



УДК 630*23 DOI 10.21685/2500-0578-2022-4-3

ЛЕСНЫЕ КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПРОЕКТЫ В РОССИИ: ОГРАНИЧЕНИЯ И ВОЗМОЖНОСТИ

В. Н. Коротков

Институт глобального климата и экологии имени академика Ю. А. Израэля, Москва, Россия
korotkovv@igce.ru

Аннотация. Рассматриваются основные типы лесоклиматических проектов, их возможный потенциал, достоинства, ограничения и риски. Перед осуществлением лесных климатических проектов целесообразно предварительно просчитывать динамику секвестрации углерода в экосистемах при реализации дополнительных мероприятий по сравнению с базовой линией с помощью прогнозного имитационного моделирования.

Ключевые слова: природные решения, лесные климатические проекты, диоксид углерода, лесоразведение, лесовосстановление, улучшенное лесоправление

Для цитирования: Коротков В. Н. Лесные климатические проекты в России: ограничения и возможности // Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2022. Vol. 7 (4). <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2022-4-3>

FOREST CLIMATE PROJECTS IN RUSSIA: LIMITATIONS AND OPPORTUNITIES

V. N. Korotkov

Yu. A. Izrael Institute of Global Climate and Ecology, Moscow, Russia
korotkovv@igce.ru

Abstract. The article discusses the main types of forest-climatic projects, their possible potential, advantages, limitations and risks. Before implementing forest climate projects, it is advisable to pre-calculate the dynamics of carbon sequestration in ecosystems when implementing additional measures compared to the baseline using predictive simulation modeling.

Keywords: nature based solution, forest climate project, carbon dioxide, afforestation, reforestation, improved forest management

For citation: Korotkov V.N. Forest climate projects in Russia: limitations and opportunities. Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2022;7(4). (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2022-4-3>

Лесоклиматические проекты относятся к категории природных решений (nature-based solutions) [1, 2] и обладают рядом дополнительных преимуществ, таких как сохранение биоразнообразия, регуляция водного режима, защита почв от эрозии и т.д., что позволяет рассматривать и оценивать эти проекты не только с точки зрения митигации (смягчения) глобальных антропогенных изменений климата, но и адаптации к ним, не говоря уже об их роли в качестве поставщика экосистемных услуг и в качестве источника необходимых ресурсов, рабочих мест и доходов для местного населения [3].

В мире накоплен значительный опыт реализации лесоклиматических проектов, в том чис-

ле в рамках Киотского протокола (действовал с 2008 по 2020 г.) и других регулируемых и добровольных углеродных рынков. В России необходимые условия для реализации климатических проектов вообще и лесоклиматических проектов в частности только формируются. Разработаны и утверждены критерии отнесения проектов к климатическим, порядок представления отчетов о реализации климатических проектов, правила верификации результатов климатических проектов; создан и начал работать реестр углеродных единиц, в котором производится регистрация климатических проектов и выпуск в обращение углеродных единиц по результатам реализации таких проектов. Минэкономразвития Российской Федерации

разработало Концепцию системы учета, регистрации, выпуска в обращение, передачи и зачета результатов климатических проектов, осуществляемых на территории Российской Федерации, а Рослесхоз подготовил законопроект о реализации климатических проектов в лесах. Оба документа находятся на рассмотрении в Правительстве Российской Федерации и могут быть утверждены в 2023 г.

Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. (далее – СНУР), утвержденная Правительством Российской Федерации, задает не только целевые показатели выбросов парниковых газов от различных секторов (источников), но и целевые показатели поглощения углекислого газа (CO_2) в секторе землепользования и лесного хозяйства. Вероятно, что достижение целевых показателей невозможно без реализации климатических проектов.

Единственным успешным лесоклиматическим проектом в России, который прошел все формальные процедуры в рамках Киотского протокола вплоть до выпуска в обращение и продажи иностранным покупателям углеродных единиц, стал Бикинский проект сохранения лесов в ареале амурского тигра. Он был разработан по инициативе и при участии WWF России и Германии, поддержан Минприроды России и Министерством охраны природы и ядерной безопасности Германии, а выпущенные по результатам реализации проекта углеродные единицы были использованы для покрытия углеродного следа Сочинской Олимпиады 2014 г.

Аналогичному алтайскому проекту «Поглощение углерода путем лесоразведения в отдаленных районах сибирского региона Российской Федерации» повезло меньше. Он тоже был зарегистрирован как Киотский проект, однако по разным причинам продажа углеродных единиц на международном рынке так и не случилась. Часть углеродных единиц по проекту была впоследствии продана российским компаниям для покрытия выбросов парниковых газов, связанных с осуществлением хозяйственной деятельности или с реализацией отдельных проектов, в том числе с изданием книг.

В 2013 г. компанией «Тернейлес» был начат проект, который предусматривал сохранение в нетронutom виде отдельных участков леса на арендованных компанией лесных землях. Но этот проект так и не был официально одобрен и зарегистрирован.

Виды лесоклиматических проектов и основные требования к ним

К числу основных требований, предъявляемых к лесоклиматическим проектам, относятся *дополнительность*, *постоянство* и *отсутствие утечки* [4].

Принцип дополнительной означает, что климатическим результатом реализации проекта признается только такое сокращение выбросов и/или увеличение поглощения парниковых газов, которое образовалось благодаря принятым дополнительным мерам сверх того или в отличие от того, что является обычной, сложившейся хозяйственной практикой в соответствии с действующим законодательством и принятыми нормами делового оборота. Собственно, эти специальные, дополнительные меры, направленные на увеличение нетто-поглощения или сокращение нетто-выбросов парниковых газов от осуществления хозяйственной деятельности на лесных землях, и являются, согласно принципу дополнительной, предметом лесоклиматического проекта.

Для адекватной оценки результата реализации проекта определяется так называемая базовая линия, которая отражает баланс парниковых газов на лесном участке в ситуации «без проекта». Соответственно, результат проекта и количество выпускаемых в обращение углеродных единиц рассчитываются как разница между нетто-выбросами (или нетто-поглощением) парниковых газов по проекту и по базовой линии (рис. 1).

Принцип постоянства требует, чтобы результаты проекта в виде поглощения CO_2 сохранялись длительное время (как минимум, до конца 2100 г.). А под отсутствием утечек понимается гарантия того, что предпринимаемые в рамках реализации проекта меры по сокращению выбросов или увеличению поглощения парниковых газов не приведут к такому же или большему увеличению выбросов парниковых газов в другом месте.

Существует несколько разновидностей лесоклиматических проектов: облесение (посадка леса на территориях, где ранее леса не было), лесовосстановление, улучшенное лесопользование и предотвращение конверсии, т.е. перевода лесных земель в нелесные, и др. Все они имеют свои особенности, плюсы и минусы.

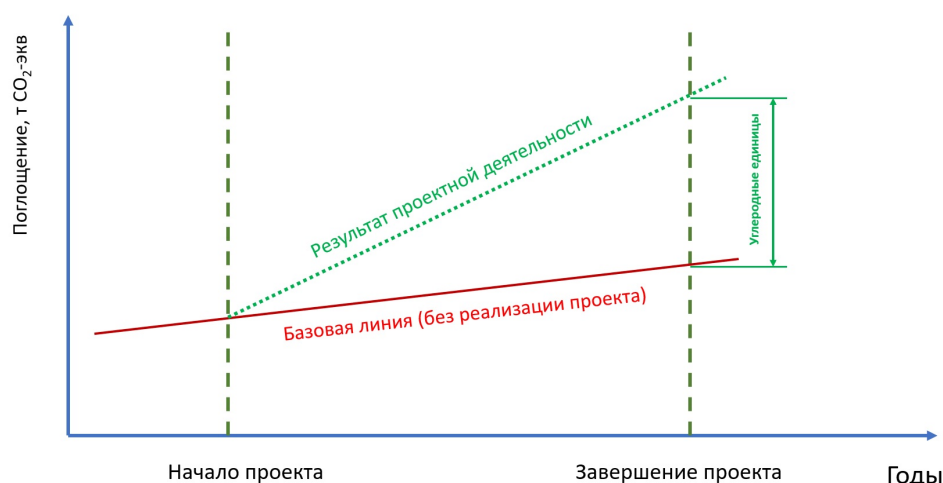


Рис. 1. Расчет результата лесоклиматического проекта в виде углеродных единиц

Fig. 1. Calculating the result of the forest climate project in the form of carbon units

Облесение, или лесоразведение

К проектам по лесоразведению относятся посадка или посев леса на нелесных землях, включая земли, выбывающие из сельскохозяйственного оборота. Такие проекты имеют ряд преимуществ. Они прозрачны и легко поддаются проверке (верификации). Дополнительность проекта легко обосновывается. Базовая линия практически равна нулю, поэтому оценка результата проекта достаточно проста.

Помимо поглощения CO_2 такие проекты могут приносить и другие выгоды. Например, если они реализуются в форме создания противоэрозионных и полезащитных насаждений, обеспечивающих защиту почвы от водной и ветровой эрозии. Это особенно актуально для засушливых и малолесных регионов, где имеется недостаток защитных лесонасаждений, а часть насаждений утрачена.

В среднем потенциал нетто-поглощения парниковых газов от лесоразведения достигает 10–15 тонн CO_2 -экв. на один гектар в год.

Однако у таких проектов есть и вполне очевидные минусы и ограничения. Во-первых, в России для них не так много подходящих земель. Во-вторых, выращивание новых лесов – процесс заведомо небыстрый. По балансу потерь и накопления углерода посадка леса начинает окупаться спустя 10–15 лет. При этом имеются риски, связанные с возможной гибелью саженцев вследствие их низкой приживаемости или в результате пожаров. Кроме того, необходимо внимательно следить за тем, чтобы проекты по лесоразведению не приводили к исчезновению ценных в природоохранном отношении нелесных экосистем (степи, луга) и местообитаний редких охраняемых видов, занесенных в Красную книгу Российской Федерации и в региональные красные книги.

Вопреки расхожему мнению, бытующему среди лесоклиматических неопитов, целесообразность использования быстрорастущих пород (павловния) или многолетних трав (мискантус) весьма сомнительна. Высокая скорость поглощения CO_2 не гарантирует надежного и длительного депонирования углерода. Необходимо принимать во внимание полный цикл жизни растений и продукции их переработки, а также возможные нежелательные побочные эффекты. Хорошо известно, например, что интродуцируемые виды способны существенно изменять сложившуюся экосистему, вытесняя местные виды флоры и фауны. Такую интродукцию называют биологическим загрязнением, и это явно не то, к чему следует стремиться. С учетом этого предпочтение следует отдавать местным видам деревьев и кустарников.

Отдельно следует сказать о лесных проектах, реализуемых на зарастающих сельскохозяйственных землях. Правовой статус таких проектов до конца не ясен. Сама возможность ведения лесного хозяйства на сельскохозяйственных землях вызывает сомнение. Законодательство Российской Федерации устанавливает жесткие требования в отношении охраны, защиты и ухода за лесами на землях этой категории¹. А принятые в этом году поправки в законодательство² резко повышают администра-

¹ См. Об особенностях использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов, расположенных на землях сельскохозяйственного назначения : постановление Правительства РФ № 1509 от 21.09.2020.

² См. О внесении изменений в Положение об особенностях использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов, расположенных на землях сельскохозяйственного назначения : постановление Правительства РФ № 1043 от 08.06.2022.

тивную и регуляторную нагрузку и фактически вводят запрет на сельское лесоводство.

Оборотной стороной лесоразведения является снижение альбедо земной поверхности, что вызывает необходимость учитывать этот эффект при оценке воздействия на климат проектов этого типа [7].

Лесовосстановление

К проектам по лесовосстановлению относятся мероприятия по посадке или посеву леса (создание лесных культур) на участках, временно утративших древостой в результате естественных или антропогенных нарушений (вырубки, гари и т.д.). Такая деятельность важна для воспроизводства ценных лесных ресурсов (в основном хвойных пород), однако ее соответствие критериям лесоклиматических проектов сомнительна.

Прежде всего, это касается принципа дополненности, поскольку большая часть лесных земель прекрасно восстанавливается естественным путем, в основном за счет мелколиственных пород (береза, осина, ольха, ива). Соответственно, базовая линия будет отражать значительное поглощение CO_2 при естественном зарастании вырубок и гарей, на фоне которого дополнительное (по сравнению с базовой линией) поглощение CO_2 создаваемыми в рамках проекта лесными культурами может быть незначительным или нулевым. В принципе, результат может быть и отрицательным, если поглощение CO_2 создаваемыми культурами окажется меньше, чем при естественном зарастании вырубок и гарей [6]. В этом случае деятельность по лесовосстановлению не будет являться лесоклиматическим проектом.

В среднем дополнительные нетто-поглощения парниковых газов от реализации мер по лесовосстановлению могут составлять до 3 т CO_2 -экв. на один гектар в год.

В любом случае меры по лесовосстановлению начинают окупаться еще позже, чем при лесоразведении, так как зачет единиц идет по разнице с базовой линией.

К недостаткам такого типа проектов также относятся их высокая трудоемкость и высокая стоимость (расчистка участка, подготовка почвы, посадка, дополнение культур, многократные уходы), а также высокие риски повреждения и гибели культур, что может в итоге привести не к дополнительному поглощению CO_2 , а наоборот, к уменьшению поглощения CO_2 относительно базовой линии.

Отдельного обсуждения заслуживает вопрос использования различных пород при проведении работ по лесовосстановлению. Чаще всего

на месте погибших древостоев, сплошных вырубок и гарей создаются монокультуры ели или сосны или формируются мелколиственные леса с доминированием березы и/или осины. Между тем, создание монокультур на обширных территориях имеет целый ряд негативных последствий. Помимо снижения биоразнообразия (генетического, видового, экосистемного), это и уменьшение плодородия почв, и резкое возрастание риска вспышек размножения патогенных микроорганизмов и насекомых-фитофагов, и повышение пожарной опасности (особенно в случае создания монокультур сосны). Все это увеличивает риски повреждения и гибели новых насаждений, а кроме того, создает дополнительные угрозы для местных сообществ.

С учетом этого рекомендуется проектировать смешанные лесные культуры из местных пород деревьев [8] с применением методов математического моделирования (например, с помощью моделей EFIMOD, CO2fix и др.), позволяющих прогнозировать результаты и выбирать оптимальные сценарии лесовосстановления [6]. Аналогично проектам по лесоразведению, при лесовосстановлении нежелательно использование интродуцентов¹.

Предотвращение вырубки лесов и конверсии лесных земель

Положительной стороной проектов, направленных на сохранение лесов, является не столько увеличение поглощения CO_2 , сколько предотвращение их возможных выбросов в результате рубок. К дополнительным преимуществам такого рода проектов можно отнести сохранение биоразнообразия и экосистемных услуг лесов.

Однако выполнение проекта может сопровождаться «утечками углерода», так как эквивалентный объем древесины лесозаготовитель может вырубить на другом участке, в результате чего величина выбросов парниковых газов может не только не уменьшиться, а даже возрасти. Кроме того, нет никакой гарантии, что после прекращения договора аренды или смены собственника будет обеспечено сохранение участка леса от вырубки.

В целом, такие проекты могут реализовываться в малонарушенных лесах с большим запасом углерода и высоким уровнем биораз-

¹ Правила санитарной безопасности в лесах, утвержденные постановлением Правительства РФ от 09.12.2020 № 2047, запрещают «разведение и использование растений, животных и других организмов, несвойственных естественным экологическим системам, а также созданных искусственным путем, без разработки эффективных мер по предотвращению их неконтролируемого размножения».

нообразия, а в общем случае они вызывают много вопросов и сомнений. Возможно, что лучшим способом сохранения малонарушенных лесов является организация особо охраняемых природных территорий, а не реализация климатических проектов.

Улучшение (повышение качества) лесоуправления

Увеличение запасов углерода за счет мер по оптимизации лесоуправления может достигаться разными способами. Значительный эффект может дать лесовосстановление с использованием пород, обеспечивающих улучшенную аккумуляцию углерода не только в биомассе, но и в почве, увеличение возраста рубки, переход от сплошных рубок к выборочным с опорой на естественное возобновление древостоев, минимизация потерь углерода в органическом веществе почв при лесозаготовках, отказ от формирования монокультур хвойных пород и формирование смешанных разновозрастных древостоев, устойчивых к вредителям и болезням, грамотное применение удобрений и охрана лесов от пожаров (включая создание систем раннего предупреждения и пожаротушения).

В зависимости от применяемых мер потенциал нетто-сокращения выбросов или нетто-увеличения поглощения парниковых газов при реализации такого типа проектов может составлять от 3 до 5 т CO_2 -экв. на гектар в год.

Главная сложность с реализацией подобных проектов состоит в том, что они требуют от работников высокой квалификации, отличного знания биологии и экологии древесных видов, а это, к сожалению, встречается нечасто. Специалистов такого уровня трудно найти даже в профильных институтах, не говоря уже о местных лесничествах и лесхозах. Другой проблемой является отложенный эффект от реализации проекта. Как правило, результат от улучшения методов и практики лесоуправления проявляется через 40–50 лет и только при условии обеспечения последовательности и преемственности в применении новых методов лесоуправления в течение длительного периода.

Внесение удобрений

Удобрение лесов даст наибольший эффект в средних по продуктивности условиях произрастания с достаточным, но не избыточным увлажнением, на 1–2 класса бонитета ниже регионального максимума в возрасте максимального текущего прироста древесины (40–70 лет

для хвойных пород). Прирост поглощения углерода достигается за счет увеличения запасов фитомассы, крупных древесных остатков, а также углерода в почве. При этом дополнительные выбросы парниковых газов на реализацию проекта включают в себя выбросы от добычи, переработки, доставки и сжигания ископаемого топлива, используемого для внесения удобрений (CO_2 , CH_4 , N_2O), прямые и не прямые выбросы N_2O от применения азотных удобрений, выбросы CO_2 от известкования и применения мочевины. Дополнительное нетто-поглощение парниковых газов в результате применения удобрения оценивается в диапазоне от 0,5 до 3 т CO_2 -экв. на один гектар в год. К недостаткам проекта можно отнести высокий риск снижения биоразнообразия и эвтрофикации водоемов.

Предотвращение пожаров / нарушений в управляемых лесах

Охрана лесов от пожаров и оперативное тушение лесных пожаров актуальны для России. К положительным аспектам проекта относится сохранение биоразнообразия и экосистемных услуг лесов. Дополнительность можно установить, если в рамках проекта предусматриваются дополнительные мероприятия по охране и защите лесов сверх тех, которые регламентированы действующими нормами и правилами. Например, тушение пожаров в зоне, где пожары разрешено не тушить, если они не угрожают поселениям и объектам инфраструктуры.

В качестве базовой линии принимаются среднесуточные выбросы парниковых газов от лесных пожаров в данном регионе¹. Углеродные единицы выписывают каждый год по разнице между фактическими выбросами парниковых газов от лесных пожаров за год (плюс выбросы от сжигания ископаемого топлива в процессе реализации проекта) и среднегодовой исторической базовой линией.

Потенциал сокращения выбросов парниковых газов при реализации этого типа проекта может составлять 0,1...0,4 т CO_2 -экв. на один гектар в год, что вызывает необходимость выполнения проекта на больших площадях.

¹ Строго говоря, следовало бы делать поправку на изменение климата и на увеличение вследствие этого количества жарких и засушливых дней, а соответственно, и количества лесных пожаров. Однако принцип консервативности требует ни при каких обстоятельствах не завышать базовую линию и не использовать допущений, которые могут привести к такому завышению.

Преимущество данного типа проектов – возможность свернуть его в любое время. Нет необходимости поддерживать проект в течение длительного времени и обеспечивать преемственность.

Перевод лесов из неуправляемых в управляемые

Одним из самых прозрачных и перспективных типов лесоклиматических проектов является перевод лесов из категории неуправляемых в управляемые. Дополнительность легко устанавливается, поскольку на территории неуправляемых лесов не выполняются мероприятия по охране и защите лесов, не учитываются поглощение CO_2 лесами и выбросы от нарушений. По этой же причине базовая линия равна нулю. Углеродные единицы выписывают каждый год, начиная с первого года, при этом засчитывается целиком нетто-поглощение парниковых газов на территории реализации проекта. Потенциал увеличения поглощения парниковых газов при реализации такого типа проектов оценивается в 1–3 т CO_2 -экв. на один гектар в год.

Главная сложность – необходимость обеспечить сохранение результата в течение длительного времени, а также необходимость продолжать проект неограниченное время, поскольку, по действующим правилам, площади управляемых лесов можно наращивать, но нельзя сокращать.

Использование заготовленных лесоматериалов и древесных отходов

Особой разновидностью лесоклиматических проектов являются проекты, которые предусматривают накопление углерода не в биомассе древостоя или в органическом веществе почвы, а в вывезенных из леса лесоматериалах. Речь идет, прежде всего, об использовании заготовленной и вывезенной из леса древесины в качестве строительных материалов. В этом случае уменьшение запаса углерода в древостоях вследствие заготовки и вывозки древесины из леса не тождественно выбросам CO_2 в атмосферу, а означает перевод этого запаса из одного пула в другой.

Дополнительного изъятия углерода из атмосферы при этом тоже не происходит. Зато происходит сокращение выбросов CO_2 и других парниковых газов в атмосферу в результате замены древесиной других строительных материалов, производство которых сопряжено с выбросами парниковых газов (например, бетона).

Помимо пиломатериалов из вывезенной древесины можно производить и другие материалы с длительными сроком хранения углерода. Например, биочар (biochar), который может применяться в сельском хозяйстве для повышения плодородия почвы¹.

Такие проекты могут объединяться с другими лесоклиматическими проектами, такими как облесение, лесовосстановление и улучшение лесопользования, и служить их естественными продолжениями и дополнениями, продлевая период депонирования углерода, изъятых из атмосферы в период активного роста лесонасаждений.

Другой возможностью является использование древесных отходов (неликвидная древесина от рубок ухода, санитарных рубок, порубочные остатки, отходы лесопиления и т.д.) для производства биотоплива (пеллеты, брикеты и т.д.) и/или энергии. Накопления углерода в биоматериалах в этом случае не происходит, зато имеет место сохранение ископаемого углерода в недрах, поскольку вместо ископаемого топлива для выработки энергии сжигается биотопливо, полученное путем изъятия углерода из атмосферы.

Риски

Главными рисками лесоклиматических проектов являются утечки углерода; гибель древостоев в результате пожаров, болезней и других причин; прекращение финансирования проекта. Несмотря на различную природу этих рисков эффект у них один: полное или частичное уничтожение результатов проектов в виде дополнительного депонирования углерода в фитомассе, мортмассе и в органическом веществе почвы вследствие выбросов CO_2 в атмосферу (в случае лесного пожара, иного нарушения лесов или прекращения финансирования проекта) или за его пределами (в случае утечки).

В то же время у разных видов лесоклиматических проектов могут быть и свои, специфические риски. Например, для проектов лесовосстановления это риск получения отрицательного результата, в том случае, если лесные культуры использованных видов деревьев дадут меньший прирост биомассы по сравнению с базовой линией.

Управлять этими рисками можно через систему страхования лесов от пожаров и от риска прекращения финансирования проекта или за счет формирования резервного фонда углерод-

¹ См. <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=5817> и <https://www.growlight.ru/content/7-biochar>

ных единиц. Однако установленных правил и требований на этот счет нет, а соответствующие инструменты пока недостаточно развиты.

С учетом этого к реализации лесоклиматических проектов следует подходить с осторожностью. До реализации проекта необходимо сделать прогноз базовой линии и результатов проектной деятельности с использованием методов математического моделирования [6, 9].

При кажущейся простоте лесные проекты – едва ли не самый сложный тип климатических решений. И не только потому, что эти проекты

требуют специальных знаний и навыков высококвалифицированных специалистов лесного хозяйства, но и потому что они подвержены природным и иным рискам, которые плохо поддаются контролю и управлению.

В любом случае при выборе мер достижения установленных климатических целей необходимо начинать с мер сокращения выбросов парниковых газов от источников, а к мерам секвестрации углерода прибегать для нейтрализации неустраиваемых выбросов от источников, для которых нет адекватных низкоуглеродных технологий.

Список литературы

1. Природные климатические решения. Обзор международных подходов. – Департамент многостороннего экономического сотрудничества и специальных проектов Минэкономразвития России. М., 2022. URL: https://economy.gov.ru/material/departments/d30/obzory_i_analitika/obzor_po_prirodnym_klimaticheskim_resheniya.html
2. Griscom B. W., Adams J., Ellis P. W. [et al.]. Natural climate solutions // *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*. 2017. Vol. 114 (44). P. 11645–11650. doi:10.1073/pnas.1710465114
3. Smith P., Nkem J., Calvin K. [et al.]. Interlinkages between desertification, land degradation, food security and greenhouse gas fluxes: Synergies, trade-offs and integrated response options // *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2019. P. 551–672.
4. The greenhouse gas protocol. The land use, land-use change, and forestry guidance for GHG project accounting. Washington : Word Resource Institute, 2006. 97 p. URL: <https://ghgprotocol.org/standards/project-protocol>
5. Verified Carbon Standard, v 4.2. Issued: 19 September 2019. Updated: 20 January 2022. URL: <https://verra.org/project/vcs-program/rules-and-requirements/>
6. Шанин В. Н., Фролов П. В., Коротков В. Н. Всегда ли искусственное лесовосстановление может быть лесоклиматическим проектом? // *Вопросы лесной науки*. 2022. Т. 5, № 2. С. 106. doi:10.31509/2658-607x-202252-106
7. Favero A., Sohngen B., Huang Y., Jin Y. Global cost estimates of forest climate mitigation with albedo: a new integrative policy approach // *Environmental Research Letters*. 2018. Vol. 13. 125002. doi:10.1088/1748-9326/aacaa2
8. Коротков В. Н. Основные концепции и методы восстановления природных лесов Восточной Европы // *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. 2017. Т. 2, № 1. С. 1–18. doi:10.21685/2500-0578-2017-1-1
9. Шанин В. Н., Лукина Н. В., Тебенькова Д. Н. [и др.]. RUFOSS – программный модуль интеграции имитационных моделей для оценки взаимодействий между лесными экосистемными услугами // *Почва как компонент биосферы: эволюция, функционирование и экологические аспекты : материалы Всерос. науч. конф., посвящ. 50-летию ИФХиБПП РАН (г. Пушкино, 9–13 ноября 2020 г.)*. Пушкино : КМК, 2020. С. 212–214.

References

1. *Prirodnye klimaticheskie resheniya. Obzor mezhdunarodnykh podkhodov.* – *Departament mnogostoronnego ekonomicheskogo sotrudnichestva i spetsial'nykh projektov Minekonomrazvitiya Rossii* = Natural climatic decisions Review of international approaches. – Department of multifaceted economic cooperation and special projects of the Ministry of Economic Development of Russia. Moscow, 2022. (In Russ.). Available at: https://economy.gov.ru/material/departments/d30/obzory_i_analitika/obzor_po_prirodnym_klimaticheskim_resheniya.html
2. Griscom B.W., Adams J., Ellis P.W. et al. Natural climate solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*. 2017;114(44):11645–11650. doi:10.1073/pnas.1710465114
3. Smith P., Nkem J., Calvin K. et al. Interlinkages between desertification, land degradation, food security and greenhouse gas fluxes: Synergies, trade-offs and integrated response options. *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. Intergovernmental Panel on Climate Change. 2019:551–672.
4. *The greenhouse gas protocol. The land use, land-use change, and forestry guidance for GHG project accounting*. Washington: Word Resource Institute, 2006:97. Available at: <https://ghgprotocol.org/standards/project-protocol>
5. *Verified Carbon Standard, v 4.2*. Issued: 19 September 2019. Updated: 20 January 2022. Available at: <https://verra.org/project/vcs-program/rules-and-requirements/>

6. Shanin V.N., Frolov P.V., Korotkov V.N. Can artificial reforestation always be a forest-climatic project? *Voprosy lesnoy nauki* = Issues of forest science. 2022;5(2):106. (In Russ.). doi:10.31509/2658-607x-202252-106
7. Favero A., Sohngen B., Huang Y., Jin Y. Global cost estimates of forest climate mitigation with albedo: a new integrative policy approach. *Environmental Research Letters*. 2018;13:125002. doi:10.1088/1748-9326/aaeaa2
8. Korotkov V.N. Basic concepts and methods of restoration of natural forests of Eastern Europe. *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. 2017;2(1):1–18. (In Russ.). doi:10.21685/2500-0578-2017-1-1
9. Shanin V.N., Lukina N.V., Teben'kova D.N. et al. RUFOSS is a software module for integrating simulation models to assess interactions between forest ecosystem services. *Pochva kak komponent biosfery: evolyutsiya, funktsionirovanie i ekologicheskie aspekty: materialy Vseros. nauch. konf., posvyashch. 50-letiyu IFKHiBPP RAN (g. Pushchino, 9–13 noyabrya 2020 g.)* = Soil as a component of the biosphere: evolution, functioning and ecological aspects : materials of the All-Russian scientific conference, dedicated 50th anniversary of the IFHiBPP RAS (Pushchino, November 9–13, 2020). Pushchino: KMK, 2020:212–214. (In Russ.)