

Учредитель издания:

ФГБОУ ВПО «Приморская государственная сельскохозяйственная академия»
692510, Приморский край, г. Уссурийск, пр-т. Блюхера,44
тел. 8(4234)26-54-65
e-mail: aspirantura_pgsa@mail.ru
www.primacad.ru

Редакционный совет:

Председатель совета – **А.Э. Комин**,
канд. с.-х. наук, доцент, ректор Приморской
ГСХА, главный научный редактор

Зам. главного редактора – **Т.А. Потенко**,
канд. экон. наук, проректор по научной работе
и инновационным технологиям Приморской
ГСХА

Ответственный секретарь – **С.С. Суржик**,
специалист научно-исследовательской части

Редакционная коллегия:

Б.А. Рунов, д-р с.-х. наук, профессор,
академик РАСХН

Г.В. Гуков, д-р с.-х. наук, профессор

Н.Н. Гавриленко, д-р ветеринар. наук, доцент

А.А. Демин, канд. техн. наук, профессор

С.А. Ищенко, д-р техн. наук, профессор

Л.Г. Кодесь, канд. с.-х. наук, профессор

Ю.Б. Курков, д-р техн. наук, профессор

Н.В. Момот, д-р ветеринар. наук, профессор

Э.П. Синельников, д-р биол. наук, профессор

С.В. Пишун, д-р философ. наук, профессор

Аграрный вестник приморья: сборник научных статей / ФГБОУ ВПО
Приморская ГСХА. – Владивосток: Изд-во ПГСХА, 2014. – № 1. – 146 с.

ISBN 978-5-4281-0027-3

Составитель – **А.В. Иванов**, канд. с.-х. наук, заместитель декана ИЛХ
по научно-исследовательской работе

В сборнике опубликованы материалы (статьи) конференции, проходившей 13 сентября в
г. Уссурийске и посвящённой 55-летию Института лесного и лесопаркового хозяйства Приморской
государственной сельскохозяйственной академии.

Издание осуществлено на средства Амурского филиала Всемирного фонда дикой природы (WWF)

Издание распространяется бесплатно

ISBN 978-5-4281-0027-3

© Приморская государственная
сельскохозяйственная академия, 2014

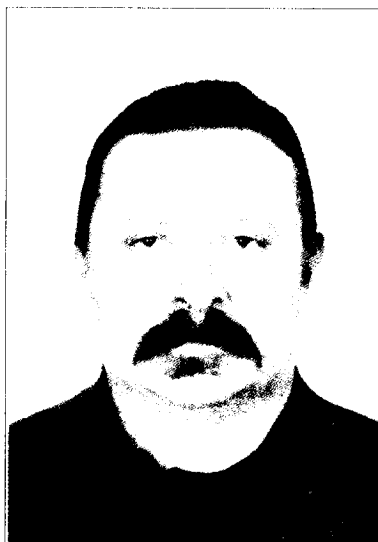
© Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2014

УДК 630*162.5+547.45 (571.63)

ДИНАМИКА БАЛАНСА УГЛЕРОДА В ЛЕСАХ ПРИМОРСКОГО КРАЯ

Д.Г. Замолодчиков, доктор биологических наук, Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,

Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН



Проблема оценки углеродного баланса лесов на различных пространственных масштабах, от локального до глобального, по-прежнему остается в фокусе внимания многочисленных научных коллективов. С одной стороны, исследовательский интерес мотивирован процессом глобального потепления и возможностями учета лесных стоков парниковых газов в международных соглашениях по сохранению климата. С другой, высокая пространственная и временная изменчивость бюджета углерода лесных экосистем и территорий требует значительных усилий для его корректной оценки. Близкие по географическому положению лесные экосистемы могут существенно различаться по величине и даже знаку (сток или источник) годового углеродного баланса, что определяется возрастом и породным составом древо-

стоя, историей лесопользования, наличием воздействий, ослабляющих леса (вредители и болезни леса, климатогенные усыхания, загрязнение и др.).

Для лесных территорий (то есть совокупности лесных экосистем какого-либо региона) ключевыми факторами, определяющими величину и знак углеродного баланса, являются деструктивные нарушения (рубки, пожары, гибель лесов по другим причинам). При таких нарушениях потери углерода в расчете на единицу площади многократно превышают приросты углерода на окружающих территориях, где леса продолжают существовать. К примеру, при сплошной рубке из леса вывозится такое количество углерода фитомассы, которое сможет восстановиться на данном участке примерно через 100 лет. Рассматривая эту картину в пространственном отношении, получим, что сплошная рубка приводит к потерям углерода, по величине эквивалентным приростам углерода в лесах, растущих на территории в 100 раз большей площади рубки.

При деструктивных лесных пожарах, вспышках вредителей, ветровалах и т. д. изменения углеродного цикла имеют более сложный характер. Прямые потери (эмиссии в атмосферу) здесь относительно невелики, а углерод фитомассы переходит в пул мертвой древесины, представляющий собой буфер на пути в атмосферу. Эмиссии от разложения мертвой древесины на долгие годы превращают нарушенный участок в источник углерода. Проведение санитарных рубок либо расчисток территории уменьшает сроки пребывания углерода в пуле мертвой древесины после нарушений.

Пребывание углерода в буферном пуле мертвой древесины усложняет картину модификации углеродного цикла лесов при нарушениях, однако не изменяет общего правила: наличие деструктивных нарушений с годовым уровнем около 1% и выше от общей площади лесного покрова является важнейшим фактором, контролирующим величину и знак углеродного баланса лесной территории. Отсюда вытекает значимость корректного учета масштабов нарушений при построении региональных балансов углерода лесов.

III. ЛЕСНАЯ ЭКОЛОГИЯ. ФИЗИОЛОГИЯ

Таблица 1. Динамика структуры земель лесного фонда Приморского края согласно государственным учетам лесного фонда (1998, 1993, 1998, 2003 гг.) и государственному лесному реестру (2008 г.)

Категория земель	Площадь, 10 ³ га				
	1988 г.	1993 г.	1998 г.	2003 г.	2008 г.
Покрытые лесом земли	11809.4	11889.8	11985.1	12038.7	12107.0
в том числе					
хвойные	6774.2	6734.6	6604.8	6637.8	6738.5
твердолиственные	3168.5	3213.9	3361.2	3362.0	3364.8
мягколиственные	1812.6	1882.3	1959.9	1980.7	1945.9
кустарники и прочие породы	54.1	59.0	59.2	58.2	57.8
Не покрытые лесом земли	462.0	340.4	212.1	164.0	179.6
в том числе					
редины	118.9	94.2	54.3	38.3	38.8
гари и погибшие насаждения	202.1	133.3	74.3	50.4	52.4
вырубки	28.5	45.7	25.4	18.5	25.3
Нелесные земли	344.7	348.4	350.4	348.7	327.7
в том числе					
сенокосы и пастбища	39.2	35.6	34.0	34.0	29.8
болота	135.4	136.2	136.9	136.9	124.9
прочие земли	88.7	98.2	107.2	105.6	98.8
Все земли	12616.1	12578.6	12547.6	12551.4	12614.3

III. ЛЕСНАЯ ЭКОЛОГИЯ. ФИЗИОЛОГИЯ

Цель настоящей работы состоит в характеристике динамики баланса углерода в лесах Приморского края с применением различных наборов сведений по нарушениям лесного покрова.

В качестве инструмента оценки углеродного баланса лесов использована система РОБУЛ, разработанная в Центре по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН [3, 5]. РОБУЛ ориентирована на применение к материалам Государственного лесного реестра (ГЛР). ГЛР в 2008 г. сменил предшествующую систему Государственного учета лесного фонда (ГУЛФ). К счастью, методологии формирования ГЛР и ГУЛФ мало различаются, что дает возможность восстановления согласованных рядов данных, необходимых для оценки динамики бюджета углерода в лесах. Детальные описания процедур формирования рядов данных и специфики представления учетной информации в связи с изменениями полномочий по управлению лесами приведены в работе [3]. В табл. 1 представлены обобщенные сведения по площадям земель лесного фонда Приморского края по состоянию на 1988, 1993, 1998, 2003 и 2008 г. Обсуждаемые в настоящей статье оценки РОБУЛ относятся к категории «покрытые лесом земли», площадь которой увеличилась от 11.8 млн. га в 1988 г. до 12.1 млн. га в 2008 г.

Детальное описание совокупности уравнений и параметров РОБУЛ приведено в работах [3, 5]. На веб-сайте ЦЭПЛ РАН в свободном доступе представлено программное обеспечение системы [4], ныне используемое при формировании соответствующего раздела Национального кадастра парниковых газов [6]. В настоящей статье ограничимся лишь общей характеристикой схемы расчетов.

Начальная часть расчетов по методике РОБУЛ состоит в оценке запасов углерода для возрастных групп лесных насаждений в дифференциации по преобладающим породам. Оценка запасов углерода в пулах фитомассы и мертвой древесины осуществляется на основе данных по объемным запасам стволовой древесины из материалов ГЛР либо ГУЛФ с применением наборов конверсионных коэффициентов. Расчет запасов углерода в пулах подстилки и почвы проводится по сведениям о площадях насаждений лесообразующих пород из ГЛР либо ГУЛФ с применением типовых средних значений. Получение оценок запасов углерода в разрезе групп возраста насаждений обеспечивает возможность расчета приростов по всем углеродным пулам с применением информации о продолжительности возрастных групп. Оценка неопределенности в РОБУЛ базируется на стандартной ошибке среднего значения параметров уравнений [5].

Применение сведений о годовых площадях деструктивных нарушений (рубки, лесные пожары, прочие причины гибели лесных насаждений) к средним запасам углерода в нарушенных категориях лесных насаждений дает оценку годовых потерь углерода. Информация по годовым величинам пройденной огнем площади и масштабам рубок в Приморском крае была выбрана из имеющегося в ЦЭПЛ РАН архива форм государственного статистического обследования лесного хозяйства (2-ЛХ, 5-ЛХ и др.). Кроме того, в расчетах для 2002-2009 гг. был использован массив спутниковых данных по лесным пожарам, сформированный в Информационной системе дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства РФ (ИСДМ Рослесхоз). ЦЭПЛ РАН совместно с Институтом космических исследований РАН участвовал в разработке, а ныне осуществляет сопровождение ИСДМ Рослесхоз [1]. Таким образом, в настоящей работе оценка потерь углерода лесами Приморского края осуществлена в двух вариантах: 1) для 1988-2009 гг. с использованием статистических данных по рубкам и пожарам; 2) для 2002-2009 гг. на основе статистических данных по рубкам и дистанционных по пожарам.

Наиболее масштабные нарушения в лесах Приморского края связаны с рубками и лесными пожарами. В 1988 г. площадь сплошных рубок составила 37.3 млн. га (рис. 1). Социально-экономические реформы начала 1990-х годов привели к резкому снижению площадей рубок вплоть до минимума 12.0 тыс. га в 1998 г. В 2000-е годы средняя годовая площадь сплошных рубок составляла 15.1 тыс. га.

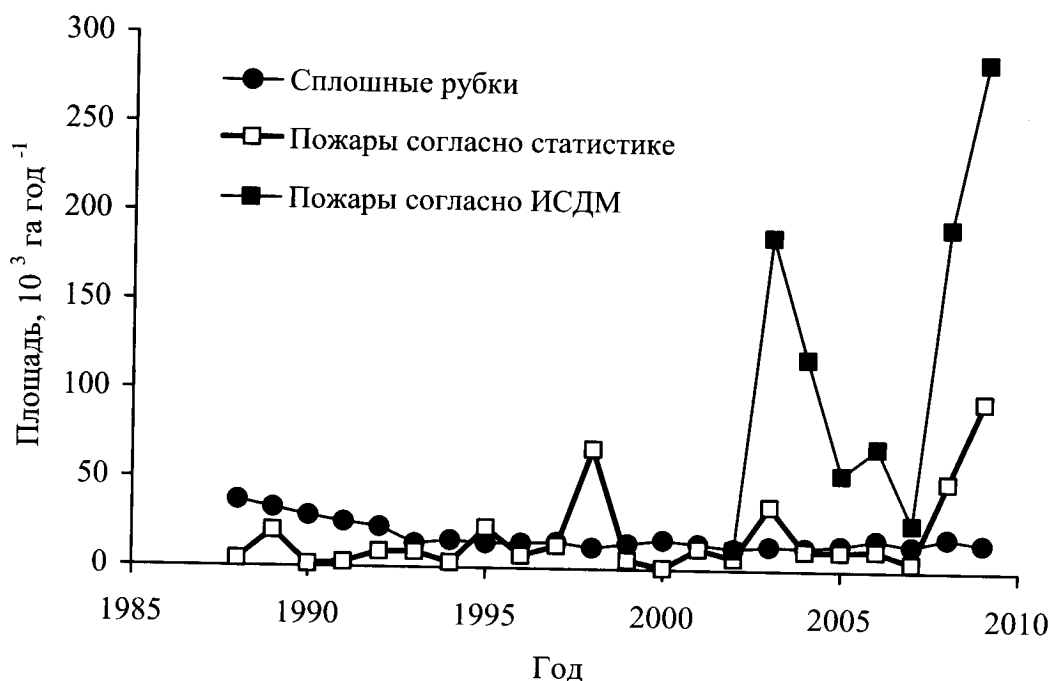


Рис. 1. Динамика ключевых нарушений в лесах Приморского края.

Официальная отчетность по площадям сплошных рубок предоставляет достаточно объективную информацию, которую можно непосредственно использовать в расчетах по РОБУЛ. Иная ситуация складывается с лесопожарной статистикой. С начала 2000-х годов стали появляться работы с оценками площадей лесных пожаров в России [9, 11 и др.], выполненные на основе дистанционного зондирования. Эти оценки в несколько раз превышали официальные статистические данные по пожарам. В этом контексте не удивительно, что площади лесных пожаров за 2002-2009 гг. согласно статистике составляют для Приморского края в среднем лишь 24% от значений согласно ИСДМ (рис. 1).

Многочисленное расхождение официальных и спутниковых сведений о масштабах лесных пожаров (рис. 1) создает серьезные проблемы для их использования в РОБУЛ. В нашей работе [3] при осуществлении расчета по статистическим данным о лесных пожарах было сделано допущение, что все пожары являются деструктивными, то есть приводящими к гибели лесных насаждений. На самом деле низовые лесные пожары слабой и средней степени, как правило, не являются деструктивными. Сведения рис. 1, а также значение доли деструктивных пожаров, согласно ИСДМ равное 0.36, свидетельствуют в пользу допущения. Реальная площадь лесных пожаров примерно в 4 раза выше, чем статистическая оценка, однако лишь около трети из них является деструктивными. Потому сведения официальной статистики действительно можно использовать в качестве приближенной (хотя и немного заниженной) оценки площади деструктивных лесных пожаров.

III. ЛЕСНАЯ ЭКОЛОГИЯ. ФИЗИОЛОГИЯ

На рис. 2 представлена динамика ключевых потоков углерода в лесах Приморского края за 1988-2009 гг. Сток углерода в леса отображен в области положительных значений, источник углерода – отрицательных. Поглощение соответствует текущему приросту углерода во всех пулах лесной экосистемы (фитомасса, мертвая древесина, подстилка, слой почвы 0-30 см). Поглощение углерода лесами Приморского края характеризуется относительным постоянством и в среднем в 1988-2009 гг. составляло 5.5 ± 0.6 млн. т С в год.

В отличие от поглощения, потерям углерода лесами Приморского края свойственна выраженная межгодовая изменчивость (рис. 2). В 1988-1995 годов наблюдалась тенденция к уменьшению потерь углерода (с 4.5 ± 0.5 до 2.0 ± 0.2 млн. т С в год). Со второй половины 1990-х годов отмечались высокие межгодовые вариации потерь углерода лесами: от 1.7 ± 0.2 млн. т С в 2002 и 2007 гг. до 9.9 ± 1.1 в 2009 г. Причины такой динамики очевидны из рис. 1. Снижение масштабов лесозаготовок уменьшило потери углерода в начале 1990-х годов, высокая межгодовая вариабельность пожаров вызвала изменчивость значений потерь в 1996-2005 гг. В среднем за 1988-2009 гг. потери углерода в лесах Приморского края от деструктивных нарушений составляли 3.3 ± 0.4 млн. т С в год, из которых 1.7 ± 0.2 млн. т С (52%) приходилось на сплошные рубки, а 1.6 ± 0.2 млн. т С (48%) – на пожары.

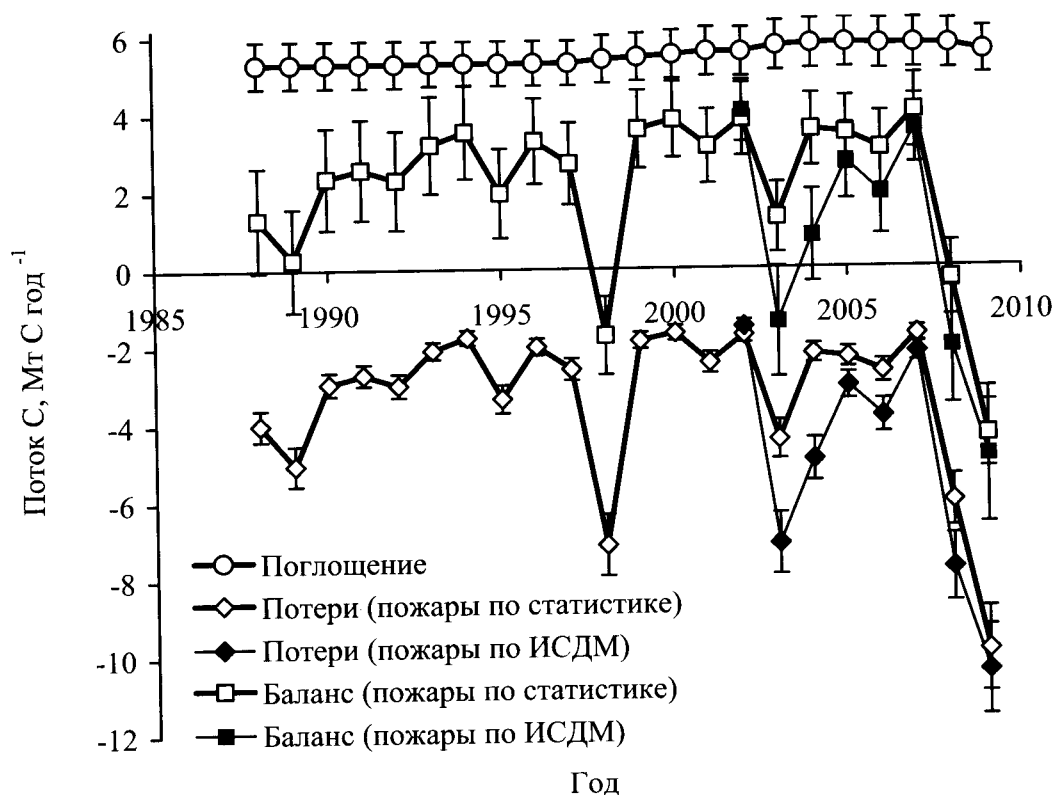


Рис. 2. Динамика потоков углерода в лесах Приморского края

Баланс углерода в леса Приморского края в среднем за 1988-2009 гг. составлял 2.1 ± 1.0 млн. т С в год при вариациях от -4.3 ± 1.7 млн. т С (источник углерода) в 2009 г. до 4.0 ± 0.8 млн. т С (сток углерода) в 2007 г. Высокая межгодовая изменчивость балансовой величины определяется вариациями потерь углерода на фоне относительной стабильности поглощения.

III. ЛЕСНАЯ ЭКОЛОГИЯ. ФИЗИОЛОГИЯ

На рис. 2 также представлены результаты расчета потерь и баланса углерода в лесах Приморского края с использованием спутниковых сведений по лесным пожарам. Очевидное сходство результатов с вариантом расчета по статистическим данным о пожарах не является удивительным. Как отмечалось выше, площади деструктивных пожаров по дистанционным данным близки к суммарным величинам пройденной огнем площади согласно официальной отчетности. Поэтому и результаты расчета потерь и баланса углерода оказываются сходными. Отметим, что оценка по спутниковым данным дает несколько большую величину потерь для лет с повышенной интенсивностью пожаров. В такие годы расхождение между спутниковыми данными и официальной отчетностью увеличивается.

Согласно расчету по спутниковым сведениям о лесных пожарах, сток углерода в леса Приморского края в среднем за 2002-2009 гг. составлял 0.6 ± 1.2 млн. т С в год. Средняя оценка стока для того же периода по статистическим данным равна 1.8 ± 1.1 млн. т С в год. Таким образом, использование в расчетах дистанционных данных о пожарах приводит к трехкратному уменьшению средней величины стока углерода, однако расхождения средних величин остаются в пределах оценки неопределенности.

Система РОБУЛ позволяет проводить дифференцированные оценки по пулам лесного углерода, что дает возможность сравнить вклады пулов в суммарные запасы и поглощение углерода лесами Приморского края (рис. 3). В суммарном запасе углерода, в среднем для 1988-2009 гг. составлявшем 2737 ± 371 млн. т С, доминирует углерод слоя почвы 0-30 см (61%), далее следует фитомасса (31%), мертвая древесина (5%) и подстилка (3%). Преобладание почвы по запасам углерода является хорошо установленным фактом для лесов бореального и умеренного поясов [8 и др.].

Иная картина имеет место при рассмотрении вкладов пулов в суммарное поглощение (то есть текущий прирост) углерода. Из общей величины 5.5 ± 0.6 млн. т С в год 85% приходится на фитомассу, 9% – на мертвую древесину, 5% – на слой почвы 0-30 см и 1% – на подстилку. Отклик пулов фитомассы и мертвой древесины на изменения состояния лесных экосистем, связанные с нарушениями и последующим лесовосстановлением, оказывается более быстрым по сравнению с реакцией более консервативного пула почвы, что и определяет их преимущественный вклад в поглощение углерода.

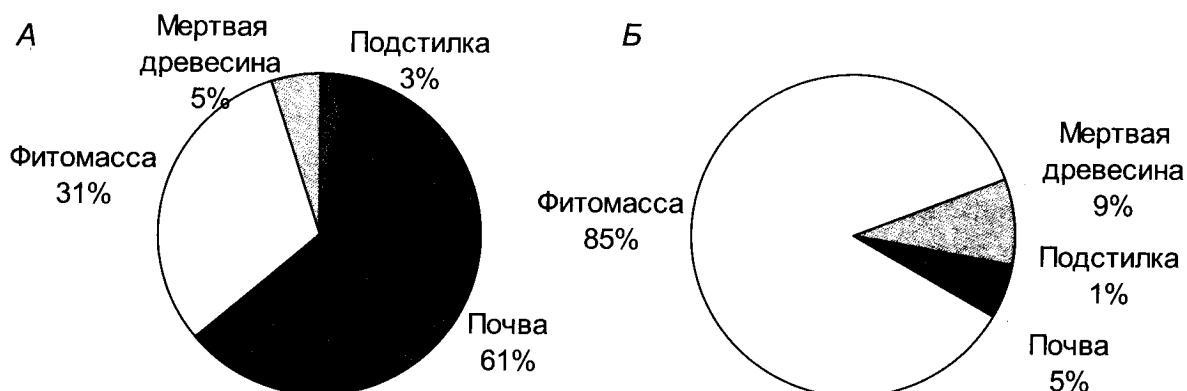


Рис. 3. Вклад пулов углерода в его суммарный запас (А) и поглощение (Б) для лесов Приморского края.

III. ЛЕСНАЯ ЭКОЛОГИЯ. ФИЗИОЛОГИЯ

Углеродный цикл лесов Дальнего Востока в целом и Приморского края в частности и ранее находился в фокусе внимания авторского коллектива ЦЭПЛ РАН [2, 7]. В работе [7] были оценены некоторые пулы и потоки углерода, в частности, запасы и поглощение (по отношению к этому потоку использовался термин «депонирование») углерода в фитомассе и мертвой древесине. Эти оценки близки к рассматриваемым в настоящей работе, поскольку РОБУЛ, фактически, является интеграцией предшествующих методических разработок авторского коллектива.

В публикации [2] использован альтернативный инструмент оценки запасов и баланса углерода – канадская модель CBM-CFS3 [10]. Значения суммарного пула углерода лесов Приморского края по РОБУЛ (2737 ± 371 млн. т С) и CBM-CFS3 (2975 млн. т С) различаются в пределах оценки неопределенности. Данная в виде прогноза модельная оценка баланса углерода лесов при сохранении текущих уровней нарушений составила 3.4 млн. т С в год. Эта величина хорошо соответствует оценкам РОБУЛ (3-4 млн. т С в год) для лет с низкой горимостью лесов (рис. 2). Возможность значительной активизации пожарного воздействия, имевшая место во второй половине 2000-х годов, в модельном прогнозе не рассматривалась. Проведенное сравнение оценок РОБУЛ и CBM-CFS3 приводит к выводу, что эти независимые инструменты дают вполне сопоставимые результаты.

Со второй половины 2000-х годов в Приморском крае отмечается усиление пожарного воздействия на леса, связанное как с климатическими изменениями, так и не вполне успешными реформами системы охраны лесов от пожаров. Эта тенденция вызывает определенные опасения в отношении перспектив сохранения стока атмосферного углерода в леса региона. Отказ Российской Федерации от взятия обязательств по второму периоду Киотского протокола снизил интерес органов государственного управления к осуществлению мер по снижению эмиссий и усилению стоков парниковых газов. Однако эта пауза является временной, поскольку продолжается международный процесс по выработке климатического соглашения на период после 2020 г. Сохранение абсорбции углерода лесами может обеспечить более комфортные условия участия России в новом соглашении. Наиболее перспективной формой деятельности по поддержанию стока углерода следует признать активизацию профилактики и борьбы с лесными пожарами.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (11-04-01486-а).

Литература

1. Барталев С.А., Ершов Д.В., Коровин Г.Н., Котельников Р.В., Лупян Е.А., Щетинский В.Е. Основные возможности и структура информационной системы дистанционного мониторинга лесных пожаров Федерального агентства лесного хозяйства РФ (ИСДМ Рослесхоз) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Т. 7. № 2. М.: ООО «ДоМира», 2010. С. 419-429.
2. Замолодчиков Д.Г., Грабовский В.И., Коровин Г.Н. Управление бюджетом углерода лесов Дальнего Востока России: прогнозный анализ по модели CBM-CFS // Лесная таксация и лесоустройство. 2009. Вып. 1(41). С. 98-103.
3. Замолодчиков Д.Г., Грабовский В.И., Краев Г.Н. Динамика бюджета углерода лесов России за два последних десятилетия // Лесоведение. 2011. № 6. С. 16-28.
4. Замолодчиков Д.Г., Грабовский В.И., Краев Г.Н. Региональная оценка бюджета углерода лесов (РОБУЛ). Версия 1.1. М.: ЦЭПЛ РАН, 2011. www.cepl.rssi.ru/regional.htm.

Ш. ЛЕСНАЯ ЭКОЛОГИЯ. ФИЗИОЛОГИЯ

5. Замолодчиков Д.Г., Грабовский В.И., Шуляк П.П., Честных О.В. Влияние пожаров и заготовок древесины на углеродный баланс лесов России // Лесоведение. 2013. № 5. С. 36-49.
6. Национальный доклад Российской Федерации о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990-2010 гг. Москва, 2012. Часть 1. 386 с.
7. Уткин А.И., Замолодчиков Д.Г., Честных О.В. Пулы и потоки углерода лесов Дальневосточного федерального округа // Хвойные бореальной зоны. 2006. Вып. 3. С. 21-30.
8. Швиденко А.З., Щепаченко Д.Г. Что мы знаем о лесах России сегодня? // Лесная таксация и лесоустройство. 2011. Вып. 1-2(45-46). С. 153-172.
9. Conard S.G., Sukhinin A.I., Stocks B.J., Cahoon D.R., Davidenko E.P., Ivanova G.A. Determining effects of area burned and fire severity on carbon cycling and emissions in Siberia // Climatic Change. 2002. V. 55. P. 197-211.
10. Kull S., Kurz W.A., Rampley G., Banfield G.E., Schivatcheva R.K., Apps M.J. Operational-scale carbon budget model of the Canadian forest sector (CBM-CFS3) version 1.0: user's guide. Edmonton: Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Northern Forestry Centre, 2006. 320 p.
11. Soja A.J., Sukhinin A., Cahoon Jr. D.R., Shugart H.H., Stackhous Jr. P.W. AVHRR-derived fire frequency, distribution, and area burned in Siberia // International Journal of Remote Sensing. 2004. V. 25. P. 1939-1951.