

УДК 630\*973.1

## ПРОБЛЕМА УЧЕТА ПОГЛОЩАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ЛЕСОВ РОССИИ В ПАРИЖСКОМ СОГЛАШЕНИИ

© 2018 г. А. А. Романовская<sup>а</sup>, \*, А. А. Трунов<sup>а</sup>, В. Н. Коротков<sup>а</sup>, Р. Т. Карабань<sup>а</sup>

<sup>а</sup>Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН,  
Россия, 107258, Москва, ул. Глебовская, 20Б

\*E-mail: an\_roman@mail.ru

Поступила в редакцию 26.07.2016 г.

Существующие в рамках Киотского протокола правила зачета нетто-поглощения в лесах при выполнении обязательств содержат искусственные ограничения, приводящие к возможности зачета не более 24% от оценки, представленной в Национальном кадастре антропогенных выбросов и абсорбции парниковых газов Российской Федерации. В связи с этим возникла проблема “максимального возможного учета поглощающей способности лесов” в рамках Парижского соглашения, сформулированного в национально определяемом вкладе России в сокращение выбросов до 2030 г. Очевидно, что для оценки степени выполнения обязательств по сокращению выбросов парниковых газов необходимо учитывать совокупные выбросы и полное поглощение их управляемыми наземными экосистемами. С точки зрения ведения хозяйственной деятельности любые ограничения на зачет лишают смысла дальнейшее наращивание усилий по поддержке и увеличению запасов углерода. Предложена возможность полного зачета нетто-поглощения в лесах при выполнении национальных обязательств при включении величины базового уровня бюджета углерода лесов в установленные количества выбросов 1990 г. Верификация результатов оценки по национальной методике Российской Федерации, используемой в кадастре выбросов и абсорбции парниковых газов, с данными кадастров других стран показывает, что она дает объективную оценку поглощающей способности лесов России. При корректном сравнении данных с учетом различий природно-климатических условий средние показатели нетто-поглощения в лесах России на 13% выше, чем в США, в 4 раза выше показателей Канады и лишь на 27% ниже среднего нетто поглощения лесов Финляндии, где уровень пожарных нарушений в 100 раз ниже, чем в нашей стране.

*Ключевые слова:* поглощение углекислого газа, леса России, парниковые газы, Киотский протокол, Парижское соглашение, изменение климата, кадастр парниковых газов.

DOI: 10.1134/S0024114818050066

Проблема максимального учета бюджета углерода в лесах Российской Федерации возникла в контексте климатических переговоров в рамках выработки правил зачета антропогенного поглощения углекислого газа наземными экосистемами, прежде всего, лесными, в обязательствах страны по сокращению выбросов парниковых газов.

После подписания Рамочной конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН) в 1992 г. были выработаны общие принципы действий стран по данной проблеме. Согласно принятым в статье 4 РКИК ООН формулировкам, оценке и контролю подлежат только антропогенные выбросы и поглощение парниковых газов, учитывая, что естественные потоки между экосистемами и атмосферой сбалансированы (UNFCCC, 1992). Четких целей для отдельных стран по ограничению выбросов в РКИК ООН не обозначено, но введены правила обязательной отчетности (“reporting”) развитых стран и стран с переходной эконо-

микой по их ежегодным антропогенным выбросам и поглощению, начиная с 1990 г. Ежегодной оценке подлежат также антропогенные выбросы и поглощение в секторе лесного хозяйства, землепользования и изменений землепользования (ЗИЗЛХ). Для усиления эффективности совместных действий было выработано дополнительное соглашение — Киотский протокол (КП), принятый в декабре 1997 года в г. Киото (Япония). Он обязывает развитые страны и страны с переходной экономикой сократить или стабилизировать выбросы парниковых газов по сравнению с уровнем базового 1990 г. (Киотский..., 2005). Первый период выполнения обязательств по КП пришелся на 2008–2012 гг., а согласно решению, принятому 17-ой Конференцией Сторон в 2011 г. (Дурбан, ЮАР), срок действия КП продлен до 2020 г. со вторым периодом выполнения обязательств в течение 2013–2020 гг. Для отчетности по степени выполнения национальных обязательств стран в

рамках первого и второго периодов КП были разработаны специальные правила зачета (“accounting”) антропогенного поглощения в секторе ЗИЗЛХ, прежде всего, в лесах. Согласно этим правилам определяется часть нетто (т.е. результирующей) выбросов и поглощения парниковых газов в лесном хозяйстве, которая зачитывается в обязательства страны по сокращению выбросов в рамках глобального соглашения.

В ходе переговоров по климату Российская Федерация всегда настаивала на полном зачете нетто-выбросов и поглощения при выполнении обязательств, однако в правилах зачета КП этого достичь не удалось (см. ниже). Поэтому при обсуждении нового глобального климатического соглашения, принятого в Париже в декабре 2015 г., эта задача явилась одной из приоритетных для нашей страны.

При подготовке Парижского соглашения все страны представили свои национально определяемые вклады в сокращение выбросов. Формулировка вклада Российской Федерации была следующей: “Долгосрочной целью ограничения антропогенных выбросов парниковых газов в Российской Федерации может быть показатель в 70–75% выбросов 1990 г. к 2030 г., при условии максимально возможного учета поглощающей способности лесов”. К сожалению, неверная интерпретация понятия “учет”, использованного в формулировке определенного национального вклада, который относился именно к зачету поглощения при выполнении обязательств, привела к разворачиванию широкой дискуссии в прессе, на семинарах и в обсуждениях бизнес-сообщества с требованиями пересмотра национальной отчетности Российской Федерации по РКИК ООН и КП.

Цель настоящей работы заключается в анализе существующих на данный момент правил зачета нетто-поглощения в лесах (по КП), выработке рекомендаций по подходам к зачету в рамках Парижского соглашения, а также обсуждению объективности оценок поглощения лесов в национальной отчетности по РКИК ООН.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Киотский протокол.** В рамках КП было принято решение выработки особых правил зачета для сектора ЗИЗЛХ, прежде всего, для нетто-поглощения в лесных экосистемах. Основная озабоченность (прежде всего, развивающихся стран) сводилась к включению поглощения естественного характера в оценки этого сектора, которые, согласно положениям РКИК ООН и КП, не должны включаться в отчетность и, следовательно, зачитываться при выполнении обязательств.

Для отчетности стран было решено применять определение “управляемых земель” (“managed lands”), которое может рассматриваться как согласованная странами аппроксимация понятия “антропогенное поглощение”. Антропогенная деятельность приводит, прежде всего, к выбросам парниковых газов, в то время как атрибуция обратного потока (поглощения) к антропогенной деятельности обычно затруднена. “Управляемые земли” определены как территория, где осуществляются систематическая антропогенная деятельность или вмешательства для целей выполнения соответствующих социальных, экономических и экологических задач (Руководящие указания ..., 2003; Руководящие принципы, 2006).

Согласно КП развитые страны и страны с переходной экономикой обязаны представлять отчетность о выбросах и поглощении CO<sub>2</sub> и других парниковых газов, являющихся результатом деятельности в области ЗИЗЛХ, осуществляемой согласно статье 3.3, а именно облесения, лесовосстановления и обезлесения, которая имела место с 1990 г. Условием для включения в отчетность по статье 3.3 поглощения является демонстрация, что облесение и лесовосстановление произошли в результате прямой антропогенной деятельности. В этом случае достигнутое поглощение парниковых газов не подлежит ограничению в рамках правил по КП и засчитывается полностью.

В соответствии со статьей 3.4 КП представление информации осуществляется странами на добровольной основе. К такой избранной деятельности человека могут относиться: управление лесным хозяйством, восстановление растительного покрова, управление пахотными землями и пастбищными угодьями. Во втором периоде КП управление лесным хозяйством стало обязательной категорией для всех стран, а к добровольному списку по статье 3.4 была добавлена деятельность по осушению и обводнению водно-болотных угодий. Так же, как и по статье 3.3, полный зачет применяется для результатов деятельности по управлению пахотными землями, управлению пастбищными угодьями, восстановлению растительного покрова и деятельности по водно-болотным угодьям. Однако зачет нетто-поглощения парниковых газов при управлении лесным хозяйством стран в первом периоде действия обязательств по КП выполнялся на основе выработанных искусственных ограничений, выраженных в абсолютных величинах.

Аргументация для выработки ограничений в ходе переговорного процесса сводилась вновь к необходимости исключить естественную составляющую поглощения в лесах, а также предотвратить возможное преимущество “лесных” стран в выполнении обязательств. К данным по полному бюджету углерода в лесах (“гросс-нетто” подход)

**Таблица 1.** Итоги первого периода КП по сектору лесного хозяйства Российской Федерации\*

Год	Отчетность, тыс. т С		
	статья 3.3		статья 3.4 управление лесным хозяйством
	облесение	обезлесение	
2008	1418.4	–4743.7	127000.3
2009	1408.8	–4468.2	143760.6
2010	1388.9	–4313.3	146926.4
2011	1363.4	–4138.8	141348.4
2012	1366.5	–3878.7	143021.8
Всего за период	6946.0	–21542.7	702057.5
Зачет в обязательствах России, тыс. т С	6946.0	–21542.7	165000 (33000 × 5)

\* Положительные величины соответствуют поглощению парниковых газов, отрицательные – их выбросам.

для всех стран был применен дисконтный коэффициент в 85% для исключения абсорбции естественного происхождения, прежде всего, в результате естественного изменения возрастной структуры лесов, не связанной с хозяйственной деятельностью после 1990 г. Также этот дисконтный коэффициент должен был исключить из зачета поглощение в результате роста атмосферной концентрации CO<sub>2</sub> и поступления соединений азота из атмосферы.

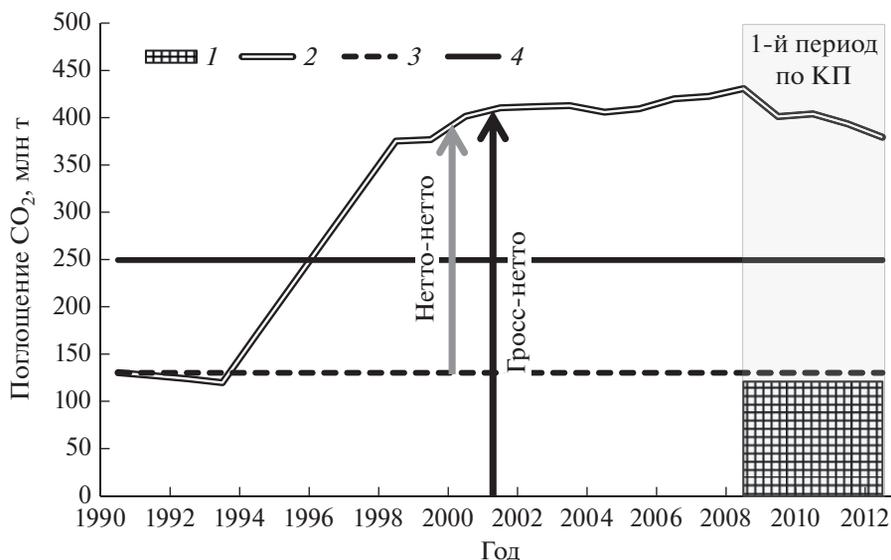
Дополнительно было применено ограничение в 3% предельной величины зачета для управления лесным хозяйством от выбросов в базовом году без сектора ЗИЗЛХ. Обоснование этой величины сводилось к необходимости исключения преимущества стран с большой площадью лесов. При рассмотрении причин введения ограничений на зачет нетто-поглощения в лесах, следует также учитывать не озвучиваемое на совещание по проблеме стремление развивающихся стран навязать развитым странам трудновыполнимые обязательства, что стимулирует их заинтересованность в использовании механизмов гибкости, прописанных в КП, в частности, механизма чистого развития, т.е. проектов по сокращению выбросов, выполняемых на территории развивающихся стран.

Для России величина ограничения составила 33 млн т С год<sup>-1</sup>. В целом за пять лет первого периода выполнения обязательств по КП ограничение для России составило  $33 \times 5 = 165$  млн т С. Согласно национальной отчетности России в целом за период с 2008 по 2012 г. при управлении лесным хозяйством наблюдалось нетто-поглощение (т.е. поглощение превышало выбросы) в размере около 702 млн т С. Таким образом, в рамках выполнения обязательств по первому периоду КП Россия смогла зачесть только 23.5% поглотительной способности в управляемых лесах (табл. 1). Данные табл. 1 ярко иллюстрируют последствия применения устанавливаемых искусственных ограничений при зачете нетто-поглощения в лесах.

На второй период КП была также распространена практика искусственных ограничений при управлении лесным хозяйством, несмотря на то, что для преодоления причины ввода ограничений в первом периоде (вычленение только антропогенной составляющей поглощения) было согласовано использование нового подхода – базового уровня нетто-поглощения в управляемых лесах (“business as usual”). Согласно этому методу (т.н. “нетто-нетто” – подход) зачету подлежит только разница между базовой линией и достигнутым текущим уровнем нетто-поглощения и, таким образом, вычленяется антропогенный вклад. Надо отметить, что базовый уровень может иметь не только положительную, но и отрицательную величину, т.е. находится в зоне поглощения или выбросов. Даже в последнем случае страна может зачесть положительную разницу при сокращении выбросов по сравнению с базовым уровнем.

Базовый уровень должен разрабатываться на основании данных национальных кадастров по выбросам и поглощению парниковых газов на управляемых лесных землях: с учетом динамики возрастной структуры леса; уже выполненной ранее деятельности по управлению лесным хозяйством; планируемой деятельности по управлению лесным хозяйством; согласованности с зачетом нетто-поглощения, сделанного в первый период по КП, и необходимости исключения учета поглощения от естественных причин.

Большинством развитых стран разработаны прогнозные уровни нетто-выбросов и поглощения в управляемых лесах на период с 2013 по 2020 г. на основе методов математического моделирования. Россия решила применять в качестве базового уровень 1990 г. Эта величина прошла процедуру независимого рецензирования экспертами РКИК ООН и включена со всеми утвержденными базовыми уровнями развитых стран в приложение к решению 2/СМР.7, регламентирующее правила зачета сектора ЗИЗЛХ во второй период по КП. В этом решении также предусмотрена



**Рис. 1.** Зачет нетто-поглощения в лесах России в первом и втором периодах КП. 1 — ограничение на зачет (1-ый период); 2 — бюджет С; 3 — базовый уровень (1990); 4 — ограничение на зачет (2 период).

возможность технической коррекции базового уровня при изменении методологий оценок с целью согласованности в расчетах текущего и базового уровней.

Несмотря на достигнутый прогресс переговорного процесса по данному вопросу, на 17-й Конференции Сторон были навязаны дополнительные ограничения на зачет нетто-поглощения в лесах. В отличие от переговоров по первому периоду, возможности обсуждения и согласования этих ограничений у стран не было, они были приняты единым пакетом вместе с другими решениями по второму периоду КП на заключительном пленарном заседании. Согласно этому решению зачету подлежит разница между базовым и текущим уровнями нетто-поглощения, но не более 3.5% от выбросов страны в базовом 1990 г. (без учета вклада сектора ЗИЗЛХ). Для России величина такого зачета составляет около 32.1 млн т С в год. Появление этих необоснованных ограничений явилось одной из причин отказа России в принятии обязательств на второй период КП.

Графически ограничения на зачет при управлении лесным хозяйством в первом и втором периодах КП представлены на рис. 1. Ограничения на зачет в первом периоде представлены в виде заштрихованного прямоугольника в нижнем правом углу графика 1, а ограничения на зачет во втором периоде равны разнице между базовым уровнем 3 и линией 4, которая соответствует прибавке 3.5% от выбросов Российской Федерации в 1990 г. Из рис. 1 видно, что дозволенное России к зачету количество нетто-поглощения в первом и втором периодах примерно одинаковое, несмотря на применение принципиально разных подходов.

Положительными нововведениями правил зачета во втором периоде действия обязательств КП следует признать установленную возможность исключения выбросов и последующего поглощения при экстремальных природных нарушениях (пожары, ураганы, наводнения, нашествия насекомых), которые могут угрожать выполнению обязательств страны. Кроме того были разработаны правила и условия зачета углерода, хранящегося в резервуаре продукции лесозаготовок. При этом было принято, что импорт продукции лесозаготовок не подлежит зачету импортирующей страной.

Проведенный анализ показывает, что формулировка национально определяемого вклада России по Парижскому соглашению относится именно к правилам зачета нетто-поглощения в лесах, а не методам его оценки.

**Парижское соглашение.** Парижское соглашение сфокусировано на достижении цели РКИК ООН по “стабилизации концентраций парниковых газов в атмосфере на таком уровне, который не допускал бы опасного антропогенного воздействия на климатическую систему”. Это соглашение является всеобъемлющим по сути и универсальным по кругу участников.

Неотъемлемой частью нового соглашения стал призыв к усилению “действий по охране и повышению качества, в соответствующих случаях, поглотителей и накопителей парниковых газов, как это упомянуто в статье 4, пункт 1d РКИК ООН, включая леса”, содержащегося в пункте 1 статьи 5 Парижского соглашения (Парижское ..., 2015). Появление этого пункта в тексте соглашения стало признанием глобальной роли лесов в поглощении парниковых газов.

Возможность включения деятельности по усилению поглощения в наземных экосистемах при выполнении принятых на себя обязательств по сокращению выбросов предусмотрена в тексте Парижского соглашения в статье 4 (пункт 14), где подчеркивается роль как антропогенных выбросов, так и антропогенной абсорбции парниковых газов. Такая формулировка используется и в других разделах Парижского соглашения, и, таким образом, сектор лесного хозяйства и землепользования является полноправной частью нового климатического соглашения.

В тексте Парижского соглашения и прилагаемого к нему решения отмечены основные принципы зачета антропогенных выбросов и поглощения. В частности, ко всем секторам, включая лесной, будет применяться “нетто-нетто” – подход. Указана необходимость определения “исходной точки” (“reference point”), которая по самостоятельному решению страны может быть определена в виде базового года или периода – исторического или прогнозного. Страна – сторона соглашения самостоятельно определяет, какие секторы и категории будут включены в национальный вклад, т.е. включение земельного сектора или категории лесных земель не является обязательным. Учитываются только антропогенные выбросы и поглощение (зачет любых естественных потоков не предусматривается), отмена использования методологий, разработанных Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК).

Таким образом, в рамках Парижского соглашения предусмотрен весьма гибкий подход, основанный на самостоятельном решении стран. Ограничений на учет поглощения в лесах не содержится. Однако работа по выработке более детализированных правил зачета в контексте определяемых вкладов на национальном уровне в дальнейшем будет продолжена. К первой сессии Конференции Сторон, действующей в качестве совещания Сторон Парижского соглашения, должны быть подготовлены соответствующие проекты решений.

На основании изложенного выше можно заключить, что приоритетной задачей для Российской Федерации при выработке правил зачета в рамках Парижского соглашения следует определить отсутствие дополнительных искусственных ограничений. Очевидно, что объемы парниковых газов, поступающие в атмосферу (“what atmosphere sees”), являются результирующими потоками между выбросами от наземных источников и поглощением парниковых газов экосистемами. Поэтому для оценки степени выполнения обязательств по сокращению выбросов парниковых газов отдельных стран необходимо учитывать совокупные выбросы парниковых газов и *полностью*

поглощение их управляемыми наземными экосистемами, прежде всего, лесными, на данной территории.

С точки зрения ведения хозяйственной деятельности, приводящей к поддержке и увеличению запасов углерода в лесах, любые ограничения на зачет лишают смысла дальнейшее наращивание усилий. Имеющийся потенциал снижения выбросов и усиления поглощения в лесном секторе может быть не использован в полной мере. Таким образом, необоснованные ограничения приводят к сдерживанию действий, направленных на борьбу с глобальным изменением климата.

Выбор базового уровня относится к одной из приоритетных задач адекватного зачета нетто-поглощения в лесах страны. Согласно прогнозным оценкам бюджета углерода управляемых лесов России нетто-поглощение лесами России убывает от современных 200 до 50 млн т С год<sup>-1</sup> к 2050 г. даже при отсутствии изменений в объеме лесопользования (Замолодчиков, Грабовский, 2014, а, б). Снижение объемов лесозаготовок после 1990 г. привело к заметному увеличению нетто-поглощения в лесах России (рис. 2), однако в дальнейшем прогнозируется изменение возрастной структуры лесных насаждений (увеличение среднего возраста лесов за счет роста доли спелых и перестойных насаждений). Без дальнейших действий по регуляции антропогенного поглощения лесами углеродный баланс постепенно может приблизиться к нулю. Результаты прогноза по модели СВМ-CFS3 показывают, что стимулирующий по отношению к поглощению углерода эффект снижения лесозаготовок уже после 2020 г. начинает иссякать, и к 2050 г. поглощение углерода лесами России приблизится к тем же величинам, которые имели место в конце 1980-х годов (Замолодчиков, Грабовский, 2014, а, б). При дополнительном наращивании объемов лесопользования снижение поглощения углерода лесными экосистемами на период до 2050 г. оказывается еще больше. Согласно этим оценкам базовый уровень бюджета углерода в лесах Российской Федерации по состоянию на 1990 г. может быть достигнут к 2040 или 2050 г. в зависимости от сценария лесопользования и может снижаться далее вплоть до негативных величин.

Действительно, оценки, содержащиеся в Национальном кадастре выбросов и абсорбции парниковых газов (Национальный ..., 2016), показывают, что после 2010 г. наметилась тенденция в сокращении бюджета углерода лесов (рис. 2) в результате увеличения потерь углерода при сплошных рубках на 16.5% от 63.8 до 74.3 млн т С за период 2010–2014. Поэтому представляется целесообразным в будущем иметь возможность заменить исторический базовый уровень нетто-поглощения в лесах нашей страны на прогнозные

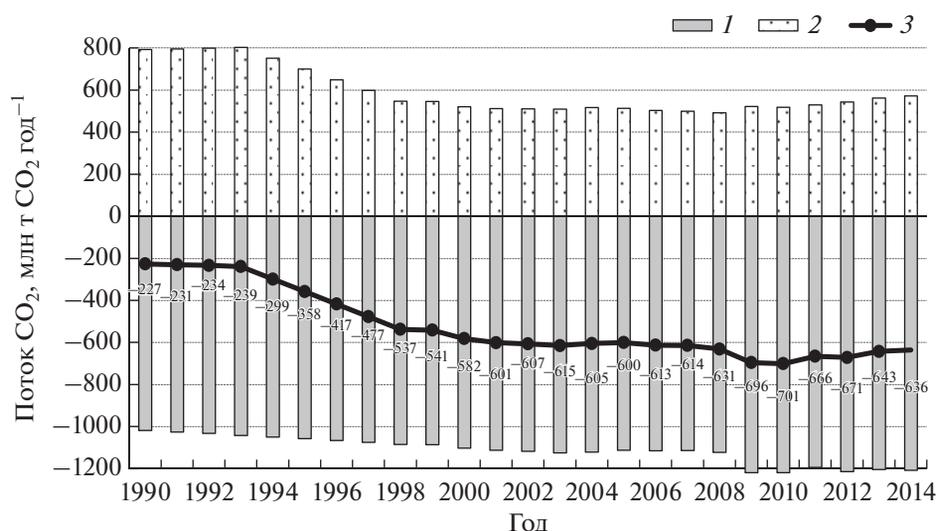


Рис. 2. Баланс углекислого газа управляемых лесов России за период 1990–2014 гг. (Национальный доклад..., 2016). 1 – поглощение; 2 – выброс; 3 – баланс.

базовые уровни, рассчитанные на основании динамики возрастной структуры лесов, среднего уровня естественных нарушений и запланированного объема лесопользования, а также при отсутствии дополнительных антропогенных действий, направленных на сохранение и увеличение запасов углерода. Изменение возрастной структуры при наличии однонаправленного среднего тренда (в настоящем случае – увеличения среднего возраста) может происходить достаточно быстро, поэтому усреднять нетто-поглощение лесными экосистемами следует не более чем за 10 лет. Этот срок также является оптимальным для отдельных хозяйствующих предприятий и Рослесхоза по выработке стратегий развития лесного сектора. Таким образом, можно рекомендовать пересматривать прогнозные базовые уровни каждые 10 лет (Романовская, Федеричи, 2015).

Для возможности изменить метод определения базового уровня не только перед началом отчетности в рамках Парижского соглашения, но и в любой период его выполнения в разрабатываемых правилах зачета антропогенных выбросов и поглощения необходимо предусмотреть возможности гибкого подхода при установлении базового уровня. Базовые уровни, или так называемые “исходные точки”, должны определяться странами самостоятельно для любого сектора или категории источников и поглотителей в любой период пересмотра своих национальных вкладов. Напомним, что на данный момент ограничений по выбору метода расчета базового уровня в тексте Парижского соглашения и прилагаемого к нему решения не содержится.

При условии точного расчета прогнозного базового уровня и без применения каких-либо до-

полнительных мер, направленных на усиление поглощения, вклад лесного сектора России в выполнение обязательств, вероятнее всего, должен быть равен нулю. Это означает, что если не предпринимать никаких дополнительных действий, направленных на увеличение накопления углерода лесами, то антропогенного поглощения в них не наблюдается. Этот тезис можно рассматривать как верный с точки зрения точной атрибуции достигаемого поглощения от дополнительных действий к результатам прямой деятельности человека. Однако подобная методологическая схема слабо согласуется с необходимостью полного зачета нетто-поглощения в управляемых экосистемах, включая также поглощение, достигаемое в результате обычной деятельности по управлению лесным хозяйством (“business-as-usual”).

Для возможности полного зачета поглощения в лесах при выполнении нашей страной национальных обязательств, а не только зачета разницы между текущим балансом парниковых газов и базовым уровнем, величина прогнозного базового уровня должна быть включена в установленные количества выбросов 1990 г. (т.е. выбросы от всех источников в базовом году без учета сектора ЗИЗЛХ). В результате планируемое сокращение выбросов, которое необходимо достигнуть к определенному сроку, соответственно сократится на величину прогнозного базового уровня. Данное предложение проиллюстрировано на рис. 3.

Предположим, что национальные обязательства к 2030 г. приняты равными –30% от уровня установленных количеств выбросов в 1990 г. Эта величина соответствует эмиссии в 2030 г. не выше 2357 млн т  $\text{CO}_2$  экв. При учете в установленных количествах базового уровня нетто-поглощения в

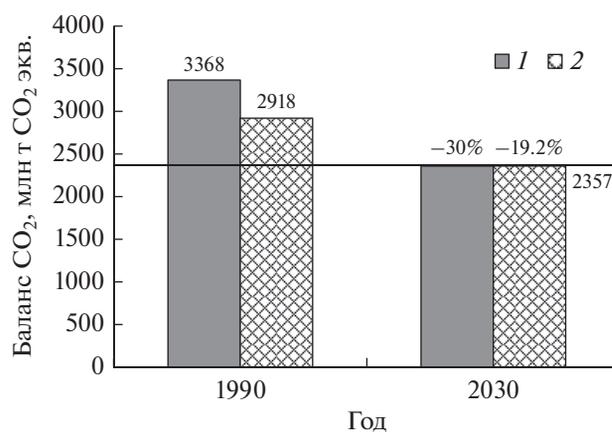
лесном секторе, рассчитанного для периода 2021–2030 гг. (в данном случае равного 450 млн т CO<sub>2</sub> экв. (Романовская, Федеричи, 2015)), для достижения величины 2357 млн т CO<sub>2</sub> экв. потребуются сокращение антропогенных выбросов лишь на 17% от уровня 1990 г. (рис. 3).

Надо отметить, что включение лесного сектора в обязательства представляет собой значимый риск с точки зрения нестабильности результатов антропогенной деятельности в лесах (“non-permanence”), которые могут быть потеряны одновременно вследствие нарушений. Поэтому при невыполнении заявленного базового уровня нетто-поглощения в лесном секторе во время периода выполнения обязательств нагрузка по их выполнению полностью будет возложена на остальные сектора экономики.

Можно заключить, что полная величина нетто-поглощения в лесных экосистемах России без учета дополнительных антропогенных действий, направленных на увеличение запасов углерода (“business-as-usual”), может быть учтена при выполнении национальных обязательств, хотя это не отразится напрямую на размере выписанных единиц поглощения углерода (если таковые будут применяться в рамках Парижского соглашения). При выполнении действий дополнительного характера в лесах, в частности, облесения и лесовосстановления, соответствующее увеличение нетто-поглощения будет зачтено на основе “нетто-нетто” подхода. Учитывая, что в рамках Парижского соглашения предполагается самостоятельная разработка национальных обязательств участниками (национально определяемые уровни вкладов), а включение лесного сектора, как и принцип его учета в национальных обязательствах, определяется самой страной, Россия может использовать представленную возможность полного учета поглощения в лесах. На переговорной площадке необходимо отследить, чтобы степень свободы национального выбора не была ограничена в результате будущих переговоров.

Для возможности такого зачета полной величины базового уровня нетто-поглощения в лесных экосистемах необходимо обеспечить соответствующее научное обоснование и разработать убедительную доказательную базу, что эта величина достигается только в результате комплекса мер по охране, защите и воспроизводству лесов, и, таким образом, относится к антропогенному поглощению. Обеспечение заявленной величины прогнозного базового уровня должно быть принято в качестве одной из национальных мер по сокращению выбросов в Российской Федерации в рамках взятых на себя обязательств по Парижскому соглашению.

**Национальная отчетность Российской Федерации по лесам.** Как отмечено выше, неверная ин-



**Рис. 3.** Использование базового уровня бюджета углерода в лесах для максимально возможного зачета нетто-поглощения при выполнении национальных обязательств.

1 – без лесного сектора; 2 – с лесным сектором (базовый уровень).

терпретация формулировки Российского национального вклада привела к появлению критики данных, предоставляемых в Национальном кадастре выбросов и абсорбции парниковых газов.

Прежде всего, критика касалась возможной недооценки поглощения в российских лесах, приводилось сравнение с данными отечественной научной литературы (Моисеев, 2007; Курганова, Кудеяров, 2012; Федоров, 2014). Все перечисленные исследования посвящены оценке суммарного баланса углерода на территории страны в лесных экосистемах или в целом по России. Однако эти данные априори несопоставимы с данными национального кадастра, который сфокусирован только на антропогенных потоках и не включает естественное поглощение неуправляемых экосистем (неуправляемые лесные и луговые угодья, тундры, озера, реки, степи, самозарастающие земли, естественное обводнение ранее осушенных территорий, территориальные воды мирового океана и т.п.).

Для оценки выбросов и поглощения на лесных землях в рамках отчетности Российской Федерацией применяется третий, наивысший уровень сложности расчетов, предусмотренный руководствами МГЭИК, на основе национальной методики “Региональная оценка бюджета углерода лесов” (Замолодчиков и др., 2011). Все пересчитанные параметры этой модели разработаны на значимом объеме экспериментальных исследований по всей территории страны, опубликованных в рецензируемых научных журналах в разные годы (Исаев и др., 1993; Замолодчиков и др., 2003, 2007; Честных и др., 2004, 2007; Замолодчиков, 2009). Общая концепция, по оценке баланса между накоплением углерода лесными экосистемами и его потерями в результате рубок и нарушений, ис-

пользуемая в данной модели, согласуется с одним из рекомендованных методов МГЭИК (“gain-loss method”) для использования в кадастре по лесам. Именно, и только это, имеется ввиду при упоминании применения рекомендованных методологий МГЭИК для выполнения оценок нетто-поглощения в наших лесах. Следует подчеркнуть, что отчетность Российской Федерации проходит (достаточно успешно) ежегодное независимое рецензирование международной группой экспертов. Таким образом, можно заключить, что у нас существует национальная методология оценки антропогенных выбросов и поглощения в лесах, в рамках которой может выполняться дальнейшая работа по уточнению оценок и снижению неопределенностей.

С целью верификации оценок нетто-поглощения в лесах нашей страны согласно национальному кадастру было выполнено сопоставление с отчетностью США, Канады и Финляндии. Оценки нетто выбросов и поглощения по категории “лесные земли” этих стран в отчетах за 2016 г. (Greenhouse ..., 2016; Inventory ..., 2016; National ..., 2016) были приведены к единой размерности — г  $\text{CO}_2$  экв.  $\text{м}^{-2}$ . Учитывая, что большая часть лесов США расположена между  $24^\circ$  и  $49^\circ$  с.ш., т.е. южнее, чем российские леса, которые в большинстве находятся севернее  $50^\circ$  с.ш., для сопоставления с данными США были выбраны соответствующие климатические регионы — Южный и Северо-Кавказский Федеральные округа. Результаты верификации приведены в табл. 2.

Как следует из табл. 2, при корректном сравнении данных США и России с учетом сходства природно-климатических условий, средние величины оценок по нетто-поглощению в лесах нашей страны оказываются на 13% выше. При этом надо иметь в виду, что оценки нетто-поглощения  $\text{CO}_2$  лесами США заведомо несколько завышены, поскольку в них не включены выбросы от органических почв. Кадастр парниковых газов России отличается большей полнотой охвата источников выбросов.

Оценки, представленные в кадастре Канады по лесным землям, показывают, что практически для всех лет периода с 1990 по 2014 г. наблюдалось чистое поглощение углерода на площади лесов. Исключение в Канаде составил 1995 г., когда нетто-поток был представлен выбросами  $\text{CO}_2$  в атмосферу в результате большого числа пожаров. Наблюдается высокая межгодовая вариабельность оценок: от поглощения 272 млн т  $\text{CO}_2$  в 1992 г. до выбросов 9 млн т  $\text{CO}_2$  в 1995 г. По данным последнего кадастра парниковых газов Канады в 2014 г. некоторые лесные территории (Taiga Shield East, Semiarid Prairies, Taiga Plains, Montane Cordillera) характеризовались нетто-выбросами в атмосферу в результате пожаров, а также массовых вспышек

численности насекомых-фитофагов. В целом на территории Канадских лесов в 2014 г. средняя взвешенная величина поглощения соответствовала  $27.4 \text{ г } \text{CO}_2 \text{ м}^{-2}$  (среднее —  $56.5 \text{ г } \text{CO}_2 \text{ м}^{-2}$ ), что почти в 4 раза ниже, чем на территории России в этом же году.

Леса Финляндии характеризовались в 2014 г. средней величиной нетто-поглощения, равной  $135.6 \text{ г } \text{CO}_2 \text{ м}^{-2}$ , что примерно на 27% выше, чем среднее значение по России. Однако при сопоставлении этих данных необходимо также учитывать, что уровень пожарных нарушений в Финляндии более чем в 100 раз ниже, чем в России. Так, в 2014 г. в Финляндии в результате естественных пожаров было повреждено лишь 887 га лесов, что соответствует 0.004% от площади лесов в стране. В России площадь пожаров в лесах в 2014 г. составила 3986.8 тыс. га, или 0.6% от площади лесов.

Таким образом, можно заключить, что выполненная на независимых данных кадастров США, Канады и Финляндии верификация национальной методики Российской Федерации, используемой в кадастре выбросов и абсорбции парниковых газов, подтверждает ее объективность в отношении оценки поглощающей способности лесов России.

Следует отметить, что предлагаемая в научной литературе альтернативная отечественная методика оценки нетто-поглощения в лесах нашей страны (Моисеев, Филипчук, 2009), основанная на использовании среднего прироста древесных насаждений, вместо текущего прироста, применяемого в настоящей методике кадастра, не может быть верифицирована сопоставлением с результатами расчета по методу разности запасов углерода (Замолотчиков и др., 2011) и не соответствует одному из базовых принципов методических руководств МГЭИК по сохранению массы вещества. Согласно решениям Конференции сторон РКИК ООН такая методика не может использоваться в национальных кадастрах стран.

В прессе широко обсуждается также необходимость включения в оценки национального кадастра зарастающих сельскохозяйственных земель (например, (Федоров, 2014)). По разным данным их площадь в настоящее время составляет 30–50 млн га. Часть из них (около 4 млн га) переведена в земли поселений и отдана под застройку и дачные участки. Этот перевод зафиксирован в кадастре сектора ЗИЗЛХ, выполнены соответствующие расчеты (Романовская, 2014). Известно, что не все территории неиспользованных земель быстро зарастают лесом (Романовская, 2006; Романовская и др., 2012). В случае, если они были выведены из использования на стадии засева многолетними травами, что широко распространено на территории Нечерноземной зоны,

**Таблица 2.** Сопоставление средних значений нетто-поглощения в лесах разных стран

Страна	Среднее нетто поглощение, г CO <sub>2</sub> экв. год <sup>-2</sup> м <sup>-2</sup>	Отношение к среднему показателю по России*
Россия, в т.ч.	106.9	1
Краснодарский край	358.8	—
Республика Дагестан	301.9	—
Республика Адыгея	284.2	—
Ставропольский край	266.1	—
Карачаево-Черкесская республика	228.5	—
Кабардино-Балкарская республика	203.5	—
Республика Северная Осетия-Алания	193.1	—
Чеченская республика	172.3	—
Республика Ингушетия	167.4	—
— среднее по Южному и Северо-Кавказскому округам	241.8	—
США	213.5	0.9*
Канада, в т.ч.	27.4	0.3
Taiga Shield East	200.0	1.9
Boreal Shield East	-105.4	-1.0
Atlantic Maritime	-146.7	-1.4
Mixedwood Plains	-303.7	-2.8
Hudson Plains	-190.0	-1.8
Boreal Shield West	-72.4	-0.7
Boreal Plains	-73.7	-0.7
Subhumid Prairies	-7.2	-0.1
Semiarid Prairies	100.0	0.9
Taiga Plains	188.9	1.8
Montane Cordillera	-107.7	-1.0
Boreal Cordillera	-129.4	-1.2
Taiga Cordillera	-87.8	-0.8
Taiga Shield East	200.0	1.9
Boreal Shield East	-105.4	-1.0
Atlantic Maritime	-146.7	-1.4
Mixedwood Plains	-303.7	-2.8
Hudson Plains	-190.0	-1.8
Финляндия	135.6	1.3

\* Показатель США сравнивался со средними показателями по Южному и Северо-Кавказскому округам Российской Федерации.

или при зарастании успел сформироваться сомкнутый травяной покров (дернина), интенсивного появления древесных пород на этих полях не отмечается, особенно когда периодически происходят палы. Они появляются только в местах нарушений дернины (порои, кротовины, муравейники и т.д.). Учитывая, что такие территории пригодны для выпаса скота и сенокосения, в национальном кадастре учтен перевод земель из пахотных в кормовые угодья и проведены соответствующие оценки поглощения. Площадь этих земель составляет около 30 млн га по состоянию на 2014 г. В тексте кадастра также указывается на ежегодное расширение площади неуправляемых лесов за счет их естественного распространения. Учитывая, что этот процесс не является результатом прямой антропогенной деятельности, оценки в кадастре не выполняются. При рассмотре-

нии целесообразности включения зарастающих лесом брошенных земель в оценки кадастра по лесному сектору следует учитывать, что: эти земли формально находятся в ведении Минсельхоза и периодически планируются к распашке; для включения этих земель в кадастр по лесному сектору необходимо осуществить перевод этих земель в лесной фонд и включить соответствующие данные в Государственный лесной реестр; необходимо разработать надежное обоснование для отнесения процессов возобновления лесов на этих землях до момента их передачи Рослесхозу к прямой антропогенной деятельности.

Согласно рекомендациям МГЭИК в кадастре должны быть выделены "управляемые леса", на территории которых осуществляется систематическая антропогенная деятельность для выполнения необходимых социальных, экономических и

экологических задач по обеспечению рационального, непрерывного и неистощительного лесопользования, воспроизводства, охраны, защиты и мониторинга лесов (Руководящие принципы..., 2006). В отчетности Российской Федерации в данную категорию вошли защитные и эксплуатационные леса лесного фонда, которые охватывают примерно 76% общей покрытой лесом площади (Национальный ..., 2016), и исключение из отчетности категории резервных лесов вызывает широкие дискуссии. Надо отметить, что резервные леса, как правило, находятся в малодоступных регионах, и полноценный комплекс мероприятий по лесопользованию на этих землях Рослесхоз не проводит, а пожары тушат только при угрозе населенным пунктам и объектам инфраструктуры (Лесной кодекс Российской Федерации, ст. 109). Поэтому для возможности включения резервных лесов в состав управляемых необходимо надежное обоснование по антропогенному характеру поглощения в них.

**Заключение.** Результаты проведенного анализа показывают, что проблема максимально возможного учета поглощающей способности лесов России, отраженная в формулировке национально определяемого вклада, относится не к оценке нетто-поглощения нашими лесами, а к правилам зачета этого нетто-поглощения при выполнении обязательств страной в рамках климатических соглашений. Для оценки степени выполнения обязательств по сокращению выбросов парниковых газов необходимо учитывать совокупные выбросы парниковых газов и полностью поглощение их управляемыми наземными экосистемами. С точки зрения ведения хозяйственной деятельности, приводящей к поддержке и увеличению запасов углерода в лесах, любые ограничения на зачет лишают смысла дальнейшее наращивание усилий.

Сравнение с данными национальных кадастров США, Канады и Финляндии показывает, что национальная методика Российской Федерации, используемая в кадастре выбросов и абсорбции парниковых газов, дает объективную оценку поглощающей способности лесов России.

Желательно, чтобы внимание прессы и усилия бизнес-сообщества были направлены не на критику оценок кадастра по лесному сектору и поиску возможностей “насчитать побольше”, а сводились к наращиванию деятельности по сохранению и увеличению поглощения CO<sub>2</sub> в лесах, улучшению защиты лесов от пожаров, сокращению потерь углерода от отходов древесины при лесозаготовках и дальнейшей обработке (которые значительно превосходят потери в развитых странах). Именно это позволит максимально увеличить общую величину нетто-поглощения в российских лесах и провести полный зачет достигнутого антропогенного нетто поглощения в рамках климатического соглашения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Замолодчиков Д.Г.* Оценка пула углерода крупных древесных остатков в лесах России с учетом влияния пожаров и рубок // Лесоведение. 2009. № 4. С. 3–15.
- Замолодчиков Д.Г., Грабовский В.И.* Прогнозные оценки лесных стоков на период до 2050 года и вклад лесного сектора в обязательства Российской Федерации по новому климатическому соглашению // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2014а. № 3. С. 23–27.
- Замолодчиков Д.Г., Грабовский В.И.* Прогнозные оценки лесных стоков на период до 2050 года и вклад лесного сектора в обязательства Российской Федерации по новому климатическому соглашению (Окончание. Начало в бюлл. № 3) // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2014б. № 4. С. 31–34.
- Замолодчиков Д.Г., Грабовский В.И., Краев Г.Н.* Динамика бюджета углерода лесов России за два прошедших десятилетия // Лесоведение. 2011. № 6. С. 16–28.
- Замолодчиков Д.Г., Уткин А.И., Честных О.В.* Коэффициенты конверсии запасов насаждений в фитомассу основных лесобразующих пород России // Лесная таксация и лесостроительство. 2003. Вып. 1 (32). С. 119–127.
- Исаев А.С., Коровин Г.Н., Уткин А.И., Пряжников А.А., Замолодчиков Д.Г.* Оценка запасов и годичного депонирования углерода в фитомассе лесных экосистем России. Лесоведение. 1993. № 5. С. 3–10.
- Киотский протокол к рамочной конвенции ООН об изменении климата. Германия, Бонн: Секретариат РКИК ООН, 2005. 19 с. — электронный ресурс: <https://unfccc.int/process/the-kyoto-protocol>. Дата обращения 01.06.2018.
- Курганова И.Н., Кудряков В.Н.* Экосистемы России и глобальный бюджет углерода // Наука в России. 2012. № 5 (191). С. 25–32.
- Лесной кодекс Российской Федерации от 4 декабря 2006 г. N 200-ФЗ // Российская газета. — Федеральный выпуск № 4243. — 8 декабря 2006.
- Моисеев Б.Н.* Баланс органического углерода в лесах и растительном покрове России // Лесное хозяйство. 2007. № 2. С. 13–16.
- Моисеев Б.Н., Филипчук А.Н.* Методика МГЭИК для расчета годичного депонирования углерода и оценка ее применимости для лесов России // Лесное хозяйство. 2009. № 4. С. 11–13.
- Национальный доклад Российской Федерации о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990–2014 гг. М. ИГКЭ, 2016. 386 с. — электронный ресурс: <https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories/submissions-of-annual-greenhouse-gas-inventories-for-2017/submissions-of-annual-ghg-inventories-2016>. Дата обращения 01.06.2018.
- Парижское соглашение. Женева: ООН, 2015. 30 с. [http://unfccc.int/files/essential\\_background/convention/application/pdf/russian\\_paris\\_agreement.pdf](http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/russian_paris_agreement.pdf), (20.07.2016).
- Романовская А.А.* Динамика органического углерода почв при переводе земель в поселения и прочие земли // Материалы VI Всероссийской научной конференции с международным участием “Гуминовые вещества в биосфере”. Сыктывкар: Институт биологии Коми НЦ УрО РАН, 2014. С. 31–34

Романовская А.А., Коротков В. Н., Карабань Р. Т., Смирнов Н.С. Динамика элементов баланса углерода на неиспользуемых пахотных угодьях Валдайской возвышенности // Экология. 2012. № 5. С. 347–352.

Романовская А.А. Органический углерод в почвах залежных земель России // Почвоведение. 2006. № 1. С. 52–61.

Романовская А.А., Федеричи С. Квота на выбросы и роль лесного сектора в национальных обязательствах Российской Федерации в новом климатическом соглашении // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2015. № 1. С. 20–38.

Руководящие принципы МГЭИК 2006 года для национальных кадастров парниковых газов. Том 4. Сельское хозяйство, лесное хозяйство и другие виды землепользования. Программа МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. МГЭИК-ИГЭС-ОЭСР-МЭА. Япония, Канагава: ИГЭС, 2006. 633 с.

Руководящие указания по эффективной практике для землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства. Программа МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. МГЭИК. Япония: ИГЭС. 2003. 632 с.

Федоров Б.Г. Выбросы углекислого газа: углеродный баланс России // Проблемы прогнозирования. 2014. № 1 (142). С. 63–78.

Честных О.В., Замолотчиков Д.Г., Уткин А.И. Общие запасы биологического углерода и азота в почвах лесного фонда России // Лесоведение. 2004. № 4. С. 30–42.

Честных О.В., Лыжин В.А., Кокшарова А.В. Запасы углерода в подстилках лесов России // Лесоведение. 2007. № 6. С. 114–121.

Greenhouse gas emissions in Finland 1990–2014. National inventory report under the UNFCCC and the Kyoto protocol. Finland, Helsinki: Statistics Finland, 2016. 504 p. – электронный ресурс: <https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories/submissions-of-annual-greenhouse-gas-inventories-for-2017/submissions-of-annual-ghg-inventories-2016>, дата обращения 01.06.2018.

Inventory of U.S. greenhouse gas emissions and sinks: 1990–2014. U.S.A.: U.S. Environmental protection agency, Washington D.C., 2016. 558 p. – электронный ресурс: <https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories/submissions-of-annual-greenhouse-gas-inventories-for-2017/submissions-of-annual-ghg-inventories-2016>, дата обращения 01.06.2018.

National inventory report 1990–2014: greenhouse gas sources and sinks in Canada. Canada's submission to the UNFCCC. Part I. Canada, Vancouver: Environment and climate change Canada, 2016. 206 p. – электронный ресурс: <https://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/reporting-and-review-under-the-convention/greenhouse-gas-inventories/submissions-of-annual-greenhouse-gas-inventories-for-2017/submissions-of-annual-ghg-inventories-2016>, дата обращения 01.06.2018.

UNFCCC. United Nation Framework Convention on Climate Change. Geneva: UNEP/IUC, 1992, 29 p. – электронный ресурс: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convg.pdf>, дата обращения 01.06.2018.

## The Problem of Accounting for Carbon Sequestration Ability of Russian Forests in Paris Climatic Agreement

A. A. Romanovskaya<sup>1</sup>\*, A. A. Trunov<sup>1</sup>, V. N. Korotkov<sup>1</sup>, R. T. Karaban<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Global Climate and Ecology  
Glebovskaya st. 20b, Moscow, 107258, Russia

\*E-mail: [an\\_roman@mail.ru](mailto:an_roman@mail.ru)

Received July 26, 2016

Rules of accounting of net absorption by forests to redeem the Kyoto Protocol limit the offset down to 24% of the total estimate declared in the National Inventory report on anthropogenic emissions and absorption of greenhouse gases (NIR) of the Russian Federation. This is why a challenge of the “maximal possible accounting of absorption by the forests” arose in the framework of the Paris Agreement as stated in the national contribution of Russia to decrease the emissions by 2030. To assess the fulfillment of the commitments on cutting greenhouse gas emissions one must account for aggregate emissions and total absorption by the managed ecosystems. In terms of economy, any limitations on offset make unreasonable further support of activities aimed to sustain and increase of carbon storages. Here we propose the complete offset of the net absorption by forests to fulfill national commitments with the inclusion of the baseline budget of the forest carbon to the emissions of 1990. Verification of the estimate made with the national methodology of the Russian Federation applied in NIR with inventories of other countries proves it is an objective estimate of the absorption by forests of Russia. Adequate comparison of the inventory data given the difference in environmental and climatic conditions showed that average indicators of net absorption by forests of Russia were 13% higher than in the USA, 4 times higher than in Canada, and 27% less than in Finland, where fire disturbance is 100 times less than in our country.

*Keywords: absorption of carbon dioxide, forests of Russia, greenhouse gases, Kyoto Protocol, Paris Agreement, climate change, greenhouse gas inventories.*

## REFERENCES

- Chestnykh O.V., Lyzhin V.A., Koksharova A.V., Zapasy ugleroda v podstilkakh lesov Rossii (The carbon reserves in litters of forests in Russia), *Lesovedenie*, 2007, No. 6, pp. 114–121.
- Chestnykh O.V., Zamolodchikov D.G., Utkin A.I., Obshchie zapasy biologicheskogo ugleroda i azota v pochvakh lesnogo fonda Rossii (Total storages of biogenic carbon and nitrogen in soils of the forest fund of Russia), *Lesovedenie*, 2004, No. 4, pp. 30–42.
- Eggleston S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Agriculture, Forestry and Other Land Use* Hayama: IGES, 2006, Vol. 4, 633 p.
- Fedorov B.G., Russian carbon balance (1990–2010), *Studies on Russian Economic Development*, 2014, Vol. 25, No. 1, pp. 50–62.
- <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102110364&rdk=34>, 2016, June 23.
- [http://unfccc.int/files/essential\\_background/convention/application/pdf/russian\\_paris\\_agreement.pdf](http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/russian_paris_agreement.pdf), (July 20, 2016).
- [https://unfccc.int/files/national\\_reports/annex\\_i\\_ghg\\_inventories/national\\_inventories\\_submissions/application/zip/fin-2016-nir-15jun16.zip](https://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/application/zip/fin-2016-nir-15jun16.zip), (June 01, 2018).
- [https://unfccc.int/files/national\\_reports/annex\\_i\\_ghg\\_inventories/national\\_inventories\\_submissions/application/zip/rus-2016-nir-13oct16.zip](https://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/application/zip/rus-2016-nir-13oct16.zip), (June 01, 2018).
- <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>, (June 01, 2018).
- <https://unfccc.int/sites/default/files/kpeng.pdf>, (June 01, 2018).
- <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-04/documents/us-ghg-inventory-2016-main-text.pdf>, (June 01, 2018).
- Isaev A.S., Korovin G.N., Utkin A.I., Pryazhnikov A.A., Zamolodchikov D.G., Otsenka zapasov i godichnogo deponirovaniya ugleroda v fitomasse lesnykh ekosistem Rossii (Storages and annual deposition of carbon in forest phytomass of Russia), *Lesovedenie*, 1993, No. 5, pp. 3–10.
- Kurganova I.N., Kudiyarov V.N., Ekosistemy Rossii i global'nyi byudzhet ugleroda (Ecosystems of Russia and the global carbon budget), *Nauka v Rossii*, 2012, No. 5 (191), pp. 25–32.
- Moiseev B.N., Balans organicheskogo ugleroda v lesakh i rastitel'nom pokrove Rossii (Balance of organic carbon in forests and plant cover of Russia), *Lesnoe khozyaistvo*, 2007, No. 2, pp. 13–16.
- Moiseev B.N., Filipchuk A.N., Metodika MGEIK dlya rascheta godichnogo deponirovaniya ugleroda i otsenka ee primenimosti dlya lesov Rossii (IPCC method of estimation of annual carbon deposition: applicability to Russian forests), *Lesnoe khozyaistvo*, 2009, No. 4, pp. 11–13.
- National Inventory Report 1990–2014: Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada, Gatineau: Environment and climate change Canada, 2016, Vol. 1, 204 p.
- Penman J., Gytarsky M., Hiraishi T., Krug T., Kruger D., Pipatti R., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., Wagner F., *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry* Hayama: IGES, 2003, 632 p.
- Romanovskaya A.A., Dinamika organicheskogo ugleroda pochv pri perevode zemel' v poseleniya i prochie zemli (Dynamics of organic carbon in soils in transition to the lands of settlements and other lands), *Guminovye veshchestva v biosfere (Humic substances in the biosphere)*, Syktyvkar, 6–10 October 2014, Syktyvkar: Izd-vo IB Komi NTs UrO RAN, 2014, pp. 31–34.
- Romanovskaya A.A., Organic carbon in long-fallow lands of Russia, *Eurasian Soil Science*, 2006, Vol. 39, No. 1, pp. 44–52.
- Romanovskaya A.A., Korotkov V.N., Karaban' R.T., Smirnov N.S., Dynamics of carbon balance components in fallow arable lands on the Valdai Upland, *Russian Journal of Ecology*, 2012, Vol. 43, No. 5, pp. 373–377.
- Romanovskaya A.A., Federici S., Kvota na vybrosy i rol' lesnogo sektora v natsional'nykh obyazatel'stvakh Rossiiskoi Federatsii v novom klimaticheskom soglashenii (Emission allowances and the role of the forest sector in the national obligations of the Russian Federation in the new climate agreement), *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo khozyaistva*, 2015, No. 1, pp. 20–38.
- Zamolodchikov D.G., Otsenka pula ugleroda krupnykh drevesnykh ostatkov v lesakh Rossii s uchetom vliyaniya pozharov i rubok (An estimate of the carbon pool of coarse woody debris in forests of Russia with fire and cuts impact included), *Lesovedenie*, 2009, No. 4, pp. 3–15.
- Zamolodchikov D.G., Grabovskii V.I., Kraev G.N., A twenty year retrospective on the forest carbon dynamics, *Contemporary Problems of Ecology*, 2011, Vol. 4, No. 7, pp. 706–715.
- Zamolodchikov D.G., Grabovsky V.I., Prognoznnye otsenki lesnykh stokov na period do 2050 goda i vklad lesnogo sektora v obyazatel'stva Rossiiskoi Federatsii po novomu klimaticheskomu soglasheniyu (Projections of forest carbon sinks up to 2050 and input of forest sector to national commitments of the Russian Federation in future climatic agreement), *Ispol'zovanie i okhrana prirodnnykh resursov v Rossii*, 2014, No. 3 (135), pp. 23–27.
- Zamolodchikov D.G., Grabovsky V.I., Prognoznnye otsenki lesnykh stokov na period do 2050 goda i vklad lesnogo sektora v obyazatel'stva Rossiiskoi Federatsii po novomu klimaticheskomu soglasheniyu (Projections of forest carbon sinks up to 2050 and input of forest sector to national commitments of the Russian Federation in future climatic agreement), *Ispol'zovanie i okhrana prirodnnykh resursov v Rossii*, 2014, No. 4 (136), pp. 31–34.
- Zamolodchikov D.G., Utkin A.I., Chestnykh O.V., Koefitsienty konversii zapasov nasazhdenii v fitomassu osnovnykh lesoobrazuyushchikh porod Rossii (Conversion of stand volumes to phytomass: the factors for the dominant forest forming species of Russia), *Lesnaya taksatsiya i lesoostroistvo*, 2003, No. 1, pp. 119–127.