



УДК 631.4; 630.2

ОЦЕНКА ЗАПАСОВ И БАЛАНСА ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА В ЭКОСИСТЕМАХ ЛЕСОПОЛОС ВОСТОЧНО-ЕВРОПЕЙСКОЙ ЛЕСОСТЕПИ

Ю. Г. Чендев,

заведующий кафедрой природопользования и земельного кадастра национального исследовательского университета «БелГУ»,
Chendev@bsu.edu.ru,

Т. Д. Соэр,

почвовед-исследователь национальной лаборатории сельского хозяйства и окружающей среды
Департамента сельского хозяйства США, Tom.Sauer@ARS.USDA.GOV,

Р. Б. Холл,

профессор департамента экологии природных ресурсов и природопользования университета штата Айова, США,
rbhall@iastate.edu,

А. Н. Петин,

декан геолого-географического факультета национального исследовательского университета «БелГУ»,
Petin@bsu.edu.ru,

Л. Л. Новых,

доцент кафедры географии и геоэкологии национального исследовательского университета «БелГУ»,
Novykh@bsu.edu.ru,

Е. А. Заздравных,

аспирант кафедры природопользования и земельного кадастра национального исследовательского университета «БелГУ»,
genp-86@yandex.ru,

Ю. И. Чевердин,

заведующий отделом агропочвоведения Воронежского научно-исследовательского института сельского хозяйства
им. В. В. Докучаева, cheverdin@box.vsi.ru,

В. В. Тищенко,

заведующий отделом агролесомелиорации Воронежского научно-исследовательского института сельского хозяйства
им. В. В. Докучаева, niish1c@mail.ru,

К. И. Филатов,

студент геолого-географического факультета национального исследовательского университета «БелГУ»,
kostenph24@mail.ru

Изучены резервы и баланс органического углерода в экосистемах полевых лесополос на территории Центральной лесостепи Восточной Европы, возникших в середине 1950-х гг., и представленных 5-6-рядными насаждениями из тополя и березы («Стрелецкая Степь»), клена американского («Ямская степь»), дуба и тополя («Каменная степь»). Выявлено активное депонирование углерода древесной растительностью и органическим веществом почв изученных лесополос. На трех ключевых участках исследования суммарные запасы новообразованного углерода в почвенном гумусе и лесной фитомассе составили 128–159 т/га. Среднегодовой прирост резерва углерода, аккумулируемого растительностью и почвами, оказался равным: на участке «Стрелецкая Степь» — 2,7 т/га, на участке «Ямская Степь» — 2,3 т/га, на участке «Каменная Степь» — 2,8 т/га. Из этого количества средняя ежегодная прибавка запасов углерода в органическом веществе черноземов лесополос составила: на участке «Стрелецкая Степь» — 1,4 т/га, на участке «Ямская Степь» — 1,5 т/га, на участке «Каменная Степь» — 0,8 т/га. Агролесомелиорация в лесостепи, наряду с другими преимуществами, должна быть признана важной мерой, способствующей снижению концентрации углекислого газа в атмосфере.

Reserves and balance of organic carbon in ecosystems of windbreaks planted in the mid-1950s within the Forest-Steppe of Central Eastern Europe were determined from field sampling. Windbreaks were represented by 5–6-row plantings of *Populus nigra* and *Betula pendula* («Streletskaia Steppe»), *Acer negundo* («Yamskaya Steppe»), and *Quercus robur* and *Populus basamifera* («Kamennaya Steppe»). Active carbon sequestration by woody vegetation and soil organic matter in the studied windbreaks were revealed. At three key areas total reserves of the newly formed carbon in soil humus and forest phytomass were calculated to be from 128 to 159 t/ha. The average annual growth of carbon reserves accumulated by the vegetation and soils were:

2,7, 2,3, and 2,8 t/ha in «Streletskaya Steppe», «Yamskaya Steppe», and «Kamennaya Steppe», respectively. Based on this amount, the average annual increase in carbon stocks of the windbreaks's chernozems organic matter was estimated to be 1,4, 1,5, and 0,8 t/ha in «Streletskaya Steppe», «Yamskaya Steppe», and «Kamennaya Steppe», respectively. Agroforestry in the forest steppe, along with other advantages, should be recognized as an important practice capable of reducing the concentration of carbon dioxide in the atmosphere.

Ключевые слова: лесостепь, лесополосы, черноземы, агролесомелиорация, депонирование углерода.

Keywords: forest-Steppe, windbreaks, chernozems, agroforestry, carbon sequestration.

Введение. Вопросы, связанные с изучением функционирования экосистем полезащитных лесополос, не теряют своей актуальности, несмотря на многолетний опыт исследований по данному направлению и большое число (сотни) публикаций: статей, монографий, авторефератов диссертаций.

Давно установлена польза лесополос как экосистем, повышающих урожайность сельскохозяйственных культур за счет создания благоприятного микроклимата [1—3 и др.]. Также выявлено положительное влияние лесополос на снижение интенсивности ветровой и водной эрозии почв [4, 5 и др.]. Лесомелиорация степных участков на территории лесостепи и степи усиливает почвообразовательный потенциал среды и способствует быстрому воспроизводству почвенного покрова [6]. Существуют и другие преимущества создания лесополос, включающие формирование среды обитания для диких животных и дикорастущих растений, а также улучшение эстетического восприятия ландшафта [7, 8 и др.]. Вместе с тем дискуссионными продолжают оставаться вопросы, касающиеся объемов и интенсивности депонирования углерода биогеоценозами искусственных лесопосадок [7, 9—11 и др.]. Данный аспект исследований тесным образом связан с решением проблемы глобального потепления климата Земли, обусловленного ростом концентрации углекислого газа в атмосфере [12].

В настоящей статье обсуждаются результаты исследования почв и растительности лесополос на ключевых участках Центральной лесостепи Восточной Европы: на севере лесостепной зоны («Стрелецкая Степь»), в центральной части лесостепной зоны («Ямская Степь»), на крайнем юге лесостепи (участок «Каменная Степь»). Полученные новые сведения дополняют ранее опубликованные по теме исследования результаты [13].

Объекты и методы исследования

Главными объектами исследования являются автоморфные лугово-степные черноземы лесостепи Среднерусской возвышенности и их гумусовое состояние в целинных экосистемах, на пашнях и под полезащитными лесополосами. Также исследовались древостои лесополос, их качественный состав, надземная и подземная фитомасса.

Ключевые участки исследования выбирались с учетом однородности рельефа (ровные водоразделы), наличия в пределах ареала одной естественной почвенной разности трех угодий (целинной луговой степи, пашни, лесополосы), близких хронологических рамок этапов хозяйственного освоения участков (одинакового возраста распашки степей и времени создания лесополос).

История хозяйственного освоения и возраст распашки почвенного покрова изучались на основе историко-картографического метода, путем анализа архивных материалов, с помощью опроса сотрудников научных учреждений, работающих в непосредственной близости от ключевых участков исследования. Возраст лесополос уточнялся с помощью дендрохронологического метода — путем подсчета годичных колец в кернах, извлеченных из стволов деревьев возрастным буровом.

Геоботаническое описание растительного покрова угодий производилось в соответствии с традиционной методикой комплексных физико-географических исследований биогеоценозов.

Возраст и ширина лесополос на всех изученных участках примерно идентичны: лесопосадки созданы в середине 1950-х гг.; средняя ширина лесополос составляет 25 м (5—6-рядные лесонасаждения). Лесополосы возникли на месте пахотных угодий. Возраст освоения почв к моменту закладки лесополос составлял 85—95 лет. Возраст освоения пашен, примыкающих к лесополосам, равен 140—150 лет.

Исследования на трех выбранных ключевых участках показали следующий породный состав древесной растительности в лесополосах: тополь черный и береза бородавчатая («Стрелецкая степь»); клен американский («Ямская степь»); дуб черешчатый и тополь бальзамический («Каменная степь»).

Исследование почв производилось в полнопрофильных разрезах и в почвенных скважинах. Учетные площадки исследования почв имели следующую площадь: на целинных участках — 100 м², под лесополосами — 400 м², на пашнях, примыкающих с двух сторон к лесополосам, — по 150 м². Для получения репрезентативных результатов в слое 0—30 см почв на каждом угодье образцы отбирались по квадратной сетке. Сформированные таким образом выборки на каждом из трех ключевых участков исследования составили: на целине — 6 проб, под лесополосой — 18 проб, на пашне — 24 пробы. В разрезах, заложенных в центральных частях каждого исследованного угодья, почвенные пробы отбирались до глубины 1 м. Лабораторные исследования почв включали определение их плотности, а также содержания и запасов углерода гумуса. Содержание углерода органического вещества (гумуса) почв определялось методом сухого сжигания на анализаторе NA 15000 Fison (ThermoQuest Corp., Austin, TX). При обработке результатов массовых определений исследуемых показателей был использован комплекс методов математической статистики.

Измерения надземных запасов древесины в изученных лесопосадках производились на учетных площадках размером 20×20 = 400 м² — в местах площадного отбора почвенных проб. Отбор древесных кернов для определения плотности древесины выполнялся на высоте 1,3 м от поверхности почвы с помощью возрастного бурава диаметром 5,15 мм. Плотность древесины определялась путем деления массы

абсолютно сухих древесных кернов, отобранных с помощью возрастных буров, на объем этих кернов. Диаметр стволов деревьев в пределах учетных площадок измерялся на двух уровнях — 1,3 и 3 м относительно поверхности почвы. Общая высота деревьев оценивалась с помощью клинометра, а высота стволов деревьев до кроны измерялась с помощью телескопической рейки. Разница в замерах двух диаметров стволов деревьев на разных высотах затем конвертировалась в конус-фактор. Конус-фактор был использован для оценки диаметра деревьев от поверхности почвы до основания живых крон.

Площади поперечного сечения стволов для каждой измеренной высоты определялись по формуле:

$$S = \pi \cdot R^2, \quad (1)$$

где R — радиус ствола дерева.

Объем стволовой древесины от поверхности почвы до кроны рассчитывался по формуле:

$$Vt = Sm \cdot L, \quad (2)$$

где Sm — средняя площадь поперечного сечения ствола, L — высота ствола от поверхности почвы до кроны дерева.

Объем древесины ветвей кроны деревьев определялся по формуле:

$$Vb = Sb \cdot L \cdot 1/3, \quad (3)$$

где Sb — площадь сечения ветви у основания, L — длина ветви.

Общий объем стволовой древесины каждого измеренного дерева определялся в кубических метрах путем суммирования объемов его ствола и всех ветвей. Это значение использовалось для расчета надземной массы древесины каждого изученного экземпляра дерева с учетом рассчитанных значений плотности древесины. Данные, полученные на основании расчетов в пределах учетных площадок, затем пересчитывались на площадь 1 гектар.

Запасы подземной фитомассы деревьев принимались равными 1/3 запасов надземной фитомассы согласно данным по распределению надземной и подземной фитомассы в широколиственных лесах лесостепи Восточной Европы [14]. Согласно общепринятым представлениям [15] запасы углерода в древостоях принимались равными половине запасов абсолютно сухой древесины. Учитывая незначительную величину запасов трав, кустарников, лесной подстилки, отпада и зеленой фитомассы деревьев, близкую к величине случайной

Таблица 1
Статистические показатели запасов органического углерода (т/га) в слое 0—30 см почв, изученных на ключевых участках

Угодье	n	Lim	$X \pm \delta_x$	δ	V, %
Стрелецкая Степь					
Целина	6	119,9—135,4	$126,2 \pm 2,3$	5,55	4,40
Лесополоса	18	109,9—241,1	$126,4 \pm 7,0$	29,74	23,53
Пашня	24	91,5—126,7	$109,3 \pm 2,1$	10,24	9,37
Ямская Степь					
Целина	6	131,2—155,9	$138,0 \pm 3,9$	9,44	6,84
Лесополоса	18	119,3—163,2	$142,1 \pm 3,0$	12,81	9,01
Пашня	24	111,2—156,8	$127,2 \pm 2,4$	11,80	9,28
Каменная Степь					
Целина	6	135,9—170,0	$152,5 \pm 4,7$	11,40	7,48
Лесополоса	18	104,4—156,5	$125,0 \pm 3,3$	14,10	11,28
Пашня	24	100,0—140,7	$123,6 \pm 2,2$	10,98	8,88

ошибки определения запасов древесины с помощью использованного нами метода, запасы углерода в указанных компонентах экосистем лесополос нами не учитывались.

Результаты и их обсуждение. Согласно полученным результатам (табл. 1) в слое 0—30 см почв запасы органического углерода закономерно возрастают от северной части Центральной лесостепи к ее южной части: в черноземах выщелоченных участка «Стрелецкая Степь» они составляют $126,2 \pm 2,3$ т/га, в черноземах типичных участка «Ямская Степь» — $138,0 \pm 3,9$ т/га, а в черноземах обыкновенных участка «Каменная Степь» — $152,5 \pm 4,7$ т/га. Пространственное варьирование запасов Сорг. почв в указанном направлении также возрастает: коэффициенты вариации равны 4,40, 6,8 и 7,5 соответственно (табл. 1). По запасам Сорг. в рассматриваемом слое почв не выявлено

но достоверных отличий между целинными черноземами и черноземами, формирующимися под лесополосами, на участках «Стрелецкая Степь» и «Ямская Степь». На данных участках запасы Сорг. в почвах пашни достоверно ниже, чем на целине или под лесополосой. На участке «Каменная Степь» запасы Сорг. в почвах лесополосы оказались примерно такими же, как и на пашне, — $125,0 \pm 3,3$ т/га (на пашне — $123,6 \pm 2,2$ т/га). Значения запасов Сорг. на этих двух угодьях достоверно ниже показателя целинных черноземов — $152,5 \pm 4,7$ т/га (табл. 1). Таким образом, есть основания предполагать, что под лесополосами, формирование которых происходит в более прохладных и влажных условиях лесостепи, в слое 0—30 см черноземов происходит заметное пополнение гумусового резерва за счет наземного и корневого опада растительности лесополос, а на юге лесостепной зоны данный процесс проявлен слабее или отсутствует.

Запасы углерода органического вещества почв на исследованных ключевых участках также определялись в почвенных профилях. Приводимые ниже результаты отражают характеристики единичных почвенных разрезов, которые изучались на лугово-степной целине и под лесополосами, а также усредненные характеристики парных почвенных профилей пахотных черноземов, которые изучались на полях по обе стороны от лесополос. Данные о распределении запасов Сорг. в слоях 0—50, 50—100 и 0—100 см целинных черноземов и их аналогов под лесополосами представлены в табл. 2 и 3.

Как и в слое 0—30 см (табл. 1), в слоях 0—50, 50—100 и 0—100 см изученных целинных черноземов запасы углерода органического вещества закономерно снижаются по направлению от северной («Стрелецкая Степь») к южной («Каменная Степь») частям лесостепной зоны (табл. 2). На трех изученных клю-

Таблица 2
Запасы углерода гумуса целинных почв (т/га), изученных на ключевых участках

Слой, см	Ключевой участок					
	Стрелецкая Степь		Ямская Степь		Каменная Степь	
	Запасы, т/га	% от запасов в слое 0—100 см	Запасы, т/га	% от запасов в слое 0—100 см	Запасы, т/га	% от запасов в слое 0—100 см
0—50	175,11	72	224,49	68	242,54	68
50—100	68,51	28	105,74	32	113,58	32
0—100	243,62	100	330,23	100	356,12	100

чевых участках в слое 0—50 см целинных черноземов содержится 68—72 % от запасов углерода органического вещества в метровой толще данных почв (табл. 2). В черноземах, формирующихся под лесополосами, произошло перераспределение запасов органического вещества, что видно по данным табл. 3: за счет пополнения гумусового резерва в нижнем полуметре данных почв, в слое 0—50 см относительная величина запасов углерода органического вещества уменьшилась до 59—64 % от его запасов в метровой толще почв (табл. 3). Выявленная нами закономерность пополнения запасов углерода гумуса в почвах лесополос по отношению к целинным и пахотным черноземам на глубинах 30(40) — 100 см отражена на рисунке.

В расчетах изменений резерва углерода органического вещества черноземов в результате 55—57-летнего произрастания на них лесополос была применена авторская методика, включающая использование зависимости между возрастом земледельческого освоения и потерями запасов гумуса в черноземах лесостепи центра Восточно-Европейской равнины [13]. За исходный уровень отсчета изменения гумусного состояния черноземов агролесомелиоративных ландшафтов были взяты запасы почвенного углерода в современных целинных почвах. С учетом известной длительности распашки почв рядом с лесополосами (140—150 лет), а также возраста лесополос (55—57 лет), было рассчитано время нахождения в распашке черноземов на момент закладки лесополос (85—95 лет), исходя из которого были реконструированы на указанный момент запасы углерода органического вещества почв. По разности между современными и исходными (на момент закладки лесополос) запасами органического углерода в изучаемых почвах были рассчитаны баланс и средняя многолетняя интенсивность изменений запасов углерода под влиянием растительности лесополос.

В соответствии с предложенной методикой расчетов [13], на момент закладки лесополос черноземы, находясь в распашке 85—95 лет, уже имели около 80 % органического вещества от исходных запасов в слое 0—30 см. Таким образом, к моменту закладки лесополос реконструированные запасы гумуса в указанном слое почв оказались следующими: на участке «Стрелецкая Степь» — 101,0 т/га, на участке «Ямская степь» — 110,4 т/га, на участке «Каменная Степь» — 122 т/га. Учитывая современные запасы углерода гумуса в почвах под лесополосами (слой 0—30 см, табл. 1), можно констатировать прибавку запасов углерода: на участке «Стрелецкая Степь» за 55 лет существования лесополосы — на 25,4 т/га, на участке «Ямская Степь» за этот же период — на 31,7 т/га, на участке «Каменная Степь» за 57 лет существования лесополосы — на 3 т/га.

Как показало сравнение запасов Сорг. в почвах лесополос и на целинных участках (рисунк), в слое 30—100 см изученных под лесополосами черноземов произошел дополнительный прирост запасов данного показателя: на участке «Стрелецкая Степь» — на 52,4 т/га, на участке «Ямская Степь» — на 50,9 т/га, на участке «Каменная Степь» — на 40,2 т/га.

Согласно выполненным расчетам суммарная величина пополнения углеродом гумуса метровой толщи почв, формирующихся в течение 55—57 лет под лесополосами, составила: на участке «Стрелецкая Степь» — 77,8 т/га, на участке «Ямская Степь» — 82,6 т/га, на участке «Каменная Степь» — 43,2 т/га.

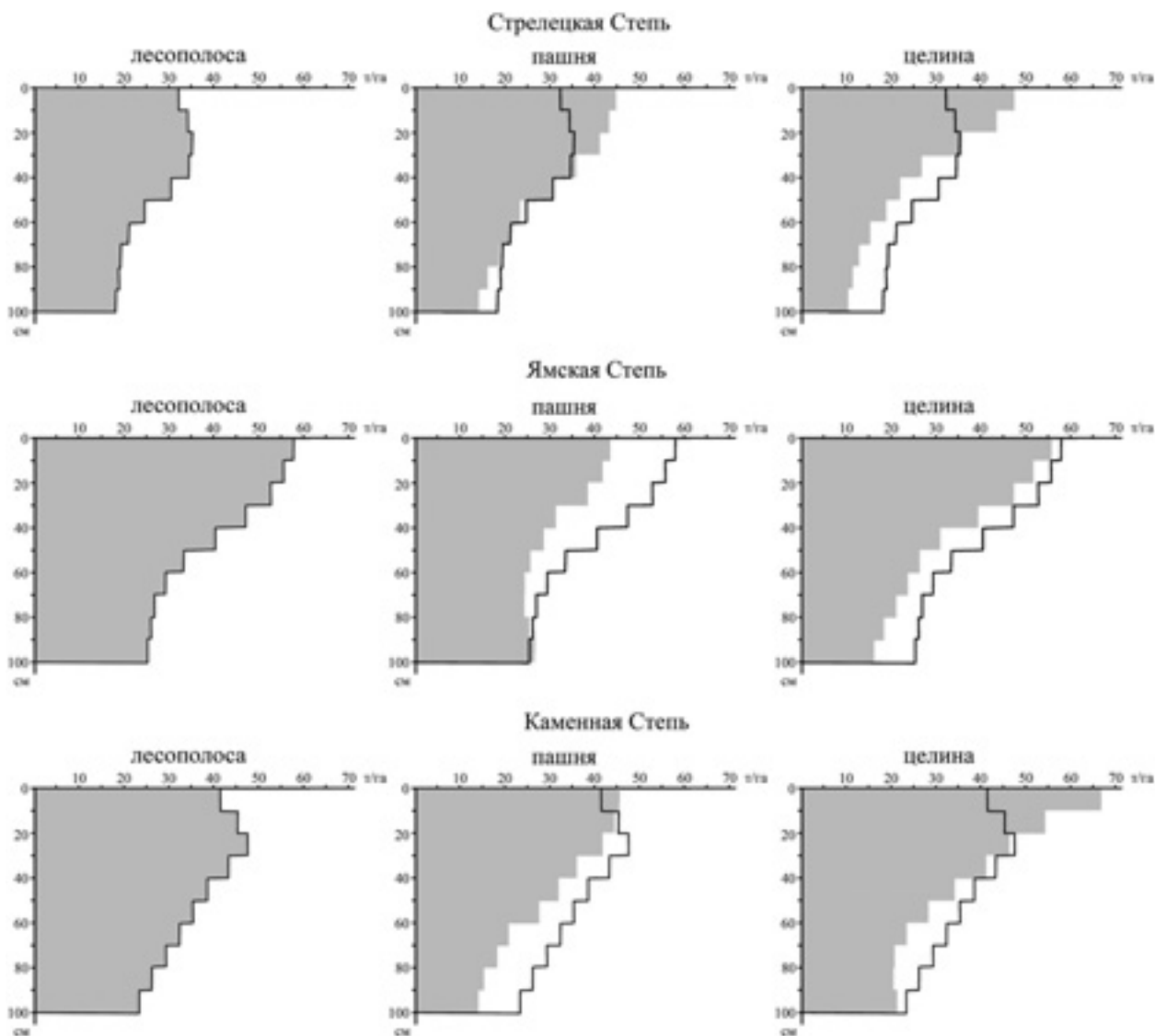
По результатам расчетов запасов древесины и корней суммарные запасы углерода в надземной и подземной частях древостоев в исследованных лесополосах составили: на участке «Стрелецкая Степь» — 69,9 т/га, на участке «Ямская Степь» — 44,9 т/га, на участке «Каменная Степь» — 116,2 т/га.

Общие запасы углерода, депонированного растительностью и почвами лесополос, ока-

Таблица 3

Запасы углерода гумуса в почвах лесополос (т/га), изученных на ключевых участках

Слой, см	Ключевой участок					
	Стрелецкая Степь		Ямская Степь		Каменная Степь	
	Запасы, т/га	% от запасов в слое 0—100 см	Запасы, т/га	% от запасов в слое 0—100 см	Запасы, т/га	% от запасов в слое 0—100 см
0—50	166,52	61	253,25	64	215,43	59
50—100	104,56	39	139,68	36	147,27	41
0—100	271,08	100	392,93	100	362,7	100



Послойное распределение запасов углерода гумуса в профилях изученных почв. На диаграммах пахотных и целинных черноземов контуром изображено распределение показателя в почвах под лесополосами

зались равными: на участке «Стрелецкая Степь» — 147,7 т/га, на участке «Ямская Степь» — 127,5 т/га, на участке «Каменная Степь» — 159,4 т/га.

С учетом возраста лесополос был рассчитан среднегодовой прирост резерва углерода, аккумулируемого растительностью и почвами, который составил: на участке «Стрелецкая Степь» — 2,7 т/га, на участке «Ямская Степь» — 2,3 т/га, на участке «Каменная Степь» — 2,8 т/га. Из этого количества средняя ежегодная прибавка запасов углерода в органическом веществе черноземов лесополос, в соответствии с нашими расчетами, составила: на участке «Стрелецкая Степь» — 1,4 т/га,

на участке «Ямская Степь» — 1,5 т/га, на участке «Каменная Степь» — 0,8 т/га.

Полученные среднегодовые величины изменения запасов углерода отражают линейную аппроксимацию зависимости данного показателя от времени. В реальности эта зависимость должна подчиняться экспоненциальному закону. Поэтому интенсивность исследуемого процесса, вероятно, замедляется во времени.

Рассчитанные нами темпы накопления органического углерода почвами и растительностью лесополос в лесостепи центра Восточной Европы не противоречат выводам других авторов, согласно которым ежегодное депонирование углерода экосистемами защитных лесона-

саждений после выхода их на стационарный режим функционирования оценивается в среднем величиной 1,9 т/га [16].

Выводы. В Центральной лесостепи Восточной Европы экосистемы полезащитных лесополос участвуют в активном депонировании атмосферного углерода, переводя его в органическое вещество почв и фитомассу.

На территории и в непосредственной близости от заповедных участков луговых степей в Курской, Белгородской и Воронежской областях за 55—57 лет произрастания полезащитных лесополос суммарные запасы новообразованного углерода в почвенном гумусе и лесной фитомассе достигли величин 128—159 т/га.

Обнаружена тенденция снижения интенсивности депонирования углерода гумусом черноземов, формирующихся под лесополосами, в направлении от северной к южной лесостепи. Средняя ежегодная прибавка запасов углерода в органическом веществе черноземов изученных лесополос за весь период их существования (55—57 лет) составляла: на участке «Стрелецкая Степь» — 1,4 т/га, на участке «Ямская Степь» — 1,5 т/га, на участке «Каменная Степь» — 0,8 т/га.

Оптимизация природопользования в лесостепной зоне подразумевает внедрение широкого комплекса мероприятий, среди которых обязательным элементом должны быть агролесомелиоративные работы, основанные на реорганизации существующих и создании новых полезащитных лесополос. Увеличение площадей лесополос решит сразу несколько экологических и народнохозяйственных проблем:

— будет осуществляться вывод из атмосферы углекислого газа, избыток которого создает предпосылки глобального потепления климата;

— густая сеть лесополос положительно отразится на экологическом состоянии почв, улучшит микроклимат, и через него повлияет на приrost урожайности сельскохозяйственных культур;

— периодически отчуждаемая древесина в практике ухода за лесополосами может быть использована в различных отраслях хозяйства, включая получение альтернативного природным углеводородам топлива.

Научно-исследовательская работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного Контракта 16.515.11.0077 и при поддержке грантов РФФИ № 11-05-92500-АФГИР-Э_а; CRDF № RUG1-7024-BL-11

Библиографический список

1. Альбенский А. В. Лесомелиорация и изменение природных условий // Вестник с/х наук, 1961. — № 2. — С. 96—101.
2. Соловьев П. Е. Влияние лесных насаждений на почвообразовательный процесс и плодородие степных почв. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1967. — 200 с.
3. Brandle J. R., Hodges L., Zhou X. H. Windbreaks in North American agricultural systems // Agroforestry Systems. — 2004. — No. 61. — P. 65—78.
4. Барабанов А. Т. Агрлесомелиорация в почвозащитном земледелии. — Вологодград, 1993. — 155 с.
5. Kort J. Benefits of windbreaks to field and forage crops // Agricultural Ecosystems and Environment. 1988. No. 22/23. — P. 165—190.
6. Лисецкий Ф. Н. Почвообразовательный потенциал лесных насаждений при облесении песков в условиях лесостепи и степи // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. — 2008. — № 4. — С. 13—20.
7. Каменная степь: Лесоаграрные ландшафты / Ф. Н. Мильков, А. И. Нестеров, П. Г. Петров [и др.]. — Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1992. — 224 с.
8. Стаценко Е. А., Корнилов А. Г., Присный А. В., Тохтарь В. К., Колчанов А. Ф. Оценка рекреационной нагрузки и биологической значимости овражно-балочных комплексов как опорных элементов экологического каркаса Белгородской области // Научные ведомости Белгородского государственного университета, сер. естественные науки — Белгород. — 2010. — № 9 (80). — Вып. 11. — С. 86—90.
9. Беляев А. Б. Лесорастительные свойства почв Русской равнины: Автореферат. дисс. ... д-ра биол. наук. Специальность 03.02.13 — почвоведение. — Воронеж, 2010. — 81 с.
10. Каганов В. В. Изменение экосистемных запасов углерода при облесении в степной и полупустынной зонах Европейской части России // Проблемы региональной экологии — 2012. — № 4. — С. 7—12.
11. Уваров Г. И., Сенченко Н. К., Данилов Г. Г. Количественная характеристика гумуса в мощных черноземах в зоне влияния лесных полос // Лесное хозяйство. — 1990. — № 8. — С. 49—50.
12. Sauer T. J., Nelson M. P. Science, ethics and the historical roots of our ecological crisis: was white right? // Sustaining soil productivity in response to global climate change: science, policy, and ethics. — Chichester, UK: Wiley-Blackwell. — 2011. — P. 3—16.

13. Чендев Ю. Г., Петин А. Н., Новых Л. Л., Заздравных Е. А., Соэр Т. Д., Холл Р. Б. Тенденции и закономерности антропогенной эволюции черноземов в агролесомелиоративных ландшафтах на территории лесостепи центра Восточной Европы // Проблемы региональной экологии. — 2012. — № 2. — С. 7—13.
14. Мильков Ф. Н. Природные зоны СССР. — М.: Мысль, 1977. — 293 с.
15. Fengel D., Wegener G. Wood — chemistry, ultrastructure, reactions. — Berlin-New York: Walter de Gruyter, 1984. — 613 pp.
16. Экологические проблемы поглощения углекислого газа посредством лесовосстановления и лесоразведения в России / Исаев А. С., Коровин Г. Н., Сухих В. И. [и др.]. — М., 1995. — 155 с.

Stock assessment and balance of organic carbon in the Eastern European forest-steppe ecosystems tree windbreaks

Yu. G. Chendev, Chairman of the Department of Natural Resources Management and Land Cadastre, National Research University «Belgorod State University» (NPU «BSU») Chendev@bsu.edu.ru,

T. J. Sauer, Research Soil Scientist, USDA-ARS National Laboratory for Agriculture and the Environment, USA, Tom.Sauer@ARS.USDA.GOV,

R. B. Hall, Professor of Forestry, Department of Natural Resources, Ecology and Management, Iowa State University, USA, rbhall@iastate.edu,

A. N. Petin, Dean of the Geologic-Geographical Faculty, NPU «BSU», Petin@bsu.edu.ru,

L. L. Novykh, Associate Professor, NPU «BSU», Novyikh@bsu.edu.ru,

E. A. Zazdravnykh, PhD Student, NPU «BSU», genn-86@yandex.ru,

Yu. I. Cheverdin, Head of the Department of Agropedology, Voronezh Scientific-Research Institute of Agriculture, cheverdin@box.vsi.ru,

V. V. Tischenko, Head of the Department of Agroforestry, Voronezh Scientific-Research Institute of Agriculture, niish1c@mail.ru,

K. I. Filatov, Student of the Geologic-Geographical Faculty, NPU «BSU», kostenph24@mail.ru

References

1. Al'benskiy A. V. Forestry and change of natural conditions. *Gerald of Agricultural Sciences*. — 1961. — No. 2. — P. 96—101.
2. Solovyov P. E. Influence of forest plantations to soil formation and fertility of steppe soils. — М.: Moscow State Univ., 1967. — 200 p.
3. Brandle J. R., Hodges L., Zhou X. H. Windbreaks in North American agricultural systems // *Agroforestry Systems*. — 2004. — No. 61. — P. 65—78.
4. Barabanov A. T. *Agroforestry in soil conservation farming*. — Volgograd, 1993. — 155 p.
5. Kort J. Benefits of windbreaks to field and forage crops. *Agricultural Ecosystems and Environment*. 1988. No. 22/23. — P. 165—190.
6. Lisetskii F. N. Features of Soil Formation During Forest-planting on Sands in Conditions of Forest-steppe and Steppe Zones. *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Lesnoj zhurnal*. — 2008. — No. 4. — P. 13—20.
7. Kamennaya Step': Agro-forestland landscapes. F. N. Mil'kov, A. I. Nesterov, P. G. Petrov et al. — Voronezh: Voronezh. Gos. Univ., 1992. — 224 p.
8. Statsenko E. A., Kornilov A. G., Prisky A. V., Tokhtar V. K., Kolchanov A. F. The assessment of recreational load and biological significant of gullies and ravines complexes as a supporting elements of ecological structure of the Belgorod region. *Belgorod State University Scientific Bulletin, Natural sciences*. — No. 9 (80). — 2010. — P. 86—90.
9. Belyaev A. B. Silvicultural properties of soils within the Russian Plain: Authoessay. diss. Dr. Biol. Science. Specialty 03.02.13 — Soil Science. — Voronezh, 2010. — 81 p.
10. Kaganov V. V. Change in ecosystem carbon stocks during afforestation in the steppe and semi-desert zones of the European part of Russia. *Regional Environmental Issues*. — 2012. — No. 4. — P. 7—12.
11. Uvarov G. I., Senchenko N. K., Danilov G. G. Qualitative characteristics of humus in thick chernozems under the influence of windbreak. *Lesnoe hozjajstvo*. — 1990. — No. 8. — P. 49—50.
12. Sauer T. J., Nelson M. P. Science, ethics, and the historical roots of our ecological crisis: was white right? // *Sustaining soil productivity in response to global climate change: science, policy, and ethics*. — Chichester, UK: Wiley-Blackwell. — 2011. — P. 3—16.
13. Chendev Yu. G., Petin A. N., Novyikh L. L., Zazdravnykh E. A., Sauer T. J., Hall R. B. Trends and Patterns of the Anthropogenic Evolution of Chernozems in Lands of Agricultural Afforestation within the Territory of Forest-Steppe in the Center of the Eastern Europe. *Regional Environmental Issues*. — 2012. — No. 2. — P. 7—13.
14. Mil'kov F. N. *Natural geographic zones of the USSR*. — М.: Mysl', 1977. — 293 p.
15. Fengel D., Wegener G. *Wood — chemistry, ultrastructure, reactions*. — Berlin-New York: Walter de Gruyter, 1984. — 613 p.
16. *Ecological problems of carbon dioxide sequestration by reforestation and afforestation in Russia* / Isayev A. S., Korovin G. N., Sukhikh V. I. et al. — М., 1995. — 155 p.