

Copyright © 2015 by Academic Publishing House *Researcher*

Published in the Russian Federation
Biogeosystem Technique
Has been issued since 2014.
ISSN: 2409-3386
Vol. 4, Is. 2, pp. 189-207, 2015

DOI: 10.13187/bgt.2015.4.189

www.ejournal19.com

UDC 581.5*631.41

Carbon Stock in Soil and Vegetation of South Taiga Post-Agrogenic Ecosystems (Kostroma Region)

¹Valeria M. Telesnina²Michael A. Zhukov¹Lomonosov Moscow State University, Russian Federation

PhD (Biology), senior researcher

E-mail: vtelesnina@mail.ru

²Agency of Natural Hazard System Analysis, Moscow, Russian Federation

PhD (Biology), expert

Abstract

Particularities of some biological cycling indexes and humus condition indexes dynamic due to natural post-agrogenic re-afforestation in south taiga were studied. By post-agrogenic succession, total plant biomass in ecosystems increases due to tree stand renewal, biomass growth rate by arable land overgrowing exceeding biomass growth rate by hayfield overgrowing. Total carbon stock in ecosystems increases by post-agrogenic re-afforestation mainly due to perennial plant parts. The part of soil carbon, conversely, decreases in spite of absolutely increasing. Especially clearly, carbon accumulation takes place in overgrowing arable land, formed on sandy soil. For overgrowing arable land, essential increasing content and stock of carbon in topsoil is observed. For overgrowing hayfield, decreasing these indexes is observed on initial stage of succession. The particularities of organic carbon content and stock post-agrogenic dynamic depends on soil reclamation history, vegetation dynamic and native soil features, including soil texture.

Keywords: carbon, succession, post-agrogenic soils.

Введение

В настоящее время на территории России большое количество пахотных земель выведено из сельскохозяйственного использования по данным официальной статистики [1, 2]. Основной массив залежей (45 % от их общей площади) расположен в подзоне южной тайги. Они занимают около 20 % территории этой зоны, причем почти половина из них выведена из использования сравнительно недавно – с 1990 по 2007 гг. [3]. Наибольшее количество работ по почвам залежей посвящено лесным почвам Европейской территории России [4; 5; 6]. При этом большое внимание уделялось динамике углерода в почвах [7; 8; 9]. Изменению содержания органического вещества и питательных элементов в постагрогенных почвах при их зарастании лесом посвящено и много зарубежных работ [10; 11; 12; 13; 14; 15]. С поселением естественной растительности на пахотных почвах, оставленных в залежь, пахотный слой трансформируется и наблюдается постепенное восстановление генетического профиля зональных лесных почв. С наибольшей скоростью

изменяются и наиболее быстро восстанавливаются в процессе лесовозобновления химические свойства почв, такие как кислотность, содержание обменных кальция и магния, алюминия [4; 16]. Изъятие почвы из регулярной агротехники и перевод ее в залежь со сменой растительного покрова приводит к существенным изменениям в содержании органического вещества. При этом направление и характер динамики содержания и запасов гумуса зависят от ряда факторов и поэтому неоднозначны. Разными авторами отмечаются разнообразные тенденции в изменении этих показателей [17; 7; 18; 19]. По данным А.С. Фоминой [20], при зарастании пашни, образованной на флювиогляциальных песках, происходит сначала увеличение содержания и запасов гумуса на луговой стадии, затем постепенное уменьшение как содержания, так и запасов после появления леса. В то же время в работе А.В. Литвиновича [21] подчеркивается тот факт, что с увеличением возраста залежи ослабляется проявление дернового процесса, поэтому в первые 10 лет происходит уменьшение содержания и запасов органического вещества. Существенную роль в динамике органического вещества, помимо биоклиматического фактора, играет также гранулометрический состав и степень окультуренности почвы [3; 22]. Например, в работе Н.Н. Матинян с соавторами [23] выявлено, что при очень интенсивной окультуренности песчаных почв после прекращения их освоения запасы гумуса убывают, тогда как при зарастании пашни, образованной на суглинистой почве, запасы гумуса сначала убывают, а потом возрастают на стадии щучкового луга. Изменение режима землепользования, в частности, прекращение распашки, неизбежно приводит к существенным изменениям во всех составляющих круговорота углерода. В работах последних лет в основном представлены балансовые расчеты на основе различных моделей, которые представляют собой оценочные данные по запасам органического вещества в почвах, скоростям его аккумуляции и т.д. [24; 25]. Общей тенденцией, которую отмечают все авторы, является существенное увеличение стока углерода в ходе естественного лесовосстановления. На фоне большого числа работ, посвященных эволюции почв в ходе постагрогенеза, а также при наличии ряда работ по демулационной динамике растительности [26; 27; 28], в настоящее время мало изучают динамику биологического круговорота в ходе демулационной сукцессии, и вообще его специфику для постагрогенных экосистем.

Цель настоящей работы – изучить динамику запасов углерода разных компонентов экосистемы в ходе естественного постагрогенного лесовосстановления. Для этого были поставлены две группы задач: 1) изучение постагрогенной динамики как некоторых почвенных свойств, связанных с углеродным балансом экосистемы (содержание и запас органического углерода, особенности лесных подстилок); 2) изучение ряда показателей биологического круговорота (биомасса разных фракций растительности, доля легкоразлагаемого опада).

Объекты и методы исследования

Исследование проводили на территории Мантуровского района Костромской области. В целом условия почвообразования характерны для северной части южной тайги. Согласно ботанико-географическому районированию [29], его территория входит в подзону южнотаежных лесов североевропейской провинции Евразийской таежной области. Почвообразующие породы представляют собой разнообразные ледниковые и водно-ледниковые отложения [30]. Чаще всего встречаются двучленные породы – древнеаллювиальные или флювиогляциальные пески (иногда перекрытые покровными суглинками) залегают на глинистых моренных отложениях. Глубина залегания определяется положением в мезорельефе. Объекты исследования представляют собой два хроноряда – зарастающую пашню (Унжинский участок) и зарастающий сенокос (Масловский участок).

Масловский участок расположен в 7 км от русла реки. Это – луг, со всех сторон окруженный лесом. Почвообразующие породы – супесчаные отложения, подстилаемые моренными суглинками на глубине 30–35 см. Основная часть территории распахана в 1970–1980-х годах и эксплуатировалась несколько лет, после чего ее долго использовали как сенокос. Площадь покоса постепенно сокращалась, в результате происходит зарастание луга лесом. Выделены 4 стадии зарастания: луг, косившийся последний раз в 2010 г. – «сенокос»; луг, который последний раз был выкошен в 1998–1999 г. – «зарастающий сенокос», в 2012 г.

уже сформирован древостой высотой до 2.5 м, из ели, сосны обыкновенной, березы повислой, осины, ольхи серой; сомкнутый ивово-березовый лес 20–22 лет; березово-еловый лес примерно 85–90 летнего возраста (фон). Возраст деревьев определяли с помощью кернения. Естественно, «фонный» лес не является климаксовым, однако на изучаемой территории такой лес наиболее приближен по возрасту и строению к климаксовому сообществу. **Почва «фонного» леса – дерново-подзолистая** [31], ивово-березового леса – дерново-подзолистая постагрогенная, остальные – агродерново-подзолистые. При этом расстояние между сенокосом и 85–90-летним лесом не превышает 50–60 м.

Унжинский участок расположен в 1–2 км от русла р. Унжи, на том же берегу. Почвообразующие породы – пески, в толще которых на разной глубине встречаются линзы глин. На Унжинском участке выделены следующие стадии зарастания: пашня с посевами овса (0-стадия) – распашка осуществляется более 15 лет; залежь с 2005 г. – «молодая залежь»; залежь примерно с 2000 г. («старая залежь»), на которой к 2012 г. сформирован несомкнутый молодой древостой высотой в 1.5–3 м из ивы козьей; осиново-березовый лес 35–40 лет; березово-еловый лес примерно 100 лет (фон). **Почва «фонного» леса – подзолистая.** 35–40 летнего леса – дерново-подзолистая постагрогенная, остальные – агродерново-подзолистые (табл. 1). Таким образом, изучаемые хроноряды различаются: 1) историей освоения; 2) особенностями почв, в частности гранулометрическим составом. Биомассу разных фракций древостоя определяли аллометрически по методике Д.Г. Замолотчикова [32]. Надземная биомасса травяного (травяно-кустарничкового) яруса исследована методом укусов (повторность – 5), подземная – методом монолитов (повторность – 5, глубина взятия корней – 0–10, 10–20 и 20–30 см).

Исследования почвенных свойств осуществлялись принятыми в почвоведении методами [33].

Результаты и обсуждение

По мере постагрогенной сукцессии постепенно уменьшается надземная фитомасса травяного (травяно-кустарничкового) яруса (рис. 1). После прекращения распашки вначале происходит бурный рост травостоя, т. наз. «рудеральный всплеск», далее биомасса начинает резко уменьшаться после появления древесного полога.

Из доминантов в травостое постепенно уходят высокопродуктивные злаки и осот, дающие максимальную биомассу на 5–7 летней залежи. По мере развития древостоя продолжается уменьшение биомассы напочвенного покрова по причине снижения освещенности. На стадии 100-летнего леса выявлено вторичное возрастание биомассы напочвенного покрова – за счет кустарничков (черника, брусника). Довольно отчетливо происходит также уменьшение биомассы травяно-кустарничкового яруса и при зарастании сенокоса – и при появлении еще не сомкнутого древостоя, и при его смыкании. Прекращение сенокосения уже в первые 5 лет может вызывать уменьшение продуктивности травостоя по причине изменения флористического состава, а также появлению слоя мортмассы, затрудняющего прорастание растений многих видов [34]. Уменьшение корневой биомассы травяно-кустарничкового яруса в ходе постагрогенной сукцессии происходит не так отчетливо и имеет характер тенденции в обоих хронорядах. Резкое уменьшение подземной массы трав соответствует переходу к стадии максимально сомкнутого древостоя (в 4–5 раз).

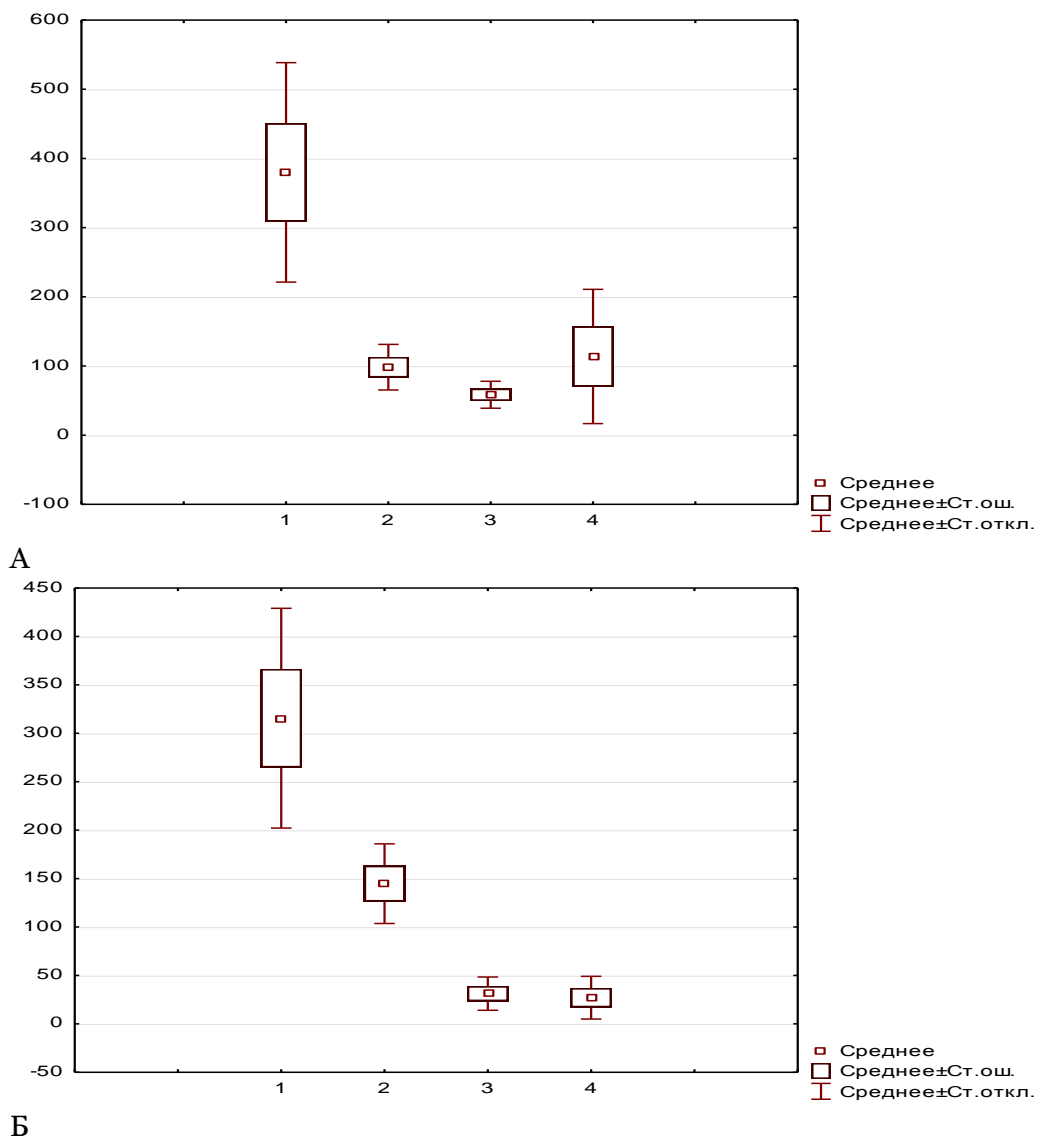


Рис. 1. Динамика надземной фитомассы травяного яруса в ходе зарастания пашни (А) и сенокоса (Б). А: 1 – залежь с 2005 г., 2 – залежь с 2000 г., 3 – лес 40 лет, 4 – лес 100 лет. Б: 1 – сенокос, 2 – зарастающий сенокос, 3 – лес 20 лет, 4 – лес 95 лет

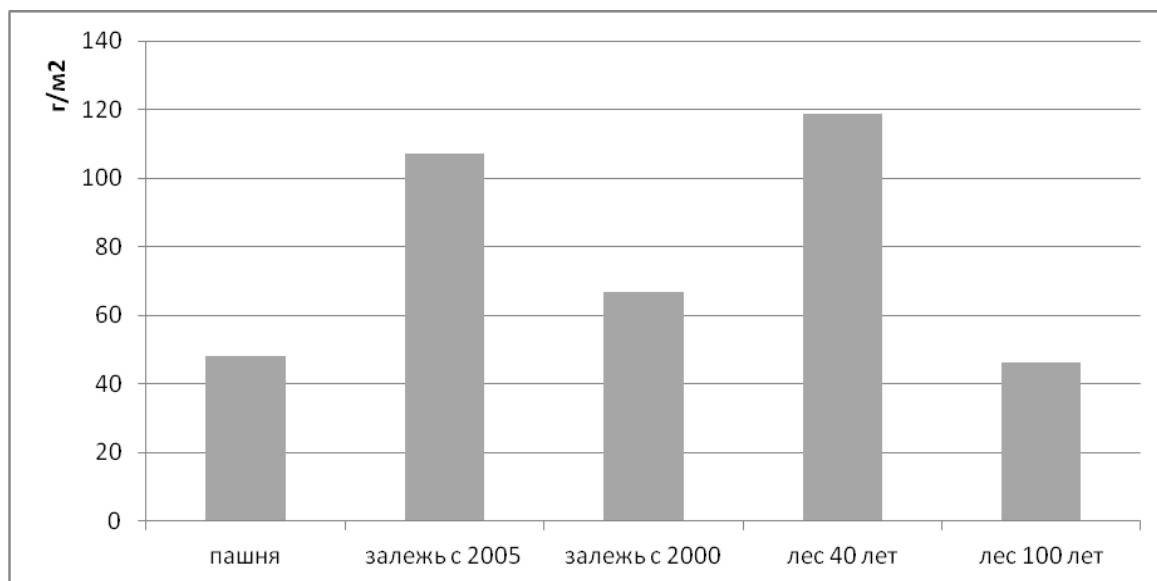
При анализе динамики флористического состава и продуктивности древостоя выявлено различие между двумя изучаемыми хронориями. Так, стадии, соответствующие примерно 13 лет после прекращения сельскохозяйственного использования, отличаются составом возобновляющегося древостоя. Древостой на залежи по пашне представлен почти исключительно ивой козьей при незначительном участии березы, тогда как древостой на залежи по сенокосу – елью, сосной, березой, ольхой серой, осиной и ивой козьей (преобладает береза). Возможно, это связано с тем, что в условиях прошлого освоения почвы ива козья быстро захватывает экологическую нишу, и другие виды не выдерживают конкуренции. Стоит отметить, что расстояние до леса, служащего источником поступления семян деревьев, примерно одинаково в обоих хронориях. Увеличение биомассы древостоя на бывшей пашне осуществляется с большей скоростью, чем на бывшем сенокосе, что объясняется, возможно, относительно благоприятными почвенно-растительными условиями, связанными с недавним освоением почвы на пашне. Кроме того, на бывшей пашне нет такой высокой конкуренции со стороны злаков, образующих дернину, как на бывшем сенокосе [35]. Так, общая биомасса древостоя через 12–13 лет после прекращения использования более чем в 4 раза выше в хроноряду, соответствующем зарастающей пашне. Максимальное развитие листвы мелколиственных пород и, как следствие, поступление

листового опада, соответствует возрасту 35–40 лет. При этом биомасса древостоя хвойного леса, соответствующего «сенокосному» ряду, несколько выше, чем аналогичный показатель «контрольного» леса в другом хроноряду (табл. 1). Отдельно была изучена масса так называемого легкоразлагаемого опада, под которым авторы понимают следующие составляющие: 1) надземная биомасса травяно-кустарничкового яруса (ТКЯ), кроме зимнезеленых растений; 2) корневая биомасса травяно-кустарничкового яруса (за год корневым опадом становится примерно 1/3 ее часть [36]; 3) лиственный опад мелколиственных пород.

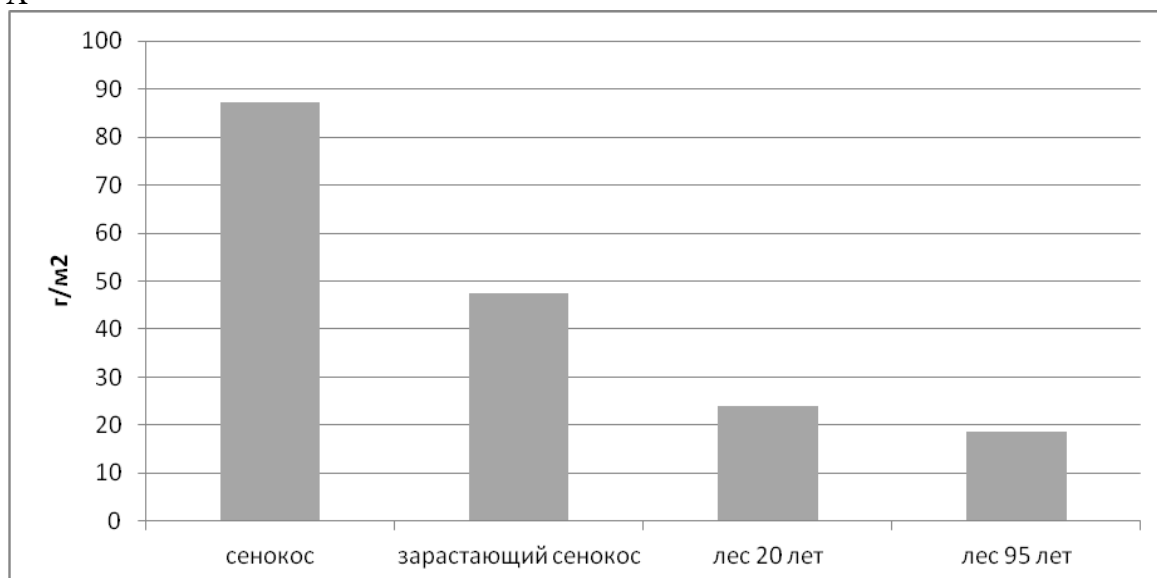
Таблица 1. Биомасса разных фракций древостоя (все данные в т/га)

	Стволы, ветви		Корни древ.		хвоя		листва	
	2009	2014	2009	2014	2009	2014	2009	2014
Пашня	0	0	0	0	0	0	0	0
Залежь 2005	0	0	0	0	0	0	0	0
Залежь 2000	10.2	22.6	3.2	4.2	0	0	0.6	1.2
Лес 40 лет	123.2	123.2	38.8	38.8	0	0	15.0	15.0
Лес 100 лет	147.5	147.5	43.8	43.8	4.8	4.8	2.5	2.5
Сенокос	0	0	0	0	0	0	0	0
Зарастающий сенокос	0	2.54	0	1.15	0	0.77	0	0.38
Лес 20 лет	40.8	49.0	8.7	14.7	0	0.014	2.0	4.67
Лес 95 лет	223.0	223.0	43.7	43.7	11.4	11.4	2.9	2.9

Кроме того, в лесных экосистемах имеет значение такой показатель, как тонкие корни деревьев, но в ходе настоящей работы он еще не был определен. Легкоразлагаемый опад имеет наиболее важное значение для образования гуминовых веществ, а также для деятельности почвенных микроорганизмов. Единственным источником поступления зольных элементов и азота в почву пашни с легкоразлагаемым опадом являются корни, поскольку надземные отчуждаются при уборке урожая (рис. 2, 3). После прекращения распашки поступление азота и зольных элементов существенно увеличивается за счет высокопродуктивного травяного яруса, состоящего из легко разлагающихся злаков, разнотравья и бобовых. Второй максимум поступления азота и зольных элементов выявлен для 40-летнего осиново-березового леса – преимущественно за счет листового опада деревьев. При постагрогенном лесовосстановлении по сенокосному лугу с уменьшением продуктивности травостоя и началом возобновления деревьев поступление азота и зольных элементов уменьшается почти вдвое, как за счет надземной биомассы, так и за счет корней трав. К 20-летнему возрасту вторичного мелколиственного леса запас поступающего с опадом азота остается на прежнем уровне, запас зольных элементов продолжает уменьшаться. Поступление азота в травяных экосистемах, а также в 20-летнем ивово-березовом лесу, осуществляется главным образом за счет корневых систем, в экосистемах 40-летнего леса и более старых лесов – главным образом за счет мелколиственного опада. В поступление зольных элементов наибольший вклад вносят также корни травяно-кустарничкового яруса в луговых экосистемах, и мелколиственный опад в 40-летнем лесу. В 40-летнем лесу поступление органического вещества, так же как и азота с зольными элементами, существенно выше, чем в 100-летнем, как за счет мелколиственного опада, так и за счет корней травяно-кустарничкового яруса.



А

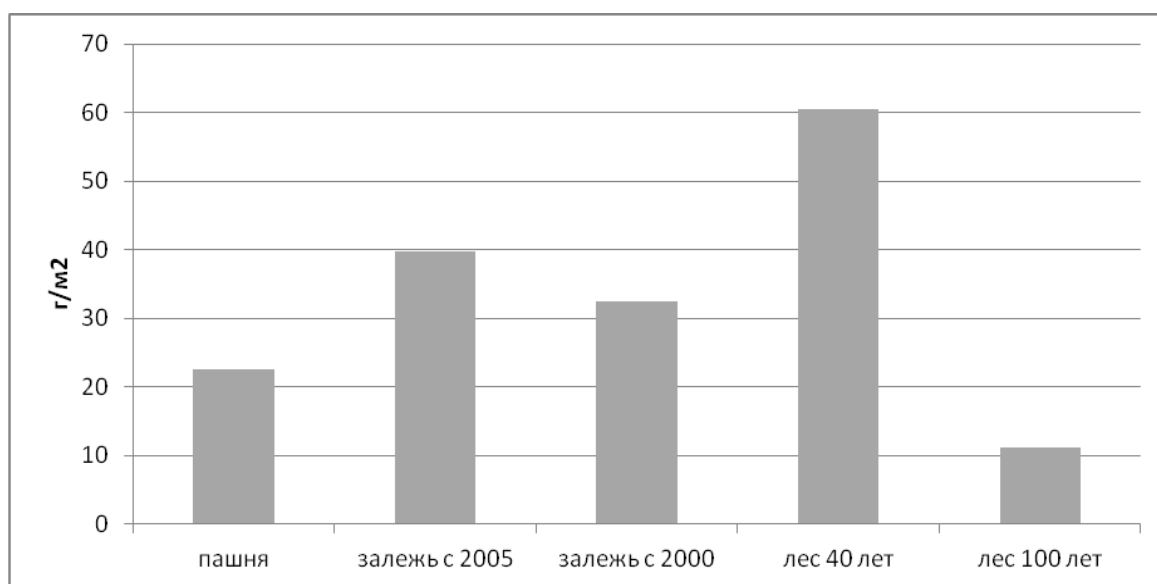


Б

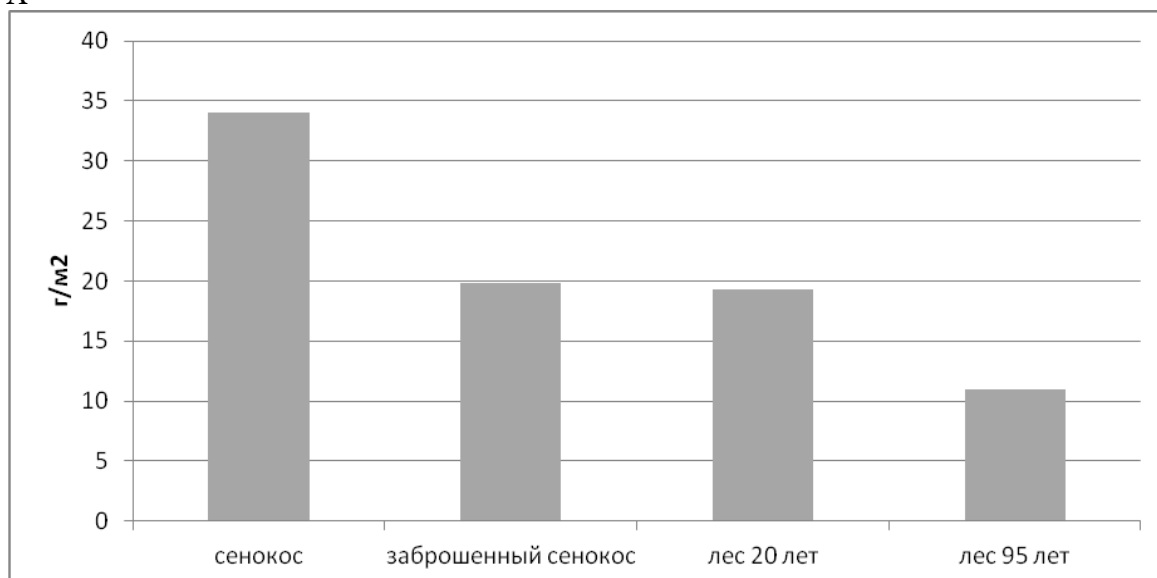
Рис. 2. Запасы зольных элементов в легкоразлагаемом опаде.

А – зарастающая пашня, Б – зарастающий сенокос

Важным компонентом лесных экосистем вообще и лесных почв в частности является подстилка [37], поэтому при изучении естественного лесовосстановления нельзя не уделить внимание динамике свойств этого горизонта. Что касается залежи с 2000 г., горизонт подстилки может быть выделен весьма условно, так как не имеет сплошного распространения. В осиново-березовом лесу подстилка представляет собой уже сформированный горизонт, хотя и состоящий почти исключительно из подгоризонта L. леса отчетливо стратифицируется на подгор. L и F, иногда можно выделить маломощный темный мажущийся подгор. H, органическое вещество которого частично проникает в нижележащий горизонт. Запасы подстилки в 100-летнем лесу увеличиваются вдвое по сравнению с 40-летним мелколиственным лесом. В ходе постагрогенной эволюции существенно увеличивается кислотность подстилки (табл. 2), уменьшается зольность, что вызвано изменением состава опада (в 100-летнем лесу появляется хвоя ели, мхи и кустарнички, замедляющие процесс разложения), содержания зольных элементов в опаде, а также со степенью разложения подстилки.



А



Б

*Рис. 3. Запасы азота в легкоразлагаемом опаде.
А – зарастающая пашня, Б – зарастающий сенокос*

При лесовосстановлении по сенокосу также наблюдается увеличение мощности и запасов лесной подстилки, однако нет такого четкого увеличения кислотности и уменьшения зольности. Строение и сложность организации подстилки тоже не претерпевает существенных изменений за 70 лет. Причина, по-видимому, связана с существенным различием нативных свойств почв в двух изучаемых хронорядках – песчаная подзолистая почва характеризуется довольно мощной подстилкой, имеющей сложное строение и составляющей наиболее существенную часть органофиля, тогда как дерново-подзолистая почва более тяжелого гранулометрического состава характеризуется другим органопрофилем – маломощная подстилка переходит в мощный гумусово-аккумулятивный горизонт.

Таблица 2. Особенности лесных подстилок

Объект	2009, запасы т/га	2014, запасы т/га	Зольность сырая, %	C/N	мощность, см	pH	Классификационна я принадлежность по Л.Г. Богатыреву [38]
Зарастающая пашня							
Залежь с 2000 года	0	4,2	10,2	35,1	менее 2	нет данных	Деструктивная сверхсопряженная примитивная очень маломощная лиственная
Осиново- березовый лес 40 лет	10,0	8,2	7,7	34,1	2-5	4,9-5,4	Деструктивная сверхсопряженная примитивная маломощная лиственная
Березово- еловый лес 100 лет	21,2	19,8	3,7	22,4	7-12	3,7-4,1	Ферментативная (гумифицированная) несопряженная сложная среднемощная хвойно-лиственная
Зарастающий сенокос							
Ивово- березовый лес 20 лет	4,0	5,6	9,7	нет данн ых	3-5	4,8-5,2	деструктивная сверхсопряженная примитивная маломощная лиственная
Березово- еловый лес 95 лет	7,2	8,0	5,4	нет данн ых	4-7	4,6-5,0	Деструктивная (ферментативная) сверхсопряженная субпримитивная маломощная лиственная

Для двух изучаемых хронорядов выявлена разная динамика содержания органического углерода в верхнем минеральном горизонте, особенно на глубинах 0–10 и 10–20 см. При демуляции по сенокосному лугу, образованному на суглинистой почве, динамика содержания органического углерода имеет неоднозначный характер (рис. 4).

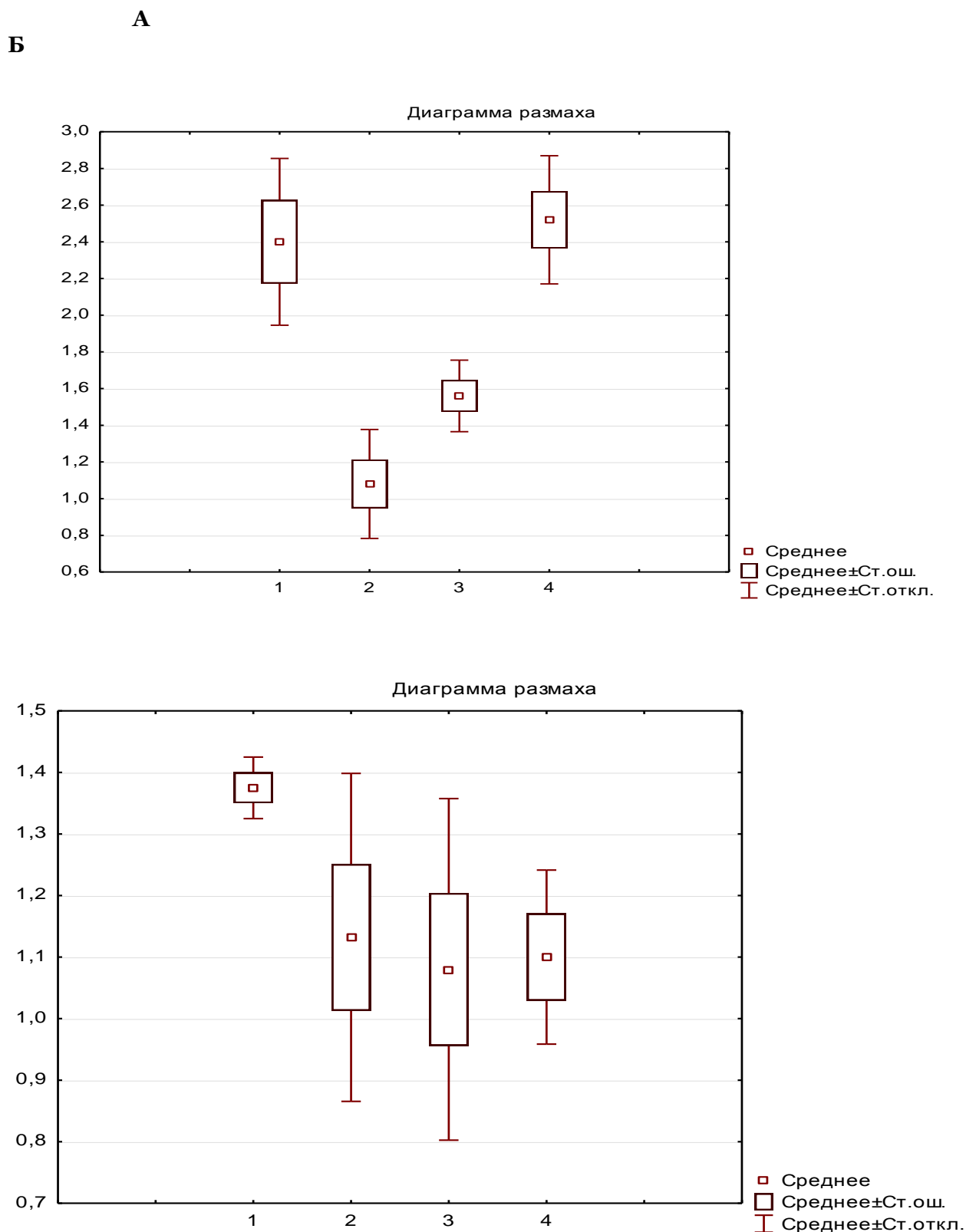
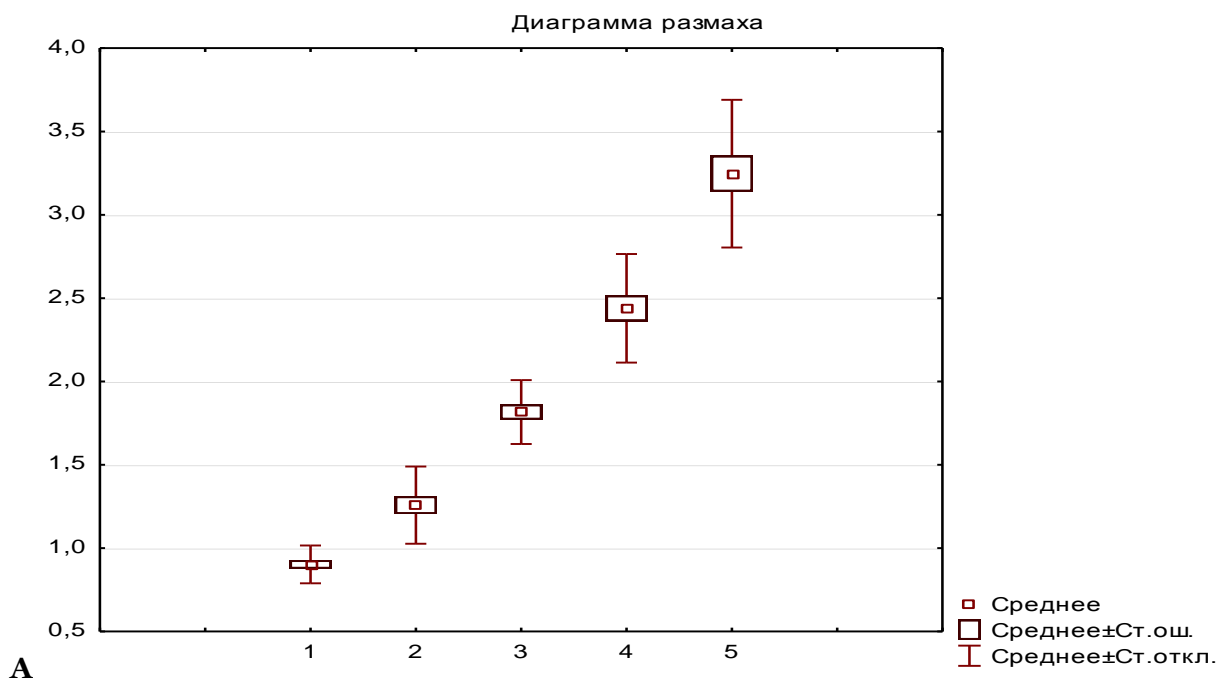
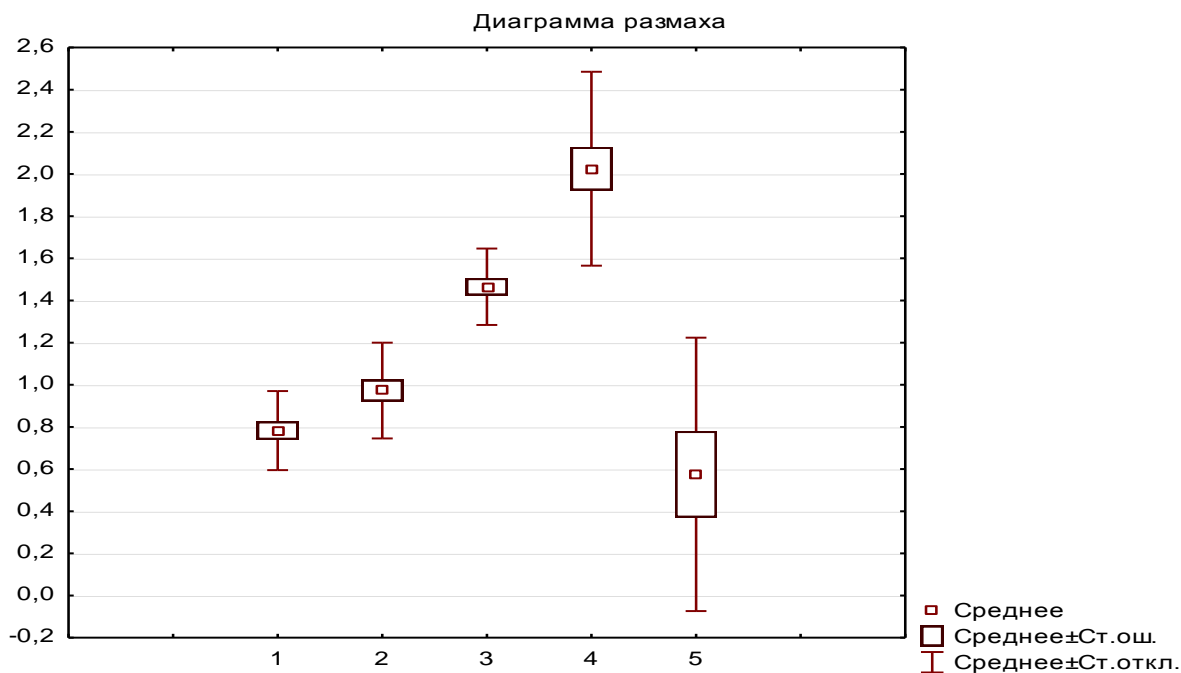


Рис. 4. Диаграмма динамики содержания органического углерода на глубине 0-10 (А) и 10-20 (Б). Зарастающий сенокос. Стадии зарастания: 1 – сенокос, 2 – зарастающий сенокос, 3 – лес 20 лет, 4 – лес 95 лет

Содержание углерода в почве луга, где сенокос прекратился совсем недавно, превышает этот показатель на двух следующих стадиях сукцессии более чем в два раза, что, по крайней мере, на глубине 0-10 см. Отчуждение части травостоя при выкашивании, согласно данным А.А. Ларионовой с соавторами [39] может при определенных условиях (сочетание частоты и времени выкашивания) увеличивать аккумуляцию органического углерода в почве. Возможно, определенную роль играет резкое уменьшение на следующей стадии (10-13 летняя залежь по сенокосу) как подземной, так и надземной биомассы травостоя, и, как следствие, уменьшение почти вдвое (рис. 2, 3) запаса азота и зольных элементов, поступающих с опадом. Зарастающий сенокос 10-13 лет является уже практически промежуточной стадией между луговой и лесной экосистемой – с одной стороны уже нет высокопродуктивного травостоя, с другой – еще нет лесного оранопрофиля, включающего определенный запас детрита. Похожие данные относительно динамики органического вещества в почве после прекращения сенокоса получены авторами также для более легких почв также в Костромской области [40]. Динамика содержания органического вещества на следующих стадиях сукцессии на глубине 0-10, на глубине же 10-20 уже не выражена - распашка почвы производилась очень давно, и интенсивность постагрогенного изменения свойств почв определяется не глубиной старопахотного горизонта, а глубиной влияния растений. Кроме того, по мере увеличения возраста залежи сфера действия дернового процесса, особенно на тяжелых почвах, приближается к поверхности [21]. В ходе демутационной сукцессии по пашне (рис. 5), образованной на супесчаной почве, содержание углерода в слое 0-10 см явно увеличивается, достигая максимального значения в почве 100-летнего леса. Такая постагрогенная динамика содержания углерода в целом совпадает с данными других авторов [41; 16].





Б

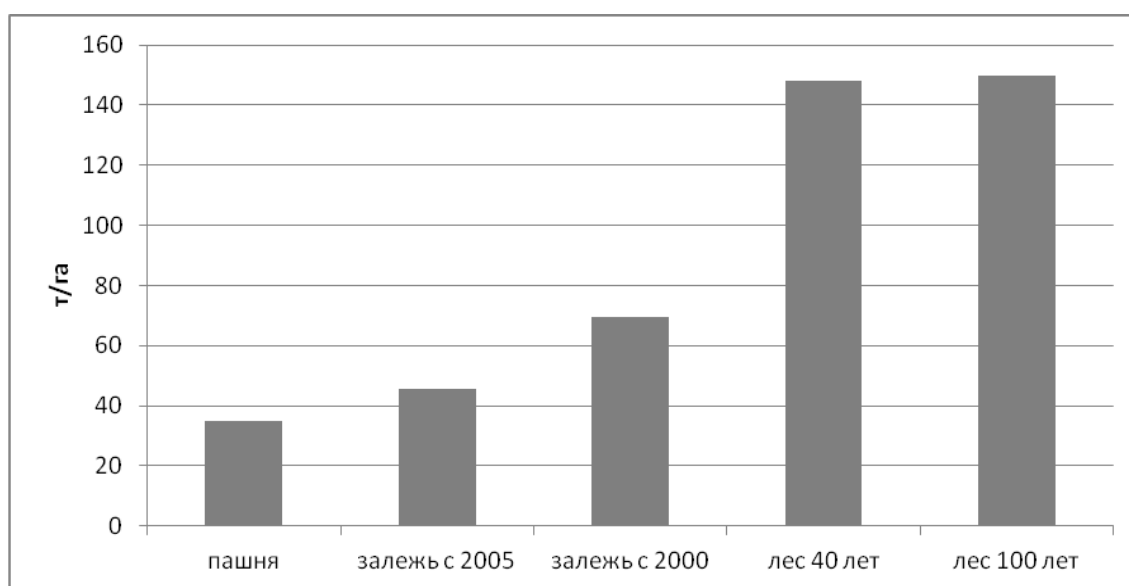
Рис. 5. Диаграмма размаха содержания углерода в слое 0-10 (А) и 10-20 (Б).
Зарастающая пашня. Стадии зарастания: 1 – пашня; 2 – залежь 10 лет; 3-залежь 15 лет;
4 – осиново-березовый лес 40 лет; 5 – 100-летний березово-еловый лес

На глубине 10-20 см в целом сохраняется тенденция к увеличению содержания углерода. Однако, в подзолистой почве 100-летнего леса, где собственно старопашотный горизонт не выражен или выражен фрагментарно, ниже 10 см происходит, напротив, уменьшение этого показателя, что связано со спецификой органофиля подзолистой почвы, в котором органическое вещество сосредоточено главным образом в подстилке и самой верхней части минерального профиля. Повышение содержания органического вещества в верхних слоях старопашотной толщи на первом этапе (травяные экосистемы), видимо, связано с преобразованием дернины, возникшей на стадии залежи, на более поздних – поступлением листового опада древесного яруса. В отличие от сукцессии в «сенокосном» ряду, довольно быстро происходит рост древостоя, причем на той стадии, когда еще не началось существенное уменьшение продуктивности травяного яруса. Более отчетливая динамика содержания углерода в старопашотной толще свойственна ряду, соответствующему зарастающей пашне, что связано с рядом причин. Во-первых, освоенная песчаная почва более существенно отличается от целинной песчаной почвы в плане органофиля, чем освоенная суглинистая от целинной суглинистой [23], и, как следствие, выше градиент физико-химических и химических свойств, в соответствии с которым освоенная почва, выведенная из использования будет приходить в равновесие с факторами почвообразования – в частности, в целинной подзолистой песчаной почве отсутствует хорошо выраженный гумусово-аккумулятивный горизонт и органическое вещество в основном сконцентрировано в лесной подстилке, чего нельзя сказать о целинной дерново-подзолистой суглинистой почве. Во-вторых, почва, соответствующая зарастающему сенокосу, была распашана давно и долго была под влиянием многолетних трав, т.е. не было стадии «рудерального всплеска», благодаря которой временно увеличивается поступление органического вещества, азота и зольных элементов с травяным опадом.

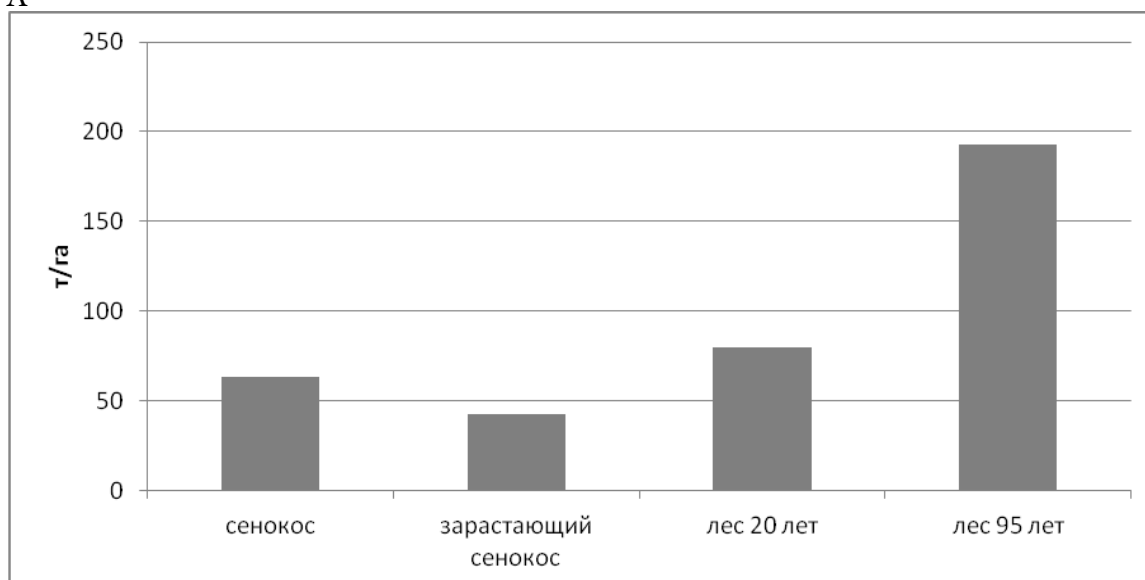
Похожая тенденция наблюдается и для запасов углерода в слое 0–30 см (не считая лесной подстилки). При зарастании пашни запасы углерода постепенно увеличиваются, достигая максимального значения в почве 40-летнего мелколиственного леса более чем в 2 раза, тогда как в почве 100-летнего леса снова уменьшаются почти на 20 т/га. При зарастании сенокоса через 13 лет после прекращения сенокосения запасы углерода в старопашотной толще уменьшаются с 50 до 30 т/га, а затем по мере лесовосстановления

увеличиваются, достигая максимального значения в дерново-подзолистой почве 95-летнего леса. Если такое различие динамики запасов углерода в двух хронорядках на ранних стадиях связано с характером сельскохозяйственного использования, то на поздних стадиях – с нативными свойствами почв, в частности гранулометрическим составом и особенностями органофилия.

В течении лесовосстановления как по сенокосу, так и по пашне, общий запас углерода в экосистеме увеличивается (рис. 6), главным образом за счет прироста многолетних частей древостоя. При этом запас углерода в экосистеме 100-летнего леса превышает соответствующий показатель в экосистеме пашни примерно в 5 раз, тогда как запас углерода в 95-летнем лесу превышает запас углерода в экосистеме сенокосного луга менее чем в 4 раза, т.е. депонирование углерода более интенсивно происходит при зарастании пашни, образованной на месте подзолистой почвы, чем при зарастании сенокосного угодья, образованного на дерново-подзолистой почве.



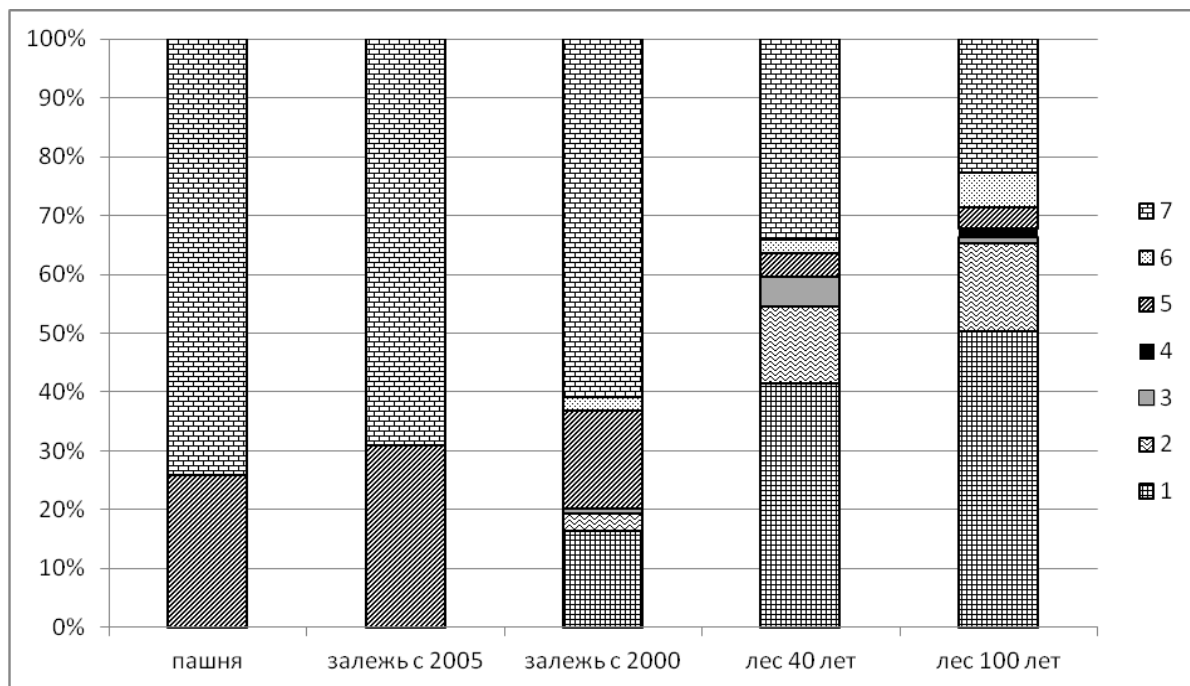
А



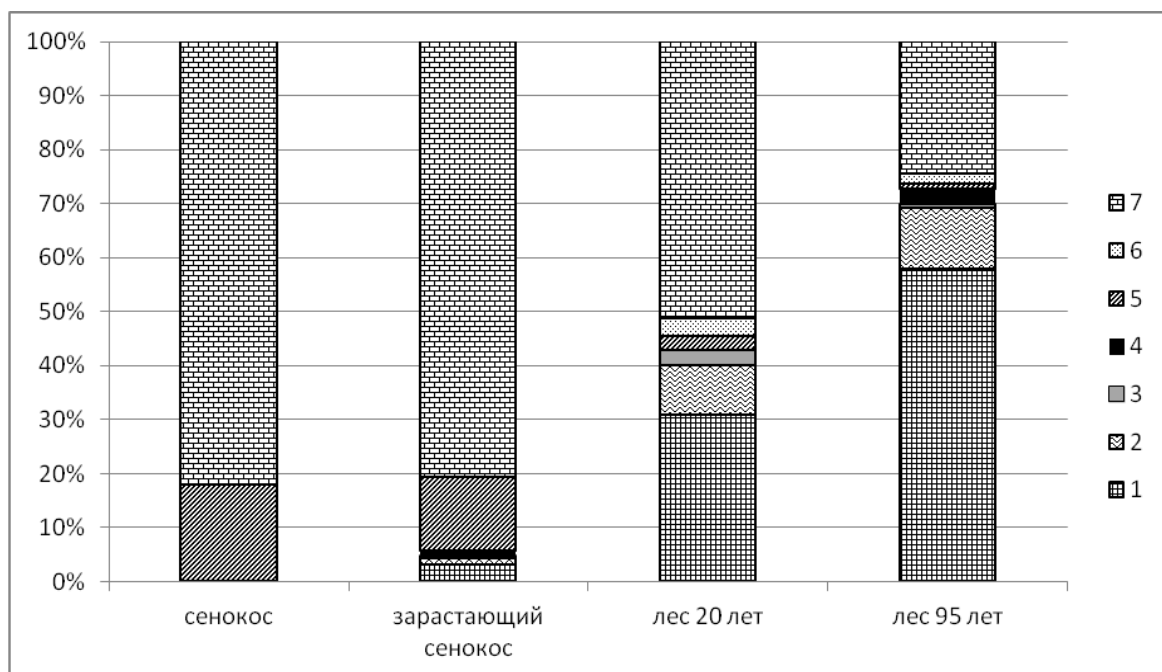
Б

Рис. 6. Динамика общих запасов углерода экосистемы в ходе лесовосстановления по пашне (А) и сенокосу (Б). Стадии сукцессии на зарастающей пашне: 1 – пашня, 2 – залежь с 2005 г., 3 – залежь с 2000 г., 4 – лес 40 лет, 5 – лес 100 лет. Стадии сукцессии на зарастающем сенокосе: 1 – сенокос, 2 – зарастающий сенокос, 3 – лес 20 лет, 4 – лес 95 лет

Через 13 лет после прекращения сенокосения общий запас углерода не увеличивается, а несколько уменьшается – за счет почвенного углерода – даже, несмотря на появление древостоя, который сам по себе является стоком углерода. В залежных экосистемах лесной зоны углерод накапливается не столько в почве, сколько в многолетних фракциях растительного покрова [42; 43]. В данной работе авторы учитывали следующие компоненты экосистемы, содержащие углерод (рис 7): 1 – надземная многолетняя часть древостоя (стволы и ветви); 2 – корни деревьев; 3 – листва мелколиственных пород; 4 – хвоя; 5 – травяно-кустарничковый ярус; 6 – лесная подстилка; 7 – почва на глубине 0-30 см.



А



Б

Рис. 7. Соотношение запасов углерода в разных компонентах постагрогенных экосистем. А – зарастающая пашня. Б – зарастающий сенокос

По мере лесовосстановления, происходящего по пашне, уменьшается доля почвенного углерода в общем запасе углерода экосистемы – лишь в 40-летнем лесу углерод почвы составляет менее 40 %, а в 100-летнем лесу – около 20 %. Запас углерода, сосредоточенного в травяном ярусе и листве мелколиственных деревьев, т.е. наиболее лабильный углерод, непосредственно участвующий в круговороте, составляет до 30 % на первых двух стадиях, но практически сходит на нет в лесных экосистемах, особенно в смешанных лесах 95 и 100 лет (менее 10 %). Доля углерода, выведенного из круговорота на много лет (многолетние части деревьев), составляет в 40-летнем лесу 50 %, а в 100-летнем – почти 70 %. Динамика соотношения углерода в разных блоках экосистемы при зарастании сенокоса в целом такая же, но роль лесной подстилки в общем запасе гораздо меньше, тогда как роль углерода минеральной части почвы, напротив, более существенна. Таким образом, основной запас углерода в травяных экосистемах (пашня, сенокосный луг, молодые залежи) сосредоточен в гумусе почвы (до 80 % от общего запаса углерода), но по мере лесовосстановления ведущая роль переходит к депонированному углероду многолетних частей растений. В результате количество углерода почвенного гумуса, абсолютно возрастающая в ходе сукцессии, относительно уменьшается.

Выводы

1. В ходе постагрогенного лесовосстановления общая биомасса в фитоценозах увеличивается за счет возобновления древостоя. Скорость роста биомассы древостоя существенно выше при зарастании пашни, нежели при зарастании лесом сенокосного луга. Биомасса травяно-кустарничкового яруса в течение сукцессии, напротив, уменьшается.

2. При зарастании сенокоса суммарный запас азота и зольных элементов в легкоразлагаемом опаде сокращается почти вдвое через 10–13 лет после прекращения сенокосения по причине уменьшения продуктивности травостоя; при зарастании пашни запас азота и зольных элементов имеет два максимума – до 150 г/м² на молодой залежи (7–8 лет) и почти до 200 г/м² в молодых лесных сообществах в возрасте 35–40 лет.

3. По мере лесовосстановления наблюдается увеличение запасов подстилки и усложнение ее строения. Степень увеличения кислотности и уменьшения зольности в ходе сукцессии определяется характером возобновляющейся растительности, особенно напочвенным покровом.

4. При зарастании пашни лесом имеет место четкое увеличение содержания органического углерода на глубине 0–10 и 10–20 см, а также запасов углерода в слое 0–30 см. Зарастание сенокоса сопровождается существенным уменьшением содержания (на глубине 0–10 см) и запасов углерода на самых ранних стадиях постагрогенной сукцессии и некоторым последующим его возрастанием. Особенности постагрогенной динамики содержания и запасов органического углерода почвы определяется историей освоения почвы, особенностями смены растительности, а также нативными свойствами почвы, в частности, гранулометрическим составом.

5. Общий запас углерода в экосистемах возрастает в ходе постагрогенного естественного лесовосстановления, главным образом за счет многолетних частей древостоя. Доля почвенного углерода, напротив, уменьшается несмотря на абсолютный рост. Особенно отчетливо депонирование углерода происходит при лесовосстановлении по паше на легкой почве.

Примечания:

1. Агропромышленный комплекс России. М.: МСХ РФ, 1999. 521 с.
2. Агропромышленный комплекс России. М., 2001.
3. Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Г. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС, 2010. 416 с.
4. Баранова О.Ю., Номеров Г.Б., Строганова М.Н. Изменение свойств пахотных дерново-подзолистых почв при зарастании лесом // Почвообразование в лесных биогеоценозах. М., 1989.
5. Скворцова Е.Б., Баранова О.Ю., Нумеров Г.Б. Изменение микростроения почв при зарастании пашни лесом // Почвоведение. 1987. №9. С.101-109.

6. Ахмалишев К.Б. Влияние земледельческого освоения на свойства дерново-подзолистых суглинистых почв современных лесов. Автореф. дис... канд. с.х. н. М., 2007. 27 с.
7. Литвинович А.В., Павлова О.Ю., Чернов Д.В. Изменение гумусового состояния дерново-подзолистой почве при прекращении антропогенного воздействия // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2002. №6. С. 26-28.
8. Курганова И.Н., Ермолаев А.М., Лопес де Гереню В.О. и др. Потоки и пулы углерода в залежных землях Подмосквья // Почвенные процессы и пространственно-временная организация почв: Сб. научных трудов / Под ред. В.Н. Кудеярова. М.: Наука, 2006. С. 271-284.
9. Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Розанова Л.Н. и др. Многолетний мониторинг эмиссии CO₂ из дерново-подзолистой почвы: анализ влияния гидротермических условий и землепользования // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Прод. издание, Т. XXI. С-Пб: Гидрометеиздат, 2007. С. 23-44.
10. Falkengen-Grerup U., ten Brink D.-J., Brunet J. Land use effects on soil N, P, C and pH persist over 40-80 years of forest growth an agricultural soils // Forest Ecol. Manag. 2005. V. 225. P. 74-81.
11. Hooker T.D., Compton J.E. Forest ecosystem carbon and nitrogen accumulation during the first century after agricultural abandonment // Ecol. Appl. 2003. V. 13. N 2. P. 299-313.
12. Morris S.J., Bohm S., Haile-Mariam S., Paul E.A. Evaluation of carbon accrual in afforested agricultural soils // Glob. Chang. Biol. 2007. V. 13. P. 1145-1156.
13. Paul E.A., Morris S.J., Six J., Paustian K., Gregorich E.G. Interpretation of soil carbon and nitrogen dynamics in agricultural and afforested soils // Soil Sci. Soc. Am. J. 2003. V. 67. P. 1620-1628.
14. Smal H., Olszewska M. The effect of afforestation with Scots pine (*Pinus silvestris* L.) of sandy post-arable soils on their selected properties. II. Reaction, carbon, nitrogen and phosphorus // Plant Soil. 2008. V. 305. P. 171-187.
15. Vesterdal L., Ritter E., Gundersen P. Change in soil organic carbon following afforestation of former arable land // Forest Ecol. Manag. 2002. V. 169. P. 137-147.
16. Kalinina O., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Lyuri D.I., Luise Giant. Self-restoration of post-agrogenic sandy soils in the southern Taiga of Russia: Soil Development, nutrient status, and carbon dynamics. // Geoderma, v. 152, 2009.
17. Гузэль Н.И. Изменения почвенного покрова при зарастании бывших сельскохозяйственных земель на Карельском перешейке // Материалы по изучению русских почв. 1999, № 1.
18. Чернов Д.В., Кириллов Д.В. Содержание и запасы гумуса в дерново-подзолистых суглинистых залежных почвах // Гумус и почвообразование. СПб., 1997.
19. Ширшова Л.Т., Ермолаев А.М. Особенности гумусонакопления при залужении серой лесной почвы с/х использования // Журнал общей биологии, 1990, том 51, № 5.
20. Фомина А.С. Интенсивность протекания элементарных почвообразовательных процессов в дерново-подзолистой песчаной почве и пути дальнейшего использования залежных земель // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета, 2009, № 13. С. 11-15.
21. Литвинович А.В., Павлова О.Ю., Плылова И.А. Изменение состава растительного покрова, морфологического строения почвенного профиля, содержания и запасов гумуса в окультуренной дерново-подзолистой глееватой суглинистой почве в процессе постагрогенной эволюции // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета, 2011, № 22. С. 74-77.
22. Рыжова И.М., Ерохова А.А., Подвезенная М.А. Динамика и структура запасов углерода в постагрогенных экосистемах южной тайги // Почвоведение, 2014, № 12. С. 1426-1435.
23. Матинян Н.Н., Бахметова К.А., Алексеев С.С. постагрогенная трансформация почв, сформированных на контрастных по гранулометрическому составу породах // Гумус и почвообразование. С. Петербург – Пушкин, 2007. С. 52-60.
24. Курганова И.Н., Кудеяров В.Н. Оценка потоков диоксида углерода из почв таежной зоны России. // Почвоведение, 1998, № 9.
25. Замолотчиков Д.Г., Грабовский В.И., Краев Г.Н. Динамика бюджета углерода лесов России за два последних десятилетия // Лесоведение, 2011, № 6. С. 12-28.
26. Гульбе А.Я. Процесс формирования молодняков древесных пород на залежи в южной тайге. Автореф. дис. к.б.н. М., 2009. 22 с.
27. Yamamoto Y. Succession and various vegetation of grassland // Grassland Sc., 2001, Vol.47, № 4.

28. Questad E.R., Bryan L. Coexistence through spatio-temporal heterogeneity and species sorting in grassland plant communities // *Ecology Letters*, 2008, v. 11, N 7, p. 717-726.
29. Огуреева Г.Н. Ботанико-географическое районирование СССР. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1991. 76 с.
30. Большов С.И., Фузеина Ю.Н. Физико-географические условия Костромского Заволжья. Геолого-геоморфологическое устройство // *Костромское Заволжье: природа и человек*. М., 2001. С. 36–60.
31. Классификация и диагностика почв России. Смоленск. Ойкумене, 2004. 341 с.
32. Замолотчиков Д.Г., Уткин А.И., Коровин Г.Н. Определение запасов углерода по зависимым от возраста насаждений конверсионно-объемным коэффициентам // *Лесоведение*. 1998. № 3. С. 84–93.
33. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу. М., 1970. 487 с.
34. Курманская А.В. Изменение фитомассы растительных сообществ при пастбищном и сенокосном использовании // *Вопросы сельского хозяйства. Международный сборник научных трудов*. Калининград, Изд. КГТУ, 2004. с. 271-275.
35. Морозов А.М., Залесов С. Особенности лесообразовательного процесса на пашне и сенокосе // *Агро XXI*, 2008, № 7-9. С. 40-42.
36. Методы изучения биологического круговорота в различных природных зонах. М., Мысль, 1978. 181 с.
37. Богатырев Л.Г. Свентицкий И.А.; Шарафутдинов Р.Н.; Степанов А.А. Лесные подстилки и диагностика современной направленности гумусообразования в различных географических зонах // *Почвоведение*. 1998. N 7. С. 864-875.
38. Богатырев Л.Г. О классификации лесных подстилок // *Почвоведение*. 1990. № 3. С. 118-127.
39. Ларионова А.А., Ермолаев А.М., Никитишен В.И., Лопес де Гереню В.О., Евдокимов И.В. Баланс углерода в пахотных серых лесных почвах при разных способах сельскохозяйственного использования // *Почвоведение*, 2009, № 2. С. 1464-1474.
40. Владыченский А.С., Телеснина В.М., Иванько М.В. Изменение некоторых свойств таежных почв при прекращении их сельскохозяйственного использования (на примере Костромской области) // *Электронный научный журнал «Доклады по экологическому почвоведению»*, 2006, № 3.
41. Ананьева Н.Д., Сусьян Е.А., Рыжова И.М., Бочарникова Е.О., Стольникова Е.В. Углерод микробной биомассы и микробное продуцирование двуокси углерода дерново-подзолистыми почвами постагрогенных биогеоценозов и коренных ельников южной тайги (Костромская область) // *Почвоведение*. 2009. № 9. с. 1108-1116.
42. Collins H. P., Elliot E. T., Paustian K, Bundy L. G., Dick W. A., Huggins D. R., Smucker A. J. M., Paul E. A. Soil carbon pools and fluxes in long-term corn belt agroecosystems // *Soil Biology and Biochem.* 2000. V. 32. P. 157-168.
43. Vuichard N., Ciais P., Belelli L., Smith P., Valentini R. Carbon sequestration due to the abandonment of agriculture in the former USSR since 1990 // *Global Biogeochem. Cycles*. 2008. V. 22.

References:

1. *Agropromyshlennyj kompleks Rossii (Agricultural complex of Russia)*. Moscow: MSKH RF, 1999. 521 pp.
2. *Agropromyshlennyj kompleks Rossii (Agricultural complex of Russia)*. Moscow, 2001.
3. Lyuri D.I., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Denisenko E.A., Nefedova T.G. *Dinamika sel'skohozyaystvennyh zemel' Rossii v XX veke i postagrogennoe vosstanovlenie rastitel'no-sti i pochv (Dynamic of agricultural lands in Russia in XX century and post-agrogenic regenerating vegetation and soils)*, Moscow, GEOS, 2010, 416 pp.
4. Baranova O.Yu., Nomerov G.B., Stroganova M.N. *Izmenenie svoystv pahotnyh dernovo-podzolistyh pochv pri zarastanii ih lesom (Change of arable soddy-podzolic soils properties by forest overgrowing)*, In: *Pochvoobrazovanie v lesnyh biogeotsenozah*, Moscow, 1989. pp. 60-78.
5. Skvortsova E.B., Baranova O.Yu., Nomerov G.B. *Izmenenie mikrostroeniya pochv pri zarastanii pashni lesom (Changes in soil microstructure due to arable land overgrowing)*// *Pochvovedenie*. 1987. N 9. pp. 101-109.
6. Akhmalishev K.B. *Vliyanie zemledel'cheskogo osvoeniya na svoystva dernovo-podzolistykh suglinistykh pochv sovremennykh lesov. Avtoref. dis... kand. s. kh. n (Influencing agriculture reclamation on soddy-podzolic sandy-loam soils in forests. Candidat's sci. thesis)*. Moscow, 2007. 27 pp.

7. Litvinovich A.V., Pavlova O.Yu., Chernov D.V. Izmenenie gumusovogo sostoyaniya dernovo-podzolistoj pochve pri prekrashhenii antropogennogo vozdejstviya (Changes in humus condition of soddy-podzolic soils after excluding from agriculture) // Doklady Rossijskoj akademii sel'skokhozyajstvennykh nauk. 2002. N 6. pp. 26-28.
8. Kurganova I.N., Ermolaev A.M., Lopes de Gerenyu V.O. Potoki i puly ugleroda v zaleznykh zemlyakh Podmoskov'ya (Flows and stocks of carbon in neglected lands of Moscow region) // Pochvennye protsessy i prostranstvenno-vremennaya organizatsiya pochv: Sb. nauchnykh trudov / Pod red. V.N. Kudryarova (Soil processes and space-time soil organization: Science sourcebook, edition by V.N. Kudryarov). M.: Nauka, 2006. pp. 271-284.
9. Kurganova I.N., Lopes de Gerenyu V.O., Rozanova L.N. Mnogoletnij monitoring ehmissii SO₂ iz dernovo-podzolistoj pochvy: analiz vliyaniya gidrotermicheskikh uslovij i zemlepol'zovaniya (Perennial monitoring SO₂ emission from soddy-podzolic soil: analysis of influencing hydrothermal conditions and land using) // Problemy ehkologicheskogo monitoringa i modelirovaniya ehkositsem (Problems of ecological monitoring and ecosystem modelling). Prod. izdanie, T. KHKHI. St-Petersburg: Gidrometeoizdat, 2007. pp. 23-44.
10. Falkengen-Grerup U., ten Brink D.-J., Brunet J. Land use effects on soil N, P, C and pH persist over 40-80 years of forest growth an agricultural soils // Forest Ecol. Manag. 2005. V. 225. pp. 74-81.
11. Hooker T.D., Compton J.E. Forest ecosystem carbon and nitrogen accumulation during the first century after agricultural abandonment // Ecol. Appl. 2003. V. 13. N 2. pp. 299-313.
12. Morris S.J., Bohm S., Haile-Mariam S., Paul E.A. Evaluation of carbon accrual in afforested agricultural soils // Glob. Chang. Biol. 2007. V. 13. pp. 1145-1156.
13. Paul E.A., Morris S.J., Six J., Paustian K., Gregorich E.G. Interpretation of soil carbon and nitrogen dynamics in agricultural and afforested soils // Soil Sci. Soc. Am. J. 2003. V. 67. pp. 1620-1628.
14. Smal H., Olszewska M. The effect of afforestation with Scots pine (*Pinus silvestris* L.) of sandy post-arable soils on their selected properties. II. Reaction, carbon, nitrogen and phosphorus // Plant Soil. 2008. V. 305. pp. 171-187.
15. Vesterdal L., Ritter E., Gundersen P. Change in soil organic carbon following afforestation of former arable land // Forest Ecol. Manag. 2002. V. 169. pp. 137-147.
16. Kalinina O., Goryachkin S.V., Karavaeva N.A., Lyuri D.I., Luise Giant. Self-restoration of post-agrogenic sandy soils in the southern Taiga of Russia: Soil Development, nutrient status, and carbon dynamics. // Geoderma, v. 152, 2009.
17. Guzehl' N.I. Izmeneniya pochvennogo pokrova pri zarastanii byvshikh sel'skokhozyajstvennykh zemel' na Karel'skom pereshejke (Changes in soil cover due to overgrowing post-agricultured lands on Karelia Neck) // Materialy po izucheniyu russkikh pochv (Russian soils investigations), 1999, № 1.
18. Chernov D.V., Kirillov D.V. Soderzhanie i zapasy gumusa v dernovo-podzolistykh suglinistykh zaleznykh pochvakh (Content and stock of humus in soddy-podzolic sandy-loam soils of neglected lands) // Gumus i pochvoobrazovanie (Humus and soil forming), St-Petersburg, 1997.
19. SHirshova L.T., Ermolaev A.M. Osobennosti gumusonakopleniya pri zaluzhenii seroj lesnoj pochvy s/kh ispol'zovaniya (Particularities of humus accumulation due to meadow-formation on agricultural) grey forest soil // ZHurnal obshhej biologii, 1990, v. 51, № 5.
20. Fomina A.S. Intensivnost' protekaniya ehlementarnykh pochvoobrazovatel'nykh protsessov v dernovo-podzolistoj peschanoj pochve i puti dal'nejshego ispol'zovaniya zaleznykh zemel' (Intensity of elementary soil forming processes in soddy-podzolic sandy soils and the ways of using neglected lands) // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2009, N 13. pp. 11-15.
21. Litvinovich A.V., Pavlova O.YU., Plylova I.A. Izmenenie sostava rastitel'nogo pokrova, morfologicheskogo stroeniya pochvennogo profilya, soderzhaniya i zapasov gumusa v okul'turennoj dernovo-podzolistoj gleevatoj suglinistoj pochve v protsesse postagrogennoj ehvolyutsii (Changes in vegetation cover composition, morphology structure of profile, content and stock of humus in soddy-podzolic clay soil due to post-agrogenic evolution) // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2011, N 22. pp. 74-77.
22. Ryzhova I.M., Erokhova A.A., Podvezennaya M.A. Dinamika i struktura zapasov ugleroda v postagrogennykh ehkositsemakh yuzhnoj tajgi (Dynamic and structure of carbon in post-agrogenic south taiga ecosystems) // Pochvovedenie, 2014, N 12. pp. 1426-1435.
23. Matinyan N.N., Bakhmetova K.A., Alekseev S.S. Postagrogennaya transformatsiya pochv, sformirovannykh na kontrastnykh po granulometricheskomu sostavu porodakh (Post-agrogenic

transformation of soils, formed on parent materials, contrast in texture // *Gumus i pochvoobrazovanie* (Humus and soil formation), St. Petersburg – Pushkin, 2007. pp. 52-60.

24. Kurganova I.N., Kudayarov V.N. Otsenka potokov dioksida ugleroda iz pochv taezhnoj zony Rossii (Estimation of carbon dioxide flow from Russian taiga soils) // *Pochvovedenie*, 1998, N 9.

25. Zamolodchikov D.G., Grabovskij V.I., Kraev G.N. Dinamika byudzheta ugleroda lesov Rossii za dva poslednikh desyatiletija (Dynamic of carbon budget in Russian forests by two last decades) // *Lesovedenie*, 2011, N 6. pp. 12-28.

26. Gul'be A.Ya. Protsess formirovaniya molodnyakov drevesnyh porod na zalezhi v yuzhnoy tayge (Young forests formation on neglected territories of south taiga), Avtoref. dis. k. b. n. (Extended abstract of candidate's thesis), Moscow, 2009, 22 pp.

27. Yamamoto Y. Succession and various vegetation of grassland // *Grassland Sc.*, 2001, V.47, N 4.

28. Questad E.R., Bryan L. Coexistence through spatio-temporal heterogeneity and species sorting in grassland plant communities // *Ecology Letters*, 2008, v. 11, N 7, pp. 717-726.

29. Ogureeva G.N. Botaniko-geograficheskoe rayonirovanie SSSR (Botanic-geographic zonation of USSR), Moscow, Izdatelstvo MGU, 1991, 76 pp.

30. Bolysov S.I., Fuzeina Yu.N. Fiziko-geograficheskie usloviya Kostromskogo Zavolzh'ya. Geologo-geomorfologicheskoe ustroystvo (Physical-geographical conditions of Trans-Volga Kostroma region. Geological and geomorphological structure), In: *Kostromskoe Zavolzh'e: priroda i chelovek* (Trans-Volga Kostroma region: nature and population), Moscow, 2001, pp. 36-60.

31. Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii (Classification and diagnostics of Russia soils), Smolensk, Oykumene, 2004, 341 pp.

32. Zamolodchikov D.G., Utkin A.I., Korovin G.N. Opreделение zapasov ugleroda po zavisimym ot vozrasta nasazhdeniy konversionno-obemnym koeffitsientam (Determination of carbon deposit by forest stand age-dependent conversing-volume coefficients), *Lesovedenie*, 1998, N 3, pp. 84-93.

33. Arinushkina E.V. Rukovodstvo po himicheskomu analizu (Chemical analysis instruction) Moscow, 1970, 487 pp.

34. Kurmanskaya A.V. Izmenenie fitomassy rastitel'nykh soobshhestv pri pastbishhnom i senokosnom ispol'zovanii (Changes of phytomass in plant communities due to pasture and hayfield using) // *Voprosy sel'skogo khozyajstva. Mezhdunarodnyj sbornik nauchnykh trudov* (Agricultural problems. International sourcebook of Science works). Kaliningrad, Izd. KGTU, 2004. pp. 271-275.

35. Morozov A.M., Zalesov S. Osobennosti lesoobrazovatel'nogo protsessa na pashne i senokose (Particularities of forest-formation process on arable land and hayfield), *Agro XXI*, 2008, N 7-9, pp. 40-42.

36. Metody izucheniya biologicheskogo krugovorota v razlichnykh prirodnykh zonah (Methods of studying biological cycling in different natural zones), Moscow, Mysl', 1978, 181 pp.

37. Bogatyrev L.G. Sventitskij I.A.; SHarafutdinov R.N.; Stepanov A.A. Lesnye podstilki i diagnostika sovremennoj napravlenosti gumusoobrazovaniya v razlichnykh geograficheskikh zonakh (Forest litters diagnostics of humus formation in different geographical zones) // *Pochvovedenie*. 1998. N 7. pp. 864-875.

38. Bogatyrev L.G. O klassifikatsii lesnykh podstilk (About litters classification), *Pochvovedenie*, 1990, N 3, pp. 118-127.

39. Larionova A.A., Ermolaev A.M., Nikitishen V.I., Lopes de Gerenyu V.O., Evdokimov I.V. Balans ugleroda v pahotnykh serykh lesnykh pochvakh pri raznykh sposobakh sel'skokozyaystvennogo ispol'zovaniya (Carbon balance in arable grey forest soils by different methods of agricultural using), *Pochvovedenie*, 2009, N 2, pp. 1464-1474.

40. Vladychenskij A.S., Telesnina V.M., Ivan'ko M.V. Izmenenie nekotorykh svojstv taezhnykh pochv pri prekrashhenii ikh sel'skokhozyajstvennogo ispol'zovaniya (na primere Kostromskoy oblasti) (Changes of some taiga soil properties due to stopping agriculture (Kostroma region) // *EHlektronnyj nauchnyj zhurnal «Doklady po ehkologicheskomu pochvovedeniyu»*, 2006, N 3.

41. Anan'eva N.D., Sus'yan E.A., Ryzhova I.M., Bocharnikova E.O., Stol'nikova E.V. Uglerod mikrobnoy biomassy i mikrobnoe productsirovanie dvoukisi ugleroda dernovo-podzolistymi pochvami postagrogennykh biogeotsenozov i korenykh el'nikov yuzhnoy taygi (Kostromskaya oblast') (Microbial biomass carbon and microbial producing carbon dioxide by soddy-podzolic soils of south taiga post-agrogenic biogeocenoses and native spruce forests (Kostroma region)), *Pochvovedenie*, 2009, N 9. pp. 1108-1116.

42. Collins H. P., Elliot E. T., Paustian K., Bundy L. G., Dick W. A., Huggins D. R., Smucker A. J. M., Paul E. A. Soil carbon pools and fluxes in long-term corn belt agroecosystems // Soil Biology and Biochem. 2000. V. 32. pp. 157-168.

43. Vuichard N., Ciais P., Belelli L., Smith P., Valentini R. Carbon sequestration due to the abandonment of agriculture in the former USSR since 1990 // Global Biogeochem. Cycles. 2008. V. 22.

УДК 581.5*631.41

Запасы углерода в почве и растительности постагрогенных экосистем южной тайги (Костромская область)

¹ Валерия Михайловна Телеснина

² Михаил Андреевич Жуков

¹ МГУ им. М.В. Ломоносова, Российская Федерация

Факультет почвоведения

старший научный сотрудник, кандидат биологических наук

E-mail: vtelesnina@mail.ru

² Агентство по системному анализу природных рисков, Российская Федерация

ведущий специалист, кандидат биологических наук

Аннотация. Изучены особенности динамики некоторых показателей биологического круговорота и гумусного состояния почвы в ходе постагрогенного естественного лесовосстановления в условиях подзоны южной тайги, связанные с круговоротом углерода в системе почва – растение. В ходе постагрогенного лесовосстановления общая биомасса в фитоценозах увеличивается за счет возобновления древостоя, причем скорость роста биомассы древостоя существенно выше при зарастании пашни, нежели при зарастании сенокосного луга. Общий запас углерода в экосистемах возрастает в ходе постагрогенного естественного лесовосстановления, главным образом за счет многолетних частей древостоя. Доля почвенного углерода, напротив, уменьшается несмотря на абсолютный рост. Особенно отчетливо депонирование углерода происходит при лесовосстановлении по паше на легкой почве. При зарастании пашни лесом имеет место четкое увеличение содержания и запасов органического углерода в старопашотной толще, в то время как при зарастании сенокоса на начальной стадии наблюдается существенное уменьшение этих показателей. Особенности постагрогенной динамики содержания и запасов органического углерода почвы определяется историей освоения почвы, особенностями смены растительности, а также нативными свойствами почвы, в частности, гранулометрическим составом.

Ключевые слова: углерод, сукцессия, постагрогенные почвы.