

ИЗМЕНЕНИЕ ПУЛОВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В АГРОЗЕМАХ ПРИМОРЬЯ ПРИ ФИТОМЕЛИОРАЦИИ

L.N. Purtova

CHANGING THE POOLS OF ORGANIC MATTER IN AGROZEMS OF PRIMORYE AT PHYTOMELIORATION

Пуртова Л.Н. – д-р биол. наук, гл. науч. сотр. сектора органического вещества почвы ФНЦ биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии ДВО РАН, г. Владивосток. E-mail: Purtova@biosoil.ru

Purtova L.N. – Dr. Biol. Sci., Chief Staff Scientist, Sector of Organic Substance of the Soil, FSC on East Asia Terrestrial Biodiversity, FEB RAS, Vladivostok. E-mail: Purtova@biosoil.ru

В статье приведены результаты исследований изменения пулов органического углерода (активного, медленного, пассивного) в агротемногумусовых отбеленных почвах с посевами различных фитомелиорантов (тимофеевка, кострец, клевер, люцерна) и их травосмесей (тимофеевка+клевер, кострец+люцерна). Установлена тенденция к накоплению C_{org} и запасов C_{org} в горизонте PU на вариантах опыта с посевами фитомелиорантов. Наибольшее накопление C зафиксировано в посевах люцерны и травосмесей: кострец+люцерна, тимофеевка+клевер. На долю лабильного органического вещества, извлекаемого нейтральной пирофосфатной вытяжкой из горизонта, приходилось от 31,9 до 36,6 % от C_{org} . Более высокие показатели C_{lab} свойственны вариантам с посевами клевера и люцерны. Установлена тесная связь между общим содержанием C_{org} и C_{lab} . Коэффициент корреляции составил +0,79. Выявлено, что пул трансформированного органического вещества (C_{trans}) возрастал на всех вариантах опыта с посевами фитомелиорантов по сравнению с контролем. В горизонте PU агротемногумусовых отбеленных почв с посевами различных фитомелиорантов определено различное соотношение активного, медленного и пассивного пулов органического вещества. Наибольшее количество C_{org} находилось в пассивном пуле (до 66 %), на долю активного пула приходилось до 37 %, а медленного до 10 %. В осенний период прослеживалось возрастание органического углерода активного и медленного пулов на вариантах опыта с посевами травосмесей: кострец+люцерна, тимофеевка+клевер и кострец. На вариантах опыта с посевами люцерны, клевера и тимофеевки явно выражена закономерность к снижению C_{org} активного пула и возрастанию медленного. Выявленные различия в распределении C_{org} активного, медленного и пассивного пулов в горизонте PU агротемногумусовых отбеленных почв с посевами фитомелиорантов свидетельствовали о различиях в интенсивности протекания трансформационных процессов органического вещества почв.

Ключевые слова: почвы, фитомелиорация, органическое вещество почв, органический углерод, пулы органического вещества.

In the study the results of researches of change of organic carbon pools (active, slow and passive) in agrodark bleached soils with crops of different phytomeliiorants (timothy, rump, clover, alfalfa) and their mixtures (timothy+clover, rump+ alfal-

fa) are given. The tendency to the accumulation of C_{org} and stocks C_{org} in the horizon PU on experimental options with crops of phytomeliiorants was found out. The greatest accumulation of C_{org} was recorded in the crops of alfalfa and grass mixtures: rump+alfalfa, timothy+clover. The share of labile organic matter extracted with neutral pyrophosphate extract of the horizon was from 31.9 to 36.6 % from C_{org} . Higher rates of C_{lab} were typical for the variants with the seeding of clover and alfalfa. The close link between the General content of the C_{org} and C_{lab} was determined. The correlation coefficient was 0.79. It was established that the pool of transformed organic matter (C_{trans}) increased on all variants of the experiment with the crops of phytomeliiorants compared to the control. In the horizon PU agrodark bleached soils with crops of different phytomeliiorants different proportions of active, slow and passive pools of organic matter were determined. The greatest number of C_{org} was in passive pool (up to 66 %), the share of active pool accounted to 37 %, and slow to 10 %. In autumn the increase in organic carbon of active and slow pools on the variants with crop mixtures: rump+alfalfa, timothy+clover and rump was observed. On experimental options with crops of alfalfa, clover and Timothy the regularity to lower C_{org} active pool and growth of slow was clearly expressed. The differences in the distribution of C_{org} , active, slow and passive pools in the horizon PU agrodark bleached soils with crops of phytomeliiorants testified to the differences in the intensity of flow transformation processes of soil organic matter.

Keywords: soils, revegetation, soil organic matter, organic carbon, organic matter pools.

Введение. В условиях современного земледелия усиливается антропогенный прессинг на пахотные почвы, что нередко является причиной развития деградационных процессов, связанных с потерей почвенного органического вещества. Органическое вещество почв (ОВ), выполняющая многочисленные физические, биологические и экологические функции, является важнейшей составляющей плодородия. Поэтому повышение урожайности сельскохозяйственных культур во многом зависит от состояния органического вещества почв, а именно от содержания в составе легкотрансформируемых компонентов, обеспечивающих продуктивность и эффективное плодородие почв [1–5]. В последнее время уделяется большое внимание исследованиям по изменению пулов органического вещества при использовании почв в системе земледелия [3, 6–9]. Между тем наблюдений за изменением пулов органического вещества при применении экологически

чистых фитомелиоративных методов в агрогенных почвах Приморья не проводилось. Фитомелиоративный метод позволяет с высокой эффективностью воспроизводить плодородие почв при минимальных затратах антропогенной энергии и находит широкое применение в России и за рубежом [10–13]. В работе [14] приведены данные по влиянию различных фитомелиорантов на показатели гумусного состояния, основных физико-химических показателей и микрофлору агрогенных почв Приморья, но при этом не рассматривается соотношение складывающихся пулов органического вещества. Однако содержание трансформированной (активной) части органического вещества почв и соотношение пулов органического вещества определяют эффективность плодородия. Это в значительной мере и определило актуальность проведения данной работы.

Цель работы. Выявить общие закономерности в изменении пулов органического вещества агротемногумусовых отбеленных почв с посевами фитомелиорантов.

Задачи исследований:

1. Исследовать содержание и запасы $C_{орг}$ в агротемногумусовых отбеленных почвах с посевами различных фитомелиорантов.

2. Определить долю лабильного и трансформированного органического вещества почв и соотношение активного, медленного и пассивного пулов.

Объекты и методы исследований. Объектом исследований послужили агротемногумусовые отбеленные почвы опытных полей ПримНИИСХ (пос. Тимирязевский, Уссурийский р-н, Приморский край) с генетическими горизонтами: PU (25 см) – Elnng (25–40) – Btg (40–65) – C (75–100 см). Названия почв приведены согласно классификации 2004 г. [15]. Для горизонта PU исследуемых почв свойственна слабокислая реакция среды pH_{H_2O} 5,44; средние показатели гидrolитической кислотности (5,08 м-экв/100г почвы); очень низкая обеспеченность почв подвижным фосфором (1,98); средняя калием (12,62 мг/100г почвы). В работе использованы оценочные градации, предложенные [16, 17]. Исследования проводились в условиях микроделяночного опыта (размер делянок 1,8×2,5 м) с посевами фитомелиорантов и их травосмесей (способ посева рядковый, беспокровный) по схеме: 1. Контроль (чистый пар). 2. Тимофеевка. 3. Кострец. 4. Кострец+люцерна. 5. Клевер. 6. Тимофеевка+клевер. 7.

Люцерна. Почвенные образцы отбирались во второй декаде июля и сентября (2015–2017 гг.) методом конверта. Исследования проводили в трехкратной повторности в смешанных образцах почв. В таблицах приведены средние данные для горизонта PU.

Содержание органического углерода определяли в горизонте PU по методу Тюрина [18]. Лабильные гумусовые вещества [19] извлекали из воздушно-сухих образцов почв 0,1M раствором $Na_4P_2O_7$ при отношении почва:раствор 1:20. В полученных экстрактах разделение на гуминовые (ГК) и фульвокислоты (ФК) производили осаждением ГК серной кислотой при pH 1-2. Подвижное органическое вещество (ОВ) экстрагировали 0,1N раствором NaOH. Содержание углерода экстрагируемых фракций определяли по методу Тюрина, пулы почвенного органического вещества по схеме, предложенной Б.М. Когут с соавторами [3]. Обработка данных проведена с помощью компьютерной программы Ms Excel.

Результаты и их обсуждение. Содержание $C_{орг}$ в агротемногумусовой отбеленной почве отражало влияние различных фитомелиорантов на плодородие почв. Количество $C_{орг}$ изменялось в следующем ряду: люцерна > кострец+люцерна > тимофеевка+клевер > клевер > тимофеевка > кострец > контроль. По отношению к контролю прослеживалась общая закономерность к возрастанию содержания $C_{орг}$ во всех вариантах с посевами фитомелиорантов (табл. 1), что связано со значительным количеством органического вещества, поступающего с корневыми остатками. Согласно данным Н.А. Туева [20], под посевами клевера после его уборки на 1 га остается 49–50 ц неразложившихся корней, под люцерной до 100 ц. Это, на наш взгляд, одна из причин большего поступления $C_{орг}$ в посевах люцерны, клевера и их травосмесей (кострец+люцерна, тимофеевка+клевер). На этих вариантах опыта (7, 6, 5, 4) зафиксированы и более высокие показатели запасов $C_{орг}$. По сравнению с контролем возросло содержание лабильных гумусовых веществ ($C_{лаб}$), извлекаемых пирофосфатной вытяжкой (pH 7,0) (табл. 2).

Наибольшее количество лабильных гумусовых веществ было свойственно вариантам с посевами бобовых трав (5. Клевер, 7. Люцерна) и их травосмесей (4. Кострец+люцерна, 6. Тимофеевка+клевер).

Таблица 1

Содержание и запасы $C_{орг}$ в агротемногумусовых отбеленных почвах в условиях фитомелиоративного опыта ($M \pm m$)*

Вариант опыта	$C_{орг}$, %	Запасы $C_{орг}$, т/га
1. Контроль	1,98±0,01	47,12±0,34
2. Тимофеевка	2,11±0,01	48,10±0,08
3. Кострец	2,10±0,06	44,52±1,23
4. Кострец+люцерна	2,20±0,09	50,16±1,98
5. Клевер	2,16±0,02	48,80±0,52
6. Тимофеевка+клевер	2,19±0,06	51,24±1,35
7. Люцерна	2,25±0,06	57,15±1,47

* M – среднее значение; ± m – ошибка среднего.

Содержание углерода лабильных гумусовых веществ в условиях фитомелиоративного опыта

Вариант опыта	С _{лаб}		С _{лгк}		С _{лфк}		$\frac{С_{лгк}}{С_{лфк}}$
	мг/100 г почвы	% от С _{орг} почвы	мг/100 г почвы	% от С _{орг} почвы	мг/100 г почвы	% от С _{орг} почвы	
1. Контроль	700	35,9	260	13,3	440	22,5	0,59
2. Тимофеевка	730	34,6	230	10,9	500	23,6	0,46
3. Кострец	740	33,2	260	11,6	480	24,5	0,54
4. Кострец+люцерна	770	31,9	300	12,8	450	19,10	0,67
5. Клевер	770	35,0	260	11,8	510	23,2	0,51
6. Тимофеевка+клевер	750	32,7	260	11,4	490	21,4	0,53
7. Люцерна	770	36,6	240	11,4	530	25,2	0,45

Возрастание С_{лаб} в горизонте РU с посевами бобовых трав обусловлено активизацией процессов трансформации органического вещества микрофлорой, чему во многом способствовало обогащение почв азотом.

По содержанию С_{лаб} в агротемногумусовых отбеленных почвах с посевами фитомелиорантов установлен ряд: люцерна+ клевер=кострец+люцерна > кострец > тимофеевка > контроль. При этом доля С_{лаб} в общем пуле С_{орг} варьировала от 31,9 (вариант 4. Кострец+люцерна) до 36,6 % (вариант 7. Люцерна). Наибольший процент С_{лаб} в общем пуле от С_{орг} характерен для посевов бобовых трав (клевер и люцерна) от 35,0 до 36,6 %. В посевах костреца и его травосмеси с бобовыми культурами этот показатель снижался от 33,2 до 31,9 %. Выявлена тесная взаимосвязь между содержанием углерода лабильных гумусовых веществ и содержанием общего С_{орг} в почве. Коэффициент корреляции для пары С_{орг}- С_{лаб} составил +0,79.

В составе гумусовых кислот, извлекаемых пирофосфатной вытяжкой, преобладал углерод лабильных фульвокислот (С_{лфк}). Содержание С_{лфк} изменялось от 440 до 530 мг/100 г почвы. Наибольшая доля С_{лфк} в общем пуле органического вещества характерна для посевов клевера и люцерны. Содержание С_{лфк} превышало содержание углерода лабильных гуминовых кислот (С_{лгк}) в 1,5 раза, что указывало на фульватный характер гумусонакопления.

Произведен расчет пулов органического углерода по схеме, предложенной Б.М. Когут с соавторами [3]. В её основу положено количественное разделение почвенного органического вещества на пулы по активности их участия во внутрисочвенных процессах. Согласно предложенной схеме, определяется углерод пассивного пула, углерод активного пула, трансформированного и медленного пулов. Трансформированный пул органического вещества, к которому относят обновляемую часть гумуса, потенциально доступную для разложения, подверженную межгодовым колебаниям и чувствительную к агрогенным воздействиям [21], рассчитывали как разность между общим органическим углеродом и углеродом пассивного пула. Углерод пассивного пула определялся по разности между содержанием общего органического углерода в почве, находящейся под паром, и содержанием органического углерода активного пула [3]. Проведенными исследованиями установлено, что во всех вариантах с посевами фитомелиорантов прослеживалась тенденция к возрастанию С_{орг} трансформированного пула (табл. 3). При этом установлен различный характер изменения складывающихся соотношений между активным, медленным и пассивным пулом С_{орг} (табл. 4). Проявляется общая закономерность к снижению активного пула в сентябре (исключение составил вариант опыта с посевом костреца) и возрастанию медленного пула, особенно в посевах травосмесей (кострец+люцерна, тимофеевка+клевер).

Содержание трансформированного органического вещества в летне-осенний период в условиях фитомелиоративного опыта

Вариант опыта	Июль	Сентябрь
1. Контроль	$\frac{650}{32,5}$	$\frac{700}{35,9}$
2. Тимофеевка	$\frac{770}{36,3}$	$\frac{860}{40,7}$
3. Кострец	$\frac{650}{32,5}$	$\frac{977}{43,8}$
4. Кострец+люцерна	$\frac{700}{34,1}$	$\frac{1100}{46,8}$
5. Клевер	$\frac{770}{36,3}$	$\frac{950}{43,2}$
6. Тимофеевка+клевер	$\frac{740}{35,4}$	$\frac{1040}{45,4}$
7. Люцерна	$\frac{800}{34,7}$	$\frac{850}{40,4}$

*Над чертой мг С_{орг}/100г почвы, под чертой % от С_{орг} почвы.

Соотношение пулов (активного, медленного и пассивного) органического вещества в агротемногумусовой глеевой почве в условиях фитомелиоративного опыта, % от $C_{орг}$ почвы

Вариант опыта	Активный	Медленный	Пассивный
1. Контроль	$\frac{32,5}{35,9}$	-	$\frac{67,5}{64,1}$
2. Тимофеевка	$\frac{36,3}{34,5}$	$\frac{5,4}{6,2}$	$\frac{58,0}{59,3}$
3. Кострец	$\frac{32,5}{33,2}$	$\frac{1,5}{10,6}$	$\frac{66,0}{56,2}$
4. Кострец+люцерна	$\frac{32,7}{31,9}$	$\frac{1,5}{14,9}$	$\frac{65,8}{53,2}$
5. Клевер	$\frac{36,3}{35,0}$	$\frac{8,5}{8,2}$	$\frac{55,2}{56,8}$
6. Тимофеевка+клевер	$\frac{35,4}{32,8}$	$\frac{4,3}{12,7}$	$\frac{60,3}{54,5}$
7. Люцерна	$\frac{37,2}{36,7}$	$\frac{7,0}{3,8}$	$\frac{55,8}{59,5}$

* Пулы органического вещества – над чертой данные за июль, под чертой – сентябрь.

На наш взгляд, это связано с затуханием процессов трансформации органического вещества в результате снижения микробиологической активности почв. Неоднозначный характер изменения проявлялся в пассивном пуле органического углерода на вариантах: 1 (контроль), 3 (кострец), 4 (кострец+люцерна) и 6 (timoфеевка+клевер) – пассивный пул органического углерода уменьшался, тогда как на вариантах 2 (timoфеевка), 5 (клевер) и 7 (люцерна) возрастал. Явное возрастание активного и медленного пулов органического вещества и снижение пассивного зафиксировано с посевами травосмесей: кострец+люцерна, timoфеевка+клевер. Это указывало на переход органического углерода из пассивного в более активный пул. Таким образом, изменение в соотношении пулов органического вещества в агротемногумусовых отбеленных почвах с посевами фитомелиорантов позволяет судить о возникающих различиях в процессах трансформации органического вещества. Наиболее интенсивно эти процессы протекают с посевами травосмесей, в состав которых входят бобовые культуры.

Выводы

1. Установлена закономерность к накоплению $C_{орг}$ и запасов $C_{орг}$ в горизонте PU агротемногумусовых отбеленных почв на вариантах опыта с посевами различных фитомелиорантов. Наибольшее накопление $C_{орг}$ зафиксировано на вариантах опыта с люцерной и травосмесями: кострец+люцерна, timoфеевка+клевер.

2. Доля лабильного органического вещества, извлекаемого нейтральной пирофосфатной вытяжкой из горизонта PU, изменяется от 31,9 до 36,6 % от $C_{орг}$. Более высокие показатели $C_{лаб}$ свойственны вариантам с посевами клевера и люцерны. Установлена тесная связь между общим содержанием $C_{орг}$ и $C_{лаб}$. Коэффициент корреляции составил +0,79.

3. Пул трансформированного органического вещества ($C_{транс}$) возрастал на всех вариантах опыта с фитомелиорантами по сравнению с контролем. Наибольшее содержание $C_{транс}$ характерно для посевов люцерны (37,2 % от $C_{орг}$). В сентябре, по сравнению с июлем, количество $C_{транс}$ увеличилось на варианте 4 (кострец+люцерна).

4. Распределение $C_{орг}$ активного, медленного и пассивного пулов в горизонте PU агротемногумусовых отбеленных почв с посевами фитомелиорантов свидетельствовало о различиях в протекании трансформационных процессов органического вещества. Наиболее интенсивно эти процессы протекают с посевами травосмесей с бобовыми культурами

Литература

1. Зорина С.Ю., Соколова Л.Г. Трансформация серой лесной почвы при длительном сельскохозяйственном использовании // Экологический риск: мат-лы IV Всерос. совещ. (18–21 апреля 2017 г.). – Иркутск: Изд-во Ин-та географии им. В.В. Соचाва СО РАН, 2017. – С. 161–162.
2. Кершенс М. Значение содержания гумуса для плодородия почв и круговорота азота // Почвоведение. – 1992. – № 10. – С. 122–131.
3. Козут Б.М., Яшин М.А., Семенов В.М. [и др.]. Распределение трансформированного органического вещества в структурных отдельностях дерново-подзолистой супесчаной почвы // Почвоведение. – 2016. – № 1. – С. 52–64.
4. Шеин Е.В., Милановский Е.Ю. Роль и значение органического вещества в образовании и устойчивости почвенных агрегатов // Почвоведение. – 2003. – № 1. – С. 53–61.
5. Cochran R.L., Kennedy A., Bezdicer D.F. Soil carbon pools and fluxes after land conversion in a semiarid shrub – steppe // Biol. Fertil. Soils. – 2007. – V. 43. – P. 479–489.
6. Лопес В.О., Курганова И.Н., Ермолаев А.М. [и др.]. Изменение пулов органического углерода при самовосстановлении пахотных черноземов // Агрoхимия. – 2009. – № 5. – С. 5–12.
7. Six J., Jastrow I.D. Encyclopedia of soil science // Marcel Dekker. – 2002. – P. 936–942.
8. Parton W.J., Schimel D.S., Cole C.V. [et al.]. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains Grasslands // Soil Sci. Soc. Am. J. – 1987. – V. 51. – P. 1173–1179.

9. Чупрова В.В. Оценка плодородия и биопродуктивности черноземов Красноярского края // Тез. докл. VII съезда об-ва почвоведов (15–20 августа 2016 г.). – Белгород, 2016. – Ч. II. – С. 382–383.
10. Суюндуков Я.Т., Хасанова Р.Ф., Сальманова Э.Ф. Фитомелиоративный способ восстановления свойств почв степных экосистем // Вестник ОГУ. – 2014. – № 6 (167). – С. 144–147.
11. Пуртова Л.Н., Шапова Л.Н., Иншаков С.Н. [и др.]. Влияние фитомелиорации на плодородие агрообразованных почв Приморья // Доклады РАСХН. – 2013. – № 6. – С. 50–52.
12. Balloi A., Roll E., Marasco R. [et al.]. The role of microorganisms in bioremediation and phytoremediation of polluted and stressed soils // *Agrochimica*. – 2010. – Vol. 54. – № 6. – P. 353–369.
13. Кураченко Н.Л., Бопп В.Л. Динамика углерода водорастворимого гумуса в черноземе обыкновенном под чистыми и бинарными посевами донника // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 5. – С. 14–20.
14. Пуртова Л.Н., Шапова Л.Н., Емельянов А.Н. [и др.]. Влияние различных фитомелиорантов на плодородие агрогенных почв Приморья // Вестн. КрасГАУ. – 2017. – № 10. – С. 121–129.
15. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов [и др.]. – М.: Ойкумена, 2004. – 341 с.
16. Костенков Н.М., Оздобихин В.И. Биологическая рекультивация пород угольных отвалов. – Владивосток: Дальнаука, 2007. – 99 с.
17. Оздобихин В.И., Синельников Э.П. Характеристика основных почв Приморья и пути их рационального использования. – Уссурийск: Изд-во ПСХИ, 1985. – 72 с.
18. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
19. Оценка почв по содержанию и качеству гумуса для производственных моделей почвенного плодородия: рекомендации / Дьяконова [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1990. – 28 с.
20. Туев Н.А. Микробиологические процессы гумусообразования. – М.: Агропромиздат, 1989. – 239 с.
21. Еськов А.И., Тарасов С.И., Тимонова Н.А. Результаты многолетних исследований эффективности последствий бесподстилочного навоза // Плодородие. – 2010. – № 6. – С. 10–12.
4. Shein E.V., Milanovskij E.Ju. Rol' i znachenie organicheskogo veshhestva v obrazovanii i ustojchivosti pochvennyh agregatov // *Pochvovedenie*. – 2003. – № 1. – S. 53–61.
5. Cochran R.L., Kennedy A., Bezdicer D.F. Soil carbon pools and fluxes after land conversion in a semiarid shrub – steppe // *Biol. Fertil. Soils*. – 2007. – V. 43. – P. 479–489.
6. Lopes V.O., Kurganova I.N., Ermolaev A.M. [i dr.]. Izmenenie pulov organicheskogo ugljeroda pri samovosstanovlenii pahotnyh chernozemov // *Agrohimiya*. – 2009. – № 5. – S. 5–12.
7. Six J., Jastrow I.D. *Encyclopedia of soil science* // Marcel Dekker. – 2002. – P. 936–942.
8. Parton W.J., Schimel D.S., Cole C.V. [et al.]. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains Grasslands // *Soil Sci. Soc. Am. J.* – 1987. – V. 51. – P. 1173–1179.
9. Чупрова В.В. Оценка плодородия и биопродуктивности черноземов Красноярского края // Тез. докл. VII съезда об-ва почвоведов / (15–20 августа 2016 г.). – Белгород, 2016. – Ч. II. – С. 382–383.
10. Суюндуков Я.Т., Хасанова Р.Ф., Сальманова Э.Ф. Фитомелиоративный способ восстановления свойств почв степных экосистем // Вестник ОГУ. – 2014. – № 6 (167). – С. 144–147.
11. Пуртова Л.Н., Шшапова Л.Н., Иншаков С.Н. [и др.]. Влияние фитомелиорации на плодородие агрообразованных почв Приморья // Доклады РАСХН. – 2013. – № 6. – С. 50–52.
12. Balloi A., Roll E., Marasco R. [et al.]. The role of microorganisms in bioremediation and phytoremediation of polluted and stressed soils // *Agrochimica*. – 2010. – Vol. 54. – № 6. – P. 353–369.
13. Кураченко Н.Л., Бопп В.Л. Динамика углерода водорастворимого гумуса в черноземе обыкновенном под чистыми и бинарными посевами донника // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 5. – С. 14–20.
14. Пуртова Л.Н., Шшапова Л.Н., Емельянов А.Н. [и др.]. Влияние различных фитомелиорантов на плодородие агрогенных почв Приморья // Вестн. КрасГАУ. – 2017. – № 10. – С. 121–129.
15. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов [и др.]. – М.: Ойкумена, 2004. – 341 с.
16. Костенков Н.М., Оздобихин В.И. Биологическая рекультивация пород угольных отвалов. – Владивосток: Дальнаука, 2007. – 99 с.
17. Оздобихин В.И., Синельников Э.П. Характеристика основных почв Приморья и пути их рационального использования. – Уссурийск: Изд-во ПСХИ, 1985. – 72 с.
18. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
19. Оценка почв по содержанию и качеству гумуса для производственных моделей почвенного плодородия: рекомендации / Дьяконова [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1990. – 28 с.
20. Туев Н.А. Микробиологические процессы гумусообразования. – М.: Агропромиздат, 1989. – 239 с.
21. Еськов А.И., Тарасов С.И., Тимонова Н.А. Результаты многолетних исследований эффективности последствий бесподстилочного навоза // Плодородие. – 2010. – № 6. – С. 10–12.

Literatura

1. Zorina S.Ju., Sokolova L.G. Transformacija seroj lesnoj pochvy pri dlitel'nom sel'skohozjajstvennom ispol'zovanii // *Jekologicheskij risk: mat-ly IV Vseros. soveshh.* (18–21 aprelja 2017 g.). – Irkutsk: Izd-vo In-ta geografii im. V.V. Sochavy SO RAN, 2017. – S. 161–162.
2. Kershens M. Znachenie soderzhaniya gumusa dlja plodo-rodija pochv i krugovorota azota // *Pochvovedenie*. – 1992. – № 10. – S. 122–131.
3. Kogut B.M., Jashin M.A., Semenov V.M. [i dr.]. Raspredelenie transformirovannogo organicheskogo veshhestva v strukturnyh otdel'nostjakh dernovo-podzolistoj supeschanoj pochvy // *Pochvovedenie*. – 2016. – № 1. – S. 52–64.
18. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 487 с.
19. Оценка почв по содержанию и качеству гумуса для производственных моделей почвенного плодородия: рекомендации / Дьяконова [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1990. – 28 с.
20. Туев Н.А. Микробиологические процессы гумусообразования. – М.: Агропромиздат, 1989. – 239 с.
21. Еськов А.И., Тарасов С.И., Тимонова Н.А. Результаты многолетних исследований эффективности последствий бесподстилочного навоза // Плодородие. – 2010. – № 6. – С. 10–12.