УДК 630*261

DOI: 10.31563/1684-7628-2019-51-3-14-19

И.Г. Сабирзянов, К.М. Габдрахимов, Л.Н. Блонская

ДЕПОНИРОВАНИЕ УГЛЕРОДА РАСТЕНИЯМИ В РЕСПУБЛИКЕ БАШКОРТОСТАН

Ключевые слова: парниковые газы; депонирование углерода; зелёные растения; нетто-поглощение; бюджет углерода.

Введение. Парниковые газы всегда присутствуют в атмосфере и благодаря им на земле поддерживается определённая температура воздуха, при которой зарождаются и поддерживаются различные формы жизни на нашей планете [19]. За последние столетия концентрация углекислоты в атмосфере повысилась на 20 %, и это не сопровождается увеличением запасов фитомассы растительного покрова. При этом площадь мировых лесов в результате рубок и пожаров ежегодно сокращается [14]. В связи с этим не исключена возможность возникновения на планете так называемого «парникового эффекта», что может привести к глобальному изменению климата [2]. Согласно докладу о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, нерегулируемых Монреальским протоколом за 1990–2016 гг. (таблица 1), доминирующая роль по атмосферным выбросам в России принадлежит сектору энергетики. Выбросы, которые связаны с отходами, также показывают постоянный рост. Вклад сельского хозяйства в связи с сокращением пахотных площадей и увеличением урожайности культур по выбросам в атмосферу парниковых газов за последнее десятилетие уменьшился [10].

Экологические проблемы не могут быть решены без участия лесов. Ведение лесного хозяйства должно быть ориентировано на охрану, преобразование и восстановление лесов на

наиболее высокой ступени – на создание лесов повышенной экологической продуктивности. Экологическая продуктивность тесно взаимосвязана с биологической. Обычно чем больше биологическая продуктивность, тем выше и экологическая [2]. В связи со сложившейся проблемой по выбросам в атмосферу огромного объёма углекислого газа, метана и других парниковых газов лесные экосистемы стали рассматривать в новом аспекте. Ежегодные суммарные объёмы углерода, поглощаемые лесами Российской Федерации, составляют 261,64 млн т, что является эквивалентом 959 млн т углекислого газа [7]. По состоянию на 1 января 2018 г. площадь земельного фонда в Республике Башкортостан составляет 14294,7 тыс. га, из которых на земли сельскохозяйственного назначения приходится 7279,4 тыс. га (50,9 %), земли промышленности, транспорта и иного назначения – 116,3 тыс. га (0,8 %), на долю земель лесного фонда приходится 5721,5 тыс. га (40,0 %) земель. Около 6624,7 тыс. га (91,0 %) площади земель сельскохозяйственного назначения приходится на долю сельскохозяйственных угодий, где доля пашен составляет 3458 тыс. га. Леса, не входящие в лесной фонд, распределены на площади 316,2 тыс. га (4,4 %) [3]. Леса, депонируя углерод, являются поглотителями парниковых газов, что хотя бы отчасти балансирует мощные выбросы в атмосферу углекислого газа, образуемые при сжигании природного топлива.

Таблица 1 Распределение выбросов парниковых газов по секторам, %

Год	Сектор				
	энергетика	промышленность	сельское хозяйство	отходы	всего
2017	82,3	8,2	5,1	4,4	100
1990	81,5	7,6	8,7	2,2	100

Цель исследований: изучение депонирования углерода (C) на территории Республики Башкортостан.

Задачи исследований: рассчитать и провести сравнительный анализ бюджета углерода на территории земель лесного фонда в Республике

Башкортостан по состоянию на 2007 и 2017 годы; изучить показатели по нетто-поглощению углерода хвойными древесными растениями в зависимости от группы возраста; рассчитать объём депонированного углерода и определить факторы зависимости этих изменений.

Условия, материалы и методы исследования. Материалами для исследований явились данные государственного лесного реестра. Депонирование углерода хвойными насаждениями рассчитано по методике, утверждённой распоряжением Минприроды от 30.06.2017 г. № 20-р «Об утверждении методических указаний по количественному определению объёма поглощения парниковых газов». Научная новизна: проведён расчёт депонирования углерода растениями по новой методике [1].

Результаты исследования. Агроэкосистемы очень разнообразны в зависимости от выращиваемых культур, севооборотов, от состава и плодородия почв, а также от состояния последних, определяемого степенью эрозии, заболаченности, засоления и т. д. и даже от формы собственности на землю. При этом пулами системы являются пул фитомассы урожая, пул сорняков, послеуборочных остатков (солома, стерня, ботва, корни), привноса органических удобрений, пул почвенного гумуса после выноса углерода с урожаем. В последнее время площади земель сельхозназначения постепенно сокращаются, брошенные пашни зарастают деревьями и кустарниками. При этом сокращаются площади посевов зерновых и кормовых культур, что приводит к уменьшению запасов углерода на сельхозугодиях [5, 15–18]. Леса в

Республике Башкортостан представлены в основном семнадцатью лесообразующими видами древесной растительности. Общая площадь основных лесообразующих пород – 5162752 га. Преобладающими из них являются насаждения берёзы, на долю которых приходится около 27 % лесопокрытой площади. Второе место по площади занимают насаждения липы – 22 %, далее идут сосняки – 15 %, осинники – 14 %, ельники – 5 %. В целом на долю хвойных насаждений приходится более 20 % площади занятых лесными насаждениями земель. Для оценки динамики экологического потенциала лесов в Республике Башкортостан, по материалам государственного лесного реестра (ГЛР), были рассчитаны показатели поглощения, потерь и бюджет углерода за 2007 и 2017 гг. (таблица 2). Согласно расчётам, по данным ГЛР 2017 года, леса ежегодно депонируют 3618,9 тыс. т С в год, в том числе биомасса древостоя 2763 тыс. т С в год [11]. На долю мёртвой древесины приходится 468 тыс. т С в год, подстилки – 87,9 тыс. т С в год, почвы – 300,2 тыс. т С в год. При этом ежегодные потери углерода деструктивными лесными пожарами, сплошными рубками, воздействием вредителей и болезнями составляют 755,2 тыс. т С в год. Бюджет углерода – разница между нетто-поглощением и потерей углерода – равен 3124,4 тыс. т С в год [9].

Таблица 2 Оценка экологического потенциала лесов в РБ

Функция	Показатель	Тыс. т С в год	
		за 2007 год	за 2017 год
Нетто-поглощение	Биомасса древостоя	3032,2	2763
	Мёртвая древесина	506,8	468
	Подстилка	82,5	87,9
	Почва	281,3	300,2
	Итого по всем пулам	3902,7	3618,9
Потеря углерода управляемыми лесами	Деструктивные лесные пожары	–20,9	–18,9
	Вредители и болезни	–5,11	–15,6
	Сплошные рубки	–511,49	–720,7
	Всего потери	–537,5	–755,2
Бюджет углерода по пулам	Биомасса древостоя	2639	2475,2
	Мёртвая древесина	427,3	354
	Подстилка	68,8	68,3
	Почва	230,1	227
	Итого по всем пулам	3365,2	3124,4

При этом показатели нетто-поглощения углерода по сравнению с 2007 годом имеют тенденцию к уменьшению. Это связано с некоторым увеличением доли перестойных древесных насаждений мягколиственных пород. Потери уг-

лерода управляемыми лесами в 2017 году имеют тенденцию к увеличению от 537,5 до 755,2 тыс. т С в год. Увеличение потерь углерода связано с изменением площадей заражённых лесных участков болезнями, вредителями и увеличе-

нием площадей сплошных рубок. Всё это в целом повлияло на некоторое снижение бюджета углерода. Объём поглощения углерода лесами зависит от интенсивности лесохозяйственной деятельности. Изменение объёмов лесозаготовок приводит к существенному изменению стока углерода [4]. Разные лесные древесные породы по-разному влияют на стоки углерода. Это зависит от биологических особенностей растений, в том числе от наземной биомассы и ежегодного прироста. Российские леса ежегодно накапливают 34 млрд т С, среди них на долю хвойных лесных древесных растений приходится более 25 млрд т С [13]. Нами проведён анализ нетто-поглощения углерода различными лесными древесными породами, входящими в класс хвойные, которые в лесах Республики Башкортостан представлены сосной, елью, пихтой, лиственницей и кедром. Для определения нетто-поглощения углерода хвойными лесообразующими насаждениями были проведены расчёты запаса углерода в биомассе древостоев хвойных пород. При этом больше всего накоплено углерода в сосняках, что составляет 51668,86 тыс. т С (таблица 3). На втором месте еловые насаждения с запасом углерода 13074,07 тыс. т С. Замыкают ряд площади лиственничных, пихтовых и кедровых древостоев. При изучении распределения запасов углерода в биомассе насаждений в зависимости от группы возраста в сосняках выявлено, что больше всего углерода накоплено в молодняках – 33,35 % от общего запаса, в средневозрастных их объём составляет 21,90 %, в приспевающих – 13,89 %, в спелых насаждениях – 30,86 %.

При определении средних запасов углерода биомассы насаждений были получены данные, при которых больше всего углерода в биомассе насаждений у сосняков в средневозрастных древостоях – 79,62 т С/га, немного меньше в приспевающих насаждениях – 76,66 т С/га, в спелых – 77,3 т С/га, в молодняках – 49,34 т С/га. Конверсионные коэффициенты для расчёта запаса

углерода в биомассе древостоя по объёмному запасу для зоны, в которой располагается Республика Башкортостан, в зависимости от группы возраста насаждений распределяются так, что в молодняках для сосняков он равен 0,435 т С/куб. м, для средневозрастных насаждений – 0,352 т С/куб. м, приспевающих – 0,329 т С/куб. м, для спелых – 0,356 т С/куб. м. Значения средних углеродных запасов в биомассе древесной растительности зависят от запасов насаждений и от группы возраста. В связи с этим, несмотря на то, что каждый кубический метр биомассы молодняков накапливает до 0,435 т С/куб. м, из-за небольшого их запаса на единице площади среднее содержание углерода в биомассе минимальное. Больше всего накапливается углерода в приспевающих и средневозрастных группах сосновых насаждений. Относительно большие запасы углерода в биомассе насаждений молодняков – это результат больших площадей, созданных в последние годы лесных культур хвойных видов. По еловым насаждениям получены аналогичные данные: в молодняках накоплено 52 % углерода, в средневозрастных – 11,73 %, приспевающих – 12,35 %, спелых и перестойных – 23,92 % углерода соответственно. Чем моложе насаждения, тем они лучше выполняют свои экологические функции, то есть имеют больше возможности для накопления углерода в биомассе [12].

При исследовании накопления углерода биомассой другими насаждениями мы получили данные, которые примерно схожи с результатами исследований по соснякам.

По распределению площади (таблица 4) покрытой лесной растительностью земель на долю хвойных молодняков приходится 48,71 % земель, средневозрастные насаждения занимают 15,28 %, приспевающие – 11,46 %, спелые, перестойные – 24,55 %. По запасу углерода в биомассе древостоев больше всего их в молодняках, что связано высокими конверсионными коэффициентами и их большими площадями.

Таблица 3 Распределение запаса углерода в биомассе насаждений

Группа возраста	Запас углерода в биомассе древостоев, тыс. т С / средний запас углерода биомассы насаждений, т С/ га					
	ель	пихта	сосна	лиственница	кедр	итого
Молодняки	6864,21/ 36,78	237,13/ 26,41	17230/ 49,34	431,83/ 33,92	8,71/ 46,79	24771,9/ 146,45
Средневозрастные	1533,78/ 73,61	560,71/ 54,86	10797,07/ 79,62	644,87/ 78,02	0,14/ 136	13536,57/ 422,11
Приспевающие	1615,02/ 77,26	629,56/ 62,96	7176,08/ 76,66	564,24/ 83,23	0	9984,90/ 300,11
Спелые, перестойные	3061,06/ 76,76	740,23/ 51,18	16465,712/ 77,3	1235,67/ 68,53	0	21502,67/ 273,37
Всего	13074,07/ 264,41	2167,63/ 195,41	51668,86/ 282,92	2876,61/ 263,7	8,85/ 182,79	69796/ 1142,44

Далее идут спелые, перестойные насаждения, где большое накопление углерода связано с большими запасами древесины. При изучении распределения средних запасов углерода в биомассе по группам возраста в молодняках, средневозрастных, приспевающих насаждениях идёт прирост, а в спелых – небольшое уменьшение, что связано с уменьшением среднего запаса насаждений. При исследовании годичной абсорбции углерода пулом биомассы насаждений

по группам возраста (таблица 5) получены результаты, по которым наилучшие показатели в средневозрастных насаждениях всех рассматриваемых видов. В этой группе возраста наблюдается наибольший прирост запаса насаждений, что соответственно напрямую влияет на депонирование углерода биомассой древесной растительности. В других группах возраста депонирование углерода у всех изучаемых видов незначительное.

Таблица 4 Распределение площади покрытой лесной растительностью земель по группам возраста, га

Группа возраста	Преобладающая порода					Итого хвойных
	сосна	ель	лиственница	пихта	кедр	
Молодняки 1 класса	162802	128068	3990	6173	116	301149
Молодняки 2 класса	186426	58550	4990	6557	70	256593
Средневозрастные	135599	20836	10221	8265	11	174922
Приспевающие	93604	20903	10000	6779	–	131286
Спелые	203180	34684	13497	11866	–	262262
Перестойные	93604	5196	965	6165	–	18816
Всего	875215	268237	43663	45805	197	1145028

Таблица 5 Годичная абсорбция углерода пулом биомассы насаждений по группам возраста, т С/год

Группа возраста	Годичная абсорбция углерода пулом биомассы насаждений, т С /год					
	сосна	ель	лиственница	пихта	кедр	итого хвойных
Молодняки	556890,17	276699,44	17185,50	10186,66	191,74	861153,5
Средневозрастные	88790,22	16695,04	5206,95	6848,07	0,44	117540,7
Приспевающие	1684,87	1796,61	565,00	2000,00	0,00	6046,48
Спелые, перестойные	3912,14	199,40	2372,20	1094,61	0,00	7578,35
Всего	651277,40	295390,5	25329,65	20129,34	192,18	992319,1

Ежегодное депонирование углерода биомассой хвойных древесных растений составляет 9923,319 тыс. т С/год, что составляет 35,9 % от общей массы депонированного углерода биомассой всех древесных растений.

Значимость лесов в регуляции содержания парниковых газов атмосферы была признана ключевыми международными соглашениями по сохранению глобального климата: Рамочной конвенцией ООН об изменении климата (РКИК ООН) и Киотским протоколом [8, 11]. Одним из важных мероприятий по снижению парникового эффекта является создание искусственных насаждений на нелесных территориях и на лесных землях, на которых, в силу ряда обстоятельств, естественного лесовосстановления не происходит. Вновь созданные лесные культуры активно вовлекаются в процессы связывания углекислого газа и повышения биологической продуктивности лесных экосистем [6].

Выводы. Бюджет углерода в лесах в Республике Башкортостан за последнее десятилетие имеет тенденцию к уменьшению, причинами чего являются накопление площадей перестойных мягколиственных насаждений, увеличение количества лесных пожаров, площади заражённых вредителями и болезнями лесов и увеличение интенсивности рубок. Наилучшие показатели по нетто-поглощению углерода имеют молодняки и средневозрастные лесные насаждения хвойной древесной растительности. Объём депонированного углерода лесными древесными растениями зависит от их биологических особенностей, возраста и изменения запаса. Хвойные древесные виды, занимая немногим более одной пятой лесных площадей, занятых лесобразующими породами, депонируют одну третью часть от общей массы депонированного биомассой углерода.

Библиографический список

1. Об утверждении методических указаний по количественному определению объёма поглощения парниковых газов [Текст]: распоряжение Минприроды от 30.06.2017 г. № 20-р.
2. Габдрахимов, К.М. Воспроизводство и повышение экологической продуктивности лесов Южного Урала [Текст]: монография / К.М. Габдрахимов, И.Г. Сабирзянов. М.: МГУЛ, 2006. 310 с.
3. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Республике Башкортостан в 2017 году [Текст]. Уфа. 244 с.
4. Замолодчиков, Д.Г. Динамика бюджета углерода лесов России за два последних десятилетия [Текст] / Д.Г. Замолодчиков, В.И. Грабовский, Г.Н. Краев // Лесоведение. 2011. № 6. С. 16–28.
5. Замолодчиков, Д.Г. Углерод в лесном фонде и сельскохозяйственных угодьях России [Текст] / Д.Г. Замолодчиков, Г.Н. Коровин, А.И. Уткин, О.В. Честных, Б. Сонген. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005. 200 с.
6. Замолодчиков, Д.Г. Системы оценки и прогноза запасов углерода в лесных экосистемах [Текст] / Д.Г. Замолодчиков // Устойчивое лесопользование. 2011. № 4 (29). С. 15–22.
7. Исаев, А.С. Экологические проблемы поглощения углекислого газа посредством лесовосстановления и лесоразведения в России (аналитический обзор) [Текст] / А.С. Исаев, Г.Н. Коровин, В.И. Сухих, С.П. Титов, А.И. Уткин, А.А. Голуб, Д.Г. Замолодчиков, А.А. Пряжников. М.: Центр экологической политики, 1995. 156 с.
8. Киотский протокол к Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Официальный русский перевод [Текст]. ООН, 1997. – 27 с.
9. Лесной план Республики Башкортостан на период с 2019 по 2018 гг.: утверждён Указом временно исполняющего обязанности Главы Республики Башкортостан от 27 декабря 2018 г. № УГ-340 [Текст]. Уфа: Министерство лесного хозяйства Республики Башкортостан, 2018. 122 с.
10. Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом за 1990–2016 гг. Часть 1 [Текст]. М., 2018. 471 с.
11. Рамочная конвенция ООН об изменении климата. Официальный русский перевод [Текст]. ООН, 1992. 30 с.
12. Сабирзянов, И.Г. Экологический потенциал лесов Республики Башкортостан [Текст] / И.Г. Сабирзянов, К.М. Габдрахимов // Актуальные проблемы лесного комплекса. Информационные материалы международной научно-технической конференции «Лес-2000». Брянск, 2000. С. 28–29.
13. Филипчук, А.Н. Вклад лесов России в углеродный баланс планеты [Текст] / А.Н. Филипчук, Б.Н. Моисеев // Парниковые газы – экологический ресурс России. Международная конференция 16 июня 2004 г. Голицыно, 2004.
14. Чураков, Б.П. Депонирование углерода разновозрастными культурами сосны [Текст] / Б.П. Чураков, Е.В. Манякина // Ульяновский медико-биологический журнал. 2012. № 1. С. 125–129.
15. Султанова, Р.Р. Лесоводственные методы формирования нектарных липняков на Южном Урале [Текст]: автореф. дис. ... доктора сельскохозяйственных наук / Р.Р. Султанова. Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2005. 42 с.
16. Мартынова, М.В. Состав и биомасса травянистого яруса в нарушенном рубками древостое липы мелколистной [Текст] / М.В. Мартынова, Р.Р. Султанова // Аграрный вестник Урала. 2014. № 10 (128). С. 59–63.
17. Султанова, Р.Р. Формирование нектарных липняков [Текст] / Р.Р. Султанова, Р.М. Мустафин, К.М. Габдрахимов. Уфа, 2001. 72 с.
18. Султанова, Р.Р. Нектарные липняки [Текст] / Р.Р. Султанова, Р.М. Мустафин, А.Ф. Хайретдинов. Уфа, 2002. 125 с.
19. Иванова, О. Парниковый газ. Источники выбросов парниковых газов [электронный ресурс] / О. Иванова. Режим доступа: https://www.syl.ru/article/288869/new_parnikovyyiy-gaz-istochniki-vyibrossov-parnikovyyih-gazov (05.08.2019).

Сведения об авторах

1. **Сабирзянов Ильдар Галиханович**, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой лесоводства и ландшафтного дизайна, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, тел.: (347) 252-72-52, e-mail: Sabirzyanov.63@mail.ru.

2. **Габдрахимов Камиль Махмutowич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесоводства и ландшафтного дизайна, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, тел.: (347) 252-72-52, e-mail: Gabdrahimov@mail.ru.

3. **Блонская Любовь Николаевна**, кандидат биологических наук, доцент кафедры лесоводства и ландшафтного дизайна, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, 34, тел.: (347) 252-72-52, e-mail: L.n.blonskaya@mail.ru.

Приведены данные о влиянии углерода на парниковый эффект в атмосфере, о составе земельного фонда Республики Башкортостан, в том числе распределении площади земель сельскохозяйственного назначения и земель лесного фонда. Приведены данные расчёта по нетто-поглощению, потерям и бюджету углерода биомассой лесобразующих лесных древесных растений в лесах в Республике Башкортостан. Дана информация о динамике стока углерода по состоянию на 2007 и 2017 годы в лесах в РБ. Сде-

ланы расчёты поглощения углерода биомассой насаждений, в том числе их средних запасов на единице площади в разрезе древесных видов хвойных растений, определены объёмы депонирования углерода. Определены причины уменьшения углеродного стока в лесах. Выделены группы возраста лесных насаждений, древесные виды, имеющие большее депонирование углерода. Предложены мероприятия по повышению депонирования углерода в целях принятия мер по уменьшению парникового эффекта.

I. Sabirzyanov, K. Gabdrakhimov, L. Blonskaya

CARBON SEQUESTRATION IN PLANTS IN THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN

Key words: *greenhouse gases; carbon sequestration; green plants; net absorption; carbon balance.*

Authors' personal details

1. **Sabirzyanov Ildar**, Candidate of Agricultural Sciences, head of the Forestry and Landscape Design Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, phone: (347) 252-72-52, e-mail: Sabirzyanov.63@mail.ru.

2. **Gabdrahimov Kamil**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Forestry and Landscape Design Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: Gabdrahimov@mail.ru.

3. **Blonskaya Lyubov**, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Forestry and Landscape Design Department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», Ufa, 50-letiya Oktyabrya St., 34, e-mail: L.n.blonskaya@mail.ru.

The article reports the impact of carbon on the greenhouse effect in the atmosphere, the composition of the land Fund of the Republic of Bashkortostan, including the distribution of agricultural land and forest land. Figures of the net carbon captured, lost and the carbon balance in biomass of forest tree species in the Republic of Bashkortostan are presented. Carbon behavior pattern in the forests in the Republic of Bashkortostan is described as of 2007 and 2017. Carbon sequestration in plants is calcu-

lated including the average plant reserves per unit area in the context of coniferous tree species. Carbon sequestration capacity is identified. The paper presents causes of low carbon flow in the study forests. The age groups of forest stand as well as tree species with higher carbon capture capacity are revealed. In conclusion, the authors come up with measures to increase carbon sequestration and reduce the greenhouse effect in the long term.

© Сабирзянов И.Г., Габдрахимов К.М., Блонская Л.Н.