

СТАТЬИ

УДК 911.2

DOI 10.17513/use.38415

**АНАЛИЗ ДИНАМИКИ СЕВЕРНЫХ ГРАНИЦ АРЕАЛА
РАСПРОСТРАНЕНИЯ БОРЕАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ
НА ТЕРРИТОРИИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО
ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА****Алексеев И.А.***ФГБОУ ВО «Благовещенский государственный педагогический университет»,
Благовещенск, e-mail: igoralex20071@mail.ru*

Целью исследования является анализ изменений северных границ ареалов распространения лесных ландшафтов на территории Дальневосточного федерального округа. При этом, помимо влияний климатических изменений на процессы динамики границ распространения лесных комплексов, рассматриваются и их взаимосвязи с формированием и развитием процессов автовосстановления структуры антропогенно нарушенных лесных ландшафтных комплексов. На основе применения комплексных физико-географических методов в ходе полевых многолетних стационарных, полустационарных и маршрутных исследований природных, природно-антропогенных и антропогенных ландшафтов Сибири и Дальнего Востока Российской Федерации с применением материалов дистанционного зондирования Земли проведен анализ изменения северных границ ареалов распространения лесных ландшафтов с учетом проявлений процессов постантропогенной динамики состояний лесных ландшафтов и внутриландшафтных комплексов, их компонентов. Проведен анализ динамики ареалов распространения недифференцированных северо-таежных и северо-таежно-тундровых комплексов в пределах участков их контакта с тундровыми комплексами. Результаты анализа показывают влияние на них процессов полнофункционального и полноценного автовосстановления структуры ландшафтных комплексов и наличие тенденции сокращения площади распространения тундровых экосистем. Материалы исследования вносят вклад в решение дискуссионных вопросов ландшафтоведения, формируют концептуальные основы для развития проблематики анализа динамики ареалов распространения лесных ландшафтов. Установленные особенности процессов изменения контактовых зональных типов ландшафтов позволяют проводить дальнейшие исследования в сфере антропогенного ландшафтоведения и прогнозирования состояний окружающей среды.

Ключевые слова: ландшафтоведение, Дальневосточный федеральный округ, автовосстановление антропогенно нарушенной структуры ландшафтов, лесные ландшафты

**ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF THE NORTHERN BOUNDARIES
OF THE DISTRIBUTION AREA OF BOREAL COMPLEXES
IN THE TERRITORY OF THE FAR EASTERN FEDERAL DISTRICT****Alekseev I.A.***Blagoveshchensk State Pedagogical University, Blagoveshchensk,
e-mail: igoralex20071@mail.ru*

The aim of the study is to analyze changes in the northern boundaries of forest landscape distribution areas in the Far Eastern Federal District. In addition to the effects of climate change on the processes of forest complex distribution boundaries dynamics, their relationships with the formation and development of the processes of automatic restoration of the structure of anthropogenically disturbed forest landscape complexes are also considered. Based on the application of complex physical-geographical methods in the course of long-term field stationary, semi-stationary and route studies of natural, natural-anthropogenic and anthropogenic landscapes of Siberia and the Far East of the Russian Federation using Earth remote sensing materials, an analysis of changes in the northern boundaries of forest landscape distribution areas was carried out, taking into account the manifestations of the processes of post-anthropogenic dynamics of forest landscape states and intra-landscape complexes, their components. An analysis of the dynamics of distribution areas of undifferentiated northern taiga and northern taiga-tundra complexes within the areas of their contact with tundra complexes was carried out. The results of the analysis show the influence of the processes of full-functional and complete automatic restoration of the structure of landscape complexes on them and the presence of a tendency to reduce the area of distribution of tundra ecosystems. The research materials contribute to the solution of controversial issues in landscape science, form a conceptual basis for the development of problems of analyzing the dynamics of forest landscape distribution areas. The established features of the processes of change of contact zonal types of landscapes allow to conduct further research in the field of anthropogenic landscape science and forecasting of environmental conditions.

Keywords: landscape science, Far Eastern Federal District, forest landscapes, automatic restoration of anthropogenically disturbed landscape structure

Введение

Комплексы лесов умеренного пояса Северного полушария, развиваясь в крайне разнообразных условиях, формируют уникальную, пространственно и качественно дифференцированную в зонально-азональном плане структуру. Лесные биоценозы Евразии, в частности территории субъектов Дальневосточного федерального округа (ДФО), испытывая воздействия возрастающих величин среднегодовых температур воздуха, влияющих на увеличение периода вегетации, достаточно активно проникают, увеличивая ареалы произрастания древесных пород, в области распространения лесотундровых и тундровых равнинных ландшафтов и субальпийских, альпийских, горно-тундровых горных ландшафтов [1-3]. Увеличение зоны распространения как типичных, так и рединно-колковых, «островного» распространения лесных сообществ вследствие создания благоприятных условий связано в том числе и с развитием интенсивных процессов самопроизвольного автовосстановления их структуры после деструктивных естественных и антропогенных воздействий.

С начала 2000-х годов множество исследователей отмечают повышение уровней показателей среднемесячных и среднегодовых температур воздуха в полярных и приполярных территориях Северного полушария, а также связанные с этим процессы увеличения уровней влажности воздуха и величин поступающих осадков [1-3]. При этом исследователи четко определяют эту тенденцию изменения климатических показателей как «улучшение» условий произрастания древесных растений в полярной и приполярной областях, а также связанные с этими процессами аридизацию условий и деградацию южной части бореального комплекса Евразии [4-6].

В.Г. Сергиенко на основе материалов изученности динамики ландшафтов и климатических показателей отмечает формирование тенденции перемещения северных границ распространения лесных комплексов в зональном плане на север и в высотном – за пределы нижней границы распространения субальпийских и альпийских комплексов в полярных и приполярных участках территории Европейского Севера и Западной Сибири [1]. Подобная тенденция наблюдается автором этой статьи и на участках контакта северо-таежных, лесотундровых и тундровых равнинных ландшафтов на территории северо-восточной части Российской Феде-

рации (равнин и мезовозвышенностей северной части Якутии, Яно-Индиго-Ирской низменности и др. участков).

А.А. Петрукович, обобщая материалы исследования ИКИ РАН, на основе результатов многолетнего дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), отмечает «постепенное движение границы тайги и тундры на север» [2, с. 21], обусловленное кумулятивным, постепенным повышением температуры воздуха. «Карта растительного покрова России, полученная по данным спектрометра MODIS» [2, с. 21] и представляющая собой синтетическое совмещение карт растительности России за период с 2001 по 2019 год, имеет упрощенную классификацию лесных экосистем и на отдельных участках неверную интерпретацию типов растительности. В частности, в типах наземных экосистем отсутствуют рединные светлохвойные, светлохвойные леса, гольцовые комплексы, которые наиболее часто образуют контактовые комплексы в зоне пространственной дифференциации равнинных и горных бореальных, лесотундровых и тундровых ландшафтов северо-восточной и восточной части Российской Федерации.

Стоит отметить отсутствие подобного рода работ применительно к территории ДФО. Стоит учитывать, что, как правило, изменения достаточно четко дифференцируемых северных и южных границ распространения бореальных комплексов осложняются динамикой состояния многолетнемерзлых комплексов подстилающих пород [7; 8]. При этом установление взаимосвязей между этими пространственными изменениями контуров лесных ландшафтов и связанных с ними различной интенсивности и типов процессов автовосстановления их структуры позволяет более обоснованно подходить к формированию прогнозов их состояния с учетом антропогенных воздействий.

Целью исследования является анализ изменений северных границ ареалов распространения лесных ландшафтов на территории ДФО.

Материал и методы исследования

Для достоверного изучения процессов динамики северных границ ареалов распространения лесных ландшафтных комплексов на территории ДФО на основе использования комплексных физико-географических методов полевого стационарного и полустационарного долговременного наблюдения (на основе принципа равномерного распределения пунктов наблюдения в пределах

основных типов и видов лесных равнинных и горных ландшафтов) в совокупности с анализом материалов ДЗЗ в пределах участков контакта лесных и тундровых комплексов были дифференцированы и изучены более 80 ключевых стационарных участков, в пределах которых были дифференцированы более 80 видов ландшафтов и 1000 контуров элементарных ландшафтов [9, с. 40-159]. В качестве основы для упорядоченного выявления процессов изменения положения границ ареалов распространения лесных комплексов и установления взаимосвязей их с процессами автовосстановления комплексов для природных, природно-антропогенных и антропогенных ландшафтов территории осуществлены дифференциация и генетическая классификация, физико-географическое и ландшафтное районирование территории исследования.

Результаты исследования и их обсуждение

Территория Российской Федерации находится в пределах широтных, природных полупустынной (изолированные фрагменты), степной, лесной, тундровой зон и долготных, аazonальных гумидных и континентальных, экстроконтинентальных внутризональных комплексов. При этом значительную часть территории занимают бореальные равнинные и горные ландшафты. В условиях территории Российской Федерации наибольшим набором типов и видов фитоценологических и почвенно-эдафических компонентов характеризуются лесные ландшафты, что делает их наиболее доступными, репрезентативными и объективно достоверными объектами исследования различных аспектов динамики состояний ландшафтных комплексов.

С точки зрения логики, понимания сущности циклов динамики состояний лесных ландшафтов, устойчивости их существования и изменений ареалов распространения древесных растений северной тайги в связи с такими процессами, как автовосстановление их структуры, прежде всего, следует за период не менее 10 лет дифференцировать процессы распространения древесных растений в пределах территорий, ранее некомфортных для их вегетации [8].

На основе применения исходных материалов, полученных при использовании методов маршрутных и стационарных полевых наблюдений, и всестороннего применения методов дистанционного (авиационного и космического) наблюдения необходимо

дифференцировать процессы естественного самовосстановления (автовосстановления) нарушенной естественными или антропогенными факторами структуры лесных ландшафтных комплексов и их компонентов. При этом под процессами автовосстановления ландшафтных комплексов и их компонентов понимаются только «естественные процессы воссоздания свойств и структуры ландшафтных комплексов и их компонентов по принципу «самосборки» в пределах лимитирующего воздействия сочетаний зонально-аazonальных условий и факторов с естественным «отсеканием» всех вариантов результатов, не имеющих признаков, показателей, способствующих приспособлению к данным показателям окружающей среды» [9, с. 29].

Территории Дальневосточного федерального округа (ДФО), в пределах которой сформировались лесные комплексы, соответствуют административные территории субъектов: Республики Саха (Якутия), Республики Бурятия, Забайкальского, Камчатского, Хабаровского, Приморского краев, Амурской, Сахалинской областей и, крайне незначительно, фрагментарно – небольшие участки территории Магаданской области, Чукотского автономного округа.

В условиях крайне обширного набора сочетаний факторов, определяющих формирование лесных ландшафтов территории ДФО, с точки зрения автора, рисунку изотерм суммы активных температур максимально соответствуют ареалы распространения различных типов лесных комплексов. При этом не только климатические особенности, но и достаточно сложное геоморфологическое устройство, наличие обширной территории распространения сезонно- и многолетнемерзлых комплексов влияют на формирование массивов лесных комплексов территории [10-12]. Кроме того, мелколистственные и светлохвойные виды древесных растений в условиях территории исследования произрастают в ареалах с экстремальными для них показателями гидротермических коэффициентов, проникая в пределы ареалов тундровых и недифференцированных лесотундровых ландшафтов. Поэтому гидротермический коэффициент автором не рассматривался как интегральный показатель, определяющий формирование определенных типов лесных комплексов территории.

Для территории достаточно обширной контактовой зоны, большого экотона северо-таежных, лесотундровых и тундровых биоценозов, лесные типы ландшафтов харак-

теризуются несплошным, островным и рединно-колковым распространением. И если в пределах центральной и южной частей территории ДФО лесные ландшафты имеют в достаточной мере зонально-субширотную дифференциацию, то в пределах территории северо-восточной части Республики Саха (Якутия), незначительной части с лесными сообществами Камчатского края, Магаданской, Сахалинской областей, Чукотского автономного округа распространение лесных ландшафтов варьирует от равнинного субмеридионального до межгорно-долинного изолированно-островного типа под влиянием очертаний долин крупных рек, от горного высотного-поясного до межгорно-нагорного, изолированного влиянием возвышенных, изолирующих горных массивов.

В пределах экотональной, контактовой территории распространения недифференцированных среднетаежных, северо-таежных и северо-таежно-тундровых комплексов характерно доминирование на равнинных и сухих низинных участках светлохвойно-кустарниково-кустарничково-моховых, светлохвойно-мелколиственно-кустарничково-моховых, светлохвойно-моховых комплексов с нормальными, стелющимися и карликовыми формами древесных растений. За 10-летний период на территории ДФО на протяжении около 750 км граница ареала островного, рединно-колкового распространения названного типа ландшафтных комплексов сместилась к северу в среднем на 1,5 км.

На незначительных по относительной высоте водораздельных пространствах, в пределах межгорных долин доминируют светлохвойно-мелколиственно-моховые, мелколиственно-кустарничково-моховые комплексы с преимущественно стелющимися и карликовыми формами древесных растений. За 10-летний период граница ареала островного, рединно-колкового распространения ландшафтных комплексов с участием мелколиственных пород древесных растений в среднем на 2,5 км сместилась к северу.

В долинах таких рек, как Лена, Индигирка, Яна, и их наиболее крупных притоков на участках недифференцированных тундровых, лесо-тундровых и северо-таежных комплексов сформировались биоценозы, достаточно близкие к типичным северо-таежным и образованные сосново-криволесно-мелколиственно-моховыми, лиственнично-криволесно-мелколиственно-моховыми, мелколиственно-моховыми комплексами. Примечательным является

наличие и расширение за 10-летний период в среднем на 3,5 км ареала распространения как в целом на участке долины в зоне тундры, так и в устьевой части долины р. Лена колковых и колково-рединных комплексов, близких по облику к северо-таежным комплексам, образованных криволесно-лиственнично-мелколиственно-моховыми сообществами.

Для сравнения можно привести величины динамики границ экотональных, контактовых участков основных зональных типов бореальных ландшафтов на территории ДФО за 10-летний период. Граница контакта широколиственных лесов и лесостепных, степных участков сместилась к югу в среднем на 450 м. Экотональный участок взаимопроникновения биоценозов смешанных и широколиственных лесов на равнинных участках материковой части ДФО увеличился в среднем на 250 м. Экотональный участок взаимопроникновения биоценозов подтаежных (суббореальных), южно-таежных и смешанных лесов увеличился в среднем на 300 м с хорошо выраженным смещением к северу его границ.

Интересен и тот факт, что за 20-летний период наблюдений в пределах территории ДФО не установлено значительных изменений границ распределения высотных поясов с комплексами, образованными древесными растениями, в пределах среднегорных массивов. Исключением в этом случае являются незначительные по величине (до 50 м поверхности склонов) инвазии ландшафтных комплексов, образованных криволесными формами светлохвойных, темнохвойных и мелколиственных пород, в пределы субальпийских, горно-тундровых ландшафтов.

Стоит отметить также получившую за 10-летний период на территории ДФО значительное развитие тенденцию разрежения древостоя и распространения изолированных массивов «пьяного» леса и вальника в пределах средне-таежных и северо-таежных равнинных ландшафтных комплексов. Развитие этого явления связано с тем, что широкое сплошное и островное распространение на территории ДФО многолетнемерзлых подстилающих пород на фоне увеличения среднегодовых температур воздуха и, соответственно, продолжительности безморозного периода определяет и развитие обширных по площади термокарстовых и в меньшей мере солифлюкционных процессов. Термокарстовые процессы не позволяют корневым системам зрелых древесных растений закрепляться для поддержания

вертикального положения стволов и определяют их промерзание, развитие анаэробных процессов в зоне контактов с корневыми волосками и в конечном итоге гибель корневых систем [13]. Это приводит к гибели зрелых или невозможности развития подроста древесных растений на наиболее пониженных (как правило, заросшие аласовые котловины, днища долин малых рек и т.д.) участках или участках с затрудненным дренажом и близким расположением к дневной поверхности водоупорных пород.

При охарактеризованных различными исследователями [1; 2; 14] применительно к территории Урала, Центральной России и Западной Сибири изменениях северной границы распространения лесных ландшафтных комплексов, в пределах южных границ распространения лесных комплексов на территории ДФО отсутствуют выявленные названными исследователями проявления аридизации условий и сокращения сомкнутости, биопродуктивности древесной растительности.

Весьма интересным является анализ взаимосвязей территориальной локализации изменений северной границы распространения лесных ландшафтных комплексов с учетом типов, интенсивности проявлений автовосстановления нарушенной различными воздействиями структуры лесных ландшафтных комплексов на территории ДФО. Сведения о специфике процессов автовосстановления различных типов и видов лесных ландшафтных комплексов на иерархических уровнях ландшафтов и внутриландшафтных комплексов (фаций, групп фаций, растительных ассоциаций) на территории ДФО были получены ранее на основе многолетних стационарных наблюдений [15].

Установлено, что во всей совокупности анализируемой выборки лесных внутриландшафтных комплексов равнинных, горных и горно-долинных типов, имеющих нарушенную различными типами воздействий структуру и характеризующихся развитием процессов автовосстановления структуры, количественно преобладают лесные ландшафты с доминированием (в порядке убывания средневзвешенных величин встречаемости) смешанных, широколиственных, южно-таежных и долинных северо-таежных фитоценозов.

Перечисленные ландшафтные комплексы характеризуются и достаточно активной динамикой пространственного их положения. Особенно на общем фоне выделяются смешанные лесные и долинные

северо-таежные ландшафтные комплексы, которые характеризуются высокими темпами развития обширных экотонов, соответственно, с южно-таежными и тундровыми, лесотундровыми комплексами. В общей выборке всех наблюдаемых контуров внутриландшафтных комплексов с проявлением характерных признаков развития процессов, формирования промежуточных и конечных результатов автовосстановления их нарушенной структуры (2736 [9, с. 187]) примерно в 42,3% случаев (353 (12,9%) – смешанные, 275 (10%) – широколиственные, 161 (6,9%) – суббореальные, подтаежные, 139 (5,1%) – южно-таежные, 126 (4,6%) – долинные северо-таежные, 103 (2,8%) – прочие типы комплексов) развитию процессов автовосстановления соответствуют активные процессы их «экспансии» (с формированием контуров выделов преимущественно дезъюнктивирующего типа) в пределы «соседствующих» зональных типов ландшафтов.

Установлено, что лесные комплексы, находящиеся на участках контакта и взаимоперехода северо-таежных, лесотундровых и тундровых ландшафтных комплексов в пределах территории ДФО имеют относительно невысокую (более 3 лет) интенсивность автовосстановления антропогенно нарушенной структуры и характеризуются относительно небольшим уровнем биологического (в том числе и видового) разнообразия, полноценной ярусной и пространственной структуры фитоценозов [15].

С увеличением территории распространения обширных экотонов недифференцированных средне-таежных, северо-таежных и северо-таежно-тундровых и тундровых комплексов на участках их контакта опосредованно связаны и показатели явления устойчивости ландшафтных комплексов к различным внешним воздействиям. Под устойчивостью ландшафтной структуры к различным внешним воздействиям понимается ее неопределенно долго существующая способность к хорошо выраженному процессу автовосстановления на различных этапах развития, в том числе и на постантропогенном этапе, до уровня, идентичного фоновым, исходным ландшафтным комплексам или близкого к такому. В этом случае устойчивость структуры лесных ландшафтных комплексов к естественным и антропогенным воздействиям, пространственно соответствуя тенденциям расширения ареалов распространения древесных растений, также является их интегральным

показателем, определяемым скоростью, полнотой и идентичностью фоновым комплексам результатов автовосстановления их структуры.

Обобщение и среднестатистический учет эмпирических материалов изученности региональной специфики процессов автовосстановления структуры нарушенных естественными и антропогенными факторами лесных ландшафтных комплексов территории ДФО до состояния, максимально приближенного к фоновому, исходному, позволили определить уровень устойчивости их структуры к внешним воздействиям [9, с. 227]. При наибольшем уровне устойчивости (как способности сохранять состояние, максимально приближенное к фоновому, исходному при внешних воздействиях на комплекс) структуры лесных ландшафтных комплексов к внешним воздействиям процессы ее (структуры) автовосстановления наиболее эффективны и способствуют при благоприятных климатических условиях успешному освоению древесными растениями соседствующих биотопов, не имеющих древесных растений.

Последующие наблюдения, анализ и сопоставление материалов фиксации результатов на различных этапах полнофункционального автовосстановления нарушенной структуры внутриландшафтных комплексов и процессов «продвижения на север», в пределы биотопов тундровых экосистем, северо-таежных комплексов, позволяют установить прямую зависимость эффективной «экспансии» лесных биотопов в пределы зоны распространения тундровых экосистем от преимущественного развития эволюционного и репродукционного типов автовосстановления нарушенной структуры, проявлений достаточности качественных и количественных показателей растительных ассоциаций для функционирования, полноты, стабильности структуры природных компонентов и в целом ландшафтного комплекса.

Заключение

Анализ динамики ареалов распространения лесных биотопов, имеющих колоссальную ценность в системах биосферы Земли и круговоротов веществ и энергии в ней, в обстоятельствах изменений климатических условий на глобальном, региональном и локальном уровнях, позволит обществу наиболее эффективно взаимодействовать с лесными ландшафтами в повседневной и производственной деятельности.

Охарактеризованная для территории ДФО динамика распространения недифференцированных северо-таежных и северо-таежно-тундровых комплексов, основу которых составляют в основном светлыхвойные и мелколиственные древесные растения, в пределах участков их контакта с тундровыми комплексами, показывает влияние на них процессов полнофункционального и полноценного автовосстановления структуры ландшафтных комплексов и наличие тенденции сокращения площади распространения тундровых экосистем.

Процессы полнофункционального и полноценного репродукционного и эволюционного автовосстановления нарушенной естественными и антропогенными факторами структуры ландшафтных комплексов являются одним из условий эффективной «самосборки» лесных и иных биотопов в условиях текущих и меняющихся воздействий сочетаний зонально-азональных природных и антропогенных, антропогенно обусловленных условий и факторов. Высокий уровень интенсивности (скорости формирования, завершенности и полнофункциональности результатов) развития процессов полнофункционального автовосстановления структуры характерен для смешанных, широколиственных, южно-таежных и долинных северо-таежных ландшафтов территории ДФО.

Выявление закономерностей и региональной специфики динамики ареалов распространения лесных биотопов с учетом формирования типов процессов, результатов полнофункционального и полноценного автовосстановления структуры лесных ландшафтных комплексов позволяет достоверно определять потенциальный уровень устойчивости лесных ландшафтов к различным внешним воздействиям. В последующем это позволит более обоснованно подходить к разработке схем рационального природопользования, природообустройства и охраны окружающей среды на основе применения актуальных принципов нормирования антропогенных нагрузок на природные компоненты, ландшафты.

Дальнейшее рассмотрение представленных аспектов анализа динамики состояний лесных ландшафтных комплексов является важным с точки зрения формирования научно обоснованной оптимизации антропогенных нагрузок в целом на геосистемы, биосферу Земли, формирования новых подходов к антропогенному восстановлению нарушенной структуры ландшафтов.

Список литературы

1. Сергиенко В.Г. Динамика границ лесорастительных зон России в условиях изменения климата // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2015. № 1. С. 5-19. URL: <https://spb-niilh.ru/pdf/climaweek/spbniilh-proceedings-1-2015-1.pdf> (дата обращения: 18.06.2025).
2. Петрукович А.А. Наука космических высот // Русский космос. 2021. № 23. С. 18-27. URL: https://iki.cosmos.ru/sites/default/files/popular_article/pdf/01-23-2021.pdf (дата обращения: 18.06.2025).
3. Липка О.Н., Корзухин М.Д., Замолотчиков Д.Г., Добролюбов Н.Ю., Крыленко С.В., Богданович А.Ю., Семенов С.М. Роль лесов в адаптации природных систем к изменениям климата // Лесоведение. 2021. № 5. С. 531-546. URL: <https://sciencejournals.ru/view-article/?j=lesved&y=2021&v=0&n=5&a=Les-Ved2105007> Lipka (дата обращения: 18.06.2025). DOI: 10.31857/S0024114821050077.
4. Леонова Н.А. Пространственно-временная трансформация растительности верхнего плато Приволжской возвышенности (в пределах Пензенской области) // Фундаментальные исследования. 2014. № 9-1. С. 81-85. URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=34646> (дата обращения: 18.06.2025).
5. Михайлов К.Л., Богданов А.П. Влияние климатических изменений на лесопользование и воспроизводство лесов в материковых территориях арктической зоны европейского Севера России // Журнал прикладных исследований. 2023. № 6. С. 30-37. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyaniye-klimaticheskikh-izmeneniy-na-lesopolzovanie-i-vozroizvodstvo-lesov-v-materikovykh-territoriyah-arkticheskoy-zony/viewer> (дата обращения: 18.06.2025). DOI: 10.47576/2949-1878_2023_6_30.
6. Константинов А. В. Сценарный подход к адаптации лесных экосистем российской федерации в условиях изменений климата // Известия РАН. Серия географическая. 2023. Т. 87. № 4. С. 558-567. URL: https://sciencejournals.ru/issues/izvgeo/2023/vol_87/iss_4/IzvGeo2304003Konstantinov/ Izv-Geo 2304003Konstantinov.pdf (дата обращения: 18.06.2025). DOI: 10.31857/S2587556623040039.
7. Прожерина Н.А., Наквасина Е.Н. Изменение климата и его влияние на адаптацию и внутривидовую изменчивость хвойных пород Европейского Севера России // Известия вузов. Лесной журнал. 2022. № 2. С. 9-25. URL: <https://journals.narfu.ru/index.php/fj/article/view/923/577> (дата обращения: 18.06.2025). DOI: 10.37482/0536-1036-2022-2-9-25.
8. Тишков А. А., Белоновская Е. А., Глазов П.М., Кренке А.Н., Пузаченко А.Ю., Тертицкий Г.М., Титова С.В. Тундра и лес российской Арктики: вектор взаимодействия в условиях современного потепления климата // Арктика: экология и экономика. 2020. № 3 (39). С. 48-61. URL: <http://eng.arctica-ac.ru/docs/journals/39/tundra-i-les-rossiyskoy-arktiki-vektor-vzaimodeystviya-v-usloviyah-sovremennogo-.pdf> (дата обращения: 18.06.2025). DOI: 10.25283/2223-4594-2020-3-48-61.
9. Алексеев И.А. Региональная специфика автовозстановления структуры антропогенно нарушенных лесных ландшафтов северо-восточной окраины Евразии: дис. ... докт. геогр. наук. Иркутск, 2024. 603 с. URL: https://igsbras.ru/uploads/theses/August2024/FyEmgeQ1jGLczyo-WTQZ0Szo3XpxNBIY_QhjUBsxur.pdf (дата обращения: 18.06.2025).
10. Калинин С.В., Никифорова Н.Н., Максимов Н.А., Мисайлов И.Е., Федоров А.Н. Исследование наступления леса на тундру в регионе Восточной Сибири в условиях меняющегося климата с применением ГИС и данных дистанционного зондирования Земли // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия «Науки о Земле». 2021. № 4. С. 73-82. URL: <https://www.vnzsvfu.ru/jour/article/download/106/105> (дата обращения: 18.06.2025). DOI: 10.25587/SVFU.2021.24.4.017.
11. Трегубов О.Д. Об устойчивости тундр к техногенному воздействию и глобальным изменениям среды // Вестник ДВО РАН. 2010. № 4. С. 79-89. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ob-ustoychivosti-tundr-k-tehnogennomu-vozdeystviyu-i-globalnym-izmeneniyam-sredy/pdf> (дата обращения: 18.06.2025).
12. Каллаган Т.В., Величко А.А., Борисова О.К. Тундра в условиях меняющегося климата // Известия РАН. Серия географическая. 2010. № 4. С. 17-27. URL: https://www.researchgate.net/publication/290440165_Kallagan_TV_Velicko_AA_Borisova_OK_Tundra_v_usloviyah_menayushegosya_klimata_Izvestia_RAN_Seriya_geograficeskaa_2010_No_4_S_17-27 (дата обращения: 18.06.2025).
13. Рудинский М.Г. Возобновление лиственницы на северном пределе распространения (массив Ары-Мас, п-ов Таймыр) // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=15687> (дата обращения: 18.06.2025).
14. Парфенова Е.И., Чебакова Н.М. Потенциальное распределение лесов в горах Южной Сибири и Серверной Монголии в связи с прогнозируемыми изменениями климата к середине века // Известия РАН. Серия географическая. 2023. Т. 87. № 7. С. 1019-1031. URL: https://sciencejournals.ru/issues/izvgeo/2023/vol_87/iss_7/IzvGeo2307012Parfenova/IzvGeo2307012Parfenova.pdf (дата обращения: 18.06.2025). DOI: 10.31857/S2587556623070129.
15. Алексеев И.А. К вопросу о процессах самовосстановления структуры ландшафтных комплексов, находящихся на стадии постантропогенного развития // Успехи современного естествознания. 2024. № 4. С. 22-27. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=38244> (дата обращения: 18.06.2025). DOI: 10.17513/use.38244.