

ЛЕСНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПРОЕКТЫ: ВОЗМОЖНОСТИ И ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ ESG-ПОДХОДА. ЧАСТЬ 1

Г. А. Фоменко, доктор географических наук, научный руководитель, Научно-производственное объединение «Институт устойчивых инноваций», профессор, Ярославский государственный технический университет, ведущий научный сотрудник, ФГАОУ ВО «БФУ им. И. Канта», info@pro-kad.ru, Ярославль, Россия,

А. А. Романовская, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН, директор, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю. А. Израэля», an_roman@igse.ru, Москва, Россия,

М. А. Фоменко, кандидат географических наук, доцент, первый заместитель директора, Общество с ограниченной ответственностью Научно-технический центр «Ресурсы и консалтинг», fomenkoma@rcs-cad.com, Ярославль, Россия,

К. А. Лошадкин, кандидат географических наук, заместитель директора, Общество с ограниченной ответственностью Научно-технический центр «Ресурсы и консалтинг», доцент, Ярославский государственный технический университет, loshadkinka@rcs-cad.com, Ярославль, Россия,

Е. В. Климов, начальник отдела регулирования выбросов парниковых газов, Департамент по экологии, охране труда и промышленной безопасности Технической дирекции ОК РУСАЛ, evgeniy.klimov3@rusal.com, Москва, Россия,

О. Н. Липка, кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю. А. Израэля», olipka@igse.ru, Москва, Россия,

В. Н. Коротков, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Институт глобального климата и экологии имени академика Ю. А. Израэля», korotkovv@igse.ru, Москва, Россия,

А. С. Алдошина, руководитель направления ASI, АО «РУСАЛ Менеджмент» (в период до ноября 2021 года), alla.aldoshina@rusal.com, Москва, Россия

Аннотация. В статье раскрываются проблемы и методы оценки лесных климатических проектов по лесовосстановлению и охране лесов от пожаров, финансируемых ОК РУСАЛ, с выявлением максимально широкого спектра получаемых выгод (митигационных и сопутствующих), для подтверждения их соответствия принципам ESG-инвестирования (Environmental, Social and Corporate Governance — экологическое, социальное и корпоративное управление). В основу анализа проектов заложен подход природо-обусловленных решений (англ. Nature-based solutions) в управлении лесопользованием. Оценка выполнялась на основе концепции полной экономической ценности в соответствии со стандартизированными принципами и методами природно-экономического и экосистемного учета.

Цель исследования заключалась в оценке результатов конкретных мероприятий по лесовосстановлению и авиалесоохране с точки зрения достижения митигационных эффектов и в более широком плане ESG-подходов и снижения соответствующих рисков, для определения дальнейших шагов по повышению результативности лесоклиматической деятельности и увеличению поглощающей функции экосистем в целом. В результате исследования подтверждены методологическая возможность и наличие данных для оценки (в физических и стоимостных показателях) лесных климатических проектов и обозначены основные пути и проблемы реализации ESG-подхода к оценке и планированию таких проектов, с акцентом на выгодах заинтересованных сторон.

Сформированы рекомендации по планированию, осуществлению и оценке лесных климатических проектов, рассматриваемых в качестве результативных природных решений в соответствии с принципами ответственного инвестирования. Определено, что эффективность мероприятий определяется предварительной проработкой намечаемых действий и прогнозированием, с точки зрения неснижения потоков экосистемных услуг на территории реализации климатического проекта. Отмечена необходимость организации мониторинга климатических проектов, с интеграцией оценочных данных в систему статистического наблюдения для дальнейшего подтверждения достигнутых результатов на национальном уровне.

Abstract. The article reveals the issues and methods for evaluating forest carbon projects financed by UC RUSAL which involved reforestation and forest fire prevention, including identification of the widest range of benefits to confirm their compliance with the principles of ESG investment (Environmental, Social and Governance). The analysis of the projects is based on nature-based solutions in forest management. The assessment was based on the concept of full economic value in accordance with the standard principles and methods of environmental-economic and ecosystem accounting.

The purpose of the study was to evaluate the results of specific reforestation and wildfire protection activities in terms of mitigation effects and, more broadly, the ESG principles and risk reduction, aiming to determine further steps to improve the efficiency of forest carbon projects and increase the absorbing function of ecosystems. The study proved the methodological feasibility and data availability for the evaluation (in physical and monetary terms) of forest carbon projects and helped identify the main ways and problems of implementing the ESG principles to the evaluation and planning of such projects with an emphasis on the benefits of stakeholders.

The article provides recommendations for planning, implementation and evaluation of forest carbon projects, considered as effective natural solutions in accordance with the principles of responsible investment. It is determined that the effectiveness of activities is determined by the preliminary analysis of the actions and forecasting with the aim of non-reducing the flow of ecosystem services in the area of the climate project. The need to organize monitoring of the climate projects was determined, with further integration of the received data into the statistical system at the national level.

Ключевые слова: лесоклиматические проекты, ESG-инвестиции, митигационный эффект, экологические выгоды, социальные выгоды, управленческие выгоды, полная экономическая ценность, экосистемные услуги, устойчивое развитие.

Keywords: forest carbon projects, ESG investment, mitigation effect, environmental benefits, social benefits, governance benefits, total economic value, ecosystem services, sustainable development.

Введение

В условиях нарастания изменений климата мир столкнулся с острой необходимостью принятия незамедлительных и кардинальных мер по сокращению негативного антропогенного воздействия на климатическую систему. В рамках принимаемых странами обязательств по переходу к нулевому углеродному балансу, наряду с сокращением выбросов парниковых газов, важную роль играет повышение поглощающей способности экосистем. Многочисленные исследования показали, что цели глобального смягчения климатических изменений не могут быть достигнуты без улучшения состояния лесов, предотвращения их деградации, сокращения обезлесения, лесовосстановления и совершенствования системы управления лесами (англ. improved forest management) [1–6]. Леса могут компенсировать значительную часть выбросов парниковых газов, высвобождаемых в результате использования ископаемого топлива, помогая стабилизировать, а затем снижать концентрацию CO₂ (углекислого газа) в атмосфере¹. По данным Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) [7], увеличение общей площади лесов могло бы накапливать около четверти атмосферного углерода, необходимого для ограничения глобального потепления в пределах 1,5 °C по сравнению с доиндустриальными уровнями [8]. Наземные экосистемы, включая леса, поглощают около 25 % антропогенных выбросов углерода, ежегодно добавляемых в атмосферу [9], и могут обеспечить дополнительные 30 % к поглощению, тем самым содействуя смягчению последствий изменения климата к 2030 году [10]. В Российской Федерации лесоклиматическая деятельность, как способ повышения поглощающей способности экосистем, справедливо рассматривается в качестве важнейшего инструмента достижения углеродной нейтральности.

Улучшение состояния лесных территорий с целью повышения их способности поглощать углекислый газ и депонировать углерод (мити-

гационная функция) сопровождается многими другими полезными экологическими и социальными эффектами [11, 12]. В условиях высоких темпов климатических изменений² леса находятся под растущей угрозой из-за нарастания частоты лесных пожаров, распространения вредителей и болезней, засух и экстремальных погодных явлений, что может привести к значительным выбросам парниковых газов и нанести ущерб окружающей природной среде. Устранение этих угроз требует устойчивого управления лесами, включая меры по лесовосстановлению, рубки ухода, борьбу с вредителями, соблюдение противопожарных и других норм лесопользования, которые укрепляют здоровье и устойчивость лесных экосистем. Для решения этих задач необходимы инвестиции в рабочие места, предприятия и инфраструктуру лесной экономики.

Потребность в комплексном системном подходе к сохранению лесов, лесовосстановлению и снижению климатических рисков вытекает из необходимости реализации Целей устойчивого развития (ЦУР)³, прежде всего, ЦУР 15 (сохранение экосистем суши) и ЦУР 13 (борьба с изменением климата). Климатически оптимизированное лесное хозяйство (англ. climate smart forestry) [13, 14] может быть наиболее полезным для смягчения последствий изменения климата в сочетании с мерами по адаптации, оно способно обеспечить устойчивость использования лесных ресурсов и экосистемных услуг, а также удовлетворить потребности населения и рост благосостояния общества. В таком контексте лесоклиматические проекты (далее по тексту — ЛКП) на самом высоком международном уровне рассматриваются в качестве важнейшего элемента устойчивого управления лесами [15].

Состояние лесов планеты, их роль в экономическом развитии в свете климатической повестки привлекает все более пристальное внимание и бизнес-сообщества. Признается, что создание более половины мирового ВВП в той или иной мере зависит от природы и ее услуг, их утрата негативно влияет на производственную деятельность,

¹ Празднование Международного дня лесов в этом году под лозунгом «Восстановление лесов — путь к выздоровлению и благополучию» напоминает нам о значимых преимуществах лесов, имеющих решающее значение для нашей жизни на этой планете: они выступают в качестве источников свежего воздуха, продуктов питания, лекарств и другой полезной продукции.

² Согласно исследованиям МГЭИК, климатические изменения на территории Российской Федерации проявляются более интенсивно, чем в среднем по миру [7].

³ Новая повестка и Цели устойчивого развития приняты на Конференции ООН в сентябре 2015 г. URL: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/summit/> (дата обращения 12.01.2022).

цепочки поставок и рынки [16, 17]. Мировые бизнес-лидеры активно включились в деятельность по прекращению деградации окружающей среды и обезлесения, все больше обращая внимание на практическое внедрение природных решений [17]. Расширяющаяся деятельность бизнеса по реализации лесных климатических проектов начинает оцениваться не только непосредственно с позиции депонирования углерода, но и в более широком контексте сквозь призму ESG-подхода к развитию и оценке эффективности бизнеса, благодаря увеличению или сохранению способности лесов оказывать многочисленные экосистемные услуги, ориентации на мнения и благосостояние основных заинтересованных сторон, а также вкладу в развитие местных сообществ и регионов присутствия. Свою приверженность принципам ESG и обязательства в данном направлении выразили крупнейшие российские компании-лидеры, которые в конце 2021 г. создали Национальный ESG-альянс⁴. Одним из ключевых участников стала компания РУСАЛ⁵.

Количество углерода, выбрасываемого в атмосферу, сегодня стало ключевой темой обсуждения ответственных инвесторов, а связывание углерода считается одним из лучших инструментов борьбы с изменением климата. В 2019 году ОК РУСАЛ, компания металлургического сегмента En+Group, подписала соглашение с Рослесхозом, Иркутской областью и Красноярским краем. В соответствии с документом предусмотрена высадка более миллиона деревьев, создание условий для последующего ухода за ними, а также обеспечение охраны резервных лесов от пожаров на площади более 500 тыс. га за счет приобретения необходимой техники и аренды средств авиации. Это первый в России проект подобного масштаба, который компания реализует в рамках своей стратегии декарбонизации⁶. Тем не менее в вопросах определения вклада ЛКП в глобальный углерод-

⁴ Национальный ESG-альянс задуман как постоянно действующая платформа для диалога и вовлечения всех заинтересованных сторон, обмена знаниями и опытом между различными секторами бизнеса, государством и обществом, для разработки и продвижения норм и стандартов в области ESG, формирования общих принципов и подходов к отчетности, развития партнерских отношений, взаимодействия и реализации общих программ и проектов, инвестиционной поддержки прорывных идей, ориентированных на ESG-трансформацию для достижения целей устойчивого развития.

⁵ РУСАЛ стал одним из основателей Национального ESG-альянса. URL: <https://rusal.ru/press-center/press-releases/rusal-stal-odnim-iz-osnovateley-natsionalnogo-esg-alyansa> (дата обращения 12.01.2022).

⁶ Немного о климате: будущее лесных проектов. Глобальное потепление — одна из главных проблем, стоящих перед человечеством. URL: <https://lenta.ru/articles/2021/12/27/les/> (дата обращения 13.01.2022).

ный баланс и устойчивое развитие территорий, а также в оценке эффективности лесоклиматических проектов единого мнения нет⁷, хотя это вызывает пристальный интерес бизнес-лидеров [18].

В настоящей статье представлен междисциплинарный синтез материалов двух проектов, выполненных по заданию ОК РУСАЛ в 2019—2020 гг.: (1) «Независимая оценка экосистемного эффекта мероприятий в рамках реализации климатической стратегии ОК РУСАЛ» (разработчик — ООО НТЦ «РиК» и (2) «Оценка антропогенных поглощений и выбросов парниковых газов от мероприятий по восстановлению и охране лесов от пожаров, реализованных предприятиями, управляемыми АО «РУСАЛ Менеджмент» (разработчик — Институт глобального климата и экологии имени академика Ю. А. Израэля).

Статья нацелена на обобщение и совместный анализ результатов исследований, касающихся оценки конкретных мероприятий по лесовосстановлению и авиалесоохране с точки зрения достижения митигационных результатов и в более широком плане — ESG-подхода для определения дальнейших шагов по повышению результативности лесоклиматической деятельности и мер по увеличению поглощающей функции экосистем в целом. Основное внимание было сосредоточено на:

— обосновании методологической возможности и достаточности данных для оценки (в физических и стоимостных показателях) митигационных эффектов лесных климатических проектов, включая лесовосстановление и авиалесоохрану;

— определении основных путей и проблем реализации ESG-подхода к оценке и планированию ЛКП, выявлении, наряду с митигационным, дополнительных сопутствующих эффектов лесоклиматической деятельности в контексте подтверждения социальной ответственности бизнеса и внедрения природных и природообусловленных решений.

Методология

Эффективность ЛКП в значительной мере обеспечивается соответствием деятельности и получаемых результатов принципам устойчивого

⁷ Материалы круглого стола «Климатические проекты — вспомогательный инструмент или основа для декарбонизации на ближайшее десятилетие?» (22.12.2021), организованного Российским партнерством за сохранение климата, в котором приняли участие представители Минэкономразвития, Рослесхоза, Института географии РАН, Ботанического сада МГУ, Института глобального климата и экологии имени академика Израэля, GFA Consulting Group, Greenpeace, АБ ЕПАМ, Сбера, En+Group, Русала, ЕвроХима.

развития (ESG⁸), которые применительно к сфере лесопользования включают в себя:

— *ответственное инвестирование*, то есть лесные угодья, приносят пользу одновременно как лесопользователям, так и окружающей среде. Кроме потенциального зачета углеродных единиц, также необходимо приращение других благ лесных территорий при условии соблюдения требований охраны окружающей среды. Лесные активы должны быть сертифицированы в соответствии со Стандартом управления лесами Инициативы устойчивого лесного хозяйства (SFI)⁹ или стандартами Лесного попечительского совета (FSC);

— *рассмотрение производства и сохранения леса как комплексного природосберегающего климатического решения*¹⁰. Эффективно управляемые леса с повышенным вниманием к климатосберегающей функции по связыванию углерода на лесных землях и хранению углерода в лесных продуктах по всей цепочке поставок могут обеспечить существенный вклад в решение проблемы изменения климата, а также предоставить широкий спектр дополнительных преимуществ, таких как чистый воздух и вода, среда обитания диких животных, хорошо оплачиваемая работа, продукты и другие факторы благосостояния;

— *управление лесами для будущих поколений*. Сама природа лесов с их длительным периодом жизни в несколько столетий¹¹ обосновывает долгосрочный характер ответственного управления лесами и обеспечивает устойчивость инвестиций в будущее развитие.

Оценка конкретного проекта, как и деятельности компаний в целом, на соответствие критериям ESG осуществляется по трем группам факторов. Группа *экологических критериев* (E — environmental) предназначена для оценки влияния на окружающую среду, которое может быть оценено как позитивное или негативное воздействие на потоки парниковых газов и качество экосистемных услуг, предоставляемых лесными территориями. Например, сохранение среды обитания диких животных, предотвращение загрязнения воздуха, водных объектов, почвенного покрова, защита экосистем и т. п. *Социальные критерии* (S — social) отражают отношение к работникам,

⁸ GRI является одной из наиболее часто используемых систем отчетности ESG. URL: <https://www.globalreporting.org/> (дата обращения 16.01.2022).

⁹ Признан Всемирной программой одобрения лесной сертификации (PEFC).

¹⁰ <https://www.iucn.org/theme/nature-based-solutions> (дата обращения 16.01.2022).

¹¹ <https://forestcarbonworks.org/what-is-forest-carbon/about-the-carbon-market> (дата обращения 16.01.2022).

клиентам, партнерам, местным сообществам. Например, соблюдение высоких стандартов труда, включая здоровье и безопасность, вклад в устойчивое развитие местного сообщества (дополнительная занятость, достойная оплата труда, профессиональные навыки), борьба с бедностью и социальным неравенством за счет справедливого распределения материальных благ и издержек от использования природных ресурсов, а также обеспечения подотчетности государственных структур и участия граждан в управлении ресурсами [19] и т. д. *Критерии управления* (G — governance) фиксируют качество корпоративного управления, например, наличие и соблюдение стандартов антимонопольного поведения, противодействия коррупции, качество и реализуемость планов, соблюдение правил (в сфере ответственного лесопользования и др.) по цепочке поставок, оценка деятельности руководителей на основе ключевых показателей эффективности в увязке с долгосрочными целями и ESG-рисками и т. д.

Выгоды лесных климатических проектов концептуально анализируются в рамках теории полной экономической ценности (англ. total economic value, TEV), которая позволяет выявлять и оценивать многие блага, предоставляемые природой. В рамках этой теории могут быть определены и рассчитаны выгоды и затраты в результате любого воздействия на окружающую природную среду, будь то меры по улучшению состояния существующих экосистем и созданию новых экосистем (например, посадка лесных культур), либо, наоборот, разрушение и деградация экосистем. Оценке подлежат и те виды воздействий, которые не могут быть идентифицированы и оценены с использованием традиционно применяемых оценочных методов. Иными словами, концептуальные подходы TEV позволяют компенсировать многие «сбои» рынка. Структура TEV (рис. 1), обобщая подходы различных авторов [20, 21], содержит все элементы антропоцентрической ценности природных ресурсов и экосистемных услуг, которые объединены в две группы: ценность потребительная (или ценность использования) и ценность непотребительная (ценность неиспользования).

Методологическая платформа TEV позволяет расширить круг оцениваемых экосистемных эффектов ЛКП, а также формат и перечень оценочных показателей, систематизированных в рамках ESG-подхода. В этих концептуальных рамках стандартизирован и набор методов оценки; они изложены в составе соответствующих нормативных документов — российского (ГОСТ Р ИСО 14008—2019 «Денежная оценка воздействия на окружающую среду и соответствующую

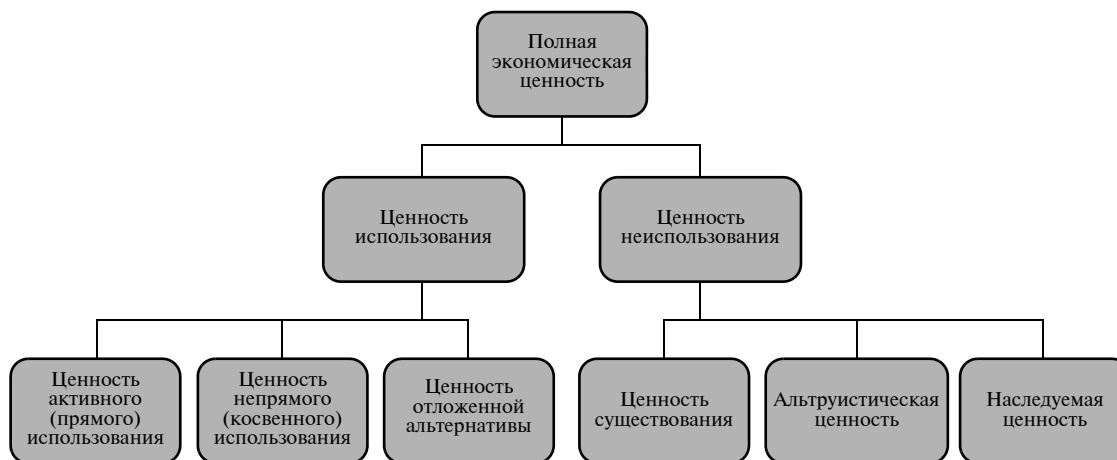


Рис. 1. Состав и структура полной экономической ценности (ГОСТ Р ИСО 14008—2019)

щих экологических аспектов») и международного (System of Environmental Economic Accounting 2012 — Central Framework [22]) уровней. Подходы полной экономической ценности, наряду с принципами устойчивого развития, реализуются и в корпоративном мире. Так, в Руководстве по оценке корпоративных экосистем (англ. Corporate Ecosystem Valuation — CEV) Всемирный совет предпринимателей по устойчивому развитию рассматривает такой подход, как базовый к оценке экосистемных услуг, чтобы помочь компаниям понять преимущества и влияние экосистемных услуг, от которых они зависят¹⁰.

В соответствии с изложенными методологическими подходами оценка ЛКП выполняется по митигационным эффектам (депонирование углерода лесами¹¹) и по группе ESG-эффектов, включая экологические выгоды (приращение потоков экосистемных услуг); социальные выгоды (повышение благосостояния); управленческие выгоды (улучшение управленческих аспектов). Указанные выгоды, в свою очередь, рассчитываются как разность между дисконтированными значениями для проектных сценариев и для базовой линии. В исследовании были приняты следующие условия базовой линии и проектного сценария:

— для проектов лесовосстановления *базовая линия* — уровень поглощения CO₂ и потоки экологических (E-факторы) и социальных (S-факторы) выгод при естественном восстановлении лесных насаждений (смешанные мелколиственные леса) на гарях, *проектный сценарий* — уровень

поглощения CO₂ монокультурами сосны (за вычетом выбросов парниковых газов от задействованных машин и механизмов, а также потерь углерода, связанного с удалением подроста и нарушением почвы при подготовке участков под искусственное лесовосстановление) и потоки экологических и социальных выгод при реализации проектов;

— для проекта авиалесоохраны *базовая линия* — уровень нетто-поглощения CO₂ равен нулю, поскольку резервные леса не являются управляемыми, и потоки экологических (E-факторы) и социальных (S-факторы) выгод, при отсутствии проекта авиалесоохраны; *проектный сценарий* — уровень поглощения CO₂ лесами (за вычетом выбросов от пожаров, площади которых сократятся благодаря раннему предупреждению и тушению пожаров, а также за вычетом выбросов парниковых газов от воздушного и наземного транспорта, задействованного в проекте) и потоки экологических и социальных выгод, возникших за счет сокращения площади пожаров на землях, покрытых лесом.

Расчеты оценочных показателей выполнены на следующие прогнозные периоды: (1) 100 лет (базовый период), согласно нормативно установленному возрасту заготовки спелой и перестойной древесины в Иркутской области и Красноярском крае¹², использован для получения оценочных значений ESG-эффекта, включая поглощение CO₂ (митигация); (2) 50 лет, согласно данным о биологических закономерностях произрастания лесных насаждений, использован для оценки митигационного эффекта от лесовосстановления; (3) 2 года, использован для оценки митигационного эффекта авиалесоохраны по сро-

¹⁰ <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2011-013.pdf> (дата обращения 18.01.2022).

¹¹ Поглощение CO₂ экосистемами относится к регулирующим экосистемным услугам. В нашем случае данный вид выгоды оценивается отдельно, поскольку является основной составляющей эффективности рассматриваемых ЛКП.

¹² Приказ Рослесхоза от 09.04.2015 № 105 «Об установлении возрастов рубок».

ку фактической реализации проекта на момент проведения оценки; полученные показатели носят справочный характер.

На территории проектов по лесовосстановлению в качестве основы для прогнозов динамики запасов углерода в фитомассе лесных насаждений были использованы таблицы биологической продуктивности полных сосновых насаждений в Центральной и Восточной Сибири, полных осинных насаждений лесостепных и степных экорегионов Сибири, и общие таблицы полных березовых насаждений [23]. Запасы фитомассы культур сосны и мелколиственных насаждений с шагом в один год рассчитаны на основе таблиц биологической продуктивности с учетом бонитета и полноты лесных насаждений в местах реализации проекта ОК РУСАЛ.

Для прогнозных оценок запасов углерода в подстилке и почве использовалась комбинация моделей динамики органического вещества почвы Romul_Num [24, 25] и почвенного климата [26]. Модель Romul_Num неоднократно тестировалась, калибровалась и применялась для широкого диапазона почвенных и климатических условий [27]. Модель SCLISS (Soil CLimate Statistical Simulator) предназначена для оценки средних месячных значений температуры и влажности почвы (лесной подстилки и минеральной почвы) в разных типах лесов по стандартным метеорологическим наблюдениям: температуре воздуха, осадкам. Модель SCLISS играет важную роль при работе с моделью Romul_Num для определения динамики органического вещества почв.

Проектами создания лесных культур предусмотрена предварительная расчистка площади от подроста малоценных пород. Для оценки потерь углерода, связанного с удалением подроста, были использованы аллометрические уравнения [28].

Оценка выброса парниковых газов от автомобильной и внедорожной техники, задействованной при расчистке участков и подготовке почвы под лесные культуры, проводилась согласно руководящим указаниям МГЭИК [29] по первому уровню расчетов на основе данных по потребленному топливу.

На территории проекта по охране лесов от пожаров для оценки годовых изменений запасов углерода на лесных землях была использована программа РОБУЛ¹³, разработанная Центром по проблемам экологии и продуктивности лесов Российской академии наук [30, 31]. РОБУЛ используется в Национальном кадастре парниковых газов [32] и реализует рекомендуемый МГЭИК метод поступлений и потерь, предполагающий

вычитание потерь углерода из величин приращения углерода за отчетный период в каждом из углеродных пулов [20]. Конверсионные коэффициенты для расчета были выбраны с учетом географического положения и характеристик лесного фонда резервных лесов Нижне-Енисейского лесничества. Набор конверсионных коэффициентов и подробное описание методики расчетов приведены в Национальном кадастре парниковых газов [32]. Дополнительно была рассчитана величина прямых выбросов парниковых газов (CO₂, CH₄, N₂O) от пожаров, согласно руководящим указаниям МГЭИК [33].

В рамках проекта были также рассчитаны выбросы парниковых газов от сжигания ископаемого топлива воздушным и наземным транспортом при авиамониторинге очагов возникновения и при тушении пожаров по методике [33] на основе данных о количестве использованного топлива.

Оценка ESG-эффектов реализации лесных климатических проектов была выполнена по широкому спектру, включая экологические, социальные и управленческие факторы (табл. 1). Экологические эффекты проектов оценивались по ожидаемому приращению потоков экосистемных услуг, включая обеспечивающие (деловая древесина, грибы, ягоды, лекарственные растения, охотничьи ресурсы), регулирующие (поглощение лесами CO₂) и культурные (рекреационная и научно-образовательная деятельность).

В силу объективных информационных ограничений не проанализированы и не оценены приращения по ряду экологических и социальных выгод: (1) регулирование поверхностного стока и почвенного режима, сохранение мест обитания объектов биоразнообразия и др.; (2) дополнительная занятость и добавленная стоимость в смежных секторах региональных экономик (например, переработка и реализация недревесных продуктов леса, мяса и дериватов диких животных; гостиничное обслуживание и т. д.).

Материалы и источники информации

В рамках проекта «Под зеленым крылом» в 2019–2020 гг. ОК РУСАЛ осуществлялись мероприятия по сохранению лесов, включая лесовосстановление и охрану лесов от пожаров в Иркутской области и Красноярском крае (рис. 2).

Лесовосстановление проведено на 6 участках в Иркутской области и на 3 участках в Красноярском крае общей площадью 273 га, посажено 1 112 040 саженцев сосны. В Иркутской области лесовосстановление проведено в пределах экологической зоны атмосферного влияния Байкальской природной территории, один из участков лесовосстановления в Красноярском крае

¹³ Региональная оценка бюджета углерода лесов.

Допущения, методы и исходные данные стоимостной оценки ESG-эффектов ЛКП

№ п/п	Составляющие ESG-эффекта	Оцениваемые выгоды	Допущения	Методы	Исходные данные
1	Экологические	Обеспечиваемые выгоды: экологические услуги — заготовка спелой и перестойной древесины; добыча охотничьих ресурсов; заготовка грибов, ягод, лекарственных растений.	<p>1. Прогнозный срок оценки проектного сценария и базовой линии — 100 лет, ежегодные объемы использования экосистемных услуг, цены и социальная ставка дисконтирования приняты по данным исследования на протяжении всего прогнозного срока оценки.</p> <p>2. Средний возраст лесных насаждений, при котором начинают выполняться рубки ухода и рубки главного пользования, приняты в соответствии с нормативными документами в сфере лесопользования на уровне 50 лет и 100 лет соответственно.</p> <p>3. Объемы рубок ухода и заготовительных рубок деловой древесины базовой линии приняты на уровне 10 % от соответствующих объемов проектного сценария.</p>	<p>Проектный сценарий и базовая линия оценивались по формуле текущей стоимости денежной единицы:</p> $NPV_n = R \sum_{i=1}^n \frac{1}{(1+r)^i};$ <p>где NPV_n — чистая приведенная стоимость ежегодных доходов от использования ресурсов и услуг леса за период $n = 100$ лет;</p> <p>R — текущий ежегодный доход от использования ресурсов и услуг леса в течение периода n, руб./год;</p> <p>$(1+r)^i$ — коэффициент дисконтирования R за i-й год периода n;</p> <p>r — социальная ставка дисконтирования, 3 % годовых (0,03).</p> <p>Для заготовки древесины:</p> $R = V \cdot P \cdot S,$ <p>где R — текущий ежегодный доход от заготовки древесины;</p> <p>V — расчетный удельный ежегодный объем заготовки древесины, куб. м/га;</p> <p>P — стоимость древесины на корню, руб./куб. м;</p> <p>S — площадь лесовосстановления, га.</p> <p>Для добычи охотничьих ресурсов, заготовки грибов, ягод, лекарственных растений:</p> $R = V_i \cdot P_i;$ <p>где R — текущий ежегодный доход от использования ресурсов леса, руб./год;</p> <p>V_i — ежегодные объемы использования ресурсов леса, особей/год, кг/год;</p> <p>P_i — стоимость единицы ресурса, руб./особь, руб./кг.</p>	<p>1. Расчетные удельные объемы заготовки древесины (V, куб. м/га) и стоимость древесины на корню (P) приняты по данным лесохозяйственных регламентов Кировского и Иркутского лесничеств Иркутской области, а также Лесохозяйственного регламента Дзержинского лесничества Красноярского края.</p> <p>2. Площадь лесовосстановления (S) принята по данным ОК РУСАЛ.</p> <p>3. Ежегодные объемы заготовки грибов, ягод, лекарственных растений (V_i) и закупочные цены на них (P_i) приняты по данным:</p> <p>3.1. лесохозяйственных регламентов Кировского и Иркутского лесничеств Иркутской области, Дзержинского и Нижне-Енисейского лесничеств Красноярского края;</p> <p>3.2. лесных планов Иркутской области и Красноярского края на 2019—2028 гг.</p> <p>3.3. О рыночных ценах на пищевые продукты леса: https://agroserver.ru/griby/; https://optlist.ru/company/ooo-aprel-4/products; https://www.kommersant.ru/doc/4978023; https://baikal.mk.ru/articles/2018/02/21/edinotross-i-dikoros.html; https://www.rbc.ru/own_business/03/04/2018/5abdc379a7947f405a5d2ed.</p> <p>4. Ежегодные объемы добычи лицензируемых видов охотничьих ресурсов (V_i) приняты по данным Схем размещения, использования и охраны охотничьих угодий Иркутской области и Красноярского края.</p> <p>5. Ставки платы за добычу лицензируемых видов охотничьих ресурсов (P_i) приняты согласно статье 333.3 Налогового кодекса РФ (часть 2).</p>

№ п/п	Составляющие ESG-эффекта	Оцениваемые выгоды	Допущения	Методы	Исходные данные
	Регулирующие экологические услуги — поглощение CO ₂ (митигационный эффект)	<p>1. Прогнозные сроки реализации проектного сценария и базовой линии — 2 года, 50 и 100 лет.</p> <p>2. Для проектного сценария и базовой линии ежегодные объемы поглощения CO₂, цена 1 т CO₂ и социальная ставка дисконтирования приняты постоянными.</p>	<p>Проектный сценарий и базовая линия оценивались по формуле текущей стоимости денежной единицы:</p> $NPV_n = R \sum_{i=1}^n \frac{1}{(1+r)^i};$ <p>где NPV_n — чистая приведенная (на год начала реализации проекта) стоимость ежегодных доходов от продажи квот на выброс парниковых газов (ПГ) за период $n = 2$ года, 50 и 100 лет;</p> <p>R — текущий ежегодный доход от продажи квот на выброс ПГ, образующихся в результате поглощения CO₂ при лесовосстановлении и авиалесоохране, руб./год;</p> <p>$(1+r)^i$ — коэффициент дисконтирования R за i-й год периода n;</p> <p>r — социальная ставка дисконтирования, 3 % годовых (0,03).</p> <p>$R = V \cdot P$,</p> <p>где R — текущий ежегодный доход от продажи квот на выброс ПГ, руб./год;</p> <p>V — средний ежегодный объем выбросов ПГ в результате лесовосстановления и авиалесоохраны, т CO₂ экв./год;</p> <p>P — стоимость 1 т CO₂, по данным добровольных углеродных рынков и европейской энергетической биржи, руб./ т CO₂.</p>	<p>1. Данные таблиц 2 и 3 ниже о поглощении/выбросах при лесовосстановлении и авиалесоохране.</p> <p>2. Средний ежегодный объем выбросов ПГ лесами в результате пожаров, рассчитанный с использованием данных за 2019 и 2020 гг. из таблицы 3 ниже.</p> <p>3. Стоимость 1 т CO₂ экв. принята по данным:</p> <ul style="list-style-type: none"> — добровольных углеродных рынков (https://www.ecosystemmarketplace.com/articles/press-release-voluntary-carbon-markets-tocket-in-2021-on-track-to-break-1b-for-first-time/) — европейской энергетической биржи (https://www.eex.com/en/market-data/environmental-markets/eua-primauc-auction-spot-download). <p>4. Среднегодовые значения валютного курса доллара США и евро к рублю РФ за 2019 г. приняты по данным https://www.kursvalut.ru/.</p>	
	Культурные экосистемные услуги — рекреационная и научно-образовательная деятельность, ценность существования лесных экосистем.	<p>1. Прогнозный срок реализации проектного сценария и базовой линии — 100 лет.</p> <p>2. Для проектного сценария и базовой линии ежегодные объемы использования и цена услуг леса, социальная ставка дисконтирования приняты постоянными.</p> <p>3. Для проекта авиалесоохраны условия реализации базовой линии соответствуют следующим допущениям:</p> <p>3.1 Площадь территории, покрытой лесом и утрачивающей способность генерировать экосистемные услуги (деградирующей) в результате пожаров при базовой линии принята на уровне 10 % от среднего значения площади пожаров на покрытых лесом землях за период с 2000 по 2019 год.</p>	<p>Проектный сценарий и базовая линия оценивались по формуле текущей стоимости денежной единицы:</p> $NPV_n = R \sum_{i=1}^n \frac{1}{(1+r)^i};$ <p>где NPV_n — чистая приведенная стоимость ежегодных доходов от использования ресурсов и услуг леса за период $n = 100$ лет;</p> <p>R — текущий ежегодный доход от использования ресурсов и услуг леса в течение периода n, руб./год;</p> <p>$(1+r)^i$ — коэффициент дисконтирования R за i-тый год периода n;</p> <p>r — социальная ставка дисконтирования, 3 % годовых (0,03).</p>	<p>1. Планируемые средние размеры платы за использование лесов для рекреационной и научно-образовательной деятельности приняты по Лесным планам Иркутской области и Красноярского края на 2019—2028 годы.</p> <p>2. Предельная стоимость пассивного использования лесов РФ принята по данным [35].</p>	

№ п/п	Составляющие ESG-эффекта	Оцениваемые выгоды	Допущения	Методы	Исходные данные
			<p>3.2. Ежегодный прирост площади лесной территории, деградировавшей в результате пожаров при базовой линии рассчитан с использованием ретроспективных данных о пожарах в бореальных лесах России [34] на уровне 2,1 %.</p> <p>3.3. Ежегодный прирост естественно восстановившихся лесных участков, принят равным ежегодному увеличению лесных земель, деградировавших в результате пожаров.</p>	<p>Для рекреационной и научно-образовательной деятельности:</p> $R = S \cdot P_i;$ <p>где R — текущий ежегодный доход от использования услуг леса, руб./год;</p> <p>S — площадь территории реализации проектов лесовосстановления и авиалесоохраны;</p> <p>P_i — планируемые средние размеры платы за использование лесов для рекреационной и научно-образовательной деятельности, руб./га/год. Для ценности существования экосистем лесов значение P принято по результатам оценки предельной стоимости (WTP) пассивного использования лесов в РФ (п. 2 Исходных данных).</p>	
2	Социальные	Показатели фондов заработной платы проектов лесовосстановления и авиалесоохраны	Для реализации проектов в регионах созданы дополнительные «зеленые» рабочие места, которые являются вкладом в социальную составляющую устойчивого развития этих регионов и в стоимостном выражении представляют собой фонды оплаты труда проектов.	<p>Проектный сценарий оценивался по формуле текущей стоимости денежной единицы:</p> $NPV_n = R \sum_{i=1}^n \frac{R_i}{(1+r)^i};$ <p>где NPV_n — чистая приведенная (на год начала реализации проектного сценария) стоимость фонда оплаты труда проектов за период реализации $n = 4$ года (для лесовосстановления) и 100 лет (для авиалесоохраны);</p> <p>R_i — годовой фонд оплаты труда за i-й год периода реализации проекта, руб./год;</p> <p>$(1+r)^i$ — коэффициент дисконтирования R_i за i-тый год периода n;</p> <p>r — социальная ставка дисконтирования, 3 % годовых (0,03).</p>	<p>1. Ежегодные фонды оплаты труда проектов лесовосстановления (R_i) приняты в размере 30 % от общих ежегодных затрат по проектам по данным ОК РУСАЛ.</p> <p>2. Средний ежегодный головой фонд оплаты труда проекта авиалесоохраны (R_i) рассчитан по данным ОК РУСАЛ.</p>
		Оплата труда при рубках ухода и заготовке спелой и перестойной древесины	Для работ по рубкам ухода и заготовке древесины будет привлекаться местное население.	Предполагаемый уровень оплаты труда при выполнении рубок ухода экспертно оценен на уровне 30 % от стоимости древесины на корню.	Стоимость древесины на корню принята по данным лесохозяйственных регламентов Кировского и Иркутского лесничеств Иркутской области, а также лесохозяйственного регламента Дзержинского лесничества Красноярского края.

№ п/п	Составляющие ESG-эффекта	Оцениваемые выгоды	Допущения	Методы	Исходные данные
		<p>Оплата труда при добыче охотничьих ресурсов, заготовке грибов, ягод, лекарственных растений</p>	<p>Добыча охотничьих ресурсов, заготовки грибов, ягод, лекарственных растений будет осуществляться местным населением.</p>	<p>Предполагаемый уровень оплаты труда при организации добычи охотничьих ресурсов, заготовки грибов, ягод, лекарственных растений экспертно оценен на уровне 30 % от ежегодных объемов платы за добычу лицензируемых видов охотничьих ресурсов и ежегодных доходов от заготовки грибов, ягод и лекарственных растений.</p>	<p>1. Ежегодные объемы добычи лицензируемых видов охотничьих ресурсов приняты по данным Схем размещения, использования и охраны охотничьих угодий Иркутской области и Красноярского края. 2. Ставки платы за добычу лицензируемых видов охотничьих ресурсов приняты согласно статье 333.3 Налогового кодекса РФ (часть 2). 3. Ежегодные объемы заготовки грибов, ягод, лекарственных растений и закупочные цены на них приняты по данным: 3.1. лесохозяйственных регламентов Кировского и Иркутского лесничеств Иркутской области, Дзержинского и Нижне-Енисейского лесничеств Красноярского края; 3.2. лесных планов Иркутской области и Красноярского края на 2019—2028 годы. 3.3. О рыночных ценах на пищевые продукты леса: https://agroserver.ru/gtby/; https://optilist.ru/company/ooo-arel-4/products; https://www.kommersant.ru/doc/4978023; https://baikal.mk.ru/articles/2018/02/21/edinoross-i-dikoros.html; https://www.rbc.ru/own_business/03/04/2018/5abdc379a7947f405a5d2ed.</p>
		<p>Оплата труда при рекреационной и научно-образовательной деятельности</p>	<p>Организация рекреационной и научно-образовательной деятельности будет осуществляться с участием местного населения.</p>	<p>Предполагаемый уровень оплаты труда при организации рекреационной и научно-образовательной деятельности экспертно оценен на уровне 20 % от ежегодных планируемых объемов платы за использование лесов для рекреационной и научно-образовательной деятельности.</p>	<p>Планируемые средние размеры платы за использование лесов для рекреационной и научно-образовательной деятельности приняты по Лесным планам Иркутской области и Красноярского края на 2019—2028 годы.</p>
3	Управленческие	<p>Факторы ответственного управления</p>	<p>1. Соблюдение стандартов ответственного лесопользования инвестирующей компанией. 2. Принятие эксплуатирующей лесохозяйственной (или иной) организацией на себя долгосрочных обязательств по надлежащему содержанию лесов. 3. Наличие ESG-сертификации у эксплуатирующей лесохозяйственной (или иной) организации. 4. Наличие ESG-сертификации у организации, осуществляющей мероприятия по авиалеесоохране.</p>	<p>Методы качественной оценки (контент-анализ и др.).</p>	<p>1. Документация инвестора по организации и осуществлению проекта (начиная от посадки, включая период подрастания лесов). 2. Документация эксплуатирующей лесохозяйственной (или иной) организации и организации, осуществляющей мероприятия по авиалеесоохране.</p>

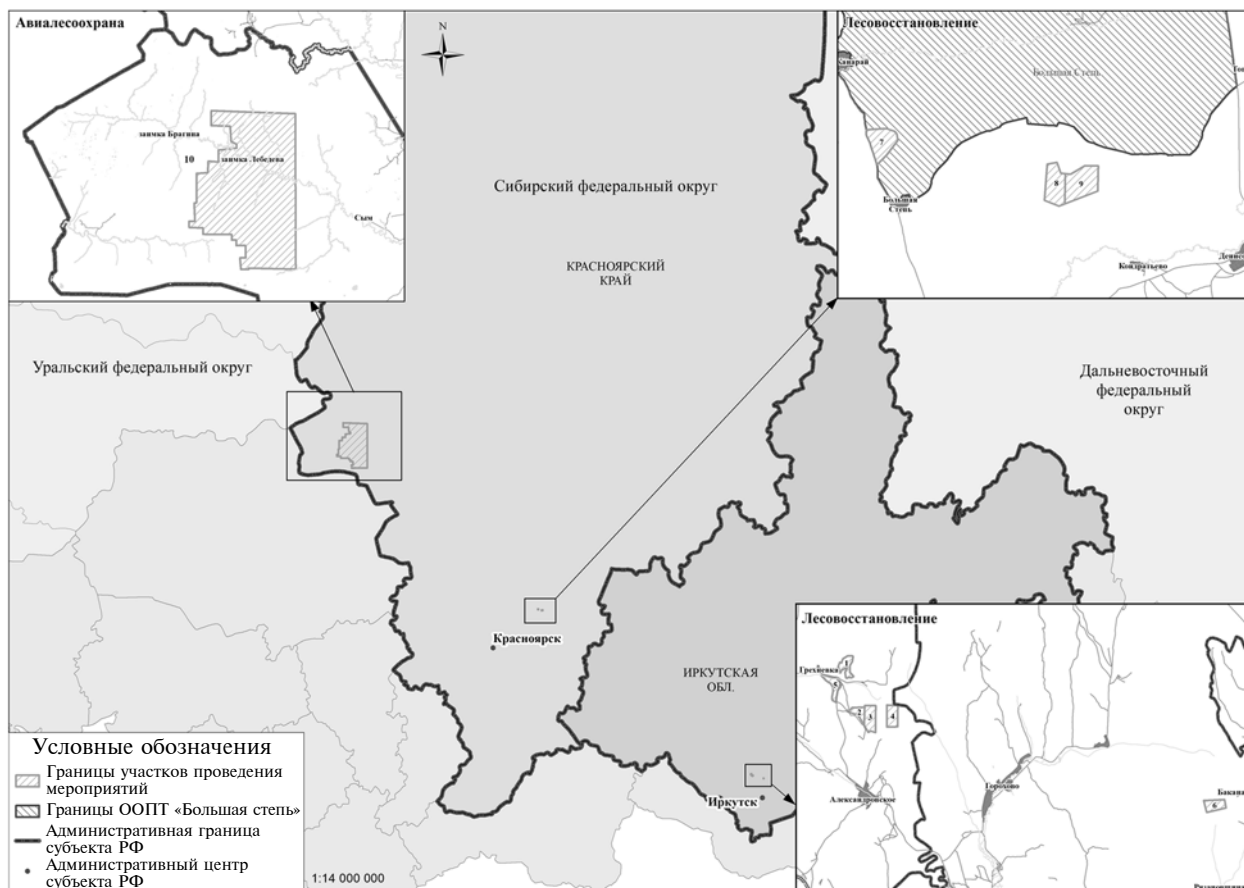


Рис. 2. Ситуационная карта-схема расположения участков осуществления ЛКП

расположен в границах ООПТ регионального значения «Большая степь». Работы по лесовосстановлению включали подготовку лесных участков, обработку почвы под лесные культуры после расчистки, посадку леса и уход за лесными культурами.

Охрана лесов от пожаров проведена на участке Красноярского края площадью 504 986 га и включала авиационное патрулирование и тушение пожаров. Территория относится к категории резервных лесов, к зоне лесоавиационных работ. Авиапатрулирование выполнялось с целью оперативного обнаружения лесных пожаров в начальной стадии их возникновения, точного определения места пожара и принятия мер по своевременному тушению пожаров.

Исходные данные для оценки митигационного эффекта¹⁴

По проектам лесовосстановления

Исходными данными послужили проекты искусственного лесовосстановления на каждый

¹⁴ Исходные данные предоставлены органами управления лесным хозяйством Красноярского края и Иркутской области.

участок, в которых приведена информация о его состоянии, способах подготовки почвы, технологии посадки, схеме размещения лесных культур, а также об используемом посадочном материале. Дополнительно в мае 2021 г. были проведены полевые работы по выборочной оценке состояния лесных культур и естественного возобновления. Также проанализированы таксационные описания лесных насаждений, примыкающих к проектам по лесовосстановлению в Кировском и Иркутском лесничествах Иркутской области и в Держинском лесничестве Красноярского края. Общей чертой лесовосстановительных работ в Красноярском крае и в Иркутской области является создание монокультур сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на месте гарей и вырубок. Плотность посадки и схема размещения были стандартными. В Красноярском крае на 1 га высаживалось по 4167 семян сосны при их размещении по схеме $0,6 \times 4$ м. В Иркутской области высаживалось по 4000 семян сосны при размещении $0,62 \times 4$ м. Дополнительно была получена информация об объемах сжигаемого ископаемого топлива и применяемой при подготовке участков технике.

Исходный сценарий метеорологических условий для моделирования был получен на основе данных с географически ближайших метеостанций, извлеченных из массивов данных [36—39], подготовленных во Всероссийском НИИ гидрометеорологической информации — Мировом центре данных Росгидромета, и доступных на сайте указанного учреждения¹⁵. Дополнительные параметры модели Romul_Num получены из публикаций [40, 41].

Начальные характеристики пулов органического вещества почвы и азота были оценены по данным научной монографии [27] с корректировкой по Единому государственному реестру почвенных ресурсов России¹⁶. Количество растительного опада разных фракций получено на основе региональных таблиц биологической продуктивности [23, 42] с учетом массы тонких корней [43, 44].

По проектам охраны лесов от пожаров

Исходными данными для расчетов послужили данные Государственного лесного реестра, включающие информацию по лесному фонду резервных лесов Нижне-Енисейского лесничества по состоянию на 01.01.2020.

Для расчета среднесуточного уровня пожарных нарушений были использованы данные Информационной системы дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства РФ¹⁷ (ИСДМ Рослесхоз) по площадям пожаров на территории резервных лесов Нижне-Енисейского лесничества в 2000—2019 гг., с учетом координат пожаров на территории проекта по охране лесов от пожаров. Для расчетов была использована информация об общей площади, поврежденной огнем, о площади пожарных нарушений на покрытых лесом землях и на непокрытых лесом землях. При этом были выделены площади, пройденные пожарами трех типов: низовыми, верховыми и пожарами на непокрытых лесом землях (гари, вырубки, прогалины, погибшие древостои).

По данным ИСДМ Рослесхоза, пожары на территории проекта по охране лесов от пожаров в Сымском участковом лесничестве Нижне-Енисейского лесничества были отмечены в 2000, 2003, 2005—2007, 2011—2013, 2017—2019 гг. Площадь пожаров, как правило, варьировалась от 0,001 %

до 1,9 % от общей площади проекта. Исключение составил 2012 г., когда площадь пожаров достигла 31,1 тыс. га (6,2 % от общей площади), в том числе 19,8 тыс. га (3,9 %) на покрытой лесом площади. Около 90 % площади пожаров на покрытой лесом площади относятся к низовым, т. е. не приводят к гибели древостоев. В среднем за период с 2000 по 2019 г. площадь пожаров составила 2672,1 га в год, в том числе 1674,1 га в год на покрытых лесом землях. За 2020 г. были получены данные о фактических площадях пожаров на территории проекта. По результатам мониторинга выявлено, что общая площадь, пройденная низовым пожаром в 2020 г., составила 6 га.

Для расчетов получены данные по типам воздушных судов, количеству и продолжительности взлетно-посадочных циклов, длительности крейсерского полета, типу и массе израсходованного топлива. Дополнительно использованы данные по наземным транспортным средствам (марка, количество, мощность двигателя, вид и расход топлива).

Исходные данные для оценки ESG-эффектов

Для денежной оценки ESG-эффектов проектов лесовосстановления и охраны лесов от пожаров использованы следующие исходные данные:

— для оценки митигационных выгод — прогнозные данные о поглощении CO₂ лесами в возрасте от 75 до 100 лет¹⁸ при базовой линии и при проектном сценарии, данные добровольных углеродных рынков и европейской энергетической биржи о средней стоимости 1 т CO₂;

— для оценки экологических выгод (обеспечивающих и культурных экосистемных услуг) — данные лесохозяйственных регламентов лесничеств, а также Лесных планов Иркутской области и Красноярского края, цены продаж древесины на корню в Иркутской области и Красноярском крае¹⁹ и рыночные цены на пищевые продукты леса²⁰, данные Схемы размещения, использования и охраны охотничьих угодий Иркутской области и Красноярского края, данные Налогового кодекса РФ (часть 2, статья 333.3), постановле-

¹⁸ Диапазон оценки митигационных выгод в 100 лет принят в целях сопоставимости результатов оценки с результатами оценки сопутствующих экосистемных выгод (проект лесовосстановления), в составе которых обеспечивающие экосистемные услуги по заготовке древесины могут использоваться только по достижению возраста спелой и перестойной древесины, т. е. 100 лет (Приказ Рослесхоза от 09.04.2015 № 105 «Об установлении возрастов рубок»).

¹⁹ <https://woodresource.ru> (дата обращения 14.01.2022).

²⁰ <http://nffr.ru/otraslevaya-analitika-208.html>; <https://baikal.mk.ru/articles/2018/02/21/edinoross-i-dikoros.html> (дата обращения 14.01.2022).

¹⁵ www.meteo.ru (дата обращения 18.01.2022)

¹⁶ <http://egrpr.soil.msu.ru/index.php> (дата обращения 18.01.2022)

¹⁷ https://nffc.aviales.ru/main_pages/index.shtml (дата обращения 18.01.2022)

ния Правительства РФ от 29.12.2018 № 1730 «Об утверждении особенностей возмещения вреда, причиненного лесам и находящимся в них природным объектам вследствие нарушения лесного законодательства», данные А. Чиабай, Х. Динга, А. Маркандиа и др., опубликованные в работе «Экономической оценке лесных экосистемных услуг: методология и денежные оценки» (2009) [35]. Адаптационные экосистемные услуги, а также ценность сохраненного биоразнообразия не учитывались;

— для оценки социальных выгод — данные ОК РУСАЛ о составе финансовых затрат проектов лесовосстановления по годам их реализации

и проекта охраны лесов от пожаров за 2019 и 2020 г.

В следующем номере журнала будут раскрыты полученные результаты оценки мероприятий по лесовосстановлению и авиалесоохране с точки зрения достижения митигационных эффектов, определены дальнейшие шаги по повышению результативности лесоклиматической деятельности, сформированы рекомендации по планированию, осуществлению и оценке лесных климатических проектов, рассматриваемых в качестве результативных природных решений в соответствии с принципами ответственного инвестирования.

Библиографический список

1. Busch J., Engelmann J. Cost-effectiveness of reducing emissions from tropical deforestation, 2016—2050 // *Environmental Research Letters*. — 2017. — Vol. 13 (1).
2. Federici S., Lee D., Herold M. Forest Mitigation: A Permanent Contribution to the Paris Agreement? (Working Paper). — San Francisco: Climate and Land Use Alliance, 2017.
3. Grassi G., House J., Dentener F. et al. The key role of forests in meeting climate targets requires science for credible mitigation // *Nature Climate Change*. — 2017. — Vol. 7 (3).
4. The Global Forest Goals Report 2021 / United Nations. — 2021.
5. AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis / IPCC. — URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/> (дата обращения: 11.01.2022).
6. Леса России и изменение климата. Что нам может сказать наука / Под ред. П. Лескинен, М. Линднер, П. Веркерк и др. — Европейский институт леса, 2020. — 140 с.
7. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Eds. T. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner et al. / Intergovernmental Panel on Climate Change. — Cambridge: Cambridge University Press, 2013. — 1535 p.
8. Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty / IPCC; eds. V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner et al. — Geneva: World Meteorological Organization, 2018.
9. Le Quéré C., Andrew R., Friedlingstein M. et al. Global Carbon Budget 2017 // *Earth System Science Data*. — 2018. — Vol. 10 (1). — P. 405—448.
10. Griscom B., Lomax G., Kroeger T. et al. We need both natural and energy solutions to stabilize our climate // *Global Change Biology*. — 2019. — Vol. 25 (6). — P. 1889—1890.
11. How carbon offset programs address social and environmental harms / Carbon Offset Guide. — URL: <http://www.offset-guide.org/high-quality-offsets/how-carbon-offset-programs-address-social-and-environmental-harms/> (дата обращения: 11.01.2022).
12. Carbon offsets / Climate active. — 2019. — URL: <https://www.climateactive.org.au/what-climate-active/carbon-offsets> (дата обращения: 12.01.2022).
13. Nabuurs G. J., Delacote P., Ellison D. et al. By 2050 the Mitigation Effects of EU Forests Could Nearly Double through Climate Smart Forestry // *Forests*. — 2017. — № 8. — P. 484.
14. Verkerk P. J., Costanza R., Hetemski L. et al. 2020. Climate-Smart Forestry: the missing link // *Forest Policy and Economics*. — 2020. — Vol. 115.
15. Climate change for forest policy-makers — An approach for integrating climate change into national forest policy in support of sustainable forest management — Version 2.0. Forestry Paper no.181 / Food and Agriculture Organization of the United Nations. — Rome, 2018. — 68 p.
16. Nature Risk Rising: Why the Crisis Engulfing Nature Matters for Business and the Economy. — Geneva: World Economic Forum, 2020. — URL: <https://www.weforum.org/reports/nature-risk-rising-why-the-crisis-engulfing-nature-matters-for-business-and-the-economy> (дата обращения: 10.01.2022).
17. New Nature Economy Report II: The Future Of Nature And Business. — Geneva: World Economic Forum, 2020. — URL: <https://www.weforum.org/reports/new-nature-economy-report-ii-the-future-of-nature-and-business> (дата обращения: 11.01.2022).
18. The Global Risks Report 2021. — 16th Edition / World Economic Forum. — 2021. — 96 p.
19. Карпачевский М.Л., Тепляков В.К., Яницкая Т.О. и др. Основы устойчивого лесопользования: учеб. пособие для вузов / под общ. ред. А.В. Беляковой, Н.М. Шматкова; Всемирный фонд дикой природы (WWF). — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: WWF России, 2014.
20. Pearce D., Markandya A., Barbier E. Blueprint for a Green Economy. — London: Earthscan, 1989.
21. Bateman I. J., Turner R. K. Valuation of the environment, methods and techniques: The contingent valuation method // *Sustainable Environmental Economics and Management: Principles and Practice* / Ed. R. K. Turner. — London: Belhaven Press, 1993. — P. 120—191.

22. System of Environmental Economic Accounting 2012 — Central Framework. Statistical Papers, Series F, No. 109. Sales No. E12.XVII.12 / United Nations. — 2014. — URL: <https://seea.un.org/content/seea-central-framework> (дата обращения: 12.01.2022).
23. Швиденко А. З., Щепашенко Д. Г., Нильссон С., Булуй Ю. И. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесообразующих пород Северной Евразии (нормативно-справочные материалы). — 2-е изд., доп. — М.: Федеральное агентство лесного хозяйства; Международный институт прикладного системного анализа, 2008. — 886 с.
24. Komarov A., Chertov S., Bykhovets S., Shawet C. Romul_Hum model of soil organic matter formation coupled with soil biota activity. I. Problem formulation, model description, and testing // *Ecological Modelling*. — 2017. — Vol. 345. — P. 113–124.
25. Chertov O., Shaw C., Shashkov M., Komarov A. Romul_Hum model of soil organic matter formation coupled with soil biota activity. III. Parameterisation of earthworm activity // *Ecological Modelling*. — 2017. — Vol. 345. — P. 140–149.
26. Быховец С. С., Комаров А. С. Простой статистический имитатор климата почвы с месячным шагом // *Почвоведение*. — 2002. — Т. 4. — С. 443–452.
27. Моделирование динамики органического вещества в лесных экосистемах / отв. ред. В. Н. Кудяров. — М.: Наука, 2007. — 380 с.
28. Уткин А. И., Замолодчиков Д. Г., Гульбе Т. А., Гульбе Я. И. Аллометрические уравнения для фитомассы по данным деревьев сосны, ели, березы, и осины в Европейской части России // *Лесоведение*. — 1996. — № 6. — С. 36–45.
29. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК: В 5 т. Т. 4. Сельское хозяйство, лесное хозяйство и другие виды землепользования / МГЭИК. — Хайма: Институт глобальных стратегий окружающей среды, 2006. — URL: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/vol4.html> (дата обращения 14.01.2022).
30. Замолодчиков Д. Г., Грабовский В. И., Коровин Г. Н. и др. Бюджет углерода управляемых лесов Российской Федерации в 1990–2050 гг.: ретроспективная оценка и прогноз // *Метеорология и гидрология*. — 2013. — № 10. — С. 73–92.
31. Замолодчиков Д. Г., Грабовский В. И., Краев Г. Н. Динамика бюджета углерода лесов России за два прошедших десятилетия // *Лесоведение*. — 2011. — № 6. — С. 16–28.
32. Национальный доклад Российской Федерации о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990–2019 гг. — М.: Росгидромет, 2021.
33. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК: в 5 т. Т. 2. Энергетика / МГЭИК. — Хайяма: Институт глобальных стратегий окружающей среды, 2006. — 318 с. — URL: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html> (дата обращения 19.01.2022).
34. Болданова Е. В., Давыдова Г. В. Лесные пожары в России, Канаде, США: динамика, тенденции, факторы // *Актуальные тенденции развития мировой экономики: материалы международной научно-практической конференции (Иркутск, 15–16 марта 2016 г.)* / под науч. ред. А. П. Суходолова, Т. Г. Озерниковой. — Иркутск: Изд-во БГУ, 2016. — С. 12–20.
35. Chiabai A., Ding H., Markandya A. et al. Economic Valuation of Forest Ecosystem Services: Methodology and Monetary Estimates (June 19, 2009). *Fondazione Eni Enrico Mattei Working Papers*. Paper 272.
36. Булыгина О. Н., Разуваев В. Н., Трофименко Л. Т. и др. Описание массива данных среднемесячной температуры воздуха на станциях России. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014621485. — URL: <http://meteo.ru/data/156-temperature#описание-масс-ива-данных> (дата обращения 18.01.2022).
37. Ильин Б. М., Булыгина О. Н., Богданова Э. Г. и др. Описание массива месячных сумм осадков, с устранением систематических погрешностей осадкомерных приборов. — URL: <http://meteo.ru/data/506-mesyachnye-summy-osadkov-s-ustraneniem-sistematicheskikh-pogreshnostej-osadkomernykh-priborov#описание-массива-данных> (дата обращения 19.01.2022).
38. Шерстюков А. Б. Описание массива суточных данных о температуре почвы на глубинах до 320 см по метеорологическим станциям Российской Федерации (версия 2). — URL: <http://meteo.ru/data/164-soil-temperature#описание-массива-данных> (дата обращения 24.01.2022).
39. Шерстюков, Булыгина О. Н., Богданова Э. Г. и др. Описание массива месячных сумм осадков, с устранением систематических погрешностей осадкомерных приборов. — URL: <http://meteo.ru/data/506-mesyachnye-summy-osadkov-s-ustraneniem-sistematicheskikh-pogreshnostej-osadkomernykh-priborov#описание-массива-данных> (дата обращения 24.01.2022).
40. Грабарник П. Я. Интеграция имитационных моделей для комплексной оценки экосистемных услуг лесов: методические подходы // *Математическая биология и биоинформатика*. — 2019. — Т. 14. — № 2. — С. 488–499.
41. Грабарник П. Я., Шанин В. Н., Чертов О. Г. и др. Моделирование динамики лесных экосистем как инструмент прогнозирования и управления лесами // *Лесоведение*. — 2019. — № 6. — С. 488–500.
42. Усольцев В. А. Фитомасса и первичная продукция лесов Евразии. — Екатеринбург: УрО РАН, 2010. — 570 с.
43. Шанин В. Н., Рочева Л. К., Шашков М. П. и др. Особенности пространственного распределения биомассы корней некоторых древесных видов (*Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Betula sp.*) // *Известия РАН. Серия биологическая*. — 2015. — № 3. — С. 316–325.
44. Комаров А. С., Гинжун Л. К., Шанин В. Н. и др. Особенности распределения биомассы бореальных видов деревьев по фракциям // *Известия РАН. Серия биологическая*. — 2017. — № 6. — С. 76–84.

FOREST CARBON PROJECTS: OPPORTUNITIES AND PROBLEMS OF IMPLEMENTING THE ESG PRINCIPLES. PART I

G. A. Fomenko, Ph. D. (Geography), Dr. Habil., Scientific Supervisor, Group of Companies Institute of Sustainable Innovation, Professor, Yaroslavl State Technical University, Leading researcher, Immanuel Kant Baltic Federal University, info@npo-kad.ru, Yaroslavl, Russia,

A. A. Romanovskaya, Ph. D. (Biology), Dr. Habil., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director, Institute of Global Climate and Ecology named after Academician Yu. A. Israel, an_roman@igce.ru, Moscow, Russia,
M. A. Fomenko, Ph. D. (Geography), Associate Professor, First Deputy Director, LLC Scientific and Technical Center "Resources and Consulting", fomenkoma@rcs-cad.com, Yaroslavl, Russia,
K. A. Loshadkin, Ph. D. (Geography), Deputy Director, LLC Scientific and Technical Center "Resources and Consulting", Associate Professor, Yaroslavl State Technical University, loshadkinka@rcs-cad.com, Yaroslavl, Russia,
E. V. Klimov, Head of the Department for Regulation of Greenhouse Gas Emissions, Department for Ecology, Occupational Health and Industrial Safety of the Technical Directorate of UC RUSAL, evgeniy.klimov3@rusal.com, Moscow, Russia,
O. N. Lipka, Ph. D. (Geography, Leading Researcher, Institute of Global Climate and Ecology named after Academician Yu. A. Israel, olipka@igce.ru, Moscow, Russia,
V. N. Korotkov, Ph. D. in Geography, Leading Researcher, Institute of Global Climate and Ecology named after Academician Yu. A. Israel, korotkovv@igce.ru, Moscow, Russia,
A. S. Aldoshina, Head of ASI, JSC RUSAL Management (until November, 2021), alla.aldoshina@rusal.com, Moscow, Russia

References

1. Busch J., Engelmann J. Cost-effectiveness of reducing emissions from tropical deforestation, 2016–2050. *Environmental Research Letters*. 2017. Vol. 13 (1).
2. Federici S., Lee D., Herold M. Forest Mitigation: A Permanent Contribution to the Paris Agreement? (Working Paper). San Francisco: Climate and Land Use Alliance, 2017.
3. Grassi G., House J., Dentener F. et al. The key role of forests in meeting climate targets requires science for credible mitigation. *Nature Climate Change*. 2017. Vol. 7 (3).
4. The Global Forest Goals Report 2021. United Nations. 2021.
5. AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis. IPCC. URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/> (date of access 11.01.2022).
6. Lesa Rossii i izmenenie klimata. Chto nam mozhet skazat nauka. [Forests of Russia and climate change. What can science tell us.] Ed. P. Leskinen, M. Lindner, P. Verkerk et al. Evropejskij institut lesa, 2020. 140 p. [in Russian].
7. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Eds. T. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner et al. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2013. 1535 p.
8. Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. IPCC; eds. V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner et al. Geneva, World Meteorological Organization, 2018.
9. Le Quéré C., Andrew R., Friedlingstein M. et al. Global Carbon Budget 2017. *Earth System Science Data*. 2018. Vol. 10 (1). P. 405–448.
10. Griscom B., Lomax G., Kroeger T., et al. We need both natural and energy solutions to stabilize our climate. *Global Change Biology*. 2019. Vol. 25 (6). P. 1889–1890.
11. How carbon offset programs address social and environmental harms. Carbon Offset Guide. URL: <http://www.offset-guide.org/high-quality-offsets/how-carbon-offset-programs-address-social-and-environmental-harms/> (date of access 11.01.2022).
12. Carbon offsets. Climate active. 2019. URL: <https://www.climateactive.org.au/what-climate-active/carbon-offsets> (date of access 12.01.2022).
13. Nabuurs G. J., Delacote P., Ellison D. et al. By 2050 the Mitigation Effects of EU Forests Could Nearly Double through Climate Smart Forestry. *Forests*. 2017. No. 8. P. 484.
14. Verkerk P. J., Costanza R., Hetemäki L. et al. 2020. Climate-Smart Forestry: the missing link. *Forest Policy and Economics*. 2020. Vol. 115.
15. Climate change for forest policy-makers — An approach for integrating climate change into national forest policy in support of sustainable forest management. Version 2.0. Forestry Paper no. 181. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 2018. 68 p.
16. Nature Risk Rising: Why the Crisis Engulfing Nature Matters for Business and the Economy. Geneva: World Economic Forum, 2020. URL: <https://www.weforum.org/reports/nature-risk-rising-why-the-crisis-engulfing-nature-matters-for-business-and-the-economy> (date of access 10.01.2022).
17. New Nature Economy Report II: The Future of Nature And Business. Geneva: World Economic Forum, 2020. URL: <https://www.weforum.org/reports/new-nature-economy-report-ii-the-future-of-nature-and-business> (date of access 11.01.2022).
18. The Global Risks Report 2021. 16th Edition. World Economic Forum. 2021. 96 p.
19. Karpachevskij M.L., Teplyakov V.K., Yanickaya T.O. et al. Osnovy ustojchivogo lesoupravleniya: ucheb. posobie dlya vuzov [Fundamentals of sustainable forest management: a textbook for universities]. Ed. A.V. Belyakova, N.M. Shmatkov. World Wildlife Fund (WWF). 2nd ed., revised. and supplemented. Moscow: WWF Russia, 2014.
20. Pearce D., Markandya A., Barbier E. Blueprint for a Green Economy. London, Earthscan, 1989.
21. Bateman I. J., Turner R. K. Valuation of the environment, methods and techniques: The contingent valuation method. Sustainable Environmental Economics and Management: Principles and Practice. Ed. R. K. Turner. London, Belhaven Press, 1993. P. 120–191.
22. System of Environmental Economic Accounting 2012 — Central Framework. Statistical Papers, Series F, No. 109. Sales No. E12.XVII.12. United Nations. 2014. URL: <https://seea.un.org/content/seea-central-framework> (date of access 12.01.2022).
23. Shvidenko A. Z., Shepashenko D. G., Nilsson S., Buluj Yu. I. Tablicy i modeli hoda rosta i produktivnosti nasazhdenij osnovnyh lesoobrazuyushih porod Severnoj Evrazii (normativno-spravochnye materialy). [Tables and models of the course of growth and

- productivity of plantations of the main forest-forming species of Northern Eurasia (regulatory and reference materials)]. 2nd ed. Moscow: Federal Forestry Agency; International Institute for Applied Systems Analysis, 2008. 886 p. [in Russian].
24. Komarov A., Chertov S., Bykhovets S., Shawet C. Romul_Hum model of soil organic matter formation coupled with soil biota activity. I. Problem formulation, model description, and testing. *Ecological Modelling*. 2017. Vol. 345. P. 113–124.
 25. Chertov O., Shaw C., Shashkov M., Komarov A. Romul_Hum model of soil organic matter formation coupled with soil biota activity. III. Parameterisation of earthworm activity. *Ecological Modelling*. 2017. Vol. 345. P. 140–149.
 26. Bykhovets S. S., Komarov A. S. Prostoj statisticheskiy imitator klimata pochvy s mesyachnym shagom. *Pochvovedenie. [Pedology.]* 2002. Vol. 4. P. 443–452 [in Russian].
 27. Modelirovanie dinamiki organicheskogo veshstva v lesnyh ekosistemah [Modeling the dynamics of organic matter in forest ecosystems]. Ed V. N. Kudryarov. Moscow, Nauka, 2007. 380 p. [in Russian].
 28. Utkin A. I., Zamolodchikov D. G., Gulbe T. A., Gulbe Ya. I. Allometricheskie uravneniya dlya fitomassy po dannym derevev sosny, eli, berezy, i osiny v Evropejskoj chasti Rossii. *Lesovedenie. [Forestry.]* 1996. No. 6. P. 36–45 [in Russian].
 29. Rukovodyashie principy nacionalnyh inventarizacij parnikovyh gazov MGEIK. Vol. 4. Selskoe hozyajstvo, lesnoe hozyajstvo i drugie vidy zemlepolzovaniya. [Agriculture, forestry and other land uses]. MGEIK. Hayama: Institut globalnyh strategij okruzhayushej sredy, 2006. URL: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/vol4.html> (date of access 14.01.2022) [in Russian].
 30. Zamolodchikov D. G., Grabovskij V. I., Korovin G. N. et al. Byudzhet ugleroda upravlyаемых лесов Rossijskoj Federacii v 1990–2050 gg.: retrospektivnaya ocenka i prognoz. *Meteorologiya i gidrologiya. [Meteorology and Hydrology]*. 2013. No. 10. P. 73–92 [in Russian].
 31. Zamolodchikov D. G., Grabovskij V. I., Kraev G. N. Dinamika byudzhetnogo ugleroda лесов Rossii za dva proshedshih desyatiletiya. *Lesovedenie. [Forestry.]* 2011. No. 6. P. 16–28.
 32. Nacionalnyj doklad Rossijskoj Federacii o kadastro antropogennyh vybrosov iz istochnikov i absorbcii poglotitelyami parnikovyh gazov, ne reguliruemym Monrealskim protokolom, za 1990–2019 gg. [National report of the Russian Federation on the inventory of anthropogenic emissions from sources and removals by sinks of greenhouse gases not controlled by the Montreal Protocol for 1990–2019]. Moscow, Rosgidromet, 2021 [in Russian].
 33. Rukovodyashie principy nacionalnyh inventarizacij parnikovyh gazov MGEIK. Vol. 2. Energetika. [Energy Sector]. MGEIK. Hayama: Institut globalnyh strategij okruzhayushej sredy, 2006. 318 p. URL: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html> (date of access 19.01.2022) [in Russian].
 34. Boldanova E. V., Davydova G. V. Lesnye pozhary v Rossii, Kanade, SShA: dinamika, tendencii, faktory. Aktualnye tendencii razvitiya mirovoj ekonomiki: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (Irkutsk, 15–16 marta 2016 g.). [Actual trends in the development of the world economy: materials of the international scientific and practical conference (Irkutsk, March 15–16, 2016)]. Sc.ed. A. P. Suhodolova, T. G. Ozernikovej. Irkutsk, Izd-vo BGU, 2016. P. 12–20.
 35. Chiabai A., Ding H., Markandya A. et al. Economic Valuation of Forest Ecosystem Services: Methodology and Monetary Estimates (June 19, 2009). *Fondazione Eni Enrico Mattei Working Papers*. Paper 272.
 36. Bulygina O. N., Razuvaev V. N., Trofimenko L. T., et al. Opisanie massiva dannyh srednemesyachnoj temperatury vozduha na stanciyah Rossii. [Description of the array of data on average monthly air temperature at stations in Russia.] Svidetelstvo o gosudarstvennoj registracii bazy dannyh № 201462148. URL: <http://meteo.ru/data/156-temperature#описание-масс-ива-данных> (date of access 18.01.2022) [in Russian].
 37. Ilin B. M., Bulygina O. N., Bogdanova E. G. et al. Opisanie massiva mesyachnyh summ osadkov, s ustraneniem sistemicheskikh pogreshnostej osadkomernyh priborov. [Description of the array of monthly precipitation sums, with the elimination of systematic errors in precipitation gauges]. URL: <http://meteo.ru/data/506-mesyachnye-summy-osadkov-s-ustraneniem-sistemicheskikh-pogreshnostej-osadkomernyh-priborov#описание-массива-данных> (date of access 19.01.2022) [in Russian].
 38. Sherstyukov A. B. Opisanie massiva sutochnyh dannyh o temperature pochvy na glubinah do 320 sm po meteorologicheskim stanciyam Rossijskoj Federacii (versiya 2). [Description of the array of daily data on soil temperature at depths up to 320 cm at meteorological stations of the Russian Federation (version 2)]. URL: <http://meteo.ru/data/164-soil-temperature#описание-массива-данных> (date of access 24.01.2022) [in Russian].
 39. Sherstyukov A. B., Bulygina O. N., Bogdanova E. G. et al. Opisanie massiva mesyachnyh summ osadkov, s ustraneniem sistemicheskikh pogreshnostej osadkomernyh priborov. [Description of the array of monthly precipitation sums, with the elimination of systematic errors in precipitation gauges]. URL: <http://meteo.ru/data/506-mesyachnye-summy-osadkov-s-ustraneniem-sistemicheskikh-pogreshnostej-osadkomernyh-priborov#описание-массива-данных> (date of access 24.01.2022) [in Russian].
 40. Grabarnik P. Ya. Integraciya imitacionnyh modelej dlya kompleksnoj ocenki ekosistemnyh uslug лесов: metodicheskie podhody. *Matematicheskaya biologiya i bioinformatika. [Mathematical biology and bioinformatics]*. 2019. Vol. 14. No. 2. P. 488–499 [in Russian].
 41. Grabarnik P. Ya., Shanin V. N., Chertov O. G. et al. Modelirovanie dinamiki lesnyh ekosistem kak instrument prognozirovaniya i upravleniya лесами. *Lesovedenie. [Forestry.]* 2019. No. 6. P. 488–500 [in Russian].
 42. Usoltsev V. A. Fitomassa i pervichnaya produkcija лесов Евразии. [Phytomass and primary production of Eurasian forests]. Ekaterinburg, UrO RAN, 2010. 570 p. [in Russian].
 43. Shanin V. N., Rocheva L. K., Shashkov M. P. et al. Osobennosti prostranstvennogo raspredeleniya biomassy kornej nekotoryh drevesnyh vidov (*Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Betula sp.*). [Features of the spatial distribution of the biomass of the roots of some tree species (*Picea abies*, *Pinus sylvestris*, *Betula sp.*)]. *Izvestiya RAN. Seriya biologicheskaya*. 2015. No. 3. P. 316–325 [in Russian].
 44. Komarov A. S., Ginzul L. K., Shanin V. N. et al. Osobennosti raspredeleniya biomassy borealnyh vidov derevev po frakciyam. [Features of the distribution of the biomass of boreal tree species by fractions]. *Izvestiya RAN. Seriya biologicheskaya*. 2017. No. 6. P. 76–84 [in Russian].