

С.Д. ПУНЦУКОВА\*, Д. ЦЭНДСУРЭН\*\*

\*Байкальский институт природопользования СО РАН,  
670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6, Россия, puntsukovas@mail.ru

\*\*Институт географии и геоэкологии МАН,  
15170, Улан-Батор, ул. Баруун ээлбэ, 15, Монголия, tsendsuren@mail.ru

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ УГЛЕРОДНОГО БЮДЖЕТА В ЛЕСАХ ТРАНСГРАНИЧНОГО БАСЕЙНА Р. СЕЛЕНГИ

*Приведены результаты исследования углеродного баланса в лесах трансграничного бассейна реки Селенги на основе материалов учета состояния лесного фонда и ключевых факторов (рубка леса, лесные пожары), влияющих на поглощение и эмиссию углерода в лесах. Анализ лесного фонда бурятской и монгольской частей бассейна Селенги выявил отличительные особенности по возрастной структуре лесов (в Бурятии преобладают средневозрастные древостои и молодняки, в Монголии — спелые и перестойные насаждения) и по структуре земель лесного фонда (в Бурятии наблюдается рост покрытой лесом площади, в Монголии обратная тенденция). Установлено, что на эти различия влияют характер лесопользования и организация охраны лесов от пожаров в сопредельных странах. На основе методики РОБУЛ получены оценки углеродного бюджета. Сравнительный анализ углеродного баланса выявил, что леса Бурятии обладают в три раза большим потенциалом в поглощении (депонировании) углерода, чем леса Монголии. Сделан вывод, что величину и знак углеродного бюджета лесов сопредельных территорий определяют текущая возрастная структура лесов и интенсивность деструктивных нарушений (потери углерода в результате рубок леса, лесных пожаров, гибели насаждений), поскольку поглощение углерода лесами характеризуется относительной стабильностью. Показан вклад различных пулов углерода лесной экосистемы в общий запас и депонирование (поглощение) углерода лесами. Полученные результаты оценки углеродного бюджета могут служить основой при разработке стратегии управления лесами и лесопользованием в рамках трансграничного сотрудничества сопредельных стран с целью минимизации негативных последствий изменения климата и эффективного использования ее возможных выгод.*

Ключевые слова: лесная экосистема, бюджет углерода, депонирование, углеродные пулы, изменение климата, лесопользование.

S.D. PUNTSUKOVA\*, D. TSENDSUREN\*\*

\*Baikal Institute of Nature Management, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,  
670047, Ulan-Ude, ul. Sakhyanovoi, 6, Russia, puntsukovas@mail.ru

\*\*Institute of Geography and Geocology, Mongolian Academy of Sciences,  
15170, Ulaanbaatar, Baruun selbe, 15, Mongolia, tsendsuren@mail.ru

### COMPARATIVE ANALYSIS OF CARBON BUDGET IN FORESTS OF THE SELENGA RIVER TRANSBOUNDARY BASIN

*Presented are the results from investigating carbon balance in forests of the transboundary Selenga river basin, based on inventory data for the status of forest fund and the key factors (tree felling and forest fires) influencing carbon absorption and emission in forests. Analysis of the forest fund in the Buryat and Mongolian parts of the Selenga river basin revealed distinctive features in the age structure of forests (middle-aged and young tree stands are dominant in Buryatia, and mature and overmature stands in Mongolia), and in the structure of lands of forest fund (an increase in forest-covered area is observed in Buryatia, whereas Mongolia shows the reverse trend). It is established that these differences are influenced by the nature of forest use and by the organization of the forest protection against fires in neighboring countries. The ROBUL technique was used to obtain estimates of carbon budget. A comparative analysis of carbon balance showed that the potential of forests of Buryatia in carbon absorption (sequestration) is by a factor of 3 larger than forests of Mongolia. It is concluded that the amount and sign of carbon budget of forests growing in neighboring territories are determined by the current age structure of forests and by the intensity of destructive disturbances (carbon losses as a result of tree felling, forest fires and death of tree stands), because the carbon absorption by forests is characterized by a relative stability. The contribution from various carbon pools of the forest ecosystem to the total carbon reserves and deposition (absorption) by forests is shown. Results obtained from assessing carbon budget can*

*serve as a basis for developing the forest management and forest use strategy within the framework of transboundary cooperation of neighboring countries in order to minimize the negative effects of climate change and make effective use of its potential benefits.*

*Keywords: forest ecosystem, carbon budget, deposition, carbon pools, climate change, forest management.*

## ВВЕДЕНИЕ

Глобальное изменение климата представляет собой одну из важных экологических проблем современности. Ее решение зависит в том числе и от функционирования лесных экосистем, деструктивные воздействия на которые приводят к изменению баланса поглощения и эмиссии углерода. Особую актуальность исследованиям по данной теме придает трансграничный характер лесов бассейна р. Селенги, расположенных на территории Республики Бурятия (РБ) и Монголии. Данные экосистемы — не только важный фактор социально-экономического развития территорий, они также выполняют средообразующие, климаторегулирующие функции, значимость которых выходит далеко за рамки региональных интересов поддержания экологического равновесия. Будучи главным компонентом экосистемы оз. Байкал, леса играют первостепенную роль в сохранении этого уникального природного объекта, участка мирового природного наследия ЮНЕСКО.

Взаимное изучение углеродного бюджета, сложившегося в национальных лесных экосистемах, выявление особенностей трансграничных экологических проблем должно стать стимулом для развития сотрудничества сопредельных государств в направлении разработки согласованной стратегии управления лесами и лесопользованием, чтобы сохранить существующие запасы углерода и увеличить поглощение лесами углекислого газа из атмосферы.

Цель данной работы — оценка и сравнительный анализ углеродного бюджета в лесах трансграничного бассейна р. Селенги, а также вклада резервуаров (пулов) углерода лесной экосистемы в общий запас и депонирование углерода лесами.

## ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Трансграничная территория бассейна р. Селенги составляет 447 тыс. км<sup>2</sup>, из них 299 тыс. км<sup>2</sup> занимает Монголия, 148 тыс. км<sup>2</sup> — Россия (Республика Бурятия) [1]. Общая площадь лесов бассейна Селенги в границах Республики Бурятия, по данным Государственного лесного реестра (ГЛР) на 01.01.2014 г. [2], составляет 8,7 млн га, покрытая лесом — 7,8 млн га, запас древесины — 935,3 млн м<sup>3</sup>; в границах Монголии [3] — 11,1, 8,6 млн га, 1070,9 млн м<sup>3</sup> соответственно (табл. 1).

При относительно одинаковом потенциале лесов, как по площади, так и по запасу древесины, лесистость территории бурятской и монгольской частей бассейна Селенги различается более чем вдвое. В бурятской части она составляет в среднем 63 %, что свидетельствует о достаточной экологической устойчивости лесов и их потенциально высоком значении для социально-экономического развития территории, а в монгольской части — 29 %.

Основные лесообразующие породы в лесном фонде трансграничного бассейна р. Селенги — хвойные: в Бурятии — 77,7 %, в Монголии — 86,6 %. Если в Бурятии больше всего сосны (33,4 %), то в Монголии преобладает лиственница (74,8 %). Имеются также различия в возрастной структуре лесного фонда: в Бурятии доминируют средневозрастные древостои — 41,9 %, молодняки занимают 24,8, спелые и перестойные — 22,8, приспевающие — 10,5 %. Низкая доля спелой и перестойной древесины (в 1,5 раза меньше, чем в целом по РБ) обусловлена высоким уровнем использования лесов бассейна. На его территории, которая занимает 32 % общей площади лесного фонда Республики, заготавливается более 80 % древесины от общего объема. В лесном фонде бассейна Селенги Монголии преобладают спелые и перестойные насаждения на 70,9 %, средневозрастные составляют 15,4, приспевающие — 11,8, а молодняки — 1,2 %, что свидетельствует о старении лесного фонда и, соответственно, ослаблении его средорегулирующих, в том числе углероддепонирующей, функций.

## МЕТОДИКА И МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ УГЛЕРОДНОГО БЮДЖЕТА

Среди известных методик учета эмиссии и поглощения лесами парниковых газов из атмосферы [4, 5] выбрана методика региональной оценки бюджета углерода лесов (РОБУЛ), разработанная совместно Центром по проблемам экологии и продуктивности лесов (ЦЭПЛ) РАН и Московским государственным университетом. Ее выбор обусловлен следующим: 1) для расчетов углеродного бюджета

Таблица 1

Общие сведения о лесном фонде трансграничного бассейна р. Селенги (на 01.01.2014 г.) [2, 3]

Наименование района, аймака	Общая площадь лесного фонда, тыс. га	Покрытая лесом площадь, тыс. га	Общий запас древесины, млн м <sup>3</sup>	Лесистость, %
Бурятия				
Бичурский	433,6	403,3	56,8	65
Джидинский	431,7	368,3	47,9	43
Еравнинский	1063,8	942,3	81,6	37
Заиграевский	544,5	493,5	38,2	75
Закаменский	1381,1	1166,7	157,9	76
Иволгинский	193,7	182,6	23,7	68
Кабанский	541,2	502,4	86,6	37
Кижингинский	597,3	542,5	44,6	69
Кяхтинский	193,4	176,4	19,7	38
Мухоршибирский	200,5	190,5	20,9	42
Прибайкальский	1226,1	1100,2	168	71
Селенгинский	514,0	461,9	62,8	56
Тарбагатайский	202,8	186	24,5	56
Хоринский	1165,7	1085	102,1	81
Итого	8689,4	7801,6	935,3	63
Монголия				
Архангайский	1008,6	808,3	104,2	15
Булганский	1917,7	1382,1	152,9	28
Завханский	771,0	493,8	56,9	34
Сэлэнгинский	1931,2	1441,0	168,3	32
Увурхангайский	171,7	135,0	17,5	11
Хувсгульский	3910,3	3203,8	423,3	46
Тув (Центральный)	1393,8	1100,8	147,8	22
Итого	11 104,3	8564,9	1070,9	29

привлекаются материалы ГЛР и Государственного учета лесного фонда (ГУЛФ); 2) имеется программное обеспечение, полное описание алгоритмов и численных параметров для расчета; 3) методика прошла проверку экспертами Рамочной конвенции ООН об изменении климата и используется в Национальном кадастре парниковых газов РФ для формирования отчетности по лесному сектору [6].

Методика РОБУЛ оценивает углеродный бюджет лесов по балансу потоков, т. е. по разности поглощения при увеличении углеродных пулов в растущих лесных насаждениях и потерь при нарушениях (рубках, пожарах и прочих случаях гибели лесов). Расчеты РОБУЛ ведутся для четырех основных пулов углерода лесов: фитомассы, мертвой древесины, подстилки и органического вещества почвы в слое 0–30 см. Детальное описание уравнений и табличных параметров РОБУЛ для расчета величины бюджета углерода лесов на региональном и локальном уровнях приведено на сайте ЦЭПЛ РАН [7] и в работе [8].

Основной источник исходной информации по лесам бассейна р. Селенги (Республика Бурятия) — базы данных ГУЛФ и ГЛР по состоянию на 1 января 1988, 1998, 2007 и 2014 гг. Из данных табл. 2 видно, что в 1988—

Таблица 2

Динамика структуры земель лесного фонда бассейна р. Селенги (Бурятия)

Категория земель	Годы			
	1988	1998	2007	2014
Покрытые лесом земли, тыс. га	6617,7	6629,4	6687,9	7801,6
Не покрытые лесом земли, тыс. га,	330,4	311,4	256,6	310,5
в том числе:				
редины	22,7	15,5	15,1	20,4
гари и погибшие насаждения	141,6	145,0	122,8	144,8
вырубки	107,9	75,9	59,6	86,5
Нелесные земли, тыс. га,	505,4	579,1	578,3	577,3
в том числе:				
пашни, сенокосы и пастбища	160,1	205,3	206,7	203,4
болота	53,8	49,1	49,2	49,4
прочие земли	291,4	324,7	322,5	324,5
Все земли	7453,5	7519,9	7522,8	8689,4

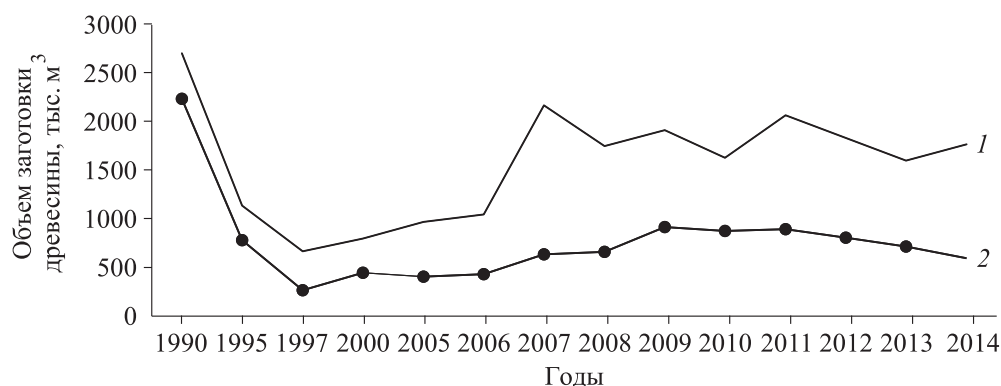


Рис. 1. Динамика объемов заготовок древесины по всем видам рубок в лесах бурятской части бассейна р. Селенги за 1990–2014 гг.

1 — все рубки; 2 — сплошные рубки.

2007 г. на площадях лесного фонда отсутствуют значимые изменения. После 2007 г. произошло существенное увеличение площадей по всем категориям земель лесного фонда (в 2014 г. на 1141,5 тыс. га), что связано с переводом бывших колхозных и совхозных лесов в ведение Рослесхоза. В табл. 2 отражены ключевые факторы, определяющие углеродный баланс лесов. Так, рост покрытой лесом площади на 70,2 тыс. га в 2007 г. по сравнению с 1988 г. происходил в основном за счет сокращения не покрытой, в том числе в результате уменьшения площади вырубок (на 48,3 тыс. га), гарей и погибших насаждений (на 18,8 тыс. га). Увеличение покрытой лесом площади связано с социально-экономическими реформами начала 1990-х гг. в России и с переходом на рыночные отношения. Это привело к резкому сокращению заготовки древесины: с 2707,8 тыс. м<sup>3</sup> в 1990 г. до 666,4 тыс. м<sup>3</sup> к 1997 г. (сокращение в четыре раза). Затем наблюдался скачкообразный рост рубок леса, объем которого в 2014 г. составил 1769,7 тыс. м<sup>3</sup> древесины. При этом объемы сплошных рубок сократились в восемь раз: с 2237,1 (1990 г.) до 265 тыс. м<sup>3</sup> (1997 г.). В 2014 г. сплошными рубками было заготовлено 595,9 тыс. м<sup>3</sup> (рис. 1).

Особенность лесопользования в бассейне Селенги — это преобладание объемов выборочных рубок в общем объеме заготовки древесины. Если до 1990 г. их удельный вес составлял порядка 15–20 % от общих объемов, то в настоящее время этот показатель в среднем достиг 57 %. Этому способствовали экологические ограничения, введенные на Байкальской природной территории (БПТ), начиная с 1970-х гг., чтобы снизить антропогенную нагрузку на уникальные природные экосистемы оз. Байкал [9–11].

В лесопользовании они проявились в увеличении доли защитных лесов за счет снижения доли эксплуатационных. В защитных лесах, в зависимости от экологических зон БПТ (центральная или буферная), запрещается или ограничивается проведение сплошных рубок [10, 11]. В настоящее время соотношение площадей защитных и эксплуатационных лесов примерно равное — 4,36 (50,35 %) и 4,31 млн га (49,7 %) соответственно. Увеличение доли защитных лесов сдерживает рост сплошных рубок. В результате снижения объемов лесозаготовок прирост древесины стал превышать его изъятие, что привело к росту лесной площади. Положительное влияние на этот процесс оказывает также хорошее естественное возобновление на вырубках, характерное для Байкальского региона [12].

Другой ключевой фактор воздействия на бюджет углерода — лесные пожары. Статистика лесных пожаров в бассейне р. Селенги (Бурятия) с 1990 по 2014 г. показывает, что их количество и площади подвержены резким колебаниям по годам (рис. 2). Эти колебания обусловлены природной цикличностью лесных пожаров, которые зависят от состояния горючих материалов в лесу, а также от неблагоприятных метеорологических условий, способствующих пожарам. В условиях экстремальной погоды (высокая температура воздуха, сильные, штормовые ветра, отсутствие осадков) лесные пожары распространяются бесконтрольно и переходят в разряд крупных. На рис. 2 отражена площадь, пройденная всеми типами пожаров (верховыми, низовыми), без учета последующего состояния лесных насаждений. За 2005–2014 гг. в лесах бассейна р. Селенги возникло 7396 лесных пожаров на площади 653 тыс. га, при этом средняя площадь, пройденная лесными пожарами за год, составила 65,3 тыс. га. Пики крупных лесных пожаров приходились на 2003 г. (157,5 тыс. га), 2009 (238,7 тыс. га),

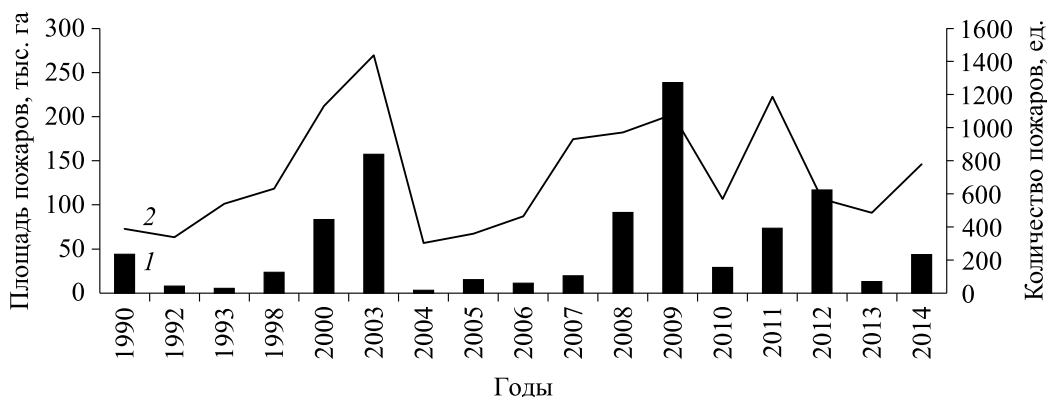


Рис. 2. Динамика горимости лесов бассейна р. Селенги за 1990–2014 гг.

1 — площадь пожаров; 2 — количество пожаров.

2012 г. (117,1 тыс. га) [2]. Самые масштабные пожары произошли в 2015 г. как по количеству (1573), так и по площади сгоревших лесов (890 тыс. га) за весь период наблюдения [13].

Относительно катастрофических пожаров лета 2003, 2009 и 2015 гг. можно сказать, что причиной установления высокого уровня горимости лесов стали экстремальные погодные условия (отсутствие осадков и аномальная жара) и как следствие этого — ненакопление влаги в почве. В результате наблюдалось ускоренное высыхание напочвенного покрова и увеличение массы сухих горючих материалов в лесу [13].

Анализ статистики лесных пожаров с 1936 г. [14] в Республике Бурятия показал, что если раньше цикличность крупных пожаров в среднем составляла 10 лет, то в последние 20 лет их периодичность сокращается и составляет 5–6 лет. Ухудшение пирогенной ситуации связано как с проблемами организации и финансирования охраны лесов, так и с глобальным изменением климата, влияющим на рост числа опасных гидрометеорологических явлений, к которым относятся периоды жаркой и засушливой погоды, создающей условия для катастрофических пожаров. По данным Росгидромета [15], за последние 15 лет число опасных гидрометеорологических явлений выросло в два раза. По одному из сценариев изменения климата, основанному на модели общей циркуляции атмосферы, длительность пожароопасного сезона в среднем широтном поясе России может увеличиться на 50–60 дней, т. е. на 30–40 % [16].

Основным источником исходной информации по лесам бассейна р. Селенга Монголии были учетные данные Лесного фонда по состоянию на 1 января 2007 и 2014 гг. (табл. 3). За исследуемый период наблюдалось уменьшение покрытой лесом площади на 774,4 тыс. га. Изменения произошли за счет увеличения не покрытых лесом площадей на 617,2 тыс. га (из них вырубки — на 37,9 тыс. га, гари и погибшие насаждения — на 620,1 тыс. га). Сокращение площади пастбищ и сенокосов на 420,7 тыс. га связано с возрастанием поголовья скота и его выпаса на нелесных землях [17].

В последние годы наблюдается рост объемов заготовки древесины: с 580 тыс. м<sup>3</sup> в 2010 г. до 742 тыс. м<sup>3</sup> в 2014 г. [18]. Отличительная особенность лесной отрасли Монголии — высокая доля дровяной древесины, которая достигает 70–80 % общего объема заготавливаемой древесины в год. В связи с увеличением спроса на сырье в деревообработке растут объемы заготовки деловой древесины: в 2014 г. по сравнению с 2010 г. они возросли в 2,7 раза. При этом освоению в основном подвержены близлежащие к населенным пунктам и доступные в транспортном отношении лесные массивы.

Таблица 3  
Динамика структуры земель лесного фонда бассейна р. Селенги (Монголия)

Категория земель	2007 г.	2014 г.
Покрытые лесом земли, тыс. га	9339,5	8564,9
Не покрытые лесом земли, тыс. га,	1433,4	2050,6
в том числе:		
редины	510,6	543,8
гари и погибшие насаждения	566,3	1186,4
вырубки	62,6	100,5
Нелесные земли, тыс. га,	1052,2	488,8
в том числе:		
сенокосы и пастбища	864,4	443,7
болота	2,9	3,7
прочие земли	184,9	41,4
Всего	11 825,1	11 104,3



## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Расчеты углеродного баланса в лесах бассейна р. Селенги показали, что в Бурятии поглощение углерода во всех пулах лесной экосистемы (фитомасса, мертвая древесина, подстилка, почва) характеризуется относительным постоянством. В среднем за 1988–2007 гг. оно составило 4,80 Мт С/год. В отличие от поглощения потерям углерода свойственна межгодовая изменчивость. В среднем за 1988–2007 гг. потери углерода составили –1,865 Мт С/год, в том числе от рубок леса – 1,128 Мт С/год и лесных пожаров – 0,737 Мт С/год (табл. 4). За исследуемый период сток углерода в лесах бассейна Селенги увеличился в 1,3 раза: с 2,77 Мт С/год в 1988 г. до 3,17 и 3,59 Мт С/год соответственно в 2007 и 2014 гг.

Современный сток углерода в лесах бассейна Селенги обусловлен, в первую очередь, сокращением объемов сплошных рубок леса, начиная с 1990-х гг., в связи с изменением режимов лесопользования на БПТ. Помимо этого преобладание в возрастной структуре лесов молодняков и средневозрастных насаждений (вместе 67 %) способствует тому, что величина депонирования углерода лесами имеет высокие и относительно устойчивые значения.

Иная ситуация с углеродным бюджетом складывается в лесах бассейна Селенги на территории Монголии. Расчеты показали отрицательные значения бюджета углерода: –2,019 Мт С/год в 2007 г. и –7,308 Мт С/год в 2014 г. (см. табл. 4). В итоге леса монгольской части бассейна Селенги представляют собой источник поступления парниковых газов в атмосферу, которое за анализируемый период выросло в 2,2 раза. Это связано, во-первых, с уменьшением поглощения углерода в лесах с 2,118 Мт С/год в 2007 г. до 1,792 Мт С/год в 2014 г. в результате уменьшения покрытой лесом площади на 774,6 тыс. га, а также с высоким удельным весом в лесном фонде спелых и перестойных насаждений (более 70 %). По оценкам специалистов, спелые и перестойные древостои всех пород считаются наименее производительными, так как дают минимум прироста древесины, а значит, и фитомассы как аккумулятора углерода [19]. Во-вторых, потери углерода от рубок леса возросли с –0,783 Мт С/год в 2007 г. до –1,242 Мт С/год в 2014 г. в результате увеличения в 1,6 раза площади вырубок, а потери от лесных пожаров — с –0,355 Мт С/год в 2007 г. до –7,858 Мт С/год в 2014 г. из-за увеличения более чем в два раза площадей гарей и погибших насаждений за анализируемый период.

Таблица 4

Динамика бюджета углерода в лесах трансграничного бассейна р. Селенги

Поток углерода	Пул углерода	Величина потока, Мт С/год					
		Бурятия				Монголия	
		1988 г.	1998 г.	2007 г.	2014 г.	2007 г.	2014 г.
Поглощение	Фитомасса	3,345	3,274	3,155	3,813	2,044	1,859
	Мертвая древесина	0,575	0,599	0,578	0,748	–0,001	–0,175
	Подстилка	0,150	0,118	0,130	0,142	0,008	0,012
	Слой почвы	0,935	0,735	0,803	0,876	0,065	0,095
	Итого	5,007	4,727	4,667	5,580	2,118	1,792
Потери от сплошных рубок	Фитомасса	–0,495	–0,529	–0,442	–0,519	–0,574	–0,913
	Мертвая древесина	–0,110	–0,117	–0,096	–0,115	–0,069	–0,110
	Подстилка	–0,022	–0,22	–0,019	–0,022	–0,024	–0,038
	Слой почвы	–0,120	–0,128	–0,107	–0,126	–0,114	–0,178
	Итого	–0,748	–0,798	–0,665	–0,783	–0,783	–1,242
Потери от пожаров и естественных нарушений	Фитомасса	–0,495	–0,529	–0,442	–0,519	–2,341	–5,538
	Мертвая древесина	–0,110	–0,117	–0,096	–0,115	–0,387	–0,872
	Подстилка	–0,022	–0,22	–0,019	–0,022	–0,105	–0,244
	Слой почвы	–0,120	–0,128	–0,107	–0,126	–0,520	–1,202
	Итого	–0,748	–0,798	–0,665	–0,783	–3,355	–7,857
Бюджет	Фитомасса	1,760	1,959	2,101	2,403	–0,870	–4,592
	Мертвая древесина	0,302	0,369	0,396	0,511	–0,458	–1,158
	Подстилка	0,090	0,068	0,089	0,088	–0,121	–0,270
	Слой почвы	0,617	0,466	0,584	0,588	–0,569	–1,285
	Итого	2,770	2,863	3,172	3,591	–2,019	–7,308

Таким образом, результаты расчетов показали, что величину и знак углеродного бюджета лесных сопредельных территорий определяют текущая возрастная структура лесов и интенсивность деструктивных нарушений, т. е. потери углерода в результате рубок леса, лесных пожаров и гибели лесов, поскольку поглощение углерода лесами характеризуется относительной стабильностью.

Система РОБУЛ дает возможность сравнить вклад различных пулов углерода лесной экосистемы в общий запас и депонирование (поглощение) углерода лесами (см. табл. 4). В лесах Бурятии и Монголии в общем запасе углерода значительно преобладает доля почвы (в среднем 60 %), доля фитомассы снижается в среднем до 30 %. Иная картина при рассмотрении вкладов пулов в поглощение (т. е. текущий прирост) углерода. В лесах Бурятии из углеродных пулов главным поглотителем является фитомасса (67,7 %), на долю мертвой древесины, подстилки и слоя почвы 0–30 см приходится соответственно 13,1, 2,7 и 16,6 %. В лесах Монголии фитомасса (94 %), подстилка (5,3 %), слой почвы (0,7 %), мертвая древесина представляют собой источник парниковых газов. Преимущественный вклад фитомассы в поглощение углерода обусловлен более быстрой реакцией на изменения состояния лесных экосистем в результате негативного воздействия по сравнению с консервативным пулом почвы, который слабо реагирует на деструктивные воздействия, что характерно для лесов бореальной и умеренной зон [20].

В последние годы наблюдается постепенный рост объемов лесозаготовок в связи с возрастанием спроса на древесную продукцию, а также усиление пожарной опасности в лесах, связанное с неэффективной системой охраны лесов от пожаров и климатическими изменениями. Эти тенденции вызывают определенные опасения в отношении перспектив сохранения поглощения атмосферного углерода лесами трансграничного бассейна р. Селенги. Даже при сохранении сегодняшнего уровня лесопользования сток углерода в лесах будет уменьшаться, а увеличение лесозаготовок приведет к ускорению его сокращения. Особые опасения вызывают леса Монголии как источник углерода для атмосферы из-за возрастной структуры лесов с увеличенной долей старовозрастных насаждений и интенсивными потерями углерода в результате лесных пожаров. Необходимы дополнительные меры по совершенствованию управления лесами и лесопользованием с целью усиления поглощения углерода лесами бассейна Селенги.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Различия в породно-возрастном составе, структуре земель лесного фонда, характере лесопользования, организации охраны лесов от пожаров сказываются на величине углеродного бюджета лесов российской и монгольской частей бассейна р. Селенги. Сравнительный анализ углеродного бюджета показал, что леса Бурятии обладают в три раза большим потенциалом в поглощении (депонировании) углерода, чем леса Монголии.

Снижение объемов сплошных рубок в 3,7 раза по сравнению с базовым годом, относительно оптимальная возрастная структура лесов привели к повышению стока углерода в лесах бассейна Селенги на территории Бурятии. Ситуация с лесами бассейна р. Селенги Монголии как источником углерода вызывает опасения из-за их неэффективной возрастной структуры, потерями углерода от пожаров (более чем в два раза) и от рубок — в 1,6 раза по сравнению с базовым годом.

В перспективе увеличение объемов лесозаготовок и усиление пожарного воздействия на леса неизбежно приведут к ускорению сокращения стока в Бурятии и к увеличению эмиссии углерода в атмосферу в Монголии. Поэтому необходимо расширение интеграционных взаимодействий между Республикой Бурятия и Монголией в климатической сфере для разработки согласованной между странами стратегии управления лесами и лесопользованием с целью минимизации негативных последствий изменения климата и эффективного использования ее возможных выгод.

Наиболее перспективные формы деятельности по сохранению существующих запасов углерода и увеличению поглощения углекислого газа из атмосферы в лесах трансграничного бассейна р. Селенги — это активизация профилактики и борьбы с лесными пожарами, изменение технологий и режимов лесопользования, облесение вышедших из оборота сельскохозяйственных земель, защитное лесоразведение в аридных районах и т. д.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Экосистемы** бассейна Селенги: научное издание / Отв. ред. Е.А. Востокова, П.С. Гунин. — М.: Наука, 2005. — Т. 44. — 359 с.
2. **Постановление** от 10 ноября 2015 г. № 567 «О внесении изменений в постановление Правительства Республики Бурятия от 31.12.2008 № 608 «Об утверждении Лесного плана Республики Бурятия» [Электронный

- ресурс]. — <http://www.alh-rb.ru/upload/iblock/1cc/kniga-1.-proekt-lesnogo-plana-2015-11.10-s-soderzhaniem.pdf> (дата обращения 12.09.2016).
3. **Монгол улсын статистикийн эмхэтгэл. Mongolian Statistical Yearbook 2015** — [Электронный ресурс]. — <http://1212.mn/BookLibraryDownload.ashx?url=Yearbook2015.pdf&ln=En> (дата обращения 24.09.2016).
  4. **Аналитический обзор методик учета выбросов и поглощения лесами парниковых газов из атмосферы / А.Н. Филипчук, Н.В. Малышева, Б.Н. Моисеев, В.В. Страхов // Лесохоз. информ.: электрон. сетевой журн.** — 2016. — № 3 [Электронный ресурс]. — <http://lhi.vniilm.ru/> (дата обращения 12.09.2016).
  5. **Замолодчиков Д.Г.** Системы оценки и прогноза запасов углерода в лесных экосистемах // Устойчивое лесопользование. — 2012. — № 1. — С. 41–49; № 2. — С. 15–22.
  6. **Национальный доклад РФ о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990–2014 гг.** — М., 2016. — Ч. 1 [Электронный ресурс]. — <http://www.meteorf.ru/press/news/14631/> (дата обращения 13.05.2017).
  7. **Замолодчиков Д.Г., Грабовский В.И., Краев Г.Н.** Региональная оценка бюджета углерода лесов (РОБУЛ). Версия 1.1. — М.: ЦЭПЛ РАН, 2011 [Электронный ресурс]. — [www.cepl.rssi.ru/regional.htm](http://www.cepl.rssi.ru/regional.htm) (дата обращения 22.09.2014).
  8. **Замолодчиков Д.Г., Грабовский В.И., Краев Г.Н.** Динамика бюджета углерода лесов России за два последних десятилетия // Лесоведение. — 2011. — № 6. — С. 16–28.
  9. **Федеральный закон от 1 мая 1999 г. № 94-ФЗ «Об охране озера Байкал»** [Электронный ресурс]. — [base.garant.ru/2157025](http://base.garant.ru/2157025) (дата обращения 22.09.2014).
  10. **Пунцукова С.Д.** Формирование экономического механизма устойчивого лесопользования в регионах с экологическими ограничениями. — Новосибирск: Наука, 2012. — 264 с.
  11. **Пунцукова С.Д.** Методы экономической оценки лесной экосистемы региона // Проблемы современной экономики. — 2014. — № 3. — С. 314–319.
  12. **Бурятия: концептуальные основы стратегии устойчивого развития / Под ред. Л.В. Потапова, К.Ш. Шагжиева, А.А. Варламова.** — М.: Круглый год, 2000. — 512 с.
  13. **Тулохонов А.К., Пунцукова С.Д.** Лесные пожары в Республике Бурятия в условиях изменения климата // Общество: политика, экономика, право. — 2016. — № 3. — С. 72–78.
  14. **Лесное хозяйство Бурятии / В.Ф. Антропов, А.Д. Середкин, А.А. Щепин.** — Улан-Удэ: Экос, 2013. — 183 с.
  15. **Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2009 год.** — М.: Росгидромет, 2010 [Электронный ресурс]. — [www.meteorf.ru](http://www.meteorf.ru) (дата обращения 12.09.2016).
  16. **Лесные пожары на территории России: состояние и проблемы / Под общ. ред. Ю.Л. Воробьева.** — М.: ДЭКС-ПРЕСС, 2004. — 312 с.
  17. **Баяраа У., Казеннов В.В.** Экологические проблемы некоторых районов Монголии и трансграничных территорий // Вестн. Моск. строит. ун-та. — 2011. — № 8. — С. 331–334.
  18. **Отчет «Рациональное использование леса и предотвращение незаконных рубок».** — Улаанбаатар: Изд-во Центра развития и исследования леса, 2013. — 123 с.
  19. **Кобак К.И., Кукуев Ю.А., Трейфельд Р.Ф.** Роль лесов в изменении содержания углерода в атмосфере // Лесное хозяйство. — 2001. — № 2. — С. 43–45.
  20. **Швиденко А.З., Щепашенко Д.Г.** Что мы знаем о лесах России сегодня? // Лесная таксация и лесоустройство. — 2011. — Вып. 12 (4546). — С. 153–172.

*Поступила в редакцию 28.11.2017*

*После доработки 15.02.2018*

*Принята к публикации 27.12.2018*