климатическими трендами, связанными с глобальными процессами.

За период наблюдений выявлены многолетние направленные изменения фитоценоза – частичное разрежение лесного полога вследствие отпада хвойных деревьев; увеличение доли лиственных пород; уменьшение видового богатства, сокращение доли бореальных и увеличение доли неморальных и лесостепных видов растений травяно-кустарничкового яруса; увеличение проективного покрытия доминирующих видов трав и кустарничков. Они во многом определили структурно-функциональные изменения других компонентов биоценоза.

В сообществе дереворазрушающих грибов отмечены существенные перестройки таксономической и экологической структуры по годам в зависимости от климатических условий конкретного сезона; увеличение в течение всего периода наблюдений доли засухоустойчивых грибов; увеличение в засушливые годы доли грибов – индикаторов редколесий; выявлено приближение структуры изучаемого подтаёжного ксиломиценоза к структуре микобиоты лесостепной зоны.

В населении позвоночных животных отмечены снижение обилия влаголюбивых и увеличение обилия ксерофильных видов герпетофауны; из-

менение таксономической и экологической структуры орнитоценозов и микротериоценозов, в т.ч. смена доминирующих видов; сокращение количества видов, общего обилия и интегральных показателей разнообразия птиц и млекопитающих на фоне усиления доминирования отдельных видов; повышение показателя резистентной устойчивости, индицирующего изменение сообществ и экосистем, и понижение показателя упругой устойчивости, индицирующего относительную стабильность экосистем. Некоторое отставание в изменении показателей разнообразия и устойчивости сообществ птиц по сравнению с мелкими млекопитающими позволяет считать, что авифауна более чувствительна к изменению структуры растительности, а териофауна – к изменению микроклимата.

В целом за 20-летний период наблюдений на подтаежном биогеоэкологическом полигоне «Кучак» отмечено усиление ксерофильности лесной биоты.

Работа выполнена в рамках госзадания:

проект № АААА-А17-117050400146-5 НИР ТюмНЦ СО РАН

Список источников

1. Начальный этап мониторинга экосистем г. Тюмени и его пригородной зоны / С.Н. Гашев, О.А. Алешина, С.П. Арефьев [и др.] // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. – 2002. – № 3. – С. 11–23.
2. Погода и климат. – URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=28367> (дата обращения 25.03.2022 г.).
3. Анучин Н.П. Лесная таксация / Н.П. Анучин. – Москва: Лесная промышленность, 1982. – 552 с.
4. Грошев Б.И. Лесотаксационный справочник / Б.И. Грошев, П.И. Мороз, И.П. Сеперович [и др.]. – Москва: Лесная промышленность, 1973. – 208 с.
5. Арефьев С.П. Системный анализ биоты дереворазрушающих грибов / С.П. Арефьев. – Новосибирск: Наука, 2010. – 260 с.
6. Понятовская В.М. Учёт обилия и особенности размещения видов в естественных растительных сообществах / В.М. Понятовская // Полевая геоботаника. – Москва-Ленинград: Наука, 1964. – Т.3. – С. 209–289.
7. Равкин Ю.С. К методике учёта птиц в лесных ландшафтах / Ю.С. Равкин // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. – Новосибирск: Наука, 1967. – С. 66-75.
8. Кучерук В.В., Никитина Н.А. Основные задачи и итоги мечения млекопитающих в СССР / В.В. Кучерук, Н.А. Никитина // Итоги мечения млекопитающих. – Наука: Москва, 1980. – 259 с.
9. Гашев С.Н. Методика комплексной оценки состояния сообществ и популяций доминирующих видов или видов-индикаторов мелких млекопитающих, амфибий и рыб: методические указания / С.Н. Гашев. – Тюмень: ТюмГУ, 2005. – 95 с.

10. Бурова Л.Г. Экология грибов макромицетов / Л.Г. Бурова. — Москва: Наука, 1986. — 223 с.
11. Арефьев С.П., Казанцева М.Н. Изменение структуры сообществ ксилотрофных афиллофороидных грибов в системе комплексного экологического мониторинга г. Тюмени / С.П. Арефьев, М.Н. Казанцева // Микология и фитопатология. — 2016. — Т. 50. — № 1. — С. 5-13.
12. Гашев С.Н. Влияние нефтяного загрязнения на фауну и экологию мелких млекопитающих Среднего Приобья: автореф. дисс. ... канд. биол. наук / С.Г. Гашев. — Свердловск: ИЭРИЖ УрО АН СССР, 1991. — 26 с.
13. Гашев С.Н. Млекопитающие в системе экологического мониторинга / С.Н. Гашев. — Тюмень: ТюмГУ, 2000. — 220 с.
14. Гашев С.Н. Конспекты лекций по системной экологии: учебное пособие / С.Н. Гашев. — Тюмень: ТюмГУ, 2007. — 212 с.

References

1. The initial stage of monitoring of ecosystems in Tyumen and its suburban area / S.N. Gashev, O.A. Aleshina, S.P. Arefiev [et al.] // Bulletin of Ecology, Forestry and Landscape Science. — 2002. — № 3. — P. 11-23. [In Russian]
2. Weather and climate. — URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=28367> (accessed 25.03.2022).
3. Anuchin N.P. Forest taxation / N.P. Anuchin. — Moscow: Forest Industry, 1982. — 552 p. [In Russian]
4. Groshev B.I. Forest taxation handbook / B.I. Groshev, P.I. Moroz, I.P. Seperovich [et al.]. — Moscow: Forest Industry, 1973. — 208 p. [In Russian]
5. Arefyev S.P. Systemic analysis of lignicolous mycobiota / S.P. Arefyev. — Novosibirsk: Nauka, 2010. — 260 p. [In Russian]
6. Poniatovskaya V.M. Accounting abundance and peculiarities of species distribution in natural plant communities / V.M. Poniatovskaya // Field Geobotany. — Moscow-Leningrad: Nauka, 1964. — Vol.3. — P. 209-289. [In Russian]
7. Ravkin Y.S. To the method of counting birds in forest landscapes / Y.S. Ravkin // Nature of foci of tick-borne encephalitis in Altai. — Novosibirsk: Nauka, 1967. — P. 66-75. [In Russian]
8. Kucheruk V.V., Nikitina N.A. Main tasks and results of tagging of mammals in the USSR / V.V. Kucheruk, N.A. Nikitina // Results of tagging of mammals. — Nauka: Moscow, 1980. — 259 p. [In Russian]
9. Gashev S.N. Methodology of complex assessment of the state of communities and populations of dominant species or indicator species of small mammals, amphibians and fish: guidelines / S.N. Gashev. — Tyumen: Tyumen State University, 2005. — 95 p. [In Russian]
10. Burova L.G. The ecology of larger fungi / L.G. Burova. — Moscow: Nauka, 1986. — 223 p. [In Russian]
11. Arefiev S.P., Kazantseva M.N. Changes in structure of wood-inhabiting aphyllorphoroid fungi communities in the system of complex environmental monitoring of Tyumen / S.P. Arefiev, M.N. Kazantseva // Mycology and Phytopathology. — 2016. — Vol. 50. — № 1. — P. 5-13.

12. Gashev S.N. The impact of oil pollution on the fauna and ecology of small mammals of the Middle Ob region: abstract of a thesis... Candidate of Biological Sciences / S.G. Gashev. — Sverdlovsk: Institute of Ecology and Natural Resources of the Ural Branch of the Academy of Sciences of the USSR, 1991. — 26 p. [In Russian]
13. Gashev S.N. Mammals in the ecological monitoring system (Tyumen Region) / S.N. Gashev. — Tyumen: Tyumen State University, 2000. — 220 p. [In Russian]
14. Gashev S.N. Systems Ecology Lecture: study guide / S.N. Gashev. — Tyumen: Tyumen State University, 2007. — 212 p. [In Russian]

Сведения об авторах

Мария Николаевна Казанцева, 1961 г.р., в 1983 г. окончила Тюменский государственный университет по специальности «биология», квалификация «биолог, преподаватель биологии, химии», кандидат биологических наук. С 2000 г. работает в ФГБУН «Институт проблем освоения Севера Тюменского научного центра СО РАН» (г. Тюмень, Россия). В настоящее время является ведущим научным сотрудником сектора биоразнообразия и динамики природных комплексов. Область научных интересов: экология популяций и сообществ, биоразнообразие.

Станислав Павлович Арефьев, 1961 г.р., в 1983 г. окончил Тюменский государственный университет по специальности «биология», квалификация «биолог, преподаватель биологии, химии», доктор биологических наук. С 1991 г. работает в ФГБУН «Институт проблем освоения Севера Тюменского научного центра СО РАН» (г. Тюмень, Россия). В настоящее время заведует сектором биоразнообразия и динамики природных комплексов. Область научных интересов: дендроклиматический анализ, лесная микология.

Сергей Николаевич Гашев, 1961 г.р., в 1983 г. окончил Тюменский государственный университет по специальности «биология», квалификация «биолог, преподаватель биологии, химии», доктор биологических наук, профессор. С 1991 г. по настоящее время работает в Тюменском государственном университете, с 1997 г. по настоящее время заведует кафедрой зоологии и эволюционной экологии животных. Область научных интересов: фаунистика, зоогеография и история фаун, териология, орнитология, герпетология и батрахология, экологический мониторинг, устойчивость сообществ и экосистем.

Алёна Юрьевна Левых, 1969 г.р., в 1991 г. окончила Тюменский государственный университет по специальности «биология», квалификация «биолог, преподаватель биологии, химии», кандидат биологических наук, доцент. С 1991 по 2020 гг. преподавала в Ишимском педагогическом институте им. П.П. Ершова (филиале) Тюменского государственного университета, с 2005 по 2010 гг. и с 2012 по 2020 гг. — заведовала кафедрой биологии, географии и методики их преподавания. С 2021 года работает

в ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики» (г. Салехард, Россия) заведующей химико-аналитической лабораторией. Область научных интересов: популяционная биология мелких млекопитающих, экология популяций и сообществ животных, общая экология.

Участие авторов

Казанцева М.Н. — концепция исследования, полевые геоботанические работы, написание и редактирование текста;

Арефьев С.П. — концепция исследования, полевые микологические работ, написание и редактирование текста;

Гашев С.Н. — концепция исследования, полевые орнитологические работы, написание и редактирование текста;

Левых А.Ю. — концепция исследования, полевые териологические работы, написание и редактирование текста.

Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Information about the authors

Maria Nikolayevna Kazantseva, born in 1961, graduated from the Tyumen State University in 1983 with a degree in biology, qualification “Biologist, teacher of biology and chemistry”, Candidate of Biological Sciences. Since 2000, she has been working at the Institute of the Problems of Northern Development of the Tyumen Scientific Center SB RAS (Tyumen, Russia). She is currently a leading researcher in the Sector of Biodiversity and Dynamics of Natural Complexes. Research interests: population and community ecology, biodiversity.

Stanislav Pavlovich Arefiev, born in 1961. In 1983 he graduated from the Tyumen State University with a degree in biology, qualified as a biologist, teacher of biology and chemistry. Doctor of Biological Sciences. Since 1991, he has been working at the Institute of the Problems of Northern Development of the Tyumen Scientific Center SB RAS (Tyumen, Russia). Currently, he is the head of the Sector of Biodiversity and Dynamics of Natural Complexes. Research interests: dendroclimatic analysis, forest mycology.

Sergey Nikolayevich Gashev, born in 1961, graduated from the Tyumen State University in 1983 with a degree in biology, qualification “Biologist, teacher of biology and chemistry”, Doctor of Biological Sciences, professor. Since 1991, he has been working at the Tyumen State University, since 1997 being the head of the Department of Zoology and Evolutionary Ecology of Animals. Research interests: faunistics, zoogeography and history of faunas, theriology, ornithology, herpetology and batrachology, environmental monitoring, sustainability of communities and ecosystems.

Alyona Yurievna Levykh, born in 1969, graduated from the Tyumen State University in 1991 with a degree in biology, qualification “Biologist, teacher of biology and chemistry”, Candidate of Biological Sciences, Docent. From 1991 to 2020 she held classes at the Ishim P.P. Ershov Teachers Training Institute. From 2005 to 2010 and from 2012 to 2020, she was Chairlady of Biology, Geography and Their Teaching Methods Chair. Starting from 2021 she heads Chemical Analysis Laboratory, the Arctic Research Center (Salekhard, Russia). Research interests: population biology of small mammals, vertebrate population and community ecology, general ecology.

Authors Contribution

Kazantseva M.N. - study concept, field geobotanical work, text writing and editing

Arefiev S.P. - study concept, field mycological works, text writing and editing

Gashev S.N. - study concept, field ornithological works, text writing and editing

Levykh A.Yu. - study concept, field theriological work, text writing and editing.

All co-authors - approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Статья поступила в редакцию 04.04.2022 г., принята к публикации 19.07.2022 г.

The article was submitted on April 4, 2022, accepted for publication on July 19, 2022.