

Облесение и лесовосстановление как эффективные стратегии смягчения климатических изменений¹

И.Ю. БЛАМ, кандидат экономических наук. E-mail: inna@ieie.nsc.ru

С.Ю. КОВАЛЕВ, PhD (ABD), Институт экономики и организации
промышленного производства СО РАН, Новосибирск

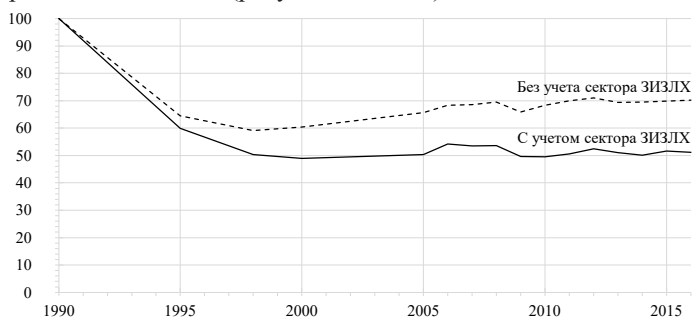
Аннотация. Ужесточение требований международных экономических ассоциаций к регулированию выбросов парниковых газов и расширение практики учета информации об углеродной составляющей продукции в процессе принятия инвестиционных решений обуславливают актуальность рационального выбора мер государственной политики в области климатического регулирования. На примере международного опыта в статье показана высокая эффективность облесения и лесовосстановления как способа смягчения климатических изменений. Извлекаемые лесными насаждениями объемы парниковых газов измеряются миллиардами тонн, а расходы, связанные с наращиванием объемов «естественного» связывания углекислого газа, намного ниже издержек, ассоциируемых с наиболее эффективными существующими технологическими решениями в этой сфере. По мнению авторов, реализация проектов лесовосстановления и облесения с целью увеличения поглощения парниковых газов должна стать важнейшим направлением национального климатического регулирования в рамках Парижского соглашения. Предпочтение должно отдаваться комплексным программам, направленным на достижение сразу нескольких целей устойчивого развития.

Ключевые слова: изменение климата; углеродоемкость; секвестрация углерода; облесение; лесовосстановление

Падение промышленного производства в России в 1990–1998 гг. сопровождалось снижением эмиссии парниковых газов. В течение последовавшего затем периода экономического роста объемы выбросов увеличивались вплоть до кризиса 2008–2009 гг., после чего, вследствие перехода на менее энергоемкие технологии, уровень совокупной эмиссии парниковых газов (без учета вклада сектора землепользования, изменения землепользования и лесного хозяйства – ЗИЗЛХ), оставался, за исключением

¹ Статья подготовлена в рамках выполнения работ по плану НИР ИЭОПП СО РАН по проектам XI.172.1.1. (0325–2017–0010) № АААА-А17–1170222501–132–2 и XI.174.1.2. (0325–2017–0006) № АААА-А17–117022250131–5

некоторых колебаний, практически неизменным. Нетто-выбросы углекислого газа сектора ЗИЗЛХ были положительными вплоть до 1993 г., затем, ввиду сокращения площади пахотных земель, а также снижения интенсивности использования органических удобрений и лесных ресурсов, поглощение парниковых газов превысило эмиссию (рисунок, таблица).



Источник: Федеральная служба государственной статистики. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/oxrana/tab1/kl-1.xlsx (дата обращения: 06.04.2019).

Совокупные антропогенные выбросы парниковых газов
в Российской Федерации в 1990–2015 гг., % к 1990 г.

**Выбросы парниковых газов по секторам в 1990–2016 гг.,
млн т CO₂-эquiv. в год**

Сектор	1990	1995	2000	2005	2015	2016
Энергетика	3077,2	1964,5	1843,7	2037,2	2162,1	2175,4
Промышленные процессы и использование промышленной продукции	298,5	181,5	197,4	207,6	218,8	218,5
Сельское хозяйство	315,4	205,8	152,7	138,2	135,8	134,2
ЗИЗЛХ	162,3	-75,3	-352,3	-496,3	-603,1	-634,5
Отходы	76,7	77,2	79,4	89,2	113,3	115,8
Всего, без учета ЗИЗЛХ	3767,8	2429	2273,2	2472,2	2629,9	2643,8
Всего, с учетом ЗИЗЛХ	3930,0	2353,6	1920,9	1976,0	2026,8	2009,4

Источник: Федеральная служба государственной статистики. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/oxrana/tab1/kl-1.xlsx (дата обращения: 06.04.2019).

На данный момент нет оснований полагать, что у России могут возникнуть проблемы с выполнением взятых в рамках Киотского протокола обязательств о сокращении к 2020 г. объема выбросов парниковых газов до уровня, не превышающего 75% от показателей 1990 г. Так, совокупная эмиссия парниковых

газов в 2016 г. составила 2009,36 млн т CO_2 -экв. с ЗИЗЛХ, или 51,1% от уровня 1990 г. Без учета ЗИЗЛХ объем выбросов был 2643,82 млн т CO_2 -экв., что соответствует 70,16%.

Отметим, что приведенные в таблице данные об абсорбции парниковых газов из атмосферы сектором землепользования и лесного хозяйства рассчитаны по методике Рамочной конвенции ООН об изменении климата, где предметом учета являются только управляемые леса, а усреднение поглощения парниковых газов по возможности производится не реже одного раза в год. Согласно другому подходу, основанному на учете среднего прироста запасов углерода за весь период жизни древостоя, ежегодное нетто-поглощение в России составляет примерно 2 млрд т CO_2 и постоянно возрастает, причем уже сейчас леса компенсируют 80% промышленных выбросов страны [Кокорин, Луговая, 2018].

Однако какова бы ни была методика подсчетов, приоритеты Парижского соглашения по ограничению глобального потепления не сужены только до климатической тематики. Главной его задачей является не достижение краткосрочного нетто-поглощения парниковых газов, а обеспечение устойчивого развития. В этом контексте отсутствие у России национальной стратегии долгосрочного противодействия изменению климата, определяющей, кроме всего прочего, сокращение удельных выбросов CO_2 и развитие альтернативной энергетики в соответствии с мировым низкоуглеродным трендом, может привести к снижению конкурентоспособности российской экономики.

Ратификация Парижского климатического соглашения (которое, собственно, не накладывает дополнительных ограничений, поскольку страны-участницы самостоятельно разрабатывают национальные планы сокращения эмиссии парниковых газов) могла бы положительно сказаться на международной репутации России и позволить ей, на правах стороны соглашения, в некоторой степени контролировать разработку и принятие новых механизмов борьбы с глобальным потеплением.

В то же время уклонение от участия в Парижском соглашении не принесет каких-либо экономических выгод, поскольку ужесточение требований международных ассоциаций по регулированию выбросов CO_2 вне рамок соглашения связано с гораздо более высокими рисками для углеродоемких отраслей. Так, уже

сейчас ВТО рассматривает возможность применения ограничительных мер с учетом климатических показателей продукции [Давыдова, 2018а]. Кроме того, Международная организация гражданской авиации предложила странам-участницам внедрить систему мониторинга, отчетности, верификации и компенсации выбросов углерода начиная с 2019 г. [Давыдова, Кузнецова, 2018], а Международная морская организация поставила целью снижение эмиссии парниковых газов в судоходстве на 50% к 2050 г. по сравнению с 2008 г. [Давыдова, 2018б].

Чрезвычайно актуальной является организация национальной службы контроля выбросов парниковых газов с целью адекватной и своевременной реакции на требования развивающегося международного климатического регулирования. Так, отсутствие в России уполномоченного органа, который мог бы принять собранную к 28 февраля 2019 г. (согласно требованиям Международной организации гражданской авиации) информацию об эмиссии CO₂ российскими самолетами при международных перевозках может привести к увеличению объемов экологических платежей национальных авиакомпаний и запрету международных полетов [Костринский, 2019].

Завершение разработки Концепции проекта федерального закона «О регулировании объема выбросов парниковых газов» также является необходимым шагом на пути ратификации Парижского соглашения. На сегодняшний день в качестве основного метода национального климатического регулирования в Концепции предлагается экономическое стимулирование программ энергосбережения и сокращения выбросов CO₂.

Противники дальнейшего участия России в реализации Парижского соглашения указывают на то, что для многих отечественных отраслей промышленности (в особенности – для угольной) такое участие при определенных условиях чревато колоссальными затратами, которые необходимо будет понести «здесь и сейчас» в пользу сомнительного светлого будущего.

Действительно, в данном случае ключевым является вопрос о выборе ставок дисконта времени при оценке стоимости и эффекта программ по предотвращению изменений климата. Многие исследователи связывают жесткий тон предписаний соглашения именно с использованием неконвенциональных ставок дисконта

[Nordhaus, 2007]^{2,3}. Сомневаясь в необходимости немедленного введения жестких запретов на использование ископаемых видов топлива, эксперты предлагают альтернативные направления национального климатического регулирования, важное место среди которых занимает разработка механизмов компенсации вредных выбросов за счет реализации проектов лесовосстановления и облесения с целью увеличения поглощения парниковых газов [Давыдова, Козлов, 2018].

Роль лесов в связывании парниковых газов

Облесение, лесовосстановление и сохранение старовозрастных малонарушенных лесов являются чрезвычайно эффективными стратегиями смягчения климатических изменений. Так, предотвращение деградации лесных массивов могло бы снизить на 30% аккумуляцию в атмосфере глобальных антропогенных выбросов парниковых газов. Более того, без расширения площади лесов и увеличения таким путем поглощаемых объемов углекислого газа, достижение карбонового баланса в середине текущего столетия и ограничение глобального потепления 2°C представляется невозможным [Federici и др., 2018].

Аккумуляция углерода лесными массивами продолжалась миллионы лет, объемы накопленных карбоновых запасов, по оценкам тех же авторов, в 1,3 раза превышают запасы углерода в ископаемых видах топлива. Леса являются самыми крупными наземными резервуарами углерода (terrestrial sinks), причем запасы продолжают непрерывно увеличиваться за счет поглощения антропогенных выбросов CO₂.

Для многолесных стран северного пояса, в том числе и для Российской Федерации, устойчивое лесопользование могло бы стать действенным инструментом выполнения взятых на себя в рамках климатических соглашений обязательств. Так, согласно расчетам на основе модели CBM-CFS3 [Kull et al., 2011], сделанным на период с 2021 г. по 2030 г., объемы депонируемого ежегодно российскими лесами углерода могут составить от 240 до 735 млн т CO₂-экв. (в зависимости от стратегий ведения лесного хозяйства), что соответствует 7–22% суммарной эмиссии

² How to value a grandchild // The Economist, 04.12.2006.

³ Future lives matter. The moral assumptions embedded in economic models of climate change. // The Economist, 08.12.2018.

парниковых газов России от базового уровня 1990 г. [Замолотчиков и др., 2014].

Отражение поглощения углекислого газа лесными экосистемами в разрабатываемых национальных обязательствах России в рамках нового глобального климатического соглашения позволило бы сократить темпы запланированного ежегодного снижения эмиссии парниковых газов приблизительно в три раза [Романовская, Федеричи, 2015].

Извлекаемые лесными насаждениями объемы парниковых газов измеряются миллиардами тонн, а расходы, связанные с организацией наращивания объемов связывания углекислого газа естественным способом – через облесение и лесовосстановление – намного ниже издержек, ассоциируемых с наиболее эффективными существующими технологическими решениями в этой сфере.

Кроме того, лесные карбоновые резервуары естественным образом приспособляются к хранению запасов углерода и, несмотря на колебания в течение года, в долгосрочной перспективе оказывают перманентное негативное влияние на концентрацию парниковых газов в атмосфере. С точки зрения достижения устойчивого развития чрезвычайно важны положительные экстерналии сохранения и приумножения лесного покрова, среди которых упомянем поддержание биологического разнообразия и защиту водных угодий и экосистем.

Всего в России в 2017 г. лесовосстановление выполнено на площади 968 тыс. га, в том числе за счет арендаторов – на 772 тыс. га. При этом искусственное и комбинированное лесовосстановление проведено на площади 195 тыс. га, в том числе за счет арендаторов – на 139 тыс. га⁴. Согласно действующему законодательству, лесовосстановительные работы должны осуществляться лесопользователями на тех участках, где проводилась вырубка или была документально зафиксирована гибель леса по иным причинам.

Заметим, что под лесовосстановлением понимается весьма широкий спектр мероприятий, включающий как лесопосадки, так и несколько туманное «содействие естественному возобновлению

⁴ Федеральное агентство лесного хозяйства. О лесовосстановлении в 2017 году. [Эл. ресурс] URL: <http://rosleshoz.gov.ru/activity/seedfarm/stat>. (дата обращения: 17.05.2019).

леса», зачастую сводящееся к предоставлению вырубленному участку свободы зарастать естественным образом, поэтому к приведенным данным Федерального агентства лесного хозяйства следует относиться с известной долей скептицизма. Кроме того, по-настоящему эффективное лесовосстановление предполагает долгосрочный уход за участком, а не только проведение разового мероприятия. С учетом этого ежегодные рубки ухода в России только на территориях, официально подлежащих лесовосстановлению, должны охватывать примерно 1,7 млн га. Наконец, если принять во внимание накопленные за предыдущие десятилетия долги по лесовосстановлению, то эта цифра вырастает до 2–3 млн га в год.

Зарубежный опыт в сфере лесовосстановления

В качестве успешных примеров облесения и лесовосстановления, предпринятого в национальном масштабе, рассмотрим проекты некоторых азиатских стран.

Извлечение из атмосферы и связывание углекислого газа отнюдь не являлись основной целью реализации крупных государственных лесных программ в Китае, Индии и Южной Корее, однако одним из их результатов стало, помимо прочего, поглощение 12 млрд т CO₂ при сравнительно низких удельных затратах (примерно от 2 до 26 долл. США за тонну) [Wolosin, 2017]. Хотя стоимость депонирования тонны углекислого газа в процессе реализации программ в трех названных странах изменялась в достаточно широком диапазоне, удельные затраты депонирования углекислого газа позволяют говорить о максимальной экономической эффективности такого подхода на сегодняшний день.

Южная Корея приступила к активному восстановлению лесного покрова в конце 1950-х годов. Инвестиции в лесные программы были значительно увеличены в 1970–1980-х годах, что было обусловлено как объективными причинами – дефицитом энергоресурсов, эрозией почв, необходимостью борьбы с оползнями и наводнениями, так и личной заинтересованностью президента Пак Чон Хи. Поскольку южнокорейские проекты были ориентированы прежде всего на восстановление деградировавших лесов, а не на облесение земель иного назначения, стране удалось достичь значительного увеличения плотности

лесного покрова и заметного прироста запасов связанного углерода в деградировавших к середине прошлого столетия лесных массивах.

Так, с 1955 по 1980 гг. площадь лесных угодий увеличилась примерно на 85% (или на 2,9 млн га), при этом объем запасов древесины с 1970 по 2010 гг. вырос более чем в 10 раз, а объем поглощенного CO_2 достиг 966 млн т [Summary report..., 2016].

Суммарные инвестиции Южной Кореи в течение пикового периода облесения и лесовосстановления (1973–1987 гг.) составили около 3 млрд долл. США (или около 200 млн долл. в год). Каждый гектар лесных насаждений обошелся примерно в 1,4–1,6 тыс. долл., а издержки связывания одной тонны CO_2 в течение указанного периода оцениваются примерно в 12,9 долл. [Wolosin, 2017]. Отмечалась значительная вариация издержек, обусловленная особенностями лесовосстановления, видом саженцев, региональными характеристиками, всхожестью семян и приживаемостью молодых деревьев.

Заметим, что опыт Южной Кореи подтвердил крайнюю сложность достоверного прогнозирования темпов депонирования CO_2 , скорости увеличения лесной биомассы и прироста ее объема исключительно на основе количественных данных о масштабах и типах лесных посадок.

В 1978 г. в **Китае** также был инициирован крупный государственный лесной проект, целью которого было создание «великой зеленой стены», защищающей сельскохозяйственные районы, критически важные для продовольственной безопасности страны, от наступления пустыни Гоби. Позднее появились и другие программы лесовосстановления (в основном, на территориях водосборных бассейнов горных районов, направленные на предотвращение оползней, эрозии и деградации земель), в процессе реализации которых предполагалось увеличить площадь лесного покрова от 5 до 15% в засушливых и полузасушливых северных районах Китая.

Всего в рамках многочисленных программ в период с 1978 по 2012 гг. лесовосстановлению и облесению в Китае были подвергнуты примерно 176–188 млн га земель, что привело к увеличению лесных площадей за указанный период более чем на 50% от исходной площади (или на 66,5 млн га). Суммарный объем запасов древостоя вновь посаженных и существующих

лесов с 1986 по 2011 г. увеличился на 5,6 млрд м³, что позволило депонировать примерно 8,54 млрд т CO₂ в течение 1994–2012 гг., причем в 2012 г. леса поглотили уже около 576 млн т CO₂, что составило около 5,8% суммарных выбросов парниковых газов другими секторами экономики [Feng et al., 2013].

Расходы в рамках основных программ лесного хозяйства в Китае в течение 2000–2009 гг. достигли 113 млрд долл. США, а удельные издержки облесения и лесовосстановления в этот период были равны примерно 2,1–2,3 тыс. долл./га (или около 25,6 долл./т секвестирования CO₂) [Wolosin, 2017].

В течение 2002–2007 гг. инвестиции на облесение и лесовосстановление в **Индии** были значительно ниже, чем в Китае и Южной Корее, в сумме составляя 64–161 млн долл. в год (или в удельном выражении – от 30 до 74 долл./га) [Ravindranath et al., 2008]. В дальнейшем, а именно в 2014 г., удельные расходы на облесение и лесовосстановление увеличились до 720 долл./га, а всего правительство страны инвестировало в указанном году в лесные программы около 10 млрд долл. Таким образом, в Индии затраты на поглощение тонны CO₂ были самыми низкими и не превышали 2 долл. США [Wolosin, 2017].

Подчеркнем, что, хотя во всех трех случаях осуществление государственных программ лесовосстановления и облесения потребовало серьезных инвестиций, оно позволило депонировать значительное количество CO₂ с наименьшими на сегодняшнем этапе развития технологий затратами.

Топливо из воздуха

Улавливание углекислого газа из воздуха и использование его для производства синтетического топлива были бы оптимальным решением проблемы изменения климата, если бы не высокие издержки, ассоциируемые с технологиями, позволяющими обойтись без дополнительной эмиссии CO₂ от сгорания ископаемого топлива, путем бесконечной циклической переработки. В частности, одна из заслуживающих доверия оценок затрат на прямое извлечение CO₂ из атмосферы, полученная в рамках исследования, поддержанного Американским физическим обществом, составляет около 600 долл. США за тонну уловленного CO₂ [Socolow et al., 2011].

Гораздо более оптимистичные оценки издержек улавливания CO_2 в промышленных объемах были даны на основе трехлетнего функционирования пилотного завода компании *Carbon Engineering*⁵, размещенного в Британской Колумбии (Канада) в 2015 г.

В процессе масштабирования производственных процессов и решения проблем перехода от лабораторного уровня технологии к индустриальному были собраны данные для оценки эффективности технологии в коммерческом масштабе. Как утверждают авторы проекта, стоимость промышленного извлечения CO_2 составит от 94 до 232 долл. США за тонну [Keith et al., 2018]. Расхождения в оценках связаны с некоторыми технологическими отличиями и вариацией масштабов производства.

Заметим, что более низкие оценки были получены на основании трехлетнего мониторинга действующего пилотного проекта, тогда как оценки Американского физического общества являются исключительно теоретическими.

Кроме того, компания *Carbon Engineering* построила работающий на возобновимой энергии пилотный завод по преобразованию уловленного из атмосферы CO_2 в различные виды жидкого топлива. Его функционирование дало основание сделать вывод о том, что если издержки извлечения CO_2 будут находиться на нижней границе указанного выше диапазона, то стоимость одного литра синтетического топлива может составить около 1 долл. США, что сравнимо со стоимостью большинства видов топлива на сегодняшний день [Service, 2018].

Таким образом, если издержки извлечения CO_2 удастся снизить до 100 долл. США за тонну, синтетическое топливо может стать коммерческой реальностью, например, в Калифорнии, где стимулируется использование низкоуглеродного топлива и растет спрос (и, соответственно, цена) на него в связи с созданием топливных смесей.

В частности, с целью стимулирования производства и потребления низкоуглеродного топлива в Калифорнии в 2009 г. были введены ежегодные нормативы снижения углеродной составляющей топлива, используемого транспортными

⁵ Официальный сайт компании. URL: <https://carbonengineering.com/> (дата обращения: 05.04.2019).

средствами (кроме военных тактических транспортных средств, локомотивов, океанских судов и летательных аппаратов). Программа низкоуглеродных топливных стандартов Low Carbon Fuel Standard Program предписывает снижение углеродоемкости топлива, используемого транспортными средствами, по крайней мере, на 10% к 2020 г. по сравнению с 2010 г. Углеродоемкость каждого вида топлива определяется путем контроля эмиссии парниковых газов на протяжении всего его жизненного цикла, причем учитываются не только выбросы CO_2 в процессе его производства, транспортировки и использования, но и создаваемые экстерналии (например, генерация дополнительных выбросов вследствие перевода земель лесного фонда в земли сельскохозяйственного назначения с целью наращивания посадок энергетических культур для производства биотоплива).

Основной механизм реализации программы вкратце выглядит следующим образом: комбинация видов топлива, поставляемая каждым экономическим агентом для использования на территории Калифорнии, сравнивается с установленным нормативным показателем. Если ее общая углеродоемкость ниже официально установленного порога для данного года, поставщик зарабатывает «углеродные сертификаты», которые могут быть реализованы на рынке или использованы в течение последующих лет. В противном случае поставщики могут выполнить возложенные на них программой обязательства оптимальным для себя способом – либо через снижение углеродной составляющей поставляемого топлива, например, путем перехода на альтернативные низкоуглеродные технологии или виды топлива; либо путем использования накопленных ранее (или приобретенных на рынке) углеродных сертификатов.

Аналогичные программы регулирования использования низкоуглеродных и возобновимых видов топлива действуют в Орегоне, Онтарио и Британской Колумбии⁶.

Законодательство Европейского союза, стимулирующее производство и продажи низкоуглеродного топлива, несколько отличается. В частности, ЕС устанавливает дополнительные ограничения на эмиссию от использования биотоплива и на источники сырья для его производства, а также предусматривает снижение

⁶ URL: <https://www.arb.ca.gov/fuels/lcfs/lcfs.htm> (дата обращения: 05.04.2019).

интенсивности выбросов парниковых газов от сгорания транспортного топлива к 2020 г. только на 6%⁷.

Такое положение вещей создает стимулы для создания заводов и усовершенствования технологии производства низкоуглеродных видов топлива, что, возможно, приведет к дальнейшему снижению цен.

Заключение

Хотя проекты облесения и лесовосстановления не могут полностью решить проблему глобального потепления, тем не менее при существующем уровне технологического развития именно реализация лесных проектов является наиболее быстрым и эффективным способом поглощения и депонирования парниковых газов. К сожалению, действенность метода удаления CO₂ из атмосферы путем облесения и лесовосстановления недолговечна и ограничивается несколькими десятками лет, однако поглощение парниковых газов путем дополнительных лесопосадок могло бы помочь выиграть время для развития альтернативной энергетики и дизайна продуктов и технологий с низкой углеродной составляющей. Предпочтение, на наш взгляд, должно отдаваться комплексным лесным проектам, направленным на достижение сразу нескольких целей устойчивого развития. Таковыми, например, могли бы стать проекты интенсивного устойчивого лесопользования во вторичных лесах, позволяющие не только вести заготовку древесины, но и сохранять биоразнообразие лесных экосистем, отказываясь от освоения малонарушенных лесных территорий.

В целом, ратификация Парижского климатического соглашения и снижение эмиссии парниковых газов в национальном масштабе чрезвычайно актуальны для России, поскольку в настоящий момент принятие климатических обязательств и переход на низкоуглеродные технологии становятся обязательным условием для сохранения конкурентоспособности на мировом рынке.

Растущие риски углеродоемких отраслей, обусловленные ужесточением требований международных ассоциаций по регулированию выбросов парниковых газов вне рамок Парижского климатического соглашения и расширением практики учета

⁷ URL: https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/fuel_en й (дата обращения: 05.04.2019).

нефинансовых аспектов в процессе принятия инвестиционных решений, привели к значительному росту корпоративных климатических инициатив, число которых год от года растёт и в России. Раскрываемая компаниями информация об углеродной составляющей производимой продукции, так называемом «углеродном следе», воспринимаемом экономическими агентами в качестве интегрального «зеленого» показателя, отражающего весь комплекс природоохранных действий компаний, должным образом дополняет данные о выбросах парниковых газов в масштабах всей страны.

Литература

- Давыдова А.* Климат ляжет на прилавки // Коммерсантъ. 2018а. № 25 (6263). С. 2. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3546767>.
- Давыдова А.* Климат подождет // Коммерсантъ. 2018б. № 80 (6318). С. 1. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3627656>.
- Давыдова А., Козлов Д.* Концепция регулирования выбросов изменилась // Коммерсантъ. 2018. № 48 (6286). С. 2. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3579808>.
- Давыдова А., Кузнецова Е.* Авиаторам пересчитают выбросы // Коммерсантъ. 2018. № 26 (6264). С. 7. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3547187>.
- Замолодчиков Д. Г., Грабовский В. И., Курц В. А.* Влияние объёмов лесопользования на углеродный баланс лесов России // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. 2014. № 1. С. 5–18.
- Кокорин А., Луговая Д.* Поглощение CO₂ лесами России в контексте Парижского соглашения // Устойчивое лесопользование. 2018. № 2 (54). С. 13–18. URL: <https://wwf.ru/resources/publications/periodicals/zhurnal-ustoychivoe-lesopolzovanie/ustoychivoe-lesopolzovanie-2-54-2018/>
- Костринский Г.* Авиационные выбросы некому принять // Коммерсантъ. 2019. № 29 (6509). С. 8. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3888324>.
- 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.
- Federici S., Lee D. and Herold M.* Forest Mitigation: A Permanent Contribution to the Paris Agreement. 2018. 30 p. URL: <http://www.climateandlandusealliance.org/reports/forest-mitigation-permanence/>
- Feng X., Fu B., Lu N., Zeng Y., Wu, B.* How ecological restoration alters ecosystem services: an analysis of carbon sequestration in China's Loess Plateau // Scientific Reports. 2013. Т. 3. № 2846. <https://doi.org/10.1038/srep02846>.
- Keith D. W., Holmes G., Angelo D. St. Heidel K.* A process for capturing CO₂ from the atmosphere // Joule. 2018. № 2. С. 1573–1594. doi: 10.1016/j.joule.2018.05.006.
- Kull S., Rampley G., Morken S., Metsaranta E. T., Neilson W. A., Kurz W. A.* Operational-Scale Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector

(CBM-CFS3). Version 1.2: User's Guide. Edmonton: Canadian Forest Service, Northern Forestry Centre, 2011. 344 с.

Nordhaus W. A Review of the Stern Review on the Economics of Climate Change // *Journal of Economic Literature*, 2007, Т. 45, № 3, С. 686–702. doi: 10.1257/jel.45.3.686.

Ravindranath N. H., Chaturvedi R. K., Murthy I. K. Forest conservation, afforestation and reforestation in India: Implications for forest carbon stocks // *Current Science*. 2008. Т. 95. № 2. С. 216–222.

Service R. Cost plunges for capturing carbon dioxide from the air // *Science*. 07.06.2018. doi:10.1126/science.aau4107. URL: <https://www.sciencemag.org/news/2018/06/cost-plunges-capturing-carbon-dioxide-air>.

Socolow R., Desmond M., Aines R., Blackstock J., Bolland O., Kaarsberg T., Lewis N., Mazzotti M., Pfeffer A., Sawyer K., et al. Direct Air Capture of CO₂ with Chemicals: A Technology Assessment for the APS Panel on Public Affairs. American Physical Society. 2011. 92 с. URL: <https://www.aps.org/policy/reports/assessments/upload/dac2011.pdf>.

Summary report on the technical analysis of the first biennial update report of the Republic of Korea submitted on 29 December 2014. 2016. UNFCCC Secretariat. Geneva. URL: <http://unfccc.int/resource/docs/2016/tasr/kor.pdf>

Wolosin M. Large-scale Forestation for Climate Mitigation: Lessons from South Korea, China and India. 2017. 60 с. URL: http://www.burness.com/wp-content/uploads/2017/10/Large-scale-forestation-for-climate-mitigation-Lessons-from-South-Korea-China-India_embargoed.pdf.

Статья поступила 07.04.2019.

Для цитирования: Блам И.Ю., Ковалев С.Ю. Облесение и лесовосстановление как эффективные стратегии смягчения климатических изменений // ЭКО. 2019. № 10. С. 115-130. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2019-10-115-130.

Summary

Blam, I. Yu., Cand. Sci. (Econ.), Institute of Economics and Industrial Engineering, SB RAS, Novosibirsk

Kovalev, S. Yu., Ph. D., Institute of Economics and Industrial Engineering, SB RAS, Novosibirsk

Afforestation and Forest Restoration as Efficient Approaches to Climate Change Mitigation

Abstract. Stricter requirements by international economic associations regarding greenhouse gases emission into the atmosphere, as well as growing demand for information on intensity of carbon emissions in making investment decisions augment the relevance of rational choice of relevant government policies.

The paper reviews several international cases demonstrating high efficiency of afforestation and reforestation as means of mitigating the process of climate change. The volumes of greenhouse gases extracted by planted forests from the atmosphere are on scale of billions of tons while the cost of CO₂ capture by natural methods is much lower than expenditure associated with the most efficient of existing technologies of carbon sequestration. The authors claim that implementation of

afforestation and reforestation projects with the purpose of greenhouse gas absorption should become a major national climate policy choice in the framework of the Paris Agreement. A priority should be given to comprehensive programs aimed at achieving several sustainable development objectives at once.

Keywords: *climate change; carbon intensity; carbon sequestration; afforestation; reforestation*

References

Davydova, A. (2018a). Climate will lie on shop counters. *Kommersant*. No. 25. February 12. (In Russ.) Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/3546767> (accessed 11.06.2019).

Davydova, A. (2018b). Climate will wait. *Kommersant*. No. 80. May 12. (In Russ.). Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/3627656> (accessed 11.06.2019).

Davydova, A., Kozlov, D. (2018). The concept of emission regulation has been changed. *Kommersant*. No. 48. March 22. (In Russ.). Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/3579808> (accessed 12.06.2019).

Davydova, A., Kuznetsova, E. (2018). Aviators will face re-calculation of exhaust. *Kommersant*. No. 26. February 13. (In Russ.). Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/3547187> (accessed 11.06.2019).

Federici, S., Lee, D. and Herold, M. (2018). *Forest Mitigation: A Permanent Contribution to the Paris Agreement*. 30 p. Available at: <http://www.climateandlandusealliance.org/reports/forest-mitigation-permanence/> (accessed 11.06.2019).

Feng, X., Fu, B., Lu, N., Zeng, Y., Wu, B. (2013). How ecological restoration alters ecosystem services: an analysis of carbon sequestration in China's Loess Plateau. *Scientific Reports*. Vol. 3. No. 2846. <https://doi.org/10.1038/srep02846>.

Keith, D. W. Holmes, G. Angelo, D. St., Heidel, K. (2018). A process for capturing CO₂ from the atmosphere. *Joule*. No. 2. Pp. 1573–1594. doi: 10.1016/j.joule.2018.05.006

Kokorin, A., Lugovaya, D. (2018). Uptake of CO₂ by Russian Forests in the Context of the Paris Agreement. *Sustainable forestry*. No. 2 (54). Pp. 13–18. (In Russ.).

Kostrinski, G. (2019). Aviation emissions have nowhere to go. *Kommersant*. No. 29. February 18. (In Russ.). Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/3888324> (accessed 11.06.2019).

Kull, S., Rampley, G., Morken, S., Metsaranta, E.T., Neilson, W.A., Kurz, W.A. (2011). *Operational-Scale Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector (CBM-CFS3). Version 1.2: User's Guide*. Edmonton: Canadian Forest Service, Northern Forestry Centre. 344 p.

Nordhaus, W. (2007). A Review of the Stern Review on the Economics of Climate Change. *Journal of Economic Literature*. Vol. 45, No. 3. Pp. 686–702. doi: 10.1257/jel.45.3.686.

Ravindranath, N.H., Chaturvedi, R.K., Murthy, I.K. (2008). Forest conservation, afforestation and reforestation in India: Implications for forest carbon stocks. *Current Science*. Vol. 95. No. 2. Pp. 216–222.

Romanovskaya, A. A., Federici, S. (2015). Emission allowances and the role of the forest sector in the national obligations of the Russian Federation in the new climate agreement, *Proceedings of the Saint Petersburg Forestry Research Institute*. No. 1. Pp. 20–38. (In Russ.).

Service, R. (2018). Cost plunges for capturing carbon dioxide from the air. *Science*. doi:10.1126/science.aau4107. Available at: <https://www.sciencemag.org/news/2018/06/cost-plunges-capturing-carbon-dioxide-air> (accessed 11.06.2019).

Socolow, R., Desmond, M., Aines, R., Blackstock, J., Bolland, O., Kaarsberg, T., Lewis, N., Mazzotti, M., Pfeffer, A., Sawyer, K., et al. (2011). *Direct Air Capture of CO₂ with Chemicals: A Technology Assessment for the APS Panel on Public Affairs*. *American Physical Society*. 92 p. Available at: <https://www.aps.org/policy/reports/assessments/upload/dac2011.pdf> (accessed 11.06.2019).

Summary report on the technical analysis of the first biennial update report of the Republic of Korea submitted on 29 December 2014. (2016). UNFCCC Secretariat. Geneva. Available at: <http://unfccc.int/resource/docs/2016/tasr/kor.pdf> (accessed 11.06.2019).

Wolosin, M. (2017). *Large-scale Forestation for Climate Mitigation: Lessons from South Korea, China and India*. 60 p. Available at: http://www.burness.com/wp-content/uploads/2017/10/Large-scale-forestation-for-climate-mitigation-Lessons-from-South-Korea-China-India_embargoed.pdf (accessed 11.06.2019).

Zamolodchikov, D. G., Grabowsky, V. I., Kurz, W. A. (2014). Influence of forest harvest rates on the carbon balance of Russian forests, *Proceedings of the Saint Petersburg Forestry Research Institute*. No. 1. Pp. 5–18. (In Russ.).

For citation: Blam, I. Yu., Kovalev, S. Yu. (2019). Afforestation and Forest Restoration as Efficient Approaches to Climate Change Mitigation. *ECO*. No. 10. Pp. 115-130. (In Russ.). DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2019-10-115-130.