



Европейская экономическая комиссия**Комитет по лесам и лесной отрасли****Восьмидесятая сессия**

Женева, 2–4 ноября 2022 года

Пункт 6 h) предварительной повестки дня

**Доклад о Комплексной программе работы
на 2022–2025 годы, ее осуществление****и соответствующие решения****Обновленная информация о работе по вопросам,
касающимся бореальных лесов****Проект аналитической записки по научно-политическим
вопросам: Бореальные леса и изменение климата —
от воздействия до адаптации****Записка секретариата***Резюме*

В настоящем проекте аналитической записки по научно-политическим вопросам, подготовленном секретариатом, кратко изложены основные ожидаемые экологические и экономические последствия изменения климата для бореальных лесов, освещены текущие исследования, посвященные роли бореальных лесов в смягчении последствий изменения климата, и описаны в общих чертах возможные варианты адаптации. Он основан на результатах исследований, проведенных экспертами Группы специалистов по бореальным лесам Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций/Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ЕЭК ООН/ФАО) и Международной ассоциации по исследованию бореальных лесов (МАИБЛ). Его цель состоит в представлении политикам, экспертам и широкой общественности информацию о бореальных лесах в контексте изменения климата.

Комитету предлагается принять к сведению проект текста и обратиться с просьбой обеспечить его распространение.



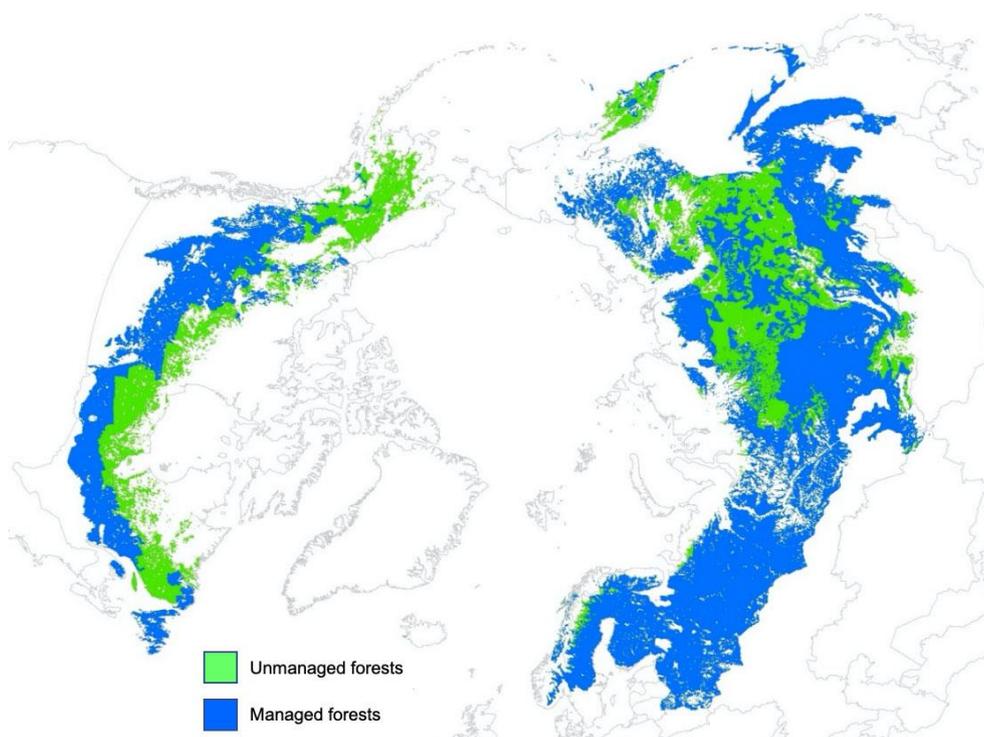
I. Введение

1. Бореальные леса (также называемые «тайгой») произрастают в Северном полушарии между 50-м и 70-м градусами северной широты (см. рисунок 1), где температуры обычно являются очень низкими, а осадки выпадают преимущественно в виде снега. Бореальные леса состоят в основном из холодостойких вечнозеленых хвойных деревьев с игольчатыми листьями, таких как сосна, пихта и ель. Границы пояса бореальных лесов принято увязывать с июльскими изотермами: северная граница — июльская изотерма +13 °С, южная граница — июльская изотерма +18 °С^а.

2. Являясь частью одного из крупнейших в мире наземных поглотителей углерода^б и занимая около 27 процентов площади мировых лесов^с, бореальные леса играют важную роль в решении проблемы изменения климата. В условиях повышения концентрации парниковых газов (ПГ) в атмосфере планеты и увеличения продолжительности вегетационных периодов в результате потепления климата в циркумполярных бореальных лесах может наблюдаться увеличение скорости роста деревьев и, соответственно, объема секвестрации углерода. Однако из-за засухи, лесных пожаров, ураганов, болезней и нашествий насекомых эти леса также подвержены значительному риску снижения продуктивности и утраты древесного покрова, что может стать причиной значительных выбросов углерода в атмосферу.

Рисунок 1

Площадь бореальных лесов (управляемые леса (синим цветом) и неуправляемые леса (зеленым цветом))



Источник: Международная ассоциация по исследованию бореальных лесов (МАИБЛ).
Карта © www.ibfra.org.

3. Наибольшее повышение температуры в результате изменения климата было зафиксировано в последнее время в Арктическом регионе, в связи с чем бореальные леса стали одним из первых мест, где можно наблюдать сложное воздействие изменения климата. Это воздействие и динамическая реакция бореальных лесов на него будут иметь важные последствия для всего мира в том, что касается содержания углерода в атмосфере и множества других ценностей и результатов, связанных с этим крупным биомом.

4. В циркумбореальной зоне уже отмечено потепление, превышающее среднемировой показатель^d. Эта тенденция, вероятно, сохранится^e, даже если будут выполнены текущие целевые показатели по глобальным выбросам и потеплению климата. Опубликованные к настоящему времени данные свидетельствуют о том, что фундаментальные долгосрочные изменения в некоторых экосистемах будут, скорее всего, длительными по своему характеру. Бореальные леса являются одной из таких экосистем, где уже наблюдаются связанные с климатом биофизиологические изменения.

5. В настоящем проекте аналитической записки по научно-политическим вопросам кратко изложены основные ожидаемые экологические и экономические последствия изменения климата для бореальных лесов, освещены текущие исследования, посвященные роли бореальных лесов в смягчении последствий изменения климата, и описаны в общих чертах возможные варианты адаптации. Он основан на результатах исследований, проведенных экспертами Группы специалистов ЕЭК ООН/ФАО по бореальным лесам и Международной ассоциации по исследованию бореальных лесов (МАИБЛ), при этом его цель состоит в информировании политиков, экспертов по вопросам окружающей среды и общественности.

II. Биофизические и экологические последствия изменения климата для бореальных лесов

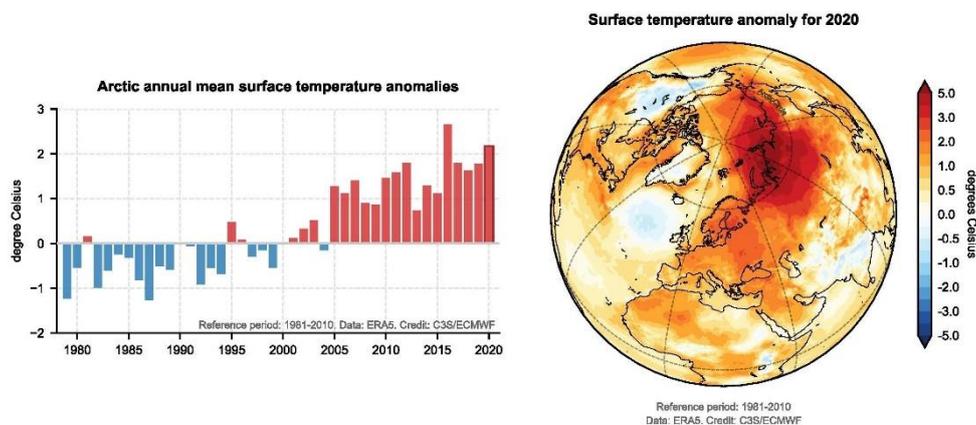
A. Потепление Арктики

6. В последние десятилетия средняя температура в Арктике повышалась в два раза быстрее, чем на остальной части планеты. В различных регионах, где взаимодействуют бореальные леса и арктические экосистемы, повышение среднегодовой температуры составило от 0,4 до 2 градусов Цельсия, что видно на рисунке 2.

Рисунок 2

Слева: Временной ряд среднегодовых аномалий температуры поверхности за 1979–2020 годы, усредненный по Арктическому региону (66,6°N–90°N).

Справа: Карта среднегодовых аномалий температуры поверхности в 2020 году. Все аномалии рассчитаны по отношению к среднему показателю за 1981–2010 годы.



Источник: ERA5. © C3S/ECMWF^f.

7. Согласно проекту последнего доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), «практически не вызывает сомнений, что температура в Арктике будет продолжать расти быстрее глобальной температуры поверхности, при этом с высокой степенью уверенности можно ожидать, что ее рост

будет в два раза превышать скорость глобального потепления»⁸. Это имеет существенные последствия для бореального региона, где такие высокие темпы потепления повлияют на лесные системы.

В. Воздействие повышения температуры на бореальные леса

8. Чувствительность бореальных лесов к потеплению имеет существенные последствия для климатической системы ввиду воздействия, оказываемого на скорость обмена водой, углеродом и энергией между биосферой и атмосферой.

9. Непосредственной и наиболее очевидной реакцией бореальных лесов на глобальное потепление являются более сухие условия. Это приводит к физиологическому стрессу у деревьев, в результате чего становятся более частыми нашествия насекомых-вредителей и вспышки заболеваний, а также увеличиваются площади, выжженные природными пожарами. Все эти факторы негативного воздействия взаимосвязаны: например, подверженные стрессу деревья более восприимчивы к воздействию вредителей, а накопление сухостоя и валежника приводит к более частым и интенсивным лесным пожарам. Согласно результатам Оценки лесных ресурсов ФАО (ОЛР), от насекомых, болезней и опасных погодных явлений в 2015 году пострадало около 40 млн га лесов, в основном в умеренном и бореальном поясах^h.

10. С экологической точки зрения, смещение мест обитания растений и, в итоге, биоклиматических зон на север окажет, как ожидается, существенное влияние на видовой состав экосистем бореальных лесов. В последние несколько десятилетий бореальные леса и растения постоянно перемещались на север. Это сопровождалось более ранним цветением и распусканием листвы, а также перемещением в сторону полюса питающихся древесиной насекомых. Согласно результатам моделирования различных климатических сценариев¹, воздействие изменения климата на лиственные леса будет менее значительным, чем на хвойные; в то же время, отступление хвойных деревьев освободит место для их замены мелколиственными породами¹.

11. Многие из наблюдаемых и ожидаемых последствий изменения климата для бореальных лесов являются взаимосвязанными и синергетическими. Некоторые из них включают:

- a) изменение уровня биологического разнообразия;
- b) изменение гидрологического режима и снижение степени увлажненности почв на юге бореального биома;
- c) изменение показателей прироста древостоя;
- d) изменения в доступности и качестве древесины;
- e) изменения в ареалах и миграции некоторых животных;
- f) изменение среды обитания животных.

12. Увеличение продолжительности вегетационного периода или количества градусо-дней роста² может оказать положительное влияние на средние показатели годового прироста деревьев¹. Однако этот положительный эффект для бореальных лесов может быть нивелирован негативными последствиями, обусловленными спецификой изменения климата (например, потепление и засуха летом при увеличении количества осадков зимой), увеличением степени изменчивости и экстремальности погодных условий, а также увеличением площади и интенсивности действия природных факторов нарушения равновесия.

¹ К мелколиственным породам относятся холодостойкие кустарники и деревья (береза, тополь, ива и крушина). Чаще всего они встречаются вдоль рек и ручьев (см. <https://www.fao.org/3/i3299b/i3299b.pdf>).

² Градусо-дни роста представляют собой меру накопления тепла в течение вегетационного периода. Они являются важным показателем развития растений и вредителей.

С. Перспективы бореальных лесов в условиях изменения климата

13. Ожидается, что к концу XXI века продолжительность вегетационного периода увеличится во всех биоклиматических зонах. В сценарии Репрезентативной траектории концентраций (РТК) 4.5 (см. вставку 1) средняя продолжительность вегетационного периода в циркумбореальной зоне может увеличиться, по сравнению с базовым периодом, на 25 дней. В сценарии РТИК 8.5 она может увеличиться на 41 день^k. Глобальное потепление даже на 2 °С может за 100 лет сдвинуть границу бореальных лесов к северу на 500 км — это означает, что гипотетически расширение лесов на север может происходить со скоростью 5 км в год, тогда как наблюдаемая в настоящее время естественная скорость перемещения древесных пород не превышает в среднем 200–300 м в год^l.

Вставка 1

Что представляют собой Репрезентативные траектории концентраций?

Репрезентативные траектории концентраций (РТК) описывают четыре различных траекторий выбросов парниковых газов (ПГ) и их концентраций в атмосфере, выбросов загрязнителей воздуха и изменений в землепользовании в XXI веке. Они описывают различные варианты будущего климата, все из которых считаются возможными в зависимости от объема выбросов ПГ в предстоящие годы. Они включают сценарий жестких мер по смягчению последствий изменения климата (РТК 2.6), два промежуточных сценария (РТК 4.5 и РТК 6.0) и один сценарий с очень высоким объемом выбросов ПГ (РТК 8.5). В сценариях, не предусматривающих дополнительных усилий по ограничению выбросов, («базовых сценариях») траектории находятся между РТК 6.0 и РТК 8.5 (более подробная информация имеется на сайте https://ar5-syr.ipcc.ch/topic_futurechanges.php).

14. Как отмечалось выше, прогнозируемые климатические изменения повысят риск возникновения лесных пожаров и увеличат продолжительность пожарного сезона в бореальных лесах. Одним из потенциальных долгосрочных последствий лесных пожаров является формирование более однородных лесных ландшафтов с преобладанием лиственных пород^m.

Ш. Экономические последствия изменения климата для бореальных лесов

15. Бореальные леса являются источником важного сырья для мирового рынка лесной продукции. Более 33 процентов пиломатериалов и 25 процентов бумаги, поставляемых на мировой экспортный рынок, производятся из древесины, которая заготавливается в бореальных лесахⁿ. Согласно ФАО^o, изменение климата будет иметь экономические последствия для лесного сектора и, соответственно, для организации ведения лесного хозяйства. В недавно опубликованном исследовании ЕЭК ООН/ФАО было смоделировано влияние прогнозируемых изменений в продуктивности лесов на мировые рынки лесной продукции^p. Результаты моделирования показывают, что изменение климата по сценарию с самой высокой концентрацией CO₂ в целом приведет к повышению продуктивности лесов, снижению цен и увеличению мирового потребления и производства лесной продукции. Однако эти результаты также указывают на то, что снижение цен, вызванное повышением продуктивности лесов в мире, изменит конкурентоспособность промышленных и торговых компаний отдельных стран³.

³ Результаты моделирования основаны лишь на нескольких параметрах и отдельных странах. С более полными результатами и информацией о методологии можно ознакомиться в дополнительном документе для обсуждения «Перспективы лесного сектора ЕЭК ООН в условиях изменения климата: материал для Перспективного исследования по лесному

16. В бореальных лесах и лесах умеренного пояса с холодным климатом заготовка древесины традиционно производится зимой, когда благодаря замерзанию грунта повышается эффективность работы лесозаготовительной техники и уменьшается степень повреждения почвы. Влажные и заболоченные почвы гораздо больше подвержены повреждению, которое может привести к снижению продуктивности⁴. Повреждение почвы может также сказываться на породном составе и функционировании лесов⁵. Повышение зимних температур может ограничить масштабы лесозаготовительных работ, поскольку приведет к сокращению количества дней, когда грунт остается замерзшим⁶. Чрезмерные осадки в несезонное время могут оказать аналогичное воздействие, затруднив продолжение лесозаготовок без повреждения уязвимых почв, что потенциально может иметь серьезные последствия для производства древесины.

17. Ожидается, что увеличение числа природных пожаров также повлияет на предложение лесной продукции и экосистемных услуг, что приведет к более высоким затратам на противопожарные мероприятия и борьбу с пожарами. Увеличение масштабов распространения вредителей, а также частоты и интенсивности экстремальных погодных явлений может стать причиной нанесения более существенного ущерба ценным в финансовом отношении насаждениям, а также сбоям в деятельности предприятий отрасли. Это может сократить продолжительность периода благоприятных условий для заготовки и транспортировки древесины. Кроме того, увеличение количества осадков и штормовые явления могут вызвать повреждение дорожной сети и транспортной инфраструктуры, например мостов и водоотводов.

18. В результате изменения климата может возникнуть необходимость в изменении устоявшихся графиков заготовки древесины, модернизации лесозаготовительной инфраструктуры, использовании адаптируемого лесозаготовительного и транспортного оборудования и техники, а также в корректировке лесохозяйственных методов. Такие изменения могут привести к увеличению затрат на управление лесами и, в некоторых случаях, потребовать значительных капитальных вложений в инфраструктуру, оборудование и подготовку.

IV. Роль бореальных лесов в деле смягчения последствий изменения климата

19. Бореальные леса являются источником важнейших услуг на местном, региональном и глобальном уровнях. Коренные народы и другие общины зависят от экосистемных услуг, обеспечиваемых бореальными лесами, в части рыболовства, охоты, собирательства, отдыха, духовной деятельности, лекарств и экономических возможностей. Они также являются средой обитания многих видов флоры и фауны, в том числе уникальных. В глобальном масштабе бореальные леса помогают регулировать климат посредством обмена энергией и водой¹.

20. Бореальные леса также представляют собой столь же большой, если не больший, резервуар биогенного углерода, что и тропические леса. По различным оценкам, запасы углерода в наземной биомассе бореальных лесов составляют 40,7^а, 53,9^в или 57 млрд тонн^в. Кроме того, согласно оценкам, общий запас углерода в циркумбореальной зоне (включая растительность, почву и торфяники) составляет от 272^х до 1715^у млрд тонн. Обзорное исследование² показало, что средние оценки общего объема накоплений углерода в циркумбореальной зоне, включая торфяники, составляет 1095 млрд тонн углерода, что превышает все предыдущие средние оценки.

21. Повышение температуры, вероятно, скажется на способности циркумбореальной зоны накапливать углерод: оттаивание участков вечной мерзлоты и выгорание бореальных лесов скорее всего приведет к значительным выбросам ПГ. Потенциал бореальных лесов в плане накопления углерода по-прежнему является

сектору, 2020–2040 годы» («The outlook for UNECE forest sector in a changing climate: a contribution to the Forest Sector Outlook Study 2020–2040»).

предметом дискуссий, при этом в настоящее время ведутся исследования, посвященные влиянию лесопользования на углеродный баланс бореальных лесов (см. вставку 2). Некоторые ученые, например, утверждают, что покрытые лесом бореальные торфяники могли быть упущены из виду как непродуктивные экосистемы из-за их полуоткрытой структуры и низкой густоты леса с учетом толщины стволов деревьев^{aa}. В результате потенциал покрытых лесом торфяников в части секвестрации углерода оценен неточно, а роль торфяников в деле смягчения последствий изменения климата недооценивается.

22. Потепление климата также, вероятно, окажет значительное влияние на показатели секвестрации углерода бореальными лесами, хотя сказать, каким будет чистый положительный или отрицательный эффект, весьма трудно. Как отмечалось ранее, повышение температуры и концентраций CO₂ в атмосфере в сочетании с более продолжительным вегетационным периодом, вероятно, будет способствовать увеличению показателей прироста и, соответственно, секвестрации. В свою очередь, более интенсивные пожарные сезоны могут свести на нет эти положительные результаты, но привести к формированию во всем бореальном регионе молодых лесов, показатели секвестрации углерода которыми являются, как правило, более высокими, чем в случае более возрастных лесов. Принимая во внимание устойчивый характер лесохозяйственной деятельности и ее потенциал в части создания территорий с более высокими показателями секвестрации и более низким риском возникновения пожаров, общая картина с секвестрацией в бореальной экосистеме является неопределенной.

Вставка 2

Устойчивое управление бореальными лесами — вызовы и возможности в области смягчения последствий изменения климата

Доклад по итогам анализа, который был проведен группой, назначенной Международной ассоциацией по исследованию бореальных лесов (МАИБЛ); опубликован в 2021 году (имеется по адресу <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/om-oss/rapporter/rapporter-2021202020192018/rapport-2021-11-sustainable-boreal-forest-management-challenges-and-opportunities-for-climate-change-mitigation-002.pdf>).

В исследовании, недавно опубликованном МАИБЛ, проведен анализ потенциала управляемых и неуправляемых бореальных лесов накапливать углерод. В нем отмечается тот факт, что удельный вес вывозок древесины в общем объеме углерода, накопленного древостоем, является самым высоким в Скандинавских странах (Финляндии, Норвегии и Швеции), при том что в этих же странах наблюдается значительный прирост накопления углерода в живой биомассе. Это обусловлено не расширением площади лесов или увеличением возраста древостоя в различных ландшафтах, а скорее повышением показателей прироста в управляемых лесах. В странах, где для заготовки древесины задействовано гораздо меньше лесов, например в Канаде, России и Соединенных Штатах (Аляска), объем накопления углерода⁴ в живой биомассе в период 1990–2017 годов увеличился незначительно или вообще не изменился.

Тем не менее авторы предостерегают от проведения строгого сравнения между управляемыми и неуправляемыми лесами в бореальном биоме ввиду отсутствия сопоставимых высококачественных данных по более крупным странам, а также различий в национальных определениях управляемых лесов. Как и в случае с воздействием на баланс ПГ, негативные последствия ведения лесного хозяйства (например, для биоразнообразия) не следует рассматривать изолированно, их необходимо сравнивать с последствиями производства и использования альтернативной продукции, с соответствующими выбросами ПГ и другими последствиями для окружающей среды, например с воздействием климата на биоту,

⁴ Объем накопления углерода в лесах представляет собой количество углерода, которое было секвестрировано из атмосферы и теперь хранится в лесной экосистеме, главным образом в живой биомассе и почве, и в меньшей степени в сухостое, валежнике и подстилке.

включая воздействие на биоразнообразие. При принятии политических решений следует, безусловно, также учитывать социально-экономические и культурные аспекты.

V. Адаптация бореальных лесов к новой климатической реальности

A. Лесопользование, восстановление ландшафтов и сертификация

23. Ввиду сложных и разнообразных последствий изменения климата для бореальных лесов разработка и реализация соответствующих программ адаптации приобретают все более неотложный характер. Такие меры по адаптации должны основываться на национальном лесном законодательстве и учитывать принципы устойчивого лесопользования, такие как принцип «климатически умного» лесного хозяйства (см. вставку 3)^{bb}, принципы восстановления лесных ландшафтов (см. вставку 4), а также как традиционную, так и передовую лесоводческую практику.

Вставка 3

Что представляет собой «климатически умное» лесное хозяйство?

Концепция «климатически умного» лесного хозяйства (КУЛХ) охватывает всю цепочку, от леса до производства продукции из древесины, включая даже энергетические и материальные эффекты, которые не относятся к лесному хозяйству (в соответствии с существующей практикой учета). КУЛХ — это не просто вопрос потенциала лесных экосистем в плане накопления углерода: оно предусматривает принятие мер по адаптации и направлено на обеспечение синергии с другими функциями лесов, такими как экосистемные услуги и биоразнообразие. КУЛХ включает следующие три основных компонента:

- 1) сокращение и/или абсорбция выбросов парниковых газов с целью смягчения последствий изменения климата;
- 2) адаптация лесного хозяйства в интересах повышения жизнестойкости лесов;
- 3) ведение активного лесного хозяйства в целях повышения производительности и доходов, а также предоставления на устойчивой основе всех благ, источником которых могут служить леса.

Вставка 4

Что представляет собой восстановление лесных ландшафтов и как оно может способствовать увеличению способности лесных экосистем поглощать углерода?

Восстановление лесных ландшафтов (ВЛЛ) направлено на «восстановление ряда функций лесов на уровне ландшафта. Оно предусматривает принятие мер по укреплению жизнестойкости и экологической целостности ландшафтов с участием местных общин. ВЛЛ представляет собой интегрирующую основу, которая может применяться в отношении различных видов землепользования в целях обеспечения будущим поколениям возможности пользоваться ключевыми экосистемными благами и услугами, а также эффективного решения проблем, обусловленных неопределенностью климатических, экономических и социальных изменений»^{cc}. В здоровых лесах с хорошим биоразнообразием более плодородные почвы, больше выход древесины и более высокий уровень поглощения парниковых газов.

24. Меры по адаптации должны быть преимущественно направлены на повышение жизнестойкости лесов в рамках возможных сценариев изменения климата путем изменения состава и структуры лесонасаждений; прогнозирование состава лесов на основе обновленных данных о лесах, нормативно-технической базы лесного хозяйства и других мер по адаптации; и улучшение учета лесов и научной поддержки основных видов лесохозяйственной деятельности для повышения эффективности раннего обнаружения негативного воздействия климата на лесные экосистемы и последующего обеспечения быстрого реагирования на основе передовой практики. Меры по адаптации должны также учитывать как вредные, так и полезные взаимосвязи между насекомыми и другими патогенами и их хозяевами в бореальных лесах, реагируя на ожидаемые риски и возможности, связанные с изменением климата.

25. Еще одним способом повышения адаптации лесного хозяйства к изменению климата является сертификация лесов. Сертификация лесов представляет собой рыночный механизм обеспечения ответственного управления лесами путем соблюдения соответствующим держателем сертификата ряда разработанных заинтересованными сторонами стандартов, которое проверяется аудиторами независимых третьих сторон^{dd}.

В. Природные пожары

26. Бореальные леса приспособлены к пожарам. Менее частые пожары способствуют созданию мозаики местообитаний разного возраста и стадий восстановления. С увеличением числа лесных пожаров в циркумбореальной зоне леса утрачивают свою способность к восстановлению после крупных пожаров. Меры по повышению информированности о пожарной опасности и пожароустойчивости лесов могут включать деятельность по ограничению возникновения и распространения лесных пожаров для предотвращения возможных выбросов углерода, потерь лесной биомассы и негативного воздействия на экосистемные услуги бореальных лесов.

27. Однако в некоторых случаях тушение пожаров и посадка неместных пород деревьев в открытых биотопах может привести к более крупным и интенсивным пожарам из-за риска накопления в лесах горючих материалов. Возможные решения могут включать восстановление естественных режимов пожаров путем интеграции информации о воздействии климата в противопожарные мероприятия^{ee} и удаление неместных пород^{ff} для снижения уязвимости населения и экосистем перед лицом повышенного риска пожаров, возникающего в результате климатических изменений (включая повышение температуры и изменение режима выпадения осадков). Восстановление торфяников и водно-болотных угодий путем стратегического повторного обводнения, выборочные рубки еловых деревьев и подсадка пожароустойчивых мхов хорошо зарекомендовали себя в качестве средства компенсации потерь углерода в результате лесных пожаров в Канаде^{gg}.

28. Кроме того, от лесных пожаров чаще всего непосредственно страдают общины, которые не располагают финансовыми средствами для принятия превентивных мер. Финансовая и техническая поддержка для прореживания лесов вокруг населенных пунктов, поощрения строительства пожароустойчивых домов и разработки планов эвакуации может позволить таким общинам стать более устойчивыми к пожарам. Устойчивое лесопользование в этих общинах может привести к увеличению эффективности противопожарных мероприятий, а также к повышению пожароустойчивости и улучшению информационно-просветительской деятельности.

С. Занятая в лесном хозяйстве рабочая сила

29. Последствия изменения климата, наряду с меняющимися технологиями, меняющимися требованиями к устойчивости (сохранению биоразнообразия, защите и охране воды и почв) и конкуренцией между различными видами лесопользования будут продолжать приводить к существенным изменениям в требованиях к работе в лесном хозяйстве на всех уровнях^{hh}. Поэтому необходимо адаптировать программы

лесохозяйственной подготовки с целью более действенного учета в них знаний о влиянии климата на состояние и динамику лесов, а также о новых методах адаптации к изменению климата, в том числе о новых методах лесозаготовок.

VI. Основные выводы

30. Изменение глобального климата, вероятно, окажет обширное и потенциально глубокое воздействие на бореальные леса. Это воздействие будет широкомасштабным и многомерным и будет иметь сложные последствия.

31. Изменение климата скажется на экосистемных услугах в бореальном регионе, в том числе на накоплении и улавливании углерода, водных и почвенных процессах, а также на экологических процессах, влияющих на ареалы видов и структуру биоразнообразия.

32. Во всех прогнозируемых климатических сценариях глобальная бореальная экосистема будет играть важную роль в регулировании долгосрочных последствий изменения климата на планете.

33. Стратегии в области адаптации, принятые странами, где произрастают бореальные леса, будут иметь первостепенное значение для повышения жизнестойкости бореальных лесов в условиях изменения климата. Возможные стратегии будут включать использование методов ведения «климатически умного» лесного хозяйства, деятельность по восстановлению лесов и усилия по адаптации лесов к возрастающему риску природных пожаров.

34. Влияние изменения климата на бореальные леса в будущем будет иметь существенные последствия для местных, региональных и глобальных рынков лесной продукции и поставок волокна.

35. Работникам лесного хозяйства во всем мире необходимо будет повысить квалификацию и внести коррективы для того, чтобы управлять лесами в этих новых условиях.

36. Национальное лесное законодательство и принципы управления лесами необходимо будет адаптировать с учетом воздействия изменения климата. Общинам коренного населения и местным лесным общинам, а также всем соответствующим сторонам в циркумбореальной зоне следует наладить сотрудничество в целях смягчения последствий изменения климата в будущем и реализации всего потенциала бореальных лесов.

37. В быстро меняющихся условиях международные органы и организации, способствующие развитию циркумбореального сотрудничества, будут играть все большую роль в координации этих усилий.

Приложение

Ссылки

- ^a Pisarenko A.I., Strakhov V.V. 2012. Boreal'nye lesa i lesnoe hozjajstvo [Boreal forests and forestry]. Moscow, 517 p. (In Russian).
- ^b Pan Y et. al. 2011. A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science* 333 988 doi: 10.1126/science.1201609.
- ^c FAO. 2020. Global Forest Resources Assessment 2020 – Key findings. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca8753en>.
- ^d Gauthier S, Bernier P, Kuuluvainen T, Shvidenko AZ, Schepaschenko DG. 2015. Boreal forest health and global change. *Science*. 349(6250):819-22. doi: 10.1126/science.aaa9092. PMID: 26293953.
- ^e IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.
- ^f European State of the Climate 2020, Copernicus Climate Change Service, Full report: climate.copernicus.eu/ESOTC/2020.
- ^g IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press. p. 15.
- ^h FAO. 2020. Global Forest Resources Assessment 2020 – Key findings. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca8753en>, p.8.
- ⁱ Yue T.X., Fan Z.M., Chen C.F. et al. 2011. Surface modelling of global terrestrial ecosystems under three climate change scenarios // *Ecological Modelling*. V. 222, no. 14. P. 2342–2361.
- ^j Schepaschenko D., Moltchanova E., Fedorov S. et al. 2021. Russian forest sequesters substantially more carbon than previously reported. *Scientific Reports* 11, 12825. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-92152-9>.
- ^k Torzhkov, I.O., Kushnir, E.A., Konstantinov, A.V. et al. 2019. Assessment of Future Climate Change Impacts on Forestry in Russia. *Russ. Meteorol. Hydrol.* 44, 180–186 <https://doi.org/10.3103/S1068373919030038>.
- ^l Kirilenko, A.P. 2007. Climate change impacts on forestry / A.P. Kirilenko, R.A. Sedjo // *PNAS*. – 2007. – Vol. 104 (50). P. 19697–19702.
- ^m Doklad o klimaticeskikh riskah na territorii Rossijskoj Federacii. 2017. red. : E.A. Akentev i dr. – Sankt-Peterburg. 106 s.
- ⁿ Gauthier S, Bernier P, Kuuluvainen T, Shvidenko AZ, Schepaschenko DG. 2015. Boreal forest health and global change. *Science*. 349(6250):819-22. doi: 10.1126/science.aaa9092. PMID: 26293953.
- ^o FAO. 2013. Climate change guidelines for forest managers. FAO Forestry. Paper No. 172. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- ^p UNECE/FAO. 2021. Forest Sector Outlook Study 2020–2040. Geneva Timber and Forest Study Paper 51. Geneva, Switzerland, United Nations Economic Commission for Europe.
- ^q Toivio, J. et al. 2017. Impacts of timber forwarding on physical properties of forest soils in southern Finland, *Forest Ecology and Management*, 405, pp. 22–30. doi: 10.1016/j.foreco.2017.09.022.
- ^r Closset-Kopp, D., Hattab, T. and Decocq, G. 2019. Do drivers of forestry vehicles also drive herb layer changes (1970–2015) in a temperate forest with contrasting habitat and management conditions?, *Journal of Ecology*. Edited by D. Edwards, 107(3), pp. 1439–1456. doi: 10.1111/1365-2745.13118.
- ^s Henry, H. A. L. 2008. Climate change and soil freezing dynamics: historical trends and projected changes, *Climatic Change*, 87(3–4), pp. 421–434. doi: 10.1007/s10584-007-9322-8.
- ^t International Boreal Forest Research Association. 2022. “About Boreal Forests”, <http://ibfra.org/about-boreal-forests/>.
- ^u Thurner M et. al. 2013. Carbon stock and density of northern boreal and temperate forests. *Global Ecology and Biogeography* 162 297 <https://doi.org/10.1111/geb.12125>.
- ^v Pan Y et. al. 2011. A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science* 333 988 doi: 10.1126/science.1201609.
- ^w Saugier B, Roy J and Mooney H A 2001. Estimations of global terrestrial productivity: converging toward a single number? *Terrestrial global productivity* (ed. by J. Roy , B. Saugier and H.A. Mooney), pp. 543–557. Academic Press, San Diego, CA.

- ^x Pan Y et. al. 2011. A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science* 333 988 doi: 10.1126/science.1201609.
- ^y Corey J A Bradshaw and Ian G.Warkentin 2015. Global estimates of boreal forest carbon stocks and flux. *Global and Planetary Change* 128 24 <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2015.02.004>.
- ^z Corey J A Bradshaw and Ian G.Warkentin 2015. Global estimates of boreal forest carbon stocks and flux. *Global and Planetary Change* 128 24 <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2015.02.004>.
- ^{aa} Beaulne, J., Garneau, M., Magnan, G. et al. 2021. Peat deposits store more carbon than trees in forested peatlands of the boreal biome. *Sci Rep* 11, 2657. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82004-x>.
- ^{bb} Nabuurs, G. et al. 2018. Climate-Smart Forestry: mitigation impacts in three European regions. From Science to Policy 6. European Forest Institute. <https://doi.org/10.36333/fs06>.
- ^{cc} FAO. 2022. Climate Change: Forests Landscape Restoration (FLR). Available at: <https://www.fao.org/climate-change/programmes-and-projects/detail/en/c/328989/> (accessed 2 August 2022).
- ^{dd} van der Ven, H.; Cashore, B. 2018. Forest certification: the challenge of measuring impacts. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 32, 104–111. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.06.001>.
- ^{ee} Sample, M.; Thode, A.E.; Peterson, C.; Gallagher, M.R.; Flatley, W.; Friggens, M.; Evans, A.; Loehman, R.; Hedwall, S.; Brandt, L.; et al. 2022. Adaptation Strategies and Approaches for Managing Fire in a Changing Climate. *Climate*, 10, 58. <https://doi.org/10.3390/cli10040058>.
- ^{ff} Wilder, B.; Jarnevich, C.; Baldwin, E.; Black, J.; Franklin, K.; Grissom, P.; Hovanes, K.; Olsson, A.; Malusa, J.; Kibria, A.S. 2021. Grassification and Fast-Evolving Fire Connectivity and Risk in the Sonoran Desert, United States. *Front. Ecol. Evol.* 9, 655561.
- ^{gg} Granath, G., Moore, P., Lukenbach, M. et al. 2106. Mitigating wildfire carbon loss in managed northern peatlands through restoration. *Sci Rep* 6, 28498. <https://doi.org/10.1038/srep28498>.
- ^{hh} UNECE/FAO. 2020. Guidelines on the Promotion of Green Jobs in Forestry. Geneva Timber and Forest Discussion Paper 77. Geneva, Switzerland, United Nations Economic Commission for Europe.