



DOI 10.21178/2079-6080.2016.2.27
УДК 630*551.583(042.3)

Прогноз влияния изменения климата на разнообразие природных экосистем и видов флористических и фаунистических комплексов биоты России

© В.Г. Сергиенко, А.В. Константинов

Forecast of influence of climate change on ecosystems and natural diversity species of Russian flora and fauna biotic complexes

V.G. Sergienko, A.V. Konstantinov (Saint-Petersburg Forestry Research Institute)

The literature review on the most likely changes in vegetation zones and biodiversity of flora and fauna to climate change within the four large natural-territorial complexes of Russia – the northern and southern part of European Russia, Siberia, the Far East is given.

The article gives the characteristics of boreal and subboreal Russian landscapes, which are characterized by a wide variety of types of forests, steppes, semi-deserts, deserts and mountains.

It is noted that in the boreal forests of the taiga zone due to the oppression of a cold-loving species indigenous ecosystems of dark coniferous taiga will increase the number of birch and aspen. Near the southern border of the coniferous-deciduous forests will decrease role of spruce. In the subzone of broad-leaved forests will intensifies processes of reforestation of trees, including oak, linden, hornbeam, beech. In the forest will increase the area occupied by broadleaf species including birch and aspen.

By the end of the XXI century climate change will affect the biodiversity of the steppe and desert ecosystems greatly transformed by economic activity. Climate aridity will increase in forest-steppe, steppe, and semidesert. In the zone of steppes and semi-deserts will increase the role of mesophytic herbs in addition with a possible reduction in the number of wormwood and feather. In the Caspian region due to the increase in rainfall ecosystems with wormwood and shrubs will replace by grasses and mesophilic species.

Presents forecast of double reduction of forest area in Siberia under a dry climate in comparison with the modern. Border between forest and steppe of Central Siberia will shift to 10° north. The area of the steppe zone in southern Siberia will increase by 30%, and the desert steppes – twice.

Increasing the area of black taiga 60–65% will come from middle mountain of dark coniferous taiga. Transformation of vegetation zones and reallocation altitudinal belts would reduce mining and tundra vegetation and biodiversity.

In the Far East as a result of monsoon circulation changes continue the offensive of the desert, the probability of drought. There will be changes in the number and behavior of animals. Particularly vulnerable will be large animals that live in the mountain forests.

Key words: climate change, biodiversity, natural ecosystems, floral and faunal complexes, vegetable zone, boreal and subboreal landscapes

Прогноз влияния изменения климата на разнообразие природных экосистем и видов флористических и фаунистических комплексов биоты России

В.Г. Сергиенко, А.В. Константинов

Приведен обзор литературных источников по вопросам наиболее вероятных изменений растительных зон и биоразнообразия флоры и фауны при изменении климата в пределах четырех крупных природно-территориальных комплексов России — северная и южная части Европейской России, Сибирь, Дальний Восток.

Отмечено, что в бореальных лесах таежной зоны из-за угнетения более холодолюбивых видов в коренных ценозах темнохвойной тайги увеличится количество березы и осины. Вблизи южной границы хвойно-широколиственных лесов уменьшится ценотическая роль ели. В подзоне широколиственных лесов усилится возобновление древесных пород — дуба, липы, граба, бука. В лесостепи увеличится площадь, занятая широколиственными породами с участием березы и осины.

К концу XXI века изменение климата значительно повлияет на биоразнообразие степных и пустынных экосистем, трансформированных хозяйственной деятельностью. Аридность климата усилится в лесостепи, степи, и полупустыне. В зоне степей и полупустынь возрастет роль мезофитных трав, наряду с возможным сокращением численности полыни и ковыля, а в Прикаспии в связи с увеличением количества осадков ценозы с полынью и кустарниками заменятся злаками и мезофитами.

Дан прогноз сокращения вдвое площади лесов в Сибири из-за большей сухости климата. Граница между лесами и степью в Центральной Сибири сдвинется на 10° к северу. Площадь степной зоны в Южной Сибири увеличится на 30%, а опустыненных степей — в два раза. Прирост площади черневой тайги на 60–65% произойдет за счет среднегорной темнохвойной тайги. Трансформация растительных зон и перераспределение высотных поясов приведут к сокращению горно-тундровой растительности и биоразнообразия.

На Дальнем Востоке в результате изменений муссонной циркуляции продолжится наступление пустыни, вероятны засухи. Произойдут изменения численности и характера поведения животных. В особо уязвимом положении окажутся крупные животные, обитающие в горных лесах.

Ключевые слова: изменение климата, биоразнообразие, природные экосистемы, флористические и фаунистические комплексы, растительные зоны, бореальные и суббореальные ландшафты

Сергиенко Валерий Гаврилович — ст. науч. сотр. НИО селекции, воспроизводства и химического ухода за лесом, канд. биол. наук

E-mail: valerysergienko@mail.ru

Константинов Артём Васильевич — зам. директора по научной работе, канд. с.-х. наук

E-mail: konstantinov_a82@mail.ru

ФБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства»

194021, Санкт-Петербург, Институтский пр-т, 21

Телефон: 8 (812) 294-22-46, 8 (812) 552-79-49

E-mail: mail@spb-niilh.ru

Введение

За последнее десятилетие важные изменения в состоянии биоразнообразия возникли в связи с глобальным потеплением климата. Они характерны, как для Арктики, так и для экосистем бореальных и суббореальных лесов, степей, болот, морских и горных экосистем. В условиях изменения климата необходимо учитывать их взаимодействие друг с другом, чтобы снять угрозы, связанные с нарастающей сменой лесообразующих пород, смещением природно-климатических зон, исчезновением ряда видов биоты. Угроза необратимых изменений природных экосистем в результате климатических изменений для некоторых биомов может стать единственной угрозой, возникающей в результате действия природного, а не антропогенного фактора [42].

В исследовании механизмов сохранения природных экосистем в условиях изменения климата важным вопросом является сохранение биологического разнообразия – главного природного ресурса России, имеющего ключевое экологическое, социальное, экономическое и эстетическое значение. Основными причинами сокращения биоразнообразия являются пожары, фрагментация местообитаний, внедрение чужеродных видов, расселение аборигенных видов за пределы ареала, экотонизация и «островизация» экосистем, смещение границ ареалов, высокие промысловые нагрузки на популяции отдельных видов, загрязнение окружающей среды и др.

В XXI веке в целом можно говорить об изменении климата, вызванном человеком: продолжающаяся эмиссия парниковых газов будет являться причиной дальнейшего потепления и изменений во всех компонентах климатической системы, ограничение которых потребует значительного и непрерывного снижения выбросов парниковых газов и разработку адаптационных мероприятий [15].

Материалы исследований

Для XXI столетия определены адаптацион-

ные сценарии, вычисленные на основе глобальных климатических и прогностических моделей. В представляемой работе использованы модельные расчеты будущего изменения климата, которые были разработаны ведущими специалистами Института глобального климата и экологии (ИГКЭ) Росгидромета, Главной геофизической обсерватории (ГГО), Института физики атмосферы (ИФА) РАН и другими институтами, занимающимися вопросами мониторинга изменения климата России в XXI веке. Из множества моделей нового поколения заслуживают внимания модели, подготовленные на пятом этапе работы по Всемирной программе исследования климата – СМIP5 (Coupled Model Intercomparison Project) [24], региональная климатическая модель ГГО для Европейской России [36, 37] и прогностическая модель ИФА РАН в целом для России [5, 6, 7]. В расчетах приводятся данные о приземной температуре воздуха и атмосферных осадках для трех временных интервалов: 2011–2030, 2041–2060 и 2080–2099 гг. В качестве базового был принят период 1981–2000 гг. Эти интервалы совпадают с тремя временными срезами (20–30-е, 50-е годы, конец XX века), а их характеристика дана в сравнении со значениями последней четверти XX века [3].

В представляемой работе основными источниками информации являются опубликованные материалы и интернет-ресурсы по гидрометеорологии и мониторингу природной среды в виде статей в рецензируемых научных журналах, оценочных докладов и прогнозов Межправительственного комитета (МКИК) и группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), Всемирного фонда дикой природы (WWF) об изменениях климата и воздействии их на растительные зоны и биоразнообразие экосистем. Аналитические материалы по разнообразию биоты (ландшафты, флора, фауна) приведены для крупных природно-территориальных комплексов России: северная и южная части европейской территории России (ЕТР), Сибирский и Дальневосточный федеральные округа.

Изменение состояния природных комплексов бореальных ландшафтов ЕТР

Освобождение Северного Ледовитого океана от большей части многолетнего льда является реальной возможностью уже в ближайшие несколько десятилетий. Вероятность превращения постоянного ледяного покрова в сезонный в середине XXI века по сравнению с оценками на основе анализа результатов климатических моделей СМIP3 и СМIP5 существенно повысилась [24]. Это приведет к изменению широтных и высотных границ растительных зон в северных районах ЕТР и повлияет на разнообразие растительного и животного мира [28, 35]. Изменение климата отразится на миграции северного оленя, жизни белого медведя, моржей, птиц и других животных.

В субарктических ландшафтах ЕТР при повышении температуры следует ожидать не только уменьшение площади многолетнемерзлых пород [4, 20, 33], но и продвижение леса (главным образом березы и кустарников) и термофильных видов травяного покрова в тундру, что будет сопровождаться уменьшением площади ягельников — основной кормовой базы северного оленя. Негативные последствия ожидаются для песца, вытесняемого лисицей. Изменение ледового покрова может серьезно отразиться на репродуктивных возможностях кольчатой нерпы и морского зайца, что ограничит пищевую цепь белого медведя [16]. В полярных районах будут складываться благоприятные условия для моржей, тюленей, белых медведей и других млекопитающих. Но увеличение числа животных в полярных районах может привести к их массовой гибели. Для северных оленей, как и для всех копытных, наибольшей опасностью будет представлять на снегу ледяная корка, которая не позволит животным добраться до корма [27, 32].

При ожидаемых климатогенных изменениях состояния бореальных ландшафтов на севере Европейской равнины, лежащих южнее субарктических районов, в XXI веке прогнозируется, что в 2020–2030 гг. при повыше-

нии температуры на 0,7–1 °С трансформация коснется только внутренней структуры сообществ, причем в первую очередь они проявятся в составе подроста деревьев и кустарников и в составе травянистых видов в напочвенном покрове, что отразится на продуктивности лесных экосистем [21]. В таежной зоне из-за угнетения более холодолюбивых видов в коренных ценозах в подросте увеличится численность березы, осины и других мелколиственных пород. В подзоне хвойно-широколиственных лесов климатические условия станут более благоприятными для широколиственных пород, в частности дуба черешчатого, и их участие в подросте увеличится. Вблизи южной границы подзоны уменьшится ценотическая роль ели. В широколиственных лесах усилится возобновление таких древесных пород, как дуб, липа, граб, бук.

В середине столетия в составе коренных лесных ценозов заметную роль будут играть береза и осина. В подзоне широколиственных лесов начнется продвижение на восток от их современных ареалов бука, граба и их спутников (липы крупнолистной, клена ложноплатанового, черешни, бересклета европейского, дерена красного и др.). В лесостепи увеличится площадь, занятая грабом со спутниками и с участием березы и осины.

По биоклиматическим прогнозам исследований ИФА РАН, построенным на региональном уровне, осуществлен прогноз изменений растительности России при повышении температуры на 1 °С, которое ожидается к 2030–2050 годам. Масштабного исчезновения лесов к этому времени не будет, за исключением относительно небольших площадей сосняков в Волжско-Вятском междуречье и верхнем течении р. Обь. [7].

К концу XXI века граница леса сдвинется к северу, и установятся климатические условия, благоприятные для расселения древесной растительности до побережья Северного Ледовитого океана [2, 28]. Существенные изменения будут происходить на юге темнохвойной тайги, где вследствие повышения

температуры зимой до -2°C начнется выпадение ели из состава лесов, замещение ее березой и местами сосной и проникновение широколиственных пород. Подзона широколиственных лесов расширится к северу, востоку и югу, где она займет территорию современной лесостепи, в свою очередь сместившись к югу на 50-70 км. Усиление возобновления широколиственных пород приведет к увеличению их роли в растительном покрове. В Центральном федеральном округе ЕТР при сокращении годовой суммы осадков возрастет роль сосны на песчаных почвах.

При изменении климата важным условием устойчивого лесопользования является сохранение коренных малонарушенных лесов, которые еще остались в первозданном виде на севере ЕТР (Мурманская и Архангельская области, Республика Коми). Большая часть лесных массивов сдана в аренду лесопромышленным предприятиям. В будущем арендаторы столкнутся с необходимостью перемен в сфере своей деятельности, они будут вынуждены способствовать защите, регенерации и приспособления коренных лесов к трансформации окружающей среды и вкладывать дополнительные средства для осуществления адаптационных мер [21].

Изменение ареала растительности лесного биома при потеплении климата показывает, что его границы смещаются на север и вверх в вертикальной поясности. На севере ЕТР отмечено продвижение хвойных сообществ в тундру и лесотундру [11, 12, 43]. Долгосрочный прогноз подтверждает, что зональная граница бореальных лесов сдвинется к северу на 190-250 км (из расчёта зонального градиента температуры $0,8^{\circ}\text{C}$ на 1° широты или на 100 км), а в горах степной и лесостепной зоны нижняя граница лесов поднимется на 250-330 м (из расчёта высотного градиента температуры $0,6^{\circ}\text{C}$ на 100 м) [13].

При рассмотрении наиболее вероятных изменений в биоразнообразии лесных экосистем в связи с потеплением климата проанализированы материалы по результатам оцен-

ки увеличения разнообразия животных и насекомых вследствие инвазии и расширения их ареалов, а также трансформация видового состава таежной флоры.

В основе современных миграционных процессов животных, насекомых и растений лежат особенности динамики распространения видов фауны и флоры, структура ареалов конкретных видов и их внедрение за пределы ареала. Инвазия на север происходит у групп видов – не только способных к быстрому расселению птиц и насекомых, но и обладающих меньшей подвижностью млекопитающих, амфибий, рептилий. Потепление может вызвать нарушение кормовой базы в акваториях Белого и Баренцева морей, что явится угрозой выживания морских млекопитающих, например, белого медведя. Отмечено проникновение за пределы ареала и лесных, достаточно крупных животных – кабана, косули, лисицы. В то же время наблюдается сокращение мест обитания дикого северного оленя [21].

Изменение климата активизирует популяционные механизмы животных, что во многих случаях объясняет разнонаправленные, поступательные флуктуации ареалов и численности диких животных в краевых частях ареала. Это приводит к их миграции и сдвигу границ или расширению области обитания. Например, в результате потепления в XX в. некоторые виды пресмыкающихся, птиц и млекопитающих продвинулись на север за границы своего ареала. Севернее своей основной территории жизнедеятельности проникли полевая мышь, заяц-русак, лесной хорек, кабан, косуля.

При глобальном изменении климата развиваются процессы расселения и миграций к северу более южных видов не только фауны, но и флоры. Из древесных инвазионных видов в настоящее время активно расширяют свой естественный ареал бузина, черноплодная рябина, ирга колосистая, яблоня домашняя, кизильник блестящий и реже дуб черешчатый. Расселение этих растений обеспечивается птицами, а с изменением климата ско-

рость процесса увеличится.

Пространственные тренды таксономического богатства и видового разнообразия сосудистых растений Северо-Западного федерального округа ЕТР рассмотрены с точки зрения системной организации флоры [19, 41]. По прогнозу, произойдут изменения в растительности и положении границ ареалов отдельных видов. Потепление климата затронет термофильные виды и будет благоприятным для их расселения. Северные виды, находящиеся на южном пределе распространения, могут сократить свой ареал, а южные виды на северной границе — расширить. Возможности такого изменения разнообразия и видового богатства были проанализированы на тестовых участках [19]. Повышение среднегодовой температуры повлечет за собой незначительное увеличение видового богатства растений в Архангельской обл., на севере Республики Коми и в Предуралье — на 10–20% (от 30 до 60 видов). Основная часть изменений придется на южную тайгу, где ожидается повышение разнообразия на 20–35% за счет неморальных видов и древесных пород (дуба, липы и их травянистых спутников), мигрировавших с юга.

В экотоне зон таежных и неморальных лесов Центрального федерального округа идет непрерывный процесс формирования животного мира за счет смещения нескольких не родственных между собой фаунистических комплексов. Степь обогатила местную фауну такими южными видами птиц, как малая выпь, зимородок, угод, сизоворонка, орлан-белохвост, и млекопитающих — барсук, выхухоль, хомяк, суслик рыжеватый, лисица степная.

Трансформация природных экосистем при опустынивании и хозяйственном освоении суббореальных ландшафтов ЕТР

Европейский сектор степного биома занимает обширную площадь в суббореальных ландшафтах на юге ЕТР. Здесь сформировались несколько подзон: от луговых степей и

лесостепи до полупустынь и пустынь. Лесостепь с луговыми степями представлена разнотравно-ковыльными сообществами с участками широколиственных лесов, преимущественно дубрав. Южнее они сменяются разнотравно-типчачково-ковыльными умеренно-влажными степями, которые к юго-востоку замещаются сухими полынно-дерновинно-злаковыми. В Прикаспии в полупустынях господство переходит в основном к поляням — черной и песчаной. В пустынных ландшафтах доминируют чернополынно-биюргуновые комплексы (полынь черная и степная, житняк пустынный, кермек, солерос европейский) в сочетании с фрагментами солончаковых пустынь. В степях особое место занимают гидроморфные экосистемы долин рек, по которым далеко на юг заходят древесные сообщества — например, пойменные дубравы в долине Хопра и на Волге-Ахтубе, которые южнее сменяются ивняками в сочетании с лугами и болотами [31].

Изменение климата будет благоприятно влиять на леса гумидной зоны (с более влажным климатом по сравнению с другими ландшафтами) и крайне неблагоприятно — на леса аридной зоны с засушливым климатом. К концу столетия в гумидной зоне станет ещё влажнее и теплее, в аридной — теплее и суше. В связи с глобальным изменением высотный пояс лесов в горах степной и лесостепной зоны поднимется на 250–330 м [34, 39].

Последствия возможного глобального потепления в XXI веке в аспекте климатического опустынивания рассмотрены на примере юга ЕТР, где доминирует антропогенная составляющая опустынивания [23]. По архивным данным, значение климатического фактора в опустынивании деградированных земель на ЕТР уменьшилось в конце XX века. Следствием этого стало ослабление аридной денудации, рост частоты осадков, повышение уровня грунтовых вод.

Вопрос, является ли ослабление аридности климата (опустынивание) юга ЕТР кратковременной флуктуацией регионального климата или устойчивым региональным проявле-

нием глобального потепления климата — остается открытым. Модельные оценки показывают противоречивые результаты: к середине XXI века на юге России возможно как аридное, так и гумидное потепление [5, 6, 37].

Изменения климатических факторов опустынивания (показателей аридности и частоты опасных атмосферных засух) с использованием параметров климата XXI века оценены по расчетам региональной климатической модели ГГО. Модельные расчеты регионального климата проводились для двух десятилетий (2041-2050 и 2091-2100 гг.) в сравнении с базовым климатом 1991-2000 гг. [36].

Расчеты региональной климатической модели ГГО по показателю аридности для степных и полупустынных районов ЕТР неоднородны. В этих районах модель завышает показатель аридности, а ошибка колеблется в пределах 10-35%. В лесостепных районах относительная ошибка воспроизведения принимает отрицательное значение, но несколько уменьшается по абсолютной величине. На большей части территории модель завышает частоту опасной атмосферной засухи, особенно в Южном федеральном округе (запад Калмыкии, юг Волгоградской и Астраханской областей), в среднем на 15% и занижает южнее 45° с. ш. в среднем на 20%. Таким образом, можно предположить, что климат юга ЕТР будет более соответствовать гумидному потеплению [9, 35, 36].

Ослабление аридности следует ожидать в восточной части степных и лесостепных районов ЕТР. На остальной части изменения будут незначительными. К концу XXI века засушливость климата усилится в лесостепи, степи и полупустыне. Более сухими станут степи Краснодарского края и Ростовской области. Создадутся предпосылки для наступления катастрофического опустынивания. Могут пострадать такие территории с явлениями засухи, как Калмыкия, Астраханская область и другие районы.

На юге Русской равнины, в зоне степей и полупустынь, возрастет роль мезофитных трав,

наряду с возможным сокращением численности полыни и ковыля, а южнее, в Прикаспии, в связи с увеличением количества осадков на 50% ценозы с полынью и полукустарниками будут замещаться злаками и мезофильными видами. Начнется миграция степных видов в полупустыню.

Изменение климата значительно повлияет на степные и пустынные экосистемы суббореальных ландшафтов, уже в настоящее время сильно трансформированных антропогенным воздействием. В связи с созданием крупных водохранилищ пойменные экосистемы претерпели негативные изменения, которые повлияли на гидроэкологический режим прилегающих территорий. Неумеренный выпас скота привел к сокращению численности дрофы, стрепета, степного орла и широкому распространению мышевидных грызунов и синантропных птиц. В настоящее время изменение флористического разнообразия степей достигло 7% в Центральном федеральном округе (Курская, Воронежская, Липецкая области) и до 12% в Ставропольском и Краснодарском краях. Изменения наземных экосистем в целом достигают 40% в степях и свыше 20% в полупустыне и пустыне. Значительно снизилось содержание гумуса в чернозёмах и деградирует почвенная биота. Негативно сказывается инвазия чужеродных видов, в первую очередь сорных растений (амброзия) и вредителей сельскохозяйственных культур (колорадский жук, виды саранчи). Повышение температуры в XXI веке может привести к катастрофическим последствиям существования степных экосистем, ослабленных в настоящее время интенсивным хозяйственным использованием.

Степи характеризуются относительно высоким показателем видового разнообразия. В степных локальных флорах на 100 км² отмечено 900-1000 видов сосудистых растений. Значительная часть степных растений и животных является редкими и эндемичными, находящимися под угрозой исчезновения. Чернозем, сформировавшийся в степях за длительный

период, является национальным достоянием. Стабильность биологического разнообразия степей является важнейшей составной частью сохранения плодородия этих земель и обеспечения устойчивого развития региона.

Наиболее заметно сдвиги границ ареалов млекопитающих Поволжья в широтных направлениях проявились в связи с развитием внутривекового гумидного цикла (увеличение количества осадков, уменьшение испаряемости из-за понижения среднемесячных температур в летний период) [29]. Например, постепенное увлажнение климата в настоящее время привело к расширению в южном направлении ареала рыжеватого суслика. Потепление климата, проявляющееся в повышении температур зимних периодов, способствует проникновению на север млекопитающих, относящихся к пустынно-фаунистическому комплексу. Так, с конца 90-х годов и до начала XXI века на территории севера Нижнего Поволжья регулярно отмечаются в качестве охотничьих трофеев степной кот и выводки степной собаки, мигрировавших с юга [38].

Изменение климата неизбежно скажется на сельскохозяйственном производстве степной зоны с богатыми чернозёмами и тёмно-каштановыми почвами. Оценки влияния наблюдаемых и ожидаемых изменений климата на продуктивность культур наиболее полно отражены в первом Оценочном докладе об изменениях климата и их последствиях на территории России [22, 23]. По сценарию региональной модели ГГО, оценка влияния текущих и ожидаемых изменений климата на продуктивность сельского хозяйства сводится к комплексному анализу изменений [17], включающих агроклиматические условия возделывания культур, их урожайности и мер адаптации в условиях ожидаемого потепления.

Реакции продуктивности сельскохозяйственных культур на возможные изменения климата и рост содержания CO_2 в атмосфере по различным вариантам расчета будущего климата приведет к середине XXI века к росту биоклиматического потенциала территории Рос-

сии на 3,9-11,1% по сравнению с современным уровнем, а к концу текущего столетия его уровень может снизиться до 7%. В связи с этим возможные потери продуктивности зерновых культур в результате глобального потепления (даже при учете положительного влияния обогащения атмосферы углекислым газом) могут составить 16-18% [25].

Трансформация растительных зон Центральной и Южной Сибири

На основе пространственного размещения сообществ растений при достижении ими равновесного состояния в заданных климатических условиях по биоклиматической модели с применением методов нелинейной регрессии, кластерного и дискриминационного анализа были получены перспективные оценки изменения границ растительных зон и флористического разнообразия экосистем в условиях меняющегося климата [14, 26, 30].

Распределение растительных зон в Сибири к концу века будет существенно отличаться от современного. В условиях более сухого климата площадь лесов сократится в два раза. Граница между лесами и степью в Центральной Сибири сдвинется на 10° к северу. Площадь степной зоны в Южной Сибири увеличится на 30%, при этом площадь опустыненных степей увеличится в два раза [4]. Все климатические экотипы (климатипы) хвойных (сосна обыкновенная, лиственница сибирская) существенно перераспределятся в пространстве. Современные климатипы сдвинутся далеко на северо-восток и заместятся более продуктивными южными климатипами [26]. В горных районах будет продолжаться трансформация и перераспределение высотных поясов, что приведет к сокращению горно-тундровой растительности и уменьшению биоразнообразия.

На высокогорьях Алтае-Саянского экорегиона в современном климате почти половину территории занимают темнохвойные леса. Из них примерно 15% — продуктивные черневые горно-таежные темнохвойные леса Сибири с господством пихты в составе древостоя и иног-

да с примесью кедра, лиственницы, ели, осины, березы, а остальные 25% – малопродуктивное субальпийское редколесье. Нелесные экосистемы – тундры и степи – занимают 15% площади экорегиона. При потеплении климата тундра и все лесные высотные пояса, за исключением черневой тайги, уменьшатся по площади. Таким образом, верхняя граница леса существенно поднимется и частично вытеснит тундру и субальпийское редколесье.

Увеличение площади черневой тайги на 60-65% произойдет за счет среднегорной темнохвойной тайги, которая в свою очередь поднимется в высокогорья и заменит там субальпийско-подгольцовые леса [10]. Площади степей, включая сухие степи, увеличатся и будут составлять четверть территории региона. Появятся местообитания для хвойно-широколиственных лесов умеренного климата, которых сегодня не существует, за исключением рефугиума липы сибирской площадью 5 тыс. га в предгорьях Кузнецкого Алатау, в составе лесов которых при изменении климата с липой могут произрастать все четыре хвойные лесообразующие породы региона – кедр сибирский, пихта сибирская, сосна обыкновенная, лиственница сибирская.

Прогноз динамики природных экосистем Алтае-Саянского экорегиона приведет к сокращению ареалов темнохвойной тайги из пихты и кедра почти вдвое. Для светлохвойной породы – сосны обыкновенной климат 2080 года будет более благоприятным, чем сегодня, и ее климаареал немного расширится, а распространение лиственницы не изменится. Но по другому сценарию, характеризующемуся жарким засушливым климатом, ареалы этих двух светлохвойных пород сократятся на 8-12%. По этому сценарию из состава лесов может выпасть пихта как самая влаголюбивая порода. Возможно климатическое опустынивание фрагментированно-островных степей [10, 30].

В коренных горных лесах характеристики насаждений (состав, рост, бонитет, высота, запас, группа типов леса) из разных лесорастительных

областей Южной Сибири, отличающихся друг от друга условиями произрастания, различны по биоклиматической модели и контролируются гидротермическими параметрами их местообитаний. Эти зависимости описаны множественными регрессионными уравнениями. Зависимости высот от тепла и увлажнения показывают, что на рост древостоев в лесной зоне влияют в основном условия теплообеспеченности; средняя высота 20-25 м формируется при суммах тепла 1200-1600 °С, а условия увлажнения не оказывают такого очевидного влияния. Величина класса бонитета находится практически в прямой линейной зависимости от теплообеспеченности [26].

У большинства растений Алтае-Саянского экорегиона будет наблюдаться увеличение продолжительности вегетационного периода на 1-2 недели за счет весенних месяцев [1, 10]. В северной половине региона ухудшатся зимние условия существования копытных и хищных млекопитающих, что приведет к большим сезонным миграциям.

Климатические изменения экосистем Дальнего Востока

В Дальневосточном федеральном округе в результате изменений муссонной циркуляции вероятно усиление осадков, особенно летом, что прямо указывает на рост ливневых дождей и наводнений в бассейне реки Амур и на Сахалине. При этом к востоку от Амура – в Даурии продолжится наступление пустыни, вероятны засухи, перемежающиеся резким выпадением сильных осадков, что негативно отразится на диких животных, которые страдают и от засух, и от чрезмерных осадков, сильных снегопадов и образования на земле ледяной корки [10, 15].

В бассейне Амура при сохранении тенденции повышения температуры проявятся в смещении сроков наступления фенологических фаз и трансформации растительных сообществ [18]. Произойдет изменение численности и характера поведения представителей фауны. В особо уязвимом положении окажутся крупные животные, обитающие в горных лесах Дальне-

го Востока.

Оценка реакции млекопитающих на трансформацию климата опосредованно проявляется через условия местообитания и доступность корма. Для разных видов крупных животных ожидаемые изменения могут иметь как положительное, так и негативное значение. Например, в Сихотэ-Алинском заповеднике прогнозируется продвижение на север ареалов амурского тигра и пятнистого оленя, а жизнеспособность лося снизится. Тигр будет вытеснять волка, численность которого также будет падать [8].

Проблемы и состояние компонентов биоразнообразия биоты России

Последствия изменения климата отразятся на биоразнообразии структуры и состава флористических и фаунистических комплексов природных экосистем России. Дальнейшее повышение температуры в XXI веке только усилит эту тенденцию.

Одним из направлений сохранения компонентов биоразнообразия является снижение нагрузок, вызываемых изменением климата [2]. В связи с этим перед природоохранными организациями поставлена задача по поддержанию и повышению сопротивляемости компонентов биоразнообразия, которая включает снижение темпов фрагментации и деградации лесных экосистем в целом по стране, хотя их угроза сохраняется для регионов севера и северо-запада ЕТР, в приграничных районах юга Сибирского и Дальневосточного федеральных округов, где идет интенсивная заготовка древесины и отмечаются частые лесные пожары. Следует отметить, что в связи с запустением аграрных угодий и восстановлением на их месте леса с конца прошлого века идет активный процесс дефрагментации экосистем (Новгородская, Тверская, Брянская, Рязанская, Пензенская, Тамбовская, Костромская, Воронежская и др. области) примерно на 35-40 млн га [31, 39].

Для некоторых популяций редких видов животных и растений, занесенных в Красную

книгу Российской Федерации, сохраняется угроза исчезновения, причины которых связаны с высоким уровнем нелегальной добычи (для осетровых рыб и горных копытных), сокращением площади местообитаний (животные широколиственных лесов и степей). Увеличился рост интенсивности инвазий чужеродных видов растений и животных в сухопутные и морские экосистемы, особенно в Южном, Северо-Западном и Дальневосточном федеральных округах.

Однако у ряда популяций редких видов численность стабилизировалась (уссурийский тигр, некоторые виды дневных хищных птиц, снежный баран и др.). Часть видов (например, сурок байбак, онежский лосось и др.) исключены из списка угрожаемых видов Красной книги Российской Федерации. Вместе с этим происходит восстановление численности некоторых лесных животных и продвижение границ их распространения на юг (бурый медведь, рысь, куница, лось и др.).

Для восстановления, сохранения или ограничения сокращения численности отдельных таксономических групп животных и птиц созданы и реализуются «видовые» стратегии — для популяций амурского тигра, дальневосточного леопарда, снежного барса, зубра, сахалинской кабарги, переднеазиатского (кавказского) леопарда, стерха, дрофы, некоторых видов пернатых хищников.

В связи с принятыми мерами сохранения биоразнообразия бореальных лесов в России — восстановление численности диких животных и регулирование промысловых нагрузок на их популяции — наблюдается рост численности для ряда копытных (кабан, лось, косуля) и хищных (соболь, бурый медведь, выдра) млекопитающих. Это связано и с тем, что в последние десятилетия особенно в бореальных ландшафтах ЕТР отмечается запустение сельскохозяйственных земель и восстановление на их месте малоценных мелколиственных лесов.

В проблеме сохранения лесного биоразнообразия отмечены следующие причины: сокращение площади старовозрастных коренных

лесов в границах таежной зоны, зоны хвойно-широколиственных и широколиственных лесов и увеличение в структуре лесного фонда доли вторичных лесов (березняков и осинников); омоложение лесов (рост площади молодых и приспевающих лесов) в приграничных регионах Северо-Западного, Сибирского и Дальневосточного федеральных округов; рост площади лесов за счет активного их восстановления на заброшенных сельскохозяйственных землях в районах Нечерноземья; заметный рост численности некоторых видов лесной фауны, служащих индикаторами относительно благоприятного состояния лесов в отдельных регионах [31].

Отмечен рост фрагментации и «островизации» природных экосистем (тундровых, лесных, степных, горных) и снижение их устойчивости к антропогенным воздействиям, сокращение площади степных природных экосистем, особенно ЕТР и на юге Сибири, снижение возможностей для организации ООПТ для охраны степной растительности, фауны и чернозёмов.

Заключение

Поскольку целью сохранения компонентов биоразнообразия (растительности, флоры и фауны) является уменьшение нагрузок, вызываемых изменением климата, адаптационные меры должны быть направлены на снижение темпов фрагментации и деградации лесных экосистем в бореальных и суббореальных ландшафтах.

По прогностической модели ИФА РАН произойдет изменение растительного покрова России при повышении глобальной температуры на 1 °С, которое ожидается к 2030-2050 годам. Процессы трансформации растительных сообществ начнутся на 70% площадей сосняков и 50% - ельников. Менее чувствительны к потеплению смешанные леса и дубравы (изменениям подвергнется 20% площади),

а самыми устойчивыми будут лиственничные леса Восточной Сибири (5% изменения), что вполне сопоставимо с глобальным прогнозом МГЭИК, предсказывающей исчезновение к 2100 году 30% сосновых и еловых лесов. Эти и другие последствия изменения климата отразятся на структуре и составе флористических и фаунистических комплексов и их разнообразии.

Результаты оценки наиболее вероятных изменений в лесных экосистемах необходимы для разработки сценариев адаптации системы ведения и долгосрочного планирования лесного хозяйства в управляемых лесах России. С целью сохранения и повышения продуктивности лесов в качестве адаптационных мер можно предложить следующее — управление естественным возобновлением, выращивание искусственных лесов в виде лесных культур и посадка высокопродуктивных пород (сосны, дуба, создание смешанных древостоев). Закладка культур и плантаций предпочтительнее с использованием местных семян, что крайне важно для сохранения лесного генофонда. Увеличение разнообразия в лесном хозяйстве путем введения большего количества древесных видов в насаждения.

Потепление климата отразится на жизнедеятельности людей, на состоянии и разнообразии компонентов животного и растительного мира. Особенно уязвимыми являются бореальные ландшафты таежной зоны и суббореальные степные. Проявление климатических изменений с неизбежностью скажется на состоянии и функционировании лесных экосистем — вегетационной и фотосинтетической способности растительного покрова, разнообразии и инвазии видов флоры и фауны. Часть видов будут находиться под угрозой исчезновения.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 16-17-00063).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алтае-Саянский экорегион, климатический паспорт / Ред. Кокорин А.О., Кожаринов А.В., Минин А.А. — М.: Всемирный фонд дикой природы. Российское представительство, 2001. — 24 с.
2. Биоразнообразие и изменение климата. Convention of Biological Diversity. 2006. — 48 с. — Электронные данные. Интернет ресурс: WWW.biodiv.org. Дата обращения: 21.04.2016.
3. Величко, А.А. К оценке изменений в состоянии растительного и почвенного покрова Восточно-Европейской равнины в XXI веке вследствие антропогенного изменения климата / А.А. Величко, О.К. Борисова, Э.М. Зеликсон, Т.Д. Морозова // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. СПб.: Гидрометеоздат, 2002. — Т. 18. — С. 208-220.
4. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. — М.: Росгидромет, 2014. — 59 с.
5. Груза, Г.В. О неопределенности некоторых сценарных климатических прогнозов температуры воздуха и осадков на территории России / Г.В. Груза, Э.Я. Ранькова, Л.Н. Аристова, Л.К. Клещенко // Метеорология и гидрология, 2006. — № 10. — С. 5-23.
6. Груза, Г.В. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России: температура воздуха / Г.В. Груза, Э.Я. Ранькова. М., 2012. — 193 с.
7. Замолодчиков, Д.Г. Оценка климатогенных изменений разнообразия древесных пород по данным учетов лесного фонда / Д.Г. Замолодчиков // Успехи современной биологии. 2011. - Т. 131. - № 4. - С. 382-392.
8. Заумыслова, О.Ю. Влияние изменения климата на динамику численности крупных млекопитающих на территории Сихотэ-Алинского заповедника / О.Ю. Заумыслова // Влияние климата на экосистемы бассейна реки Амур. М.: WWF России, 2006. — С. 76-81.
9. Золотокрылин, А.Н. Динамика засух в Европейской России в ситуации глобального потепления / А.Н. Золотокрылин, В.В. Виноградова, Е.А. Черенкова // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем, 2007. — Т. XXI. — С. 160-182.
10. Изменение климата и его воздействие на экосистемы, население и хозяйство российской части Алтае-Саянского экорегиона: оценочный доклад / Под ред. А.О. Кокорина. — М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF России), 2011. — 168 с.
11. Изменение климата, 2007 г. Последствия, адаптация и уязвимость. Резюме для политиков: Доклад Рабочей группы II Межправительственной группы экспертов по изменению климата и Техническое резюме. Швейцария: МГЭИК, 2007. — 22 с.
12. Изменение климата, 2013 г. Физическая научная основа. Вклад Рабочей группы I в Пятый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата. Резюме для политиков. — Швейцария: МГЭИК, 2013. — 28 с.
13. Кашкаров, Е.П., Глобальное потепление климата: ритмическая основа прогноза и её практическое значение в охране лесов северного полушария / Е.П. Кашкаров, О.А. Поморцев // Хвойные бореальной зоны, 2007. -Т. XXIV. -№ 2-3. -С. 207-216.
14. Кожаринов, А.В. Современные тенденции в состоянии природы Русской равнины / А.В. Кожаринов, А.А. Минин // Влияние изменения климата на экосистемы. Охраняемые природные территории России: анализ многолетних наблюдений. М., 2001. — Ч. 1. — С. 17-23.
15. Кокорин, А.О. Изменение климата: обзор Пятого оценочного доклада МГЭИК / А.О. Кокорин. М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2014. — 80 с.
16. Кольский экорегион, климатический паспорт / Ред. Кокорин А.О., Минин А.А., Шепелева А.А. — М.: Всемирный фонд дикой природы. Российское представительство, 2003. — 24 с.

17. Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем / Под ред. С.М. Семенова. – М.: Росгидромет, 2012. – 508 с.
18. Минин, А.А. Экосистемы бассейна Амура в условиях потепления: опыт заповедников // А.А. Минин // Влияние климата на экосистемы бассейна реки Амур. М.: WWF России, 2006. – С. 17-21.
19. Морозова, О.В. Пространственные тренды таксономического богатства флоры сосудистых растений / О.В. Морозова // Биосфера. – 2011. – Т. 3. – № 2. – С. 190-207.
20. Основные природные и социально-экономические последствия климата в районах распространения многолетнемерзлых пород: прогноз на основе синтеза наблюдений и моделирования / Под ред. О.А. Анисимова. СПб.: Гос. гидрологический ин-т, 2009. – 44 с.
21. Оценка наиболее вероятных изменений в лесном покрове, требующих применения адаптационных мер разной степени заблаговременности. Отчет о НИР / ФБУ «СПбНИИЛХ»; рук. А.В. Константинов. – СПб, 2015. – 247 с. – Библиогр.: с. 157-172. – № ГР 01201459231.
22. Оценка макроэкономических последствий изменений климата на территории Российской Федерации на период до 2030 года и дальнейшую перспективу / Под ред. В.М. Катцова и Б.Н. Порфирьева. – М.: Д'АРТ: ГГО, 2011. – 252 с.
23. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Том 2. Последствия изменений климата / Рук. С.М. Семёнов. – М.: Росгидромет, 2008. – 288 с.
24. Павлова, Т.В. Площадь ледяного покрова Мирового океана в расчетах с помощью моделей CMIP5 / Т.В. Павлова, В.М. Катцов // Труды ГГО, 2013. – Вып. 568. – С. 7-25.
25. Павлова, В.Н. Агроклиматические ресурсы и продуктивность сельского хозяйства России при реализации новых климатических сценариев в XXI веке / Павлова В.Н. // Труды ГГО, 2013. – Вып. 569. – С. 20-37.
26. Парфенова, Е.И. Биоклиматические модели горных лесов Сибири / Е.И. Парфенова, Н.М. Чебакова // Лесоведение, 2009. – № 5. – С. 34-42.
27. Региональные изменения климата и угроза для экосистем: Таймырский регион. М.: WWF, 2003. – Вып. 4. – 24 с.
28. Сергиенко, В.Г. Динамика границ лесорастительных зон России в условиях изменения климата / В.Г. Сергиенко // Тр. Санкт-Петербургского НИИ лесного хозяйства, 2015. – № 1. – С. 5-19.
29. Титкова, Т.Б. Изменения климата полупустынь Прикаспия и Тургая в XX веке / Т.Б. Титкова // Известия РАН, Серия геогр., 2003. – № 1. – С. 106-117.
30. Чебакова, Н.М. Прогноз продвигновения границ леса при изменении климата к концу 20 века в Средней Сибири / Н.М. Чебакова, Е.И. Парфенова // Вычислительные технологии, 2006. – Т. 11. – Ч. 3. – С. 77-86.
31. Четвертый национальный доклад «Сохранение биоразнообразия в Российской Федерации» М.: МПРИЭ, 2009. 174 с. – Электронные данные. Интернет ресурс: <https://www.cbd.int/doc/world/ru/ru-ng-04-ru.pdf>. Дата обращения: 09.02.2015.
32. Чукотский экорегион, климатический паспорт / Ред. Кокорин А.О., Минин А.А., Шепелева А.А. – М.: Всемирный фонд дикой природы. Российское представительство, 2002. – 24 с.
33. Шварцман, Ю.Г. Изменения климата и их влияние на окружающую природную среду Европейского Севера России / Ю.Г. Шварцман, И.Н. Болотов, С.А. Игловский // Изменение окружающей среды и климата. Природные и связанные с ними техногенные катастрофы. Т. VI. Изменение климата: влияние внеземных и земных факторов. – М.: ИФА РАН, 2008. – С. 80-98.
34. Шестое национальное сообщение Российской Федерации, представленное в соответствии со статьями 4 и 12 Рамочной Конвенции ООН об изменении климата и статьей 7 Киотского протокола / Под общ. ред. А.В. Фролова. – М.: Росгидромет, 2013. – 281 с.

35. Шиятов, С.Г. Динамика древесной и кустарниковой растительности в горах Полярного Урала под влиянием современных изменений климата / С.Г. Шиятов. — Екатеринбург: УрО РАН, 2009. — 216 с.
36. Школьник, И.М. Валидация региональной климатической модели ГГО / И.М. Школьник, В.П. Мелешко, В.М. Гаврилина. — Метеорология и гидрология, 2005. — № 1.— С. 14-27.
37. Школьник, И.М. Возможные изменения климата на Европейской части России и сопредельных территорий к концу XXI века: расчет с региональной моделью ГГО / И.М. Школьник, В.П. Мелешко, В.М. Катцов. — Метеорология и гидрология, 2006. — № 3.— С. 5-16.
38. Шляхтин, Г.В. Изменение климата и биоразнообразия животного мира севера Нижнего Поволжья / Г.В. Шляхтин, В.В. Аникин, Е.Ю. Мосолова // Вестник ТГУ, 2013. — Т. 18. — Вып. 3. — С. 922-927.
39. Desertification and ecological problems of pasture stockbreeding in the steppe regions of southern Russia. — М.: IUCN, 2002. — 88 p.
40. Diffenbaugh, N.S. Changes in Ecologically Critical Terrestrial Climate Conditions / N.S. Diffenbaugh, C.B. Field // Science, 2013. — Vol. 341. — P. 486-492.
41. Hawkins, B.A. Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness / B.A. Hawkins, R. Field, H.V. Cornell [et al.] // Ecology / Ecological Society of America. — 2003. — Vol. 84. — P. 3105-3117.
42. IPCC, 2013–2014. Fifth Assessment Report, Climate Change 2013–2014. — Vol. 1-3. WWW.ipcc.ch
43. Ollson, R. Boreal Forest and Climate Change / the Air Pollution & Climate Secretariat & Taiga Rescue & Network / R. Ollson // Air pollution and climate series. — 2009. — № 23. — P. 32.

REFERENCES

1. Altae-Sayanskij ehkoregion, klimaticheskij pasport / Red. Kokorin A.O., Kozharinov A.V., Minin A.A. — М.: Vsemirnyj fond dikoj prirody. Rossijskoe predstavitel'stvo, 2001. — 24 s.
2. Bioraznoobrazie i izmenenie klimata. Convention of Biological Diversity. 2006. — 48 s. Elektronnyye dannye. Internet resurs: WWW.biodiv.org. Data obrashheniya: 21.04.2016.
3. Velichko, A.A. K otsenke izmenenij v sostoyanii rastitel'nogo i pochvennogo pokrova Vostochno-Evropejskoj ravniny v XXI veke vsledstvie antropogennogo izmeneniya klimata / A.A. Velichko, O.K. Borisova, E.H.M. Zelikson, T.D. Morozova // Problemy ehkologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ehkosistem. SPb.: Gidrometeoizdat, 2002. — Т. 18. — S. 208-220.
4. Vtoroj otsenochnyj doklad Rosgidrometa ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossijskoj Federatsii. Obshhee rezyume. — М.: Rosgidromet, 2014. — 59 s.
5. Gruza, G.V. O neopredelennosti nekotorykh stsenarnykh klimaticheskikh prognozov temperatury vozdukhа i osadkov na territorii Rossii / G.V. Gruza, E.H.YA. Ran'kova, L.N. Aristova, L.K. Kleshhenko // Meteorologiya i gidrologiya, 2006. — № 10. — S. 5-23.
6. Gruza, G.V. Nablyudaemye i ozhidaemye izmeneniya klimata Rossii: temperatura vozdukhа / G.V. Gruza, E.H.YA. Ran'kova. М., 2012. — 193 s.
7. Zamolodchikov, D.G. Otsenka klimatogennykh izmenenij raznoobraziya drevesnykh porod po dannym uchetov lesnogo fonda / D.G. Zamolodchikov // Uspekhi sovremennoj biologii. 2011. - Т. 131. - № 4. S. 382-392.

8. Zaumyslova, O.YU. Vliyanie izmeneniya klimata na dinamiku chislennosti krupnykh mlekopitayushhikh na territorii Sikhoteh-Alinskogo zapovednika / O.YU. Zaumyslova // Vliyanie klimata na ehkosistemy bassejna reki Amur. M.: WWF Rossii, 2006. – S. 76-81.
9. Zolotokrylin, A.N. Dinamika zasukh v Evropejskoj Rossii v situatsii global'nogo potepleniya A.N. Zolotokrylin, V.V. Vinogradova, E.A. Cherenkova // Problemy ehkologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ehkosistem, 2007. – T. XXI. – S. 160-182.
10. Izmenenie klimata i ego vozdejstvie na ehkosistemy, naselenie i khozyajstvo rossijskoj chasti Altae-Sayanskogo ehkoregiona: otsenochnyj doklad / Pod red. A.O. Kokorina. – M.: Vsemirnyj fond dikoj prirody (WWF Rossii), 2011. – 168 s.
11. Izmenenie klimata, 2007 g. Posledstviya, adaptatsiya i uyazvimost'. Rezyume dlya politikov: Doklad Rabochej grupy II Mezhpravitel'stennoj grupy ehkspertov po izmeneniyu klimata i Tekhnicheskoe rezyume. SHvejsariya: MGEHIK, 2007. – 22 s.
12. Izmenenie klimata, 2013 g. Fizicheskaya nauchnaya osnova. Vklad Rabochej grupy I v Pyatyj doklad ob otsenke Mezhpravitel'stennoj grupy ehkspertov po izmeneniyu klimata. Rezyume dlya politikov. – SHvejsariya: MGEHIK, 2013. – 28 s.
13. Kashkarov, E.P., Global'noe poteplenie klimata: ritmicheskaya osnova prognoza i eyo prakticheskoe znachenie v okhrane lesov severnogo polushariya / E.P. Kashkarov, O.A. Pomortsev // KHvoynye boreal'noj zony, 2007. –T. XXIV. -№ 2-3. –S. 207-216.
14. Kozharinov, A.V. Sovremennye tendentsii v sostoyanii prirody Russkoj ravniny / A.V. Kozharinov, A.A. Minin // Vliyanie izmeneniya klimata na ehkosistemy. Okhranyaemye prirodnye territorii Rossii: analiz mnogoletnikh nablyudenij. M., 2001. – CH. 1. – S. 17-23.
15. Kokorin, A.O. Izmenenie klimata: obzor Pyatogo otsenochnogo doklada MGEHIK / A.O. Kokorin. M.: Vsemirnyj fond dikoj prirody (WWF), 2014. – 80 s.
16. Kol'skij ehkoregion, klimaticheskij pasport / Red. Kokorin A.O., Minin A.A., Shepeleva A.A. – M.: Vsemirnyj fond dikoj prirody. Rossijskoe predstavitel'stvo, 2003. – 24 s.
17. Metody otsenki posledstvij izmeneniya klimata dlya fizicheskikh i biologicheskij sistem / Pod red. S.M. Semenova. – M.: Rosgidromet, 2012. – 508 s.
18. Minin, A.A. EHkosistemy bassejna Amura v usloviyakh potepleniya: opyt zapovednikov // A.A. Minin // Vliyanie klimata na ehkosistemy bassejna reki Amur. M.: WWF Rossii, 2006. – S. 17-21.
19. Morozova, O.V. Prostranstvennye trendy taksonomicheskogo bogatstva flory sosudistyx rastenij / O.V. Morozova // ZHurnal «Biosfera», 2011. – T. 3. – № 2. – S. 190-207.
20. Osnovnye prirodnye i sotsial'no-ehkonomicheskie posledstviya klimata v rajonakh rasprostraneniya mnogoletnemerzlykh porod: prognoz na osnove sinteza nablyudenij i modelirovaniya / Pod red. O.A. Anisimova. SPb.: Gos. gidrologicheskij in-t, 2009. – 44 s.
21. Otsenka naibolee veroyatnykh izmenenij v lesnom pokrove, trebuyushhikh primeneniya adaptatsionnykh mer raznoj stepeni zablagovremennosti. Otchet o NIR / FBU «SPbNIILKH»; ruk. A.V. Konstantinov. – SPb, 2015. – 247 s. – Bibliogr.: s. 157-172. – № GR 01201459231.
22. Otsenka makroehkonomicheskikh posledstvij izmenenij klimata na territorii Rossijskoj Federatsii na period do 2030 goda i dal'nejshuyu perspektivu / Pod red. V.M. Kattsova i B.N. Porfir'eva. – M.: D'ART: GGO, 2011. – 252 s.
23. Otsenochnyj doklad ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossijskoj Federatsii. Tom 2. Posledstviya izmenenij klimata / Ruk. S.M. Semyonov. – M.: Rosgidromet, 2008. – 288 s.
24. Pavlova, T.V. Ploshhad' ledyanogo pokrova Mirovogo okeana v raschetakh s pomoshh'yu modelej CMIP5 / T.V. Pavlova, V.M. Kattsov // Trudy GGO, 2013. – Vyp. 568. – S. 7-25.

25. Pavlova, V.N. Agroklimaticheskie resursy i produktivnost' sel'skogo khozyajstva Rossii pri realizatsii novykh klimaticheskikh stsensarijev v XXI veke / Pavlova V.N. // Trudy GGO, 2013. – Vyp. 569. – S. 20–37.
26. Parfenova, E.I. Bioklimaticheskie modeli gornyx lesov Sibiri / E.I. Parfenova, N.M. CHEbakova // Lesovedenie, 2009. – № 5. – S. 34–42.
27. Regional'nye izmeneniya klimata i ugroza dlya ehkosistem: Tajmyrskij region. M.: WWF, 2003. – Vyp. 4. – 24 s.
28. Sergienko, V.G. Dinamika granits lesorastitel'nykh zon Rossii v usloviyakh izmeneniya klimata / V.G. Sergienko // Trudy Sankt-Peterburgskogo NII lesnogo khozyajstva, 2015. – № 1. – S. 5–19.
29. Titkova, T.B. Izmeneniya klimata polupustyn' Prikaspiya i Turgaya v XX veke / T.B. Titkova // Izvestiya RAN, Seriya geogr., 2003. – № 1. – S. 106–117.
30. CHEbakova, N.M. Prognoz prodvidvizheniya granits lesa pri izmenenii klimata k kontsu 20 veka v Srednej Sibiri / N.M. CHEbakova, E.I. Parfenova // Vychislitel'nye tekhnologii, 2006. – T. 11. – CH. 3. – S. 77–86.
31. CHetvertyj natsional'nyj doklad «Sokhranenie bioraznoobraziya v Rossijskoj Federatsii» M.: MPRIEH, 2009. 174 s. – Elektronnyye dannye. Internet resurs: <https://www.cbd.int/doc/world/ru/ru-nr-04-ru.pdf>. Data obrashheniya: 09.02.2015.
32. CHukotskij ehkoregion, klimaticheskij pasport / Red. Kokorin A.O., Minin A.A., SHEpeleva A.A. – M.: Vsemirnyj fond dikoj prirody. Rossijskoe predstavitel'stvo, 2002. – 24 s.
33. SHvartsman, YU.G. Izmeneniya klimata i ikh vliyanie na okruzhayushhuyu prirodnyuyu sredyu Evropejskogo Severa Rossii / YU.G. SHvartsman, I.N. Bolotov, S.A. Iglovskij // Izmenenie okruzhayushhej sredy i klimata. Prirodnye i svyazannye s nimi tekhnogennye katastrofy. T. VI. Izmenenie klimata: vliyanie vnezemnykh i zemnykh faktorov. – M.: IFA RAN, 2008. – S. 80–98.
34. SHestoe natsional'noe soobshhenie Rossijskoj Federatsii, predstavlennoe v sootvetstvii so stat'yami 4 i 12 Ramochnoj Konventsii OON ob izmenenii klimata i stat'ej 7 Kiotskogo protokola / Pod obshh. red. A.V. Frolova. – M.: Rosgidromet, 2013. – 281 s.
35. SHiyatov, S.G. Dinamika drevesnoj i kustarnikovej rastitel'nosti v gorakh Polyarnogo Urala pod vliyaniem sovremennykh izmenenij klimata / S.G. SHiyatov. – Ekaterinburg: UrO RAN, 2009. – 216 s.
36. SHkol'nik, I.M. Validatsiya regional'noj klimaticheskoy modeli GGO / I.M. SHkol'nik, V.P. Meleshko, V.M. Gavrilina. – Meteorologiya i gidrologiya, 2005. – № 1. – S. 14–27.
37. SHkol'nik, I.M. Vozmozhnye izmeneniya klimata na Evropejskoj chasti Rossii i sopredel'nykh territorij k kontsu XXI veka: raschet s regional'noj model'yu GGO / I.M. SHkol'nik, V.P. Meleshko, V.M. Kattsov. – Meteorologiya i gidrologiya, 2006. – № 3. – S. 5–16.
38. SHlyakhtin, G.V. Izmenenie klimata i bioraznoobraziya zhivotnogo mira severa Nizhnego Povolzh'ya / G.V. SHlyakhtin, V.V. Anikin, E.YU. Mosolova // Vestnik TGU, 2013. – T. 18. – Vyp. 3. – S. 922–927.
39. Desertification and ecological problems of pasture stockbreeding in the steppe regions of southern Russia. – M.: IUCN, 2002. – 88 p.
40. Diffenbaugh, N.S. Changes in Ecologically Critical Terrestrial Climate Conditions / N.S. Diffenbaugh, C.B. Field // Science, 2013. – Vol. 341. – P. 486–492.
41. Hawkins, B.A. Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness / B.A. Hawkins, R. Field, H.V. Cornell [et al.] // Ecology / Ecological Society of America. – 2003. – Vol. 84. – P. 3105–3117.
42. IPCC, 2013–2014. Fifth Assessment Report, Climate Change 2013–2014. – Vol. 1–3. [WWW.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch)
43. Ollson, R. Boreal Forest and Climate Change / the Air Pollution & Climate Secretariat & Taiga Rescue & Network / R. Ollson // Air pollution and climate series. – 2009. – № 23. – P. 32.

Статья поступила в редакцию 5.05.2016.