

УДК 630.571

НОВЫЕ ДАННЫЕ О БАЛАНСЕ УГЛЕРОДА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ АЛТАЙ

© 2014 г. Ю.В. Робертус, А.В. Кивацкая, Р.В. Любимов

Горно-Алтайский филиал ИВЭП СО РАН,

Поступила в редакцию 08.04.2014 г.

В статье показано, что пул углерода основных экосистем территории Республики Алтай составляет 1121 Мт. Суммарный сток углерода (6.75 Мт) превышает его эмиссию в атмосферу (0.25 Мт) в 27 раз. Рассчитанное годовичное депонирование углерода лесными экосистемами составляет 40% от годового стока и имеет тенденцию к росту. По уровню эмиссии CO_2 (0.03 т/га в год) Республика Алтай занимает одни из последних позиций.

Глобальные изменения климата определяются в том числе увеличением содержания в атмосфере парниковых газов (в основном CO_2 и CH_4), в связи с чем растет интерес к геохимическому обороту углерода, в том числе на региональном уровне [3, 4]. В общих чертах оборот складывается из процессов изъятия углерода из атмосферы, связывания и депонирования в природных средах, и противоположного процесса его выделения в атмосферу.

Можно предположить, что большинство субъектов Российской Федерации, в том числе Республика Алтай (РА), имеют положительный баланс стока углерода, но к сожалению в большинстве случаев достоверные оценки его значений отсутствуют. Отсутствуют также официальные данные по уровню депонирования углерода основными экосистемами (леса, степи, болота и пр.), не ведется единый мониторинг его эмиссии, что не позволяет оценить углеродные выгоды при планировании земле- и лесопользования.

Республика Алтай характеризуется значительным разнообразием высотно-поясных экосистем, среди которых преобладают бореальные горно-лесные экосистемы, занимающие 4.46 млн га или 48% ее территории, а с учетом “вкрапленных” в них лесостепных экосистем – 65.6%. В высокогорном поясе широко проявлены горные тундры, а в межгорных котловинах и широких речных долинах – горно-степные и остепненные экосистемы. Около 7% территории РА занимают болота и заболоченные ландшафты, и примерно 10% – территории, лишенные почвенно-растительного покрова – ледники, скальные выходы, курумники, осыпи, водные объекты и др.

Экосистемы региона претерпели незначительные антропогенные изменения, большинство из них сохранили свой первозданный облик. Основные виды землепользования в Республике Алтай – лесное и сельское хозяйство, в основном, отгонное животноводство, в небольшой степени рекреация, добыча полезных ископаемых и др., в целом оказывают незначительное, чаще локальное воздействие на экологическое состояние экосистем [2].

Согласно имеющимся оценкам, средний уровень депонирования углерода лесными экосистемами РА составляет 0.8–1.1 т/га в год. Суммарное удельное депонирование лесами и болотами оценивается в 0.8–1.7 т/га в год. При этом антропогенная эмиссия CO_2 на территории республики менее 0.2 т/га в год [10]. Запасы мортмассы лесных экосистем около 20–40 т/га, а удельный поток органического углерода, поступающего в лесные почвы – 1–2.5 т/га в год, в степные – 1.5–3.5 т/га в год. Эмиссия углерода почвенным покровом оценивается 0.9–2.0 т/га в год [5].

В настоящей статье приведены предварительные результаты оценки современных пулов углерода в основных экосистемах, выполненные с учетом подходов, изложенных в работах [1, 6, 7, 9]. Так, при оценке запасов углерода в древесной фитомассе применялся коэффициент пересчета 0.5, при пересчете углерода в CO_2 – экв. коэффициент 3.67 [1]. Для оценки депонирования углерода на непокрытых лесом землях применялся коэффициент 0.2 [6]. При расчете потерь углерода от пожаров применялся коэффициент 0.11 от его запасов в общей наземной фитомассе, от вредителей – 0.05 [7, 9]. Запасы углерода в почве пере-

Таблица 1. Пулы углерода и уровень его депонирования в основных экосистемах Республики Алтай

Экосистемы	Площадь, млн. га	Средний запас углерода, т/га	Общие запасы углерода, Мт	Депонирование углерода	
				т/га · в год	Мт · год
Горно-тундровые	2.13	50	53.2 ¹	0.5	1.06
Горно-лесные	4.46	160	713.8 ²	0.61	2.71
Горно-лесостепные	1.63	100	163	1.0	1.63
Горно-степные	1.00	135	135 ³	1.0	1.00
Горно-болотные	0.07	800	56	5.0	0.35
Итого:	9.29		1121		6.75

Примечание. 1 – с учетом площадей, лишенных почвенного покрова; 2 – запасы в кроне, корневой системе и лесной подстилке; 3 – запасы в почвах и растениях на сельскохозяйственных угодьях

Таблица 2. Запас углерода надземного органического вещества лесных земель Республики Алтай

Категории лесных земель	Площадь, млн. га	Фитомасса, Мт	Запасы углерода, Мт	Депонирование углерода, Мт/год	Фитомасса, т/га	Запасы углерода, т/га	Депонирование углерода, т/га в год
Покрытые лесом	4.12	657	327	2.62	159.5	79.7	0.64
Не покрытые лесом	0.336	10.7	5.3	0.09	31.9	15.9	0.27
Всего:	4.456	667.7	332.3	2.71	149.8	74.6	0.61

считывались от запасов гумуса с коэффициентом 1.15. Доля углерода в кроне, корневой системе и мортмассе принималась равной 50% от его запасов в древесине.

Оценка современного пула углерода на территории Республики Алтай, проведенная в разрезе основных экосистем региона, показала превалирование его общих запасов в горно-лесных экосистемах – 63.7% (с учетом лесостепей – 78.2%). Средние запасы углерода в экосистемах региона варьируются от 50 т/га для горной тундры до 800 т/га для низовых болот. Среднегодовой общий сток углерода на территории региона оценен в 6.75 Мт или 0.6% от его общих запасов (табл. 1).

Для оценки запасов фитомассы лесных земель и депонированного в ней углерода использованы данные государственного лесного реестра по РА на начало 2014 г. Общий запас углерода в надземной фитомассе лесопокрытой территории региона составляет 327 Мт или 79.7 т/га, а его среднегодовое депонирование – 0.64 т/га (табл. 2).

Следует отметить, что по результатам ранее проведенной детальной оценки (с учетом всех составляющих депонирования углерода в лесных экосистемах) общий запас органического углерода в надземной фитомассе лесопокрытой площади РА составил 311 Мт, а его сток из атмосферы оценен в 0.43 т/га в год [9].

Эмиссия углерода на территории региона происходит, в основном, из-за его выбросов в атмо-

сферу в форме CO₂ и частично в виде “черного углерода” при лесных пожарах, сельхозпалах, при обработке земель сельхозназначения. Лесные пожары, 80–90% из которых имеют антропогенное происхождение, один из наиболее значимых факторов эмиссии, нарастающих в условиях увеличения степени горимости лесов на территории региона. В то же время эмиссия от сельхозпалов незначительна из-за их запрета в регионе.

В 2013 г. в приземную атмосферу от стационарных и передвижных источников республики было выброшено около 10 Кт углерода (0.004 т га), 62% из которых поступило от автотранспорта. Среднегодовая общая эмиссия CO₂ – экв. на территории РА оценивается величиной 247.5 Кт, что составляет порядка 0.03 т/га в год (табл. 3).

Предварительные данные по масштабам депонирования и потерям углерода в лесных экосистемах РА указывают на то, что главным фактором его накопления является прирост фитомассы древостоя лесного фонда – 2.71 Мт/год (0.8% от запасов углерода в надземной массе древостоя). Объемы лесовосстановления и естественного лесовозобновления обеспечивают депонирование углерода всего около 0.2% от этого уровня.

Основной причиной потерь углерода в лесных экосистемах республики – около 30% Мт/год или 12.4% от объема его депонирования, – являются все виды рубок (89% от всех потерь) и лесные пожары (10% потерь). Другие виды потерь угле-

Таблица 3. Источники и масштабы эмиссии углерода в атмосферу на территории Республики Алтай

Источники эмиссии	Площадь, тыс. га	Запасы углерода, Кт	Годовая эмиссия, Кт		Эмиссия CO ₂ -экв., т/г год
			углерода	CO ₂ -экв.	
Выбросы в атмосферу	9290	10.0 ¹	10.0	36.7	0.004 ⁴
Лесные пожары	3.9	310.8	27.5	100.9	28.9
Сельхозпалы	0.5	68.5	1.0	3.7	7.3
Распашка земель ²	106.2	14337.0 ³	28.9	106.2	1.0
Итого эмиссия:			67.4	247.5	0.03 ⁴

Примечание. 1 – запасы в выбросах от стационарных и передвижных источников; 2 – пашня и приусадебные участки; 3 – с учетом запасов углерода в почве; 4 – в среднем для территории РА

Таблица 4. Основные источники депонирования и ежегодных потерь углерода в лесных экосистемах РА

Основные факторы депонирования	Площадь, тыс. га	Депонирование углерода, Кт/год	Основные факторы потерь	Площадь, тыс. га	Потери углерода, Кт/год
Продукционные процессы	4456	2710	Все виды рубок	600 ³	300.0
Лесовосстановление	1.6	0.8	Лесные пожары	3.9	34.2
Лесовозобновление ¹	3.2	1.6	Вредители, болезни	0.4	1.1
Лесовозобновление ²	12.8	3.2	Потравы, перевыпас	2.0	1.2
Итого:	4473.6	2715.6	Итого:		336.5

Примечание. 1 – естественное лесовозобновление в лесах, 2 – то же на сельхозземлях, 3 – объем, тыс. м³

Таблица 5. Запасы депонированного углерода при облесении деградированных сельхозугодий РА

Типы угодий	Площадь облесения, тыс. га	Запасы углерода в молодняках, Кт	Запасы CO ₂ -экв., Кт	Депонирование углерода, т/га год
Пашня	39.1	68.7	252.1	0.5
Сенокосы	43.5	72.6	266.4	0.4
Пастбища	198.8	149.1	547.2	0.25
Все виды угодий	281.4	290.4	1065.7	0.25–0.5

рода из-за гибели лесных культур от вредителей, болезней, потрав и перевыпаса скота на лесопокрываемой территории РА не превышают 1% от его ежегодных потерь (табл. 4).

Необходимо отметить, что существующие биоклиматические модели [3] прогнозируют увеличение фитомассы на территории Горного Алтая в результате глобальных изменений климата и, следовательно, увеличение массы связанного растениями углерода. Вместе с тем предполагаемое обострение пожароопасной обстановки в регионе будет способствовать увеличению объема выбросов CO₂ от лесных и степных пожаров.

Последствия социально-экономического кризиса 1990-х годов имели позитивную роль в плане увеличения депонирования и снижения эмиссии углерода из-за ликвидации большинства промышленных предприятий и значительного уменьшения поголовья скота в Республике Алтай.

Последнее привело к выводу части сельхозугодий (пашня, сенокосы, пастбища) из оборота, что способствовало их зарастанию кустарниково-древесной растительностью. По официальным данным и экспертным оценкам, в настоящее время в республике не используется по прямому назначению 29% пашни, 46% сенокосов и до 20% пастбищ, а общий фонд полностью или частично деградированных земель сельскохозяйственного назначения составляет около 280 тыс. га.

В 2013 г. авторами в рамках гранта ПРООН/ГЭФ № 2013–206–01 была проведена рекогносцировочная оценка масштабов прогрессирующего процесса облесения неиспользуемых в республике сельхозземель. Предварительно установлено, что запасы углерода в молодняках на выбывших из хозяйственного пользования сельхозугодьях составляют около 0.3 Мт (табл. 5), а уровень его депонирования (0.25–0.5 т/г · в год)

в целом сопоставим с показателями для лесопокрываемых земель. В этой связи следует отметить, что часть молодняков на облесенных землях сельскохозяйственного назначения, граничащих с лесными землями, в настоящее время рассматривается как резерв для включения в земли лесного фонда.

Таким образом, продолжающаяся деградация сельхозугодий, в том числе перевод части пашни в залежи, значительное недоиспользование пастбищ и сенокосов и их облесение способствует увеличению стока атмосферного углерода в горно-степные и лесостепные экосистемы региона.

Общие выводы. Выявленные особенности формирования углеродного пула и потенциала его стока на территории Республики Алтай нуждаются в детальном изучении: во-первых, по причине отчетливо выраженного высотнопоясной смены экосистем, чутко реагирующих на глобальные климатические изменения; во-вторых, из-за стокоформирующего характера влияния природно-ресурсного (в том числе углеродного) и климатического потенциала Горного Алтая на сопредельные регионы юга Западной Сибири.

Исходя из этого, предлагается создать информационную базу распределения и динамики запасов углерода на основе ГИС-технологий и организовать в рамках территориальной системы экологического мониторинга (ТСЭМ РА) ведение мониторинга депонирования и эмиссии углерода (CO₂) путем заложения серии пробных площадей в основных экосистемах РА для проведения инструментальных измерений.

Элементы баланса углерода на территории РА выглядят следующим образом:

- углеродный пул основных экосистем РА составляет ориентировочно 1121 Мт;
- для всех экосистем РА характерен положительный баланс углерода, его суммарный годовой сток (6.75 Мт) превышает эмиссию в атмосферу (0.25 Мт) в 27 раз;

- годовое депонирование углерода лесными экосистемами составляет 40% от годового стока и в условиях современных глобальных изменений климата имеет тренд на расширение;

- уровень эмиссии CO₂-экв. (0.03 т/га год) на территории Республики Алтай один из самых низких в Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алексеев В.А., Бердси Р.А.* Углерод в экосистемах лесов и болот России. Красноярск: 1994. 175 с.
2. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Республики Алтай в 2012 году / Под ред. Робертуса Ю.В. Горно-Алтайск: 2013. 126 с.
3. Изменение климата и его воздействие на экосистемы, население и хозяйство российской части Алтае-Саянского экорегиона: оценочный доклад / Под ред. Кокорина А.О. М.: WWF России, 2011. 168 с.
4. *Инишева Л.И., Сергеева М.А., Смирнов О.Н.* Депонирование и эмиссия углерода болотами Западной Сибири // Научный диалог. 2012. Вып. 7. С. 61–74.
5. Картографическая характеристика биоты как фактора почвообразования / И.О. Алябина, Б.Н. Мойсеев, М.И. Герасимова и др. // Электронный журнал “Доклады по почвоведению” ИП МГУ-РАН (<http://soilinst.msu.ru/publ/>). 2002.
6. Проект “Устойчивое землепользование и предотвращение изменения климата путем сохранения углерододепонирующих экосистем в Алтае-Саянском экорегионе” / Russia ASE PIF LD CC in Altai-Sayan Ecoregion.
7. Расчет запаса и годового депонирования углерода в фитомассе лесного фонда России. sopkgu.org/nvgnml/environmental-problems-0062.htm.
8. *Смелянский И.* Роль степных экосистем России в депонировании углерода // Степной бюллетень. 2012. № 35. С. 4–8.
9. Стратегия по снижению пожарной опасности на ООПТ Алтае-Саянского экорегиона. Красноярск: 2011. 282 с.
10. Web-Атлас “Окружающая среда и здоровье населения России”. www.sci.aha.ru/ATL/ra23b.htm

New data on the carbon balance of the Territory of the altai republic

Y.V. Robertus, A.V. Kivatskay, R.V. Lyubimov

Gorno-Altai branch IWEP SB RAS

The article shows that the carbon pool of the main ecosystems of the territory of the Altai Republic is 1121 MT. The total flow of carbon (6.75 MT) exceeds its emission into the atmosphere (0.25 MT) 27 times. Calculated annual carbon sequestration by forest ecosystems is 40% of the annual flow and tends to increase. The level of CO₂ emissions (0.03 t/ha per year) Republic of Altai is one of the last positions.