

Д.А. Данилов, А.В. Жигунов, Б.Н.Рябинин, А.А. Вайман

**ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ И ПОСТАГРОГЕННЫХ ПОЧВ
ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ
И ПЕРСПЕКТИВЫ ИНТЕНСИВНОГО ЛЕСОВЫРАЩИВАНИЯ
НА ЭТИХ ТЕРРИТОРИЯХ**

Введение. В настоящее время растёт спрос на главный продукт леса – древесину. Однако на территории Ленинградской области скорость прироста фитомассы в древостоях не позволяет удовлетворить все возрастающий её спрос. Одним из путей решения этой проблемы является разведение быстрорастущих древесных пород на неиспользуемых землях сельскохозяйственного назначения. Используя потенциальное плодородие этих почв, можно рационально выращивать целевые древесные насаждения и получать балансовую и товарную древесину в более короткие сроки, чем на землях лесного фонда. Однако эта проблематика мало исследована, и поэтому в настоящее время необходимо оценить перспективность выращивания насаждений высокой продуктивности на постагрогенных землях, оценив ряд агрохимических показателей исследуемых территорий.

За последние годы во многих регионах России повсюду проводятся исследования по содержанию органического углерода в ненарушенных лесных почвах, а также и в почвах, вышедших из активного сельскохозяйственного оборота [Stolbovoi, 2002; Честных и др., 2004; Чалая, 2012; Лопес де Гереню и др., 2009; Щепашенко, 2013; Голубева и др., 2015, Чалая, 2012; Чернова и др., 2016; Баева и др., 2017]. Данные этих работ, позволяют предположить, что лесоразведение на постагрогенных землях приведет к ряду изменений в распределении органического вещества в профиле почвы [Мелехов, 2011; Голубева и др., 2014; Рыжова и др., 2014; Телеснина, 2015; Данилов и др., 2016]. Эти изменения неизбежны, что связано с принципиально разными структурами функционирования постагрогенных экосистем на стадии луга и лесных биоценозов [Martens et al., 2011; Poeslauer et al., 2011; Замолотчиков, 2005; Tarnocai et al., 2009; Pan et al., 2011].

Считается, что выведение пахотных земель из севооборота приводит к росту запасов органического углерода в почве за счет увеличивающегося количества поступившего в нее органического материала. Но при этом не-

обходимо учитывать уровень агротехнических мероприятий, проводимых ранее на исследуемых почвах. Так, при зарастании лесом хорошо окультуренных дерново-подзолистых почв их гумусовое состояние ухудшается [Литвинович, 2002]. В работе Н.И. Гузэль о состоянии зарастающих залежных сельскохозяйственных земель на Карельском перешейке, также говорится об уменьшении содержания гумуса в почве [Гузэль, 1999].

С другой стороны, имеются исследования, которые показывают, что динамика показателей гумусового состояния постагрогенных почв в ходе естественного лесозаращивания на примере хронорядов почв, выведенных из разных систем севооборота, свидетельствует о увеличении содержания гумуса в ходе зарастания пашни и, напротив, некоторое его уменьшение на ранних стадиях сукцессии при зарастании сенокоса [Владыченский, и др., 2006]. Сравнительный анализ динамики запасов углерода в ходе постагрогенной сукцессии в разных регионах европейской территории России, позволяет говорить о том, что при зарастании пашни лесом на разном количественном уровне наблюдается одна и та же закономерность [Люри и др., 2010]. На первых стадиях сукцессии отмечается уменьшение запасов углерода в почве с последующим его увеличением на следующих стадиях, начиная от 30–80 до 150–170 лет.

Большой интерес вызывают оценки изменений запасов углерода при смене характера землепользования: наибольшее их увеличение в почве до 53% происходит при естественном возобновлении леса на пашне. При создании лесных плантаций на пашне запасы углерода увеличиваются на 18%, а на пастбищах – уменьшаются на 10% [Guo, 2002]. В условиях умеренного климата, в первые 20 лет формирования леса на бывших пахотных землях, увеличение запасов углерода в почве составляет $16 \pm 7\%$ [Poeplau, 2011]. Через 100 лет в верхнем горизонте, мощностью 28 ± 13 см содержание углерода увеличиваются на $83 \pm 39\%$, а с учетом подстилки – на $116 \pm 54\%$.

Многие исследователи признают ведущую роль органического вещества в формировании почвенного плодородия [Fernandez-Martinez et al., 2014; Смирнов, 2006; Romanovskaya, 2006; Романовская, 2012; Щепашенко, 2013; Hooker et al., 2003]. Основным лимитирующим фактором роста растений чаще всего является содержание доступного азота в почве. Основная его часть в почве (до 90%) находится в различных специфических гумусовых веществах и лишь небольшая часть его – в негумифицированных органических и минеральных соединениях.

Окультурирование почв вызывает многообразное и глубокое влияние на биологические, химические, физические свойства почвы, которое ведет к

изменению всего почвообразовательного процесса в целом. Дерново-подзолистые почвы утрачивают свои первоначальные черты и приобретают новые. В них создается мощный пахотный горизонт, повышается содержание углерода, азота и других элементов минерального питания. Повышение содержания углерода сопровождается перераспределением группового состава гумусовых веществ, увеличением группы гуминовых и уменьшением фульвокислот. Органическое вещество становится менее подвижным, более устойчивым против вымывания и разрушения. Вместе с изменением органического вещества наблюдается увеличение содержания общего азота, но снижается количество его гидролизуемых фракций [Fernández-Martínez et al., 2014].

Леса, растущие на плодородных почвах с достаточным запасом питательных веществ, способны депонировать на длительное время примерно 30% углерода, который они поглощают в процессе фотосинтеза [Fernández-Martínez et al., 2014]. И напротив, леса, произрастающие на бедных питательными веществами почвах, могут депонировать лишь 6% углерода, так как весь остальной объем возвращается в атмосферу.

Поэтому целью нашей работы было сравнение лесных и постагрогенных почв по таким параметрам, как содержание углерода органического вещества и общего азота, для прогнозирования перспективности организации хозяйства с ускоренным выращиванием продуктивных древесных насаждений на залежных землях.

Объекты исследования. На постагрогенных и лесопокрытых землях были подобраны площади со сходными условиями почвообразования (почвообразующей породе, водному режиму, рельефу). Изучалось содержание органического вещества и азота в профиле лесных почв, под спелыми древостоями, относящихся к типам леса: черничник, кисличник и дубравнотравный в Воловском районе, на слабокарбонатной, маломощной морене Ижорского плато. Эти почвы морфологически наиболее близки к почвенным комплексам постагрогенных залежных земель Ленинградского НИИСХ «Белогорка» в соседнем Гатчинском районе Ленинградской области. Заложенные пробные площади на этих земли представляют залежь 30–35-летней давности.

Методика исследования. Почвенные разрезы и прикопки закладывались в наиболее характерных местах обследуемой территории на каждом опытном участке, исключая участки с не типичными элементами микро-рельефа и признаками нарушения почв. Проводилась оценка ряда физико-химических показателей почв по общепринятым в почвоведении методи-

кам: определялся гранулометрический состав, плотность сложения и мощность генетических почвенных горизонтов (учебное пособие «Агро- и биохимические методы исследования состояния экосистем» Титовой В.И. и др., 2011 г.). Плотность сложения всех горизонтов оценивалась по Качинскому; определение углерода проводилось сухим озолением, общего азота по Кьельдалю, рН солевой вытяжки потенциометрическим методом.

Результаты исследования. Сравнительный анализ запасов углерода органического вещества ($C_{\text{орг}}$) и азота ($N_{\text{общ}}$) в генетических горизонтах почв черничного, кисличного и дубравнотравного типов леса показывает увеличение содержания органического вещества и общего азота от черничного к дубравнотравному типу леса (табл. 1–3). Интегральным показателем плодородия почвы, которое определяет продуктивность древостоя, является отношение C/N в гумусовом горизонте почвы. В дубравнотравных типах леса в основном представлены древостои Ia бонитетом, в черничных типах леса продуктивность снижается до II класса бонитета. Одновременно прослеживается увеличение отношения C/N органического вещества в гумусовых горизонтах почвы от 8–12 в дубравнотравных типах, до C/N 17–18 в черничных и кисличных типах леса.

Анализ агрохимических показателей почв высокопродуктивных древостоев показывает, что отсутствует чёткая взаимосвязь продуктивности спелых древостоев с кислотнo-основными показателями почвы (табл. 1–3). Кислотность почв в черничных и кисличном типах леса возрастает вниз по профилю почвы. Наименьшее значение рН наблюдалось в верхнем горизонте в профиле почвы черничного типа леса – 3,7. В дубравнотравных типах леса рН имеет значения, близкие к нейтральным по всему профилю почвы, поскольку эти почвы сформированы на известняковой морене.

Низкое значение кислотности почв в черничных и кисличных типах леса связано с воздействием хвойного опада на безкарбонатную почвообразующую породу, что благоприятствует развитию грибной флоры, активно участвующей в разложении лесного опада и микотрофном питании древесных пород [Федорчук и др., 2005].

Также следует отметить снижение содержания органического углерода от гумусового горизонта к оподзоленному: в дубравнотравных типах леса – в 2,8; кисличных – в 7,6; в черничных – в 8,5 раз. Одновременно происходит уменьшение с глубиной профиля отношения C/N :

- в дерново-карбонатной почве от 10 (в слое 0–20 см) до 7,5 (в слое 32–60 см);
- в дерново-подзолистой от 16,8 (в слое 5–15 см) до 9,6 (в слое 27–49 см).

Таблица 1

Запас углерода органического вещества ($C_{орг}$) и общего азота ($N_{общ}$) в генетических горизонтах лесной почвы черничного типа леса, т/га

The carbon stock of organic matter (C) and total nitrogen (N) in the genetic horizons of forest soil myrtillus, t/ha

Почвообразующая порода, почва	Горизонт. глубина, см		Объёмная масса, г/см ³	pH _{KCl}	Органическое вещество почвы			
					C _{орг} , %	C _{орг} , т/га	C/N	N _{общ} , т/га
Моренный бескарбонатный суглинок, Модергрубогумусная подзолистая	A ₀	4,2	0,17	3,7	30	21,4	30,0	0,71
	A ₁	0–10	0,63	3,6	3,05	19,22	18,2	1,06
	A ₂	10–32	1,32	3,7	0,36	10,45	9,0	1,16
	A ₂ B	32–46	1,56	4,3	0,30	6,55	7,5	0,87

Таблица 2

Запас углерода органического вещества ($C_{орг}$) и общего азота ($N_{общ}$) в генетических горизонтах лесной почвы кисличного типа леса, т/га

The carbon stock of organic matter (C) and total nitrogen (N) in the genetic horizons of forest soil oxalis, t / ha

Почвообразующая порода, почва	Горизонт. глубина, см		Объёмная масса, г/см ³	pH _{KCl}	Органическое вещество почвы			
					C _{орг} , %	C _{орг} , т/га	C/N	N _{общ} , т/га
Моренный бескарбонатный суглинок Модергумусная подзолистая	A ₀	0–5	0,14	3,8	28	12,2	23,0	0,53
	A ₁	5–15	0,72	3,8	4,55	32,76	16,8	1,95
	A ₂	15–27	1,44	4,1	0,60	10,37	12,0	0,86
	A ₂ B	27–49	1,51	4,4	0,48	15,95	9,6	1,66

Таблица 3

Запас углерода органического вещества ($C_{орг}$) и общего азота ($N_{общ}$) в генетических горизонтах лесной почвы дубравнотравного типа, т/га

The carbon stock of organic matter (C) and total nitrogen (N) in the genetic horizons of forest soil quercus-herbosa, t/ha

Почвообразующая порода, почва	Горизонт. глубина, см		Объёмная масса, г/см ³	pH _{KCl}	Органическое вещество почвы			
					C _{орг} , %	C _{орг} , т/га	C/N	N _{общ} , т/га
Карбонатный суглинок Модермуделевая выщелочная	A ₀	0–1	0,11	6,8	23	3,8	21,0	0,18
	A ₁	1–10	0,9	6,8	3,8	34,2	12,0	2,85
		10–22	1,1	6,8	2,9	31,9	8,5	3,75
	A ₂ B	22–32	1,35	6,7	1,2	13,5	7,9	1,7
	B	32–60	1,55	6,8	0,86	37,3	7,5	5,0

В пахотном горизонте почв, активно использующихся в сельскохозяйственном севообороте в районе исследования, содержание $C_{\text{орг}}$ колеблется от 11,1 т/га до 33,3 т/га [Бойцова, 2014; Баева и др., 2017].

По мере зарастания пашни травянистыми и кустарниковыми видами растений наблюдается достоверное увеличение содержания $C_{\text{орг}}$ верхнего горизонта постагрогенных почв (табл. 4). После выведения пахотных почв из сельскохозяйственного оборота на них начинает развиваться сорная растительность, которая со временем должна смениться естественным фитоценозом [Голубева, 2015; Замолодчиков, 2005; Люри, 2010; Телеснина, 2015]. На первоначальных этапах зарастания увеличивается поступление большего количества свежего органического материала в виде растительного и корневого опада, так как отсутствует отчуждение биомассы в виде убираемого урожая. Все это способствует накоплению углерода в бывшем пахотном горизонте.

В настоящее время на исследуемых постагрогенных участках начинается стадия зарастания древесно-кустарниковой растительностью берёзой, осиной, ивой. Возобновление носит куртинный характер или происходит по микро понижениям бывших борозд. Содержание органического вещества в пахотном горизонте данных участков постагрогенных земель находится на уровне кисличного типа леса, а показатель рН на данных почвах не имеет большого разброса в отличие от лесных почв этих типов леса. Содержание общего азота в данных почвах высокое от 5 до 7,4 т/га на уровне дубравнотравного типа леса.

Отношение $C:N$, которое характеризует обогащенность гумуса азотом, для большинства агрозёмных горизонтов данных почв составляет 8–10, что отвечает высокой и средней степени обеспеченности этим элементом. Очень высокое соотношение (18–20) свойственно бедным азотом грубогумусным горизонтам лесных почв [Чертов, 1981].

По содержанию $C_{\text{орг}}$ и $N_{\text{общ}}$ в верхнем горизонте почвы образуют следующий убывающий ряд:

травяно-дубравный тип леса > залежные земли >кисличный тип леса > черничный тип леса > пашня.

Для лесных почв характерен высокий уровень варьирования отношения $C:N$ по профилю. В верхнем слое постагрогенных почв это отношение обычно слабо варьирует и равно 11–12, что подтверждает их высокое потенциальное плодородие.

Таблица 4

Характеристика почвенных условий обследованных земель, вышедших из сельскохозяйственного оборота (давность залежи 30–35 лет)

Characteristics of soil conditions of the surveyed land no longer used for agricultural purposes (prescription deposits of 30–35 years)

№ участка	Почвообразующая порода, почва	Горизонт, Апах, 50 см	Объёмная масса, г/см ³	рН (КС1)	Органическое вещество почвы			
					гумус, %	С _{орг} , т/га	Ν _{общ} , т/га	C/N
1	Дерновая слабоподзо-листая оглеенная суглинистая на красно-бурой супесчаной морене	35,0	1,14	5,9	2,0	56,8	4,9	12
		15,0		5,9	1,0	11,3	2,5	5
2	Дерново-подзолистая супесчаная на моренных отложениях девонских пород	30	1,27	5,3	2,7	54,0	5,1	10,6
		20		4,9	1,4	21,1	1,9	11,1
3	Дерново-подзолистая глееватая легкосуглинистая на моренных отложениях девонских пород	25	1,13	5,2	1,89	35,6	3,1	11,5
		25		5,2	1	18,8	1,6	11,8
4	Дерново-подзолистая, легкосуглинистая на моренных отложениях девонских пород	30	1,14	5,2	1,89	37,5	3,2	11,7
		20		5	1	14,5	1,4	10,4
5	Дерновая сильноподзолистая суглинистая на красно-бурой морене	22	1,11	5,6	4,07	54,5	5	10,9
		28		4,4	0,3	5,7	0,5	11,4
6	Дерновая сильноподзолистая тяжелосуглинистая	25	1,13	4,6	2,9	56,3	4,8	11,7
		25		4,2	0,25	5,1	0,4	12,8

Не менее важным показателем, отражающим плодородие почвы, является плотность сложения. Оптимальными значениями для суглинистых почв считается 1,1–1,2 г/см³ (уч. пособие Титовой В.И. и др., 2011) [Голубева, 2015]. Для пахотных горизонтов, активно используемых в севообороте почв, этот показатель составляет от 0,8 до 1,1 г/см³. Для лесных почв, этот показатель имеет небольшую величину от 0,6–0,7 г/см³ в верхней час-

ти профиля (до глубины 10–15 см), а затем начинает возрастать до 1,55 г/см³ (на глубине 30–40 см). Для залежных постагрогенных почв плотность сложения пахотного горизонта варьирует от 1,11 до 1,4 г/см³, что указывает на тенденцию к уплотнению.

Заключение. Подводя итоги проведённого сравнительного анализа физического и агрохимического состояния постагрогенных и лесных почв можно отметить, что, несмотря на предшествующее антропогенное воздействие, агрозёмный горизонт сохраняет высокое содержание органического вещества и общего азота. Ухудшение свойств постагрогенных почв на исследуемых участках не происходит и трансформации в сторону природных лесных почв региона не наблюдается, несмотря на длительный период залежности (свыше 30 лет). Древесная растительность на данных землях находится в стадии формирования, и этап смыкания крон не наступил. Содержание общего азота в постагрогенных почв обследованных участков превышает показатели почв наиболее производительных типов леса региона исследования. Соотношение углерода и азота в постагрогенных почвах по почвенному профилю показывает более высокое плодородие, чем в лесных почвах, где показатель C:N оптимален только части горизонта A₁. В лесных почвах наибольший запас органического вещества углерода сосредоточен в подстилке, на постагрогенных почвах в верхнем слое бывшего пахотного горизонта. Наблюдается небольшое увеличение уплотнения почвенного профиля, в отличие от лесных почв. При зарастании освоенных постагрогенных почв с низким содержанием углерода его запасы будут увеличиваться. Время восстановления зависит от гранулометрического состава почвы и разницы в запасах углерода в почвах бывшей пашни и сравниваемых почвах наиболее производительных типов леса.

Оценивая пригодность обследованных участков залежных земель на предмет ускоренного выращивания различных древесных пород для получения биомассы можно констатировать, что уровень содержания органического вещества и общего азота превышает или соответствует условиям произрастания по I^A–I классу бонитета для региона исследования.

Библиографический список

Баева Ю.И., Курганова И.Н., Лопес де Гереню В.О., Телеснина В.М. Сравнительная оценка содержания углерода в постагрогенных почвах различных природно-климатических зон // ПЭММЭ. 2017. Т. XXVIII, № 2. С. 29–39. DOI: 10.21513/0207-2564-2017-2-27-39

Бойцова Л.В., Рижия Е.Я. Определение содержания общего органического углерода в дерново-подзолистой почве с помощью методов окисления и учета выделившегося углекислого газа // *Агрофизика. Физика, биофизика и экология.* 2014. № 3(15). С. 20–27.

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 по экологическому почвоведению.* 2006. № 3.

Гузель Н.И. Изменения почвенного покрова при зарастании бывших сельскохозяйственных земель на Карельском перешейке // *Материалы по изучению русских почв.* 1999. № 1 (28).

Голубева Л.В. Лесоводственно-экологическая трансформация постагрогенных земель на карбонатных отложениях в подзоне средней тайги Архангельской области: дис. ... канд. с.-х. наук. Архангельск, 2015. 157 с.

Данилов Д.А., Жигунов А.В., Красновидов А.Н., Рябинин Б.Н., Неверовский В.Ю., Шестакова Т.А., Шестаков В.И., Эндерс О.О. Выращивание древесных насаждений на постагрогенных землях. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. 130 с.

Замолодчиков Д. Г., Коровин Г. Н., Уткин А.И. и др. Углерод в лесном фонде и сельскохозяйственных угодьях России. М.: КМК, 2005. 212 с.

Литвинович А.В., Павлова О.Ю., Чернов Д.В. Изменение гумусового состояния дерново-подзолистой почвы при прекращении антропогенного воздействия // *Доклад Российской академии сельскохозяйственных наук.* 2002. № 6. С. 26–28.

Лопес де Гереню В.О., Курганова И.Н., Ермолаев А.М. и др. Изменение пулов органического углерода при самовосстановлении пахотных черноземов // *Агрохимия.* 2009. № 5. С. 5–12.

Люри Д.И., Горячкин С.В., Караваева Н.А., Денисенко Е.А., Нефедова Т.Г. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке постагрогенное восстановление растительности и почв. М.: ГЕОС, 2010. 416 с.

Мелехов В.И., Антонов А.М., Лохов Д.В. Лесоводственный потенциал неиспользуемых сельскохозяйственных угодий // *Вестник Поморского университета. Серия: Естественные науки.* 2011. № 3. С. 62–66.

Романовская А.А., Коротков В.Н., Карабань Р.Т., Смирнов Н.С. Динамика элементов баланса углерода на неиспользуемых пахотных угодьях Валдайской возвышенности // *Экология.* 2012. № 5. С. 347–352.

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.

Смирнов Е.Г., Жигунов А.В., Беленец Ю.Е. Физико-химические свойства почв в различных лесорастительных условиях // *Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства.* 2006. Вып. 3(16). С. 21–28.

Телеснина В.М. Постагрогенная динамика растительности и свойств почвы в ходе демулационной сукцессии в южной тайге // *Лесоведение*. 2015. № 4. С. 293–306.

Телеснина В.М., Жуков М.А. Запасы углерода в почве и растительности постагрогенных экосистем южной тайги (Костромская область) // *Biogeosystem Technique*. 2015. Vol. 4, no. 2.

Чалая Т.А. Запасы углерода в почвах и растительности постагрогенных ландшафтов южной тайги: дис. ... канд. биол. наук. М., 2012. 148 с.

Честных О.В., Замолотчиков Д.Г., Уткин А.И. Общие запасы биологического углерода и азота в почвах лесного фонда России // *Лесоведение*. 2004. № 4. С. 30–42.

Чернова О.В., Рыжова И.М., Подвезенная М.А. Опыт региональной оценки изменений запасов углерода в почвах южной тайги и лесостепи за исторический период // *Почвоведение*. 2016. № 8. С. 1013–1028.

Чернова О.В., Рыжова И.М., Подвезенная М.А. Изменение величины и структуры запасов углерода в регионах южной тайги и лесостепи Европейской России за исторический период // *Живые и биокосные системы*. 2017. № 19. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-19/article-2>

Чертов О.Г. Экология лесных земель. Л.: Наука, 1981. 192 с.

Щепаченко Д.Г., Мухортова, Л.В., Швиденко А.З., Ведрова Э.Ф. Запасы органического углерода в почвах России // *Почвоведение*. 2013. № 2. С. 123–132.

Федорчук В.Н, Неиштаев В.Ю., Кузнецова М.Л. Лесные экосистемы северо-западных районов России: типология, динамика, хозяйственные особенности. СПб.: Изд-во СПбЛТА, 2005. 382 с.

Fernandez-Martinez M., Vicca S., Janssens I.A., Sardans J., Luysaert S. et al. Nutrient availability as the key regulator of global forest carbon balance // *Nature Climate Change*. 2014. No. 4 (6). P. 471–476.

Guo L.B., Gifford R.M. Soil carbon stocks and land use change: a meta-analysis // *Global Change Biology*. 2002. Vol. 8, no. 4. P. 345–360. DOI: 10.1046/j.1354-1013.2002.00486.x

Martens D.A., Reedy T.E., Lewis D.T. Soil organic carbon content and composition of 130 year crop, pasture and forest land use managements // *Global Change Biology*. 2004. No. 10. P. 65–78.

Pan Y., Birdsey R., Fang J. et al. A Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forests // *Science*. 2011. Vol. 333, is. 6045. Published Online 14 July, 2011. DOI: 10.1126/science.1201609

Poepflau C., Don A., Vesterdal L., Leifeld J., Van Wesemael B.A.S., Schumacher J., Gensior A. Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone – carbon response functions as a model approach // *Glob. Change Biol.* 2011. Vol. 17. P. 2415–2427.

Romanovskaya A.A. Organic carbon in long-fallow lands of Russia // Eurasian Soil Science. 2006. Vol. 39, no 1. P. 44–52.

Stolbovoi V. Carbon in Russian soils // ClimaticChange. 2002. No. 55. P. 131–156.

Hooker T.D., Compton J.E. Forest ecosystem carbon and nitrogen accumulation during the first century after agricultural abandonment // Ecol. Appl. 2003. Vol. 13, no. 2. P. 299–313.

Tarnocai C., Canadell J.G., Schuur E.A.G., Kuhry P., Mazhitova G., Zimov S. Soil organic carbon pools in then or then circumpolar permafrost region // Global Biogeochemical Cycles. 2009. No. 23. GB2023. DOI: 10.1029/2008GB003327

References

Baeva Ju.I., Kurganova I.N., Lopes de Gerenju V.O., Telesnina V.M. Svravnitel'naja otsenka soderzhanija ugleroda v postagrogennyh pochvah razlichnyh prirodno-klimaticheskikh zon. P'EMM'E, 2017, vol. HHVIII, no. 2, pp. 29–39. DOI: 10.21513/0207-2564-2017-2-27-39. (In Russ.)

Bojtsova L.V., Rizhija E.Ja. Opredelenie soderzhanija obschego organicheskogo ugleroda v dernovo-podzolistoj pochve s pomosh'ju metodov okislenija i ucheta vydelyvshegosja uglekislogo gaza. *Agrofizika. Fizika, biofizika i ekologija*, 2014, no. 3(15), pp. 20–27. (In Russ.)

Vladychenskij A.S., Telesnina V.M., Ivan'ko M.V. Izmenenie nekotoryh svojstv taezhnyh pochv pri prekraschenii ih sel'skohozjajstvennogo ispol'zovanija (na primere Kostromskoj oblasti). *Elektronnyj nauchnyj zhurnal po `ekologicheskomu pochvovedeniju*», 2006, no. 3 (In Russ.)

Guz`el' N.I. Izmenenija pochvennogo pokrova pri zarastanii byvshih sel'skohozjajstvennyh zemel' na Karel'skom pereshejke. *Materialy po izucheniju russkikh pochv*, 1999, no. 1 (28). (In Russ.)

Golubeva L.V. Lesovodstvenno-`ekologicheskaja transformatsija postagrogennyh zemel' na karbonatnyh otlozhenijah v podzone srednej tajgi Arhangel'skoj oblasti: dis. ... kand. s.-ch. nauk. Arhangel'sk, 2015. 157 s. (In Russ.)

Danilov D.A., Zhigunov A.V., Krasnovidov A.N., Rjabinin B.N., Neverovskij V.Ju., Shestakova T.A., Shestakov V.I., `Enders O.O. Vyrashhivanie drevesnyh nasazhdenij na postagrogennyh zemljah. St. Petersburg: Izd-vo Politehnicheskogo universiteta, 2016. 130 s. (In Russ.)

Zamolodchikov D.G., Korovin G.N., Utkin A.I. i dr. Uglerod v lesnom fonde i sel'skohozjajstvennyh ugod'jah Rossii. Moscow: KMK, 2005. 212 s. (In Russ.)

Litvinovich A.V., Pavlova O.Ju., Chernov D.V. Izmenenie gumusovogo sostojanija dernovo-podzolistoj pochvy pri prekraschenii antropogennogo vozdejstvija. *Rossijskoj akademii sel'skohozjajstvennyh nauk*. 2002, no. 6, pp. 26–28. (In Russ.)

Lopes de Gerenju V.O., Kurganova I.N., Ermolaev A.M. i dr. Izmenenie pulov organicheskogo ugleroda pri samovosstanovlenii pahotnyh chernozemov. *Agrohimiya*, 2009, no. 5, pp. 5–12. (In Russ.)

Ljuri D.I., Gorjachkin S.V., Karavaeva N.A., Denisenko E.A., Nefedova T.G. Dinamika sel'skohozejajstvennyh zemel' Rossii v XX veke postagrogennoe vosstanovlenie rastitel'nosti i pochv. Moscow: GEOS, 2010. 416 s. (In Russ.)

Melehev V.I., Antonov A.M., Lohov D.V. Lesovodstvennyj potentsial neispol'zuemyh sel'skohozejajstvennyh ugodij. *Vestnik Pomorskogo universiteta. Serija: Estestvennye nauki*, 2011, no. 3, pp. 62–66. (In Russ.)

Romanovskaja A.A., Korotkov V.N., Karaban' R.T., Smirnov N.S. Dinamika `elementov balansa ugleroda na neispol'zuemyh pahotnyh ugod'jah Valdajskoj vozvys'hennosti. *Ekologija*, 2012, no. 5, pp. 347–352 (In Russ.)

Ryzhova I.M., Erohova A.A., Podvezennaja M.A. Dinamika i struktura zapasov ugleroda v postagrogennyh `ekosistemah juzhnoj tajgi. *Pochvovedenie*, 2014, no. 12, pp. 1426–1435. (In Russ.)

Smirnov E.G., Zhigunov A.V., Belenets Ju.E. Fiziko-himicheskie svojstva pochv v razlichnyh lesorastitel'nyh uslovijah. *Tr. SPbNILH*. 2006. Is. 3(16), pp. 21–28. (In Russ.)

Telesnina V.M. Postagrogennaja dinamika rastitel'nosti i svojstv pochvy v hode demutatsionnoj suksessii v juzhnoj tajge. *Lesovedenie*, 2015, no. 4, pp. 293–306 (In Russ.)

Telesnina V.M., Zhukov M.A. Zapasy ugleroda v pochve i rastitel'nosti postagrogennyh `ekosistem juzhnoj tajgi (Kostromskaja oblast'). *Biogeosystem Technique*, 2015, vol. 4, no. 2 (In Russ.)

Chalaja T.A. Zapasy ugleroda v pochvah i rastitel'nosti postagrogennyh landshaftov juzhnoj tajgi: dis. ... kand. boil. nauk. Moscow, 2012. 148 s. (In Russ.)

Chestnyh O.V., Zamolodchikov D.G., Utkin A.I. Obschie zapasy biologicheskogo ugleroda i azota v pochvah lesnogo fonda Rossii *Lesovedenie*, 2004, no. 4, pp. 30–42. (In Russ.)

Chernova O.V., Ryzhova I.M., Podvezennaja M. Opyt regional'noj otsenki izmenenij zapasov ugleroda v pochvah juzhnoj tajgi i lesostepi za istoricheskij period. *Pochvovedenie*, 2016, no. 8, pp. 1013–1028. (In Russ.)

Chernova O.V., Ryzhova I.M., Podvezennaja M.A., Izmenenie velichiny i struktury zapasov ugleroda v regionah juzhnoj tajgi i lesostepi Evropejskoj Rossii za istoricheskij period. *Zhivye i biokosnye sistemy*, 2017, no. 19. URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-19/article-2> (In Russ.)

Chertov O.G. `Ekologija lesnyh zemel'. Leningrad: Nauka, 1981. 192 s. (In Russ.)

Schepaschenko D.G., Muhortova L.V., Shvidenko A.Z., Vedrova E.F. Zapasy organicheskogo ugleroda v pochvah Rossii. *Pochvovedenie*. 2013, no. 2, pp. 123–132. (In Russ.)

Fedorchuk V.N., Neshataev V.Ju., Kuznetsova M.L. Lesnye `ekosistemy severo-zapadnyh rajonov Rossii: tipologija, dinamika, hozjajstvennye osobennosti. St. Petersburg: Izd-vo SPbLTA, 2005. 382 s. (In Russ.)

Fernandez-Martinez M., Vicca S., Janssens I.A., Sardans J., Luyssaert S. et al. Nutrient availability as the key regulator of global forest carbon balance. *Nature Climate Change*, 2014, no. 4 (6), pp. 471–476.

Guo L.B., Gifford R.M. Soil carbon stocks and land use change: a meta-analysis. *Global Change Biology*, 2002, vol. 8, no. 4, pp. 345–360. DOI: 10.1046/j.1354-1013.2002.00486.x

Martens D.A., Reedy T.E., Lewis D.T. Soil organic carbon content and composition of 130 year crop, pasture and forest land use managements. *Global Change Biology*, 2004, no. 10, pp. 65–78.

Pan Y., Birdsey R., Fang J. et al. A Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forests. *Science*, 2011, vol. 333, is. 6045. Published Online 14 July, 2011. DOI: 10.1126/science.1201609

Poepplau C., Don A., Vesterdal L., Leifeld J., Van Wesemael B.A.S., Schumacher J., Gensior A. Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone – carbon response functions as a model approach. *Glob. Change Biol.*, 2011, vol. 17, pp. 2415–2427.

Romanovskaya A.A. Organic carbon in long-fallow lands of Russia. *Eurasian Soil Science*, 2006, vol. 39, no 1, pp. 44–52.

Stolbovoi V. Carbon in Russian soils. *ClimaticChange*, 2002, no. 55, pp. 131–156.

Hooker T.D., Compton J.E. Forest ecosystem carbon and nitrogen accumulation during the first century after agricultural abandonment. *Ecol. Appl.*, 2003, vol. 13, no. 2, pp. 299–313.

Tarnocai C., Canadell J.G., Schuur E.A.G., Kuhry P., Mazhitova G., Zimov S. Soil organic carbon pools in then or then circumpolar permafrost region. *Global Biogeochemical Cycles*, 2009, no. 23. GB2023. DOI: 10.1029/2008GB003327

Материал поступил в редакцию 23.01.2018 г.

Данилов Д.А., Жигунов А.В., Рябинин Б.Н., Вайман А.А. Оценка состояния лесных и постагрогенных почв Ленинградской области и перспективы интенсивного лесовыращивания на этих территориях // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2018. Вып. 223. С. 47–63. DOI: 10.21266/2079-4304.2018.223.47-63

Используя потенциальное плодородие постагрогенных почв, можно выращивать целевые древесные насаждения и получать балансовую и товарную древесину в более короткие сроки, чем на землях лесного фонда. Проблематика данного вопроса мало исследована и в настоящее время необходимо оценить перспективность выращивания насаждений высокой продуктивности на постагрогенных. Целью проведённого исследования было сравнение лесных и постагрогенных почв по таким параметрам, как

содержание углерода органического вещества и общего азота, для прогнозирования перспективности организации хозяйства с ускоренным выращиванием продуктивных древесных насаждений на залежных землях. На постагрогенных и лесопокрытых землях были подобраны площади со сходными условиями почвообразования под спелыми древостоями, относящихся к типам леса: черничник, кисличник и дубравнотравный и почвенными комплексами постагрогенных залежных земель. Проводилась оценка ряда физико-химических показателей почв по общепринятым в почвоведении методикам: определялся гранулометрический состав, плотность сложения и мощность генетических почвенных горизонтов. Плотность сложения всех горизонтов оценивалась по Качинскому; определение углерода проводилось сухим озолением, общего азота по Кьельдалю, рН солевой вытяжки потенциометрическим методом. Анализ запасов углерода органического вещества (Сорг) и азота (Nобщ) в генетических горизонтах почв черничного, кисличного и дубравнотравного типов леса показывает увеличение содержания органического вещества и общего азота от черничного к дубравнотравному типу леса. Происходит снижение содержания органического углерода от гумусового горизонта к оподзоленному: в дубравнотравных типах леса – в 2,8; кисличных – в 7,6; в черничных – в 8,5 раз. Возобновление на постагрогенных землях носит куртинный характер или происходит в микро понижениях бывших борозд. Содержание органического вещества в пахотном горизонте данных участков постагрогенных земель находится на уровне кисличного типа леса. Содержание общего азота в данных почвах высокое от 5 до 7,4 т/га – на уровне дубравнотравного типа леса. Отношение C:N, которое характеризует обогащенность гумуса азотом, для большинства гумусовых горизонтов почв составляет 8–10, что отвечает высокой и средней степени обеспеченности этим элементом. По содержанию Сорг и Nобщ в верхнем горизонте почвы образуют следующий убывающий ряд: травяно-дубравный тип леса > залежные земли > кисличный тип леса > черничный тип леса > пашня. Проведённый сравнительный анализ физического и агрохимического состояния постагрогенных и лесных почв показал, что несмотря на предшествующее антропогенное воздействие, агрозёмный горизонт сохраняет высокое содержание органического вещества и общего азота. Ухудшение свойств постагрогенных почв на исследуемых участках не происходит и трансформации в сторону природных лесных почв региона не наблюдается, несмотря на длительный период залежности (свыше 30 лет). Соотношение углерода и азота в постагрогенных почвах по почвенному профилю показывает более высокое плодородие, чем в лесных почвах, где показатель C:N оптимален только части горизонта А₁. Оценивая пригодность обследованных участков залежных земель на предмет ускоренного выращивания различных древесных пород для получения биомассы, можно констатировать, что уровень

содержания органического вещества и общего азота превышает или соответствует условиям произрастания по I^A –I классу бонитета для региона исследования.

Ключевые слова: лесные и постагрогенные почвы, органическое вещество, общий азот, плотность почвы, соотношение углерода и азота в почве.

Danilov D.A., Zhigunov A.V., Ryabinin B.N., Vaiman A.A. Assessment of the condition of forest and postagrogenic soils of the Leningrad region and prospects of intensive forest growth in these areas. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehniceskoy Akademii*, 2018, is. 223, pp. 47–63 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2018.223.47-63

Using potential fertility mosagrogen soil you can grow of target woody plants and to balance and marketable timber in a shorter time than in the lands of the forest Fund. The problem of this issue is little investigated and now it is necessary to assess the prospects of growing high productivity plantations on postagrogenic. The aim of the study was to compare forest and postagrogenic soils in such parameters as the carbon content of organic matter and total nitrogen, to predict the prospects for the organization of the economy with the accelerated cultivation of productive tree plantations on fallow lands. In postagrogenic and wooded land were selected in the area with similar conditions of soil formation under ripe forest stands belonging to the forest types: myrtillus, oxalis and quercus-herbosa and postagrogenic soil complexes of fallow lands. Conducted assessment of some physico-chemical parameters of soil common in soil science methods: determined particle size distribution, the density of the composition and power of the genetic soil horizons. The density of addition of all horizons was estimated by Kaczynski; determination of carbon was carried out by dry ashing, total Kjeldahl nitrogen, pH salt extraction by the potentiometric method. Analysis of carbon stocks of organic matter (C) and nitrogen (N) in the genetic horizons of soils of blueberry, acidic and oak-grass forest types shows an increase in the content of organic matter and total nitrogen from blueberry to oak-grass forest type. There is a decrease in the content of organic carbon from the humus horizon to the ashed one: in quercus-herbosa forest types – 2.8, acidic – 7.6, myrtillus – 8.5 times. The postagrogenic restoration to the land is curtains character or occurs at the micro depressions of the former furrows. The organic matter content in the arable horizon of postagrogenic parcel of land be at the level of parents type of the wood. The content of total nitrogen in these soils is high from 5 to 7.4 t/ha – at the level of oak-grass forest type. The ratio C: N, which characterizes the enrichment of humus nitrogen, for most humus horizons of soils is 8-10, which corresponds to a high and medium degree of security with this element. According to the content of weeds and Communities in the upper horizon of the soil form the following decreasing series: quercus-herbosa type forest > lands > forest oxalis type > myrtillus type forest > arable land. Comparative analysis of physical and agrochemical condition of postagrogenic and forest soils

showed that, in spite of previous anthropogenic impact, agronomy horizon maintains a high organic matter content and total nitrogen. Deterioration of the properties of postagrogenic soils in the study areas does not occur and transformation in the direction of natural forest soils of the region is not observed, despite the long period of occurrence (over 30 years). The ratio of carbon and nitrogen in postagrogenic soils by soil profile shows a higher fertility than in forest soils, where the indicator C:N is optimal only part of the horizon A₁. Assessing the suitability of the surveyed areas of fallow lands for the accelerated cultivation of different species of wood to produce biomass, it can be stated that the level of organic matter and total nitrogen exceeds or corresponds to the conditions of growth in I⁰ – I class of bonitet for the region of the study.

Key words: forest and postagrogenic soils, organic matter, total nitrogen, soil density, carbon-nitrogen ratio in soil.

ДАНИЛОВ Дмитрий Александрович – заместитель директора по научной работе федерального государственного бюджетного научного учреждения исследовательского института сельского хозяйства «Белогорка», доктор сельскохозяйственных наук.

188338, ул. Институтская, д. 1, д. Белогорка, Гатчинский район, Ленинградская область, Россия. E-mail: stown200@mail.ru

DANILOV Dmitry A. – DSc (Agriculture), Deputy Director on scientific work Federal State Educational Scientific Institution «Leningrad Scientific Research Institute of Agriculture «Belogorka».

188338 Institute str. 1 Belogorka. Gatchina district. Leningrad region, Russia. E-mail: stown200@mail.ru.

ЖИГУНОВ Анатолий Васильевич – главный научный сотрудник федерального государственного бюджетного научного учреждения исследовательского института сельского хозяйства «Белогорка», профессор кафедры лесных культур Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, доктор сельскохозяйственных наук.

188338, ул. Институтская, д. 1, д. Белогорка, Гатчинский район, Ленинградская область, Россия; 194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: a.zhigunov@bk.ru

ZHIGUNOV Anatoly V. DSc (Agriculture), Chief Researcher Federal State Educational Scientific Institution «Leningrad Scientific Research Institute of Agriculture «Belogorka», professor of Forest Plantation Department at St.Petersburg State Forest Technical University

188338 Institute str. 1 Belogorka. Gatchina district. Leningrad region, Russia; 194021. Institutsky per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: a.zhigunov@bk.ru

РЯБИНИН Борис Николаевич – старший научный сотрудник федерального государственного бюджетного научного учреждения исследовательского института сельского хозяйства «Белогорка», кандидат сельскохозяйственных наук.

188338, ул. Институтская, д. 1, д. Белогорка, Гатчинский район, Ленинградская область, Россия.

RYABININ Boris N. – PhD (Agriculture), Senior Researcher, Federal State Educational Scientific Institution «Leningrad Scientific Research Institute of Agriculture «Belogorka».

188338 Institute str. 1 Belogorka. Gatchina district. Leningrad region, Russia.

ВАЙМАН Алексей Александрович – аспирант федерального государственного бюджетного научного учреждения исследовательского института сельского хозяйства «Белогорка».

188338, ул. Институтская, д. 1, д. Белогорка, Гатчинский район, Ленинградская область, Россия. E-mail: 8563706@mail.ru

VAIMAN Alexey A. – PhD student Federal State Educational Scientific Institution «Leningrad Scientific Research Institute of Agriculture «Belogorka».

188338 Institute str. 1 Belogorka. Gatchina district. Leningrad region, Russia. E-mail: 8563706@mail.ru