

13. Петров Б.Ф. Почвы Алтайско-Саянской области. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – 242 с.
14. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. – М.: Астрель, 2000. – 764 с.
15. Пигарева Н.Н., Пьянкова Н.А. Калийный фонд Бурятии // Плодородие. – 2009. – № 3. – С. 8–9.
16. Рудой Н.Г. Оптимизация минерального питания растений. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2008. – 163 с.
17. Середина В.П. Калийное состояние почв и факторы, его определяющие (на примере почв Западно-Сибирской равнины): автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Томск, 2003. – 42 с.
18. Спирина В.З. Особенности обыкновенных чернозёмов Минусинской впадины формирующих на разных почвообразующих породах // Почвы Сибири: генезис, география, экология и рациональное использование: мат-лы конф., посвящ. 100-летию Р.В. Ковалёва (1–4 декабря 2007 г.) // отв. ред. М.И. Дергачёва. – Новосибирск: Изд-во НГУ, 2007. – С. 164–165.
19. Хмельёв В.А. О чернозёмах Алтая // Исследование почв Сибири. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1977. – С. 62–82.
20. Чупрова В.В. Углерод и азот в агросистемах Средней Сибири. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 1997. – 166 с.
21. Чупрова В.В. Экологическое почвоведение: учеб. пособие. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2005. – 175 с.
22. Шугалей Л.С. Трансформация почв при реакционном использовании лесных экосистем // Почвы Сибири: особенности функционирования и использования. Вып. 2 / под ред. В.В. Чупровой, Н.Л. Кураченко, Н.Г. Рудого. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2006. – С. 120–128.



УДК 634.1

Т.В. Решетникова, А.А. Зырянова, Э.Ф. Ведрова

#### ТРАНСФОРМАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ЛЕСНОЙ ПОДСТИЛКИ (ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)

*В статье рассматриваются результаты модельного эксперимента по оценке интенсивности и соотношения потоков углерода при разложении органического вещества почвы. Показано, что при минерализации подстилки разных хвойных и лиственных лесообразователей ее участие в суммарном потоке CO<sub>2</sub> из почвы в атмосферу изменяется от 31 до 65%. На синтез гумусовых веществ приходится от 9 до 25% массы углерода, высвободившегося при разложении.*

**Ключевые слова:** лесная подстилка, подвижный гумус, минерализация, новообразование гумуса.

T.V. Reshetnikova, A.A. Zyryanova E.F. Vedrova

#### THE ORGANIC SUBSTANCE TRANSFORMATION OF THE FOREST GROUND LITTER (EXPERIMENTAL RESEARCH)

*The results of the model experiment on the assessment of the intensity and ratio between carbon flows during the soil organic matter decomposition are considered in the article. It is shown that in the mineralization of the ground litter of different coniferous and deciduous forest-formers, its participation in the total CO<sub>2</sub> flow from the soil into the atmosphere varies from 31 to 65%. The synthesis of humic substances accounts for 9 to 25% carbon weight emitted due to decomposition.*

**Key words:** forest ground litter, mobile humus, mineralization, humus new formation.

---

**Введение.** Отмирающие растительные органы древесного яруса и напочвенного покрова (опад, отпад) в процессе жизнедеятельности животных и микроорганизмов превращаются в подстилку – своеобразный, постоянно обновляющийся продукт леса, находящийся в разной стадии трансформации органического растительного вещества [3, 4, 6, 12, 16].

Подстилка – исключительно важное звено биологического круговорота вещества и энергии. Ее общий баланс в лесу определяется соотношением интенсивности поступления опада и скорости его разложения

[2, 6, 8, 9, 12, 16, 21]. Разложение органического вещества (ОВ) подстилки представляет собой два потока единого цикла: распад вплоть до продуктов полной минерализации и синтез – новообразование гумусовых соединений [10, 26]. Скорость и интенсивность разложения растительных остатков в почве различны и регулируются комплексом причин. Л.А. Гришина [10], характеризуя факторы, контролирующие разложение, оценивает их доленое участие следующим образом: абиотические факторы – 10 %; микроорганизмы – 10; микрофауна – 10; мезофауна – 70 %. Важное значение имеют химический состав и анатомическое строение растительных остатков.

Одним из основных агентов педогенеза, активно трансформирующим минеральную основу и в целом профиль лесных почв, служит водорастворимое ОВ. По словам С.А. Захарова [11]: «в почвообразовании, поскольку оно касается процессов выщелачивания, растворения и дальнейшего продвижения растворенных веществ в почвенной толще, почти всё сводится к составу и количеству почвенных растворов». Сходной точки зрения придерживался А.А. Роде [22, 23], считая почвенные растворы «важным компонентом почвенного тела, который играет большую роль в почвообразовании». Роли почвенных растворов, формирующихся под влиянием водорастворимых продуктов разложения лесной подстилки, в формировании и функционировании почв уделялось и уделяется внимание как отечественных, так и зарубежных исследователей [5, 6, 14, 15, 17–20, 27, 29–38].

**Цели и задачи.** Цель наших исследований заключалась в оценке интенсивности и соотношения основных потоков углерода при разложении ОВ подстилки насаждений разных лесообразователей. В задачи исследования входил анализ динамики интенсивности выделения углекислого газа при разложении ОВ подстилки и почвы, изменения рН и концентрации углерода растворов, фильтрующихся через подстилку и прилегающий к ней слой почвы.

**Объекты и методы.** Объектом исследования служила подстилка, сформировавшаяся на опытном участке Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН к 40-летнему возрасту культур основных лесообразователей Сибири: кедра, сосны, лиственницы, ели, осины и березы. Опытный участок предварительно перед посадкой лесных культур 2–3-летними саженцами был подвергнут плантажной обработке с буртованием гумусового слоя для получения насколько возможно однородного почвенного массива. Почвенный покров участка отличался от контрольной темно-серой лесной слабоподзоленной глееватой почвы в основном строением верхней 60-сантиметровой толщи, подвергнутой обработке: ТПО1 0-27 см + ТПО2 27-60 см.

Для реализации поставленных задач проводился лабораторный модельный эксперимент, в котором подстилка каждого лесообразователя разлагалась на поверхности колонок с почвой. Колонка представляла собой цилиндр из полихлорвинила ( $S = 83 \text{ см}^2$ ), который врезался в почву каждой культуры на глубину 0-5 и 0-10 см (0 – начало органо-минерального (гумусового) горизонта) и затем перевозился в ненарушенном состоянии в лабораторию. Перед отбором монолитов почвы во всех насаждениях были определены запасы подстилки [25]. В лаборатории сверху на почву в колонках укладывался слой подстилки из расчета ее запаса в местообитании отбора образца почвы. Трижды за период наблюдения (2011–2013 гг., 945 суток) в колонку вносился свежий опад хвои (листьев) осеннего сбора. Имитируя поступление в почву атмосферных осадков, поверхность колонок смачивалась дистиллированной водой из расчета количества выпавших осадков. Объем фильтратов замерялся, в них определялись рН (потенциометрически) и содержание углерода (по бихроматной окисляемости, Аринушкина [1]). Периодически (до и (или) после полива) в колонках абсорбционным методом определялась интенсивность дыхания почвы [13, 28].

Количество выделяющейся углекислоты ( $\text{C-CO}_2$ ) характеризует интенсивность минерализации ОВ разлагающейся на поверхности почвы подстилки вместе с добавленным опадом и легкоминерализуемой фракции органического вещества почвенного слоя в колонках. В эту фракцию входят мертвые корни, часть растительного материала, перенесенного почвенными беспозвоночными в почву из подстилки, а также подвижные гумусовые вещества, легко растворимые в водных и слабощелочных растворах.

При проведении эксперимента температура воздуха в весенне-летние месяцы изменялась от 13,5 до 25°C, в зимние (декабрь–февраль 2012 и 2013 гг.) – от -1 до -4°C. В течение декабря–февраля 2011 г. опытные колонки зимовали вне лаборатории (под снегом при естественном изменении температуры воздуха).

**Результаты исследования и их обсуждение.** Анализ данных 2011 года по интенсивности почвенного дыхания (рис. 1) показал, что в течение первых двух-трех недель с начала эксперимента наблюдается медленное нарастание выделения  $\text{CO}_2$  с поверхности колонок всех вариантов. До добавления к подстил-

кам свежего опада интенсивность дыхания была практически одинаковой во всех вариантах и изменялась от 760 (подстилка березняка) до 845 (из кедровника) мг С-СО<sub>2</sub> на 1м<sup>2</sup> за сутки, лишь в колонке с осиновой подстилкой она составляла 930 мг С-СО<sub>2</sub>.

После добавления свежего опада (25 июня) для всех вариантов отмечено увеличение интенсивности дыхания, составившее для варианта с подстилкой сосняка и кедровника 51–55 %, лиственничника – 101, ельника – 80, березняка и осинника – 69 и 79 %. После всплеска интенсивность дыхания несколько снижалась и далее оставалась без резких изменений почти до следующего поступления опада. Процессы разложения протекали при одинаковой температуре воздуха и влажности почвы.

Перед следующим добавлением свежего опада (в конце октября) поток СО<sub>2</sub> в вариантах с подстилкой сосняка и лиственничника снизился соответственно на 30 и 20 %, в вариантах с подстилкой осинника и березняка на 15 и 21 %, ельника – на 8 %. В варианте с подстилкой кедровника снижение интенсивности дыхания было отмечено заметно позднее, чем в других вариантах, интенсивность высвобождения СО<sub>2</sub> перед добавкой опада оставалась высокой и продолжала нарастать.

После добавления свежих порций опада повышение интенсивности дыхания было зарегистрировано через 10 суток, но максимальный всплеск отмечен лишь через 5 недель.

Снижение температуры воздуха в конце ноября–начале декабря с 15–16°С до 10–5°С сопровождалось снижением интенсивности дыхания. По сравнению с максимумом снижение составляло в разных вариантах от 60 до 79 %.

Приведенный анализ динамики СО<sub>2</sub> при разложении ОВ относится к вариантам, где подстилка и добавляемый опад разлагаются на слое 0-5 см гумусово-аккумулятивного горизонта почвы. Аналогичный характер динамики интенсивности дыхания за период наблюдения отмечен и для колонок со слоем почвы 0-10 см. Однако сама интенсивность дыхания в этом варианте для подстилки хвойных пород выше, чем при разложении на слое почвы 0-5 см (рис. 1). Это обусловлено, скорее всего, увеличением массы легкоминерализуемого ОВ в слое 0-10 см по сравнению со слоем 0-5 см. Для вариантов с подстилкой лиственных пород такой закономерности не наблюдалось.

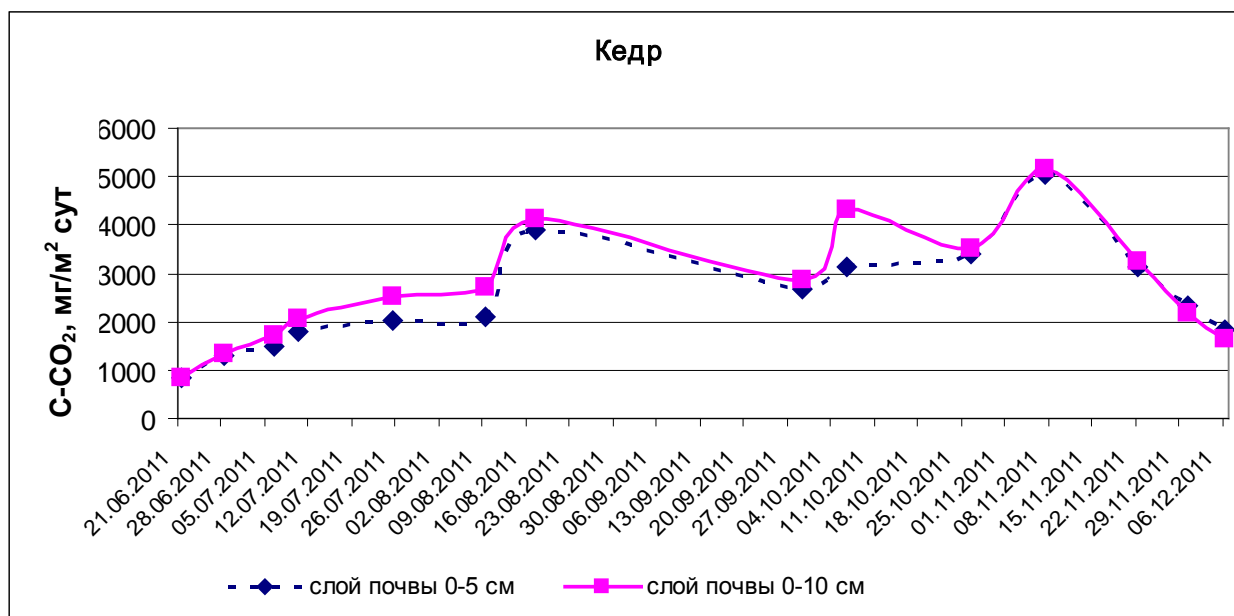
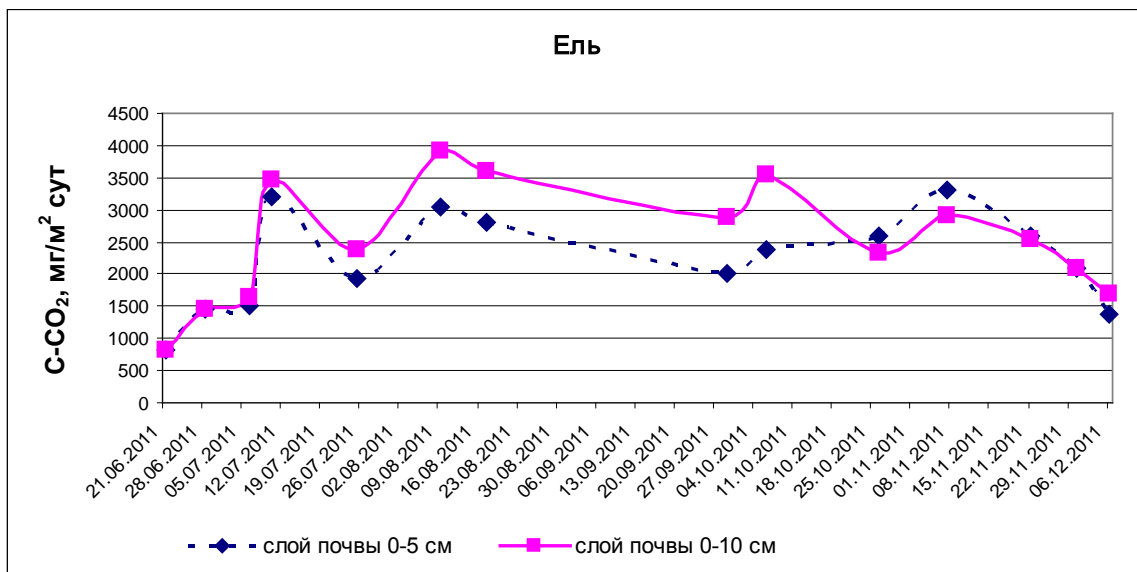
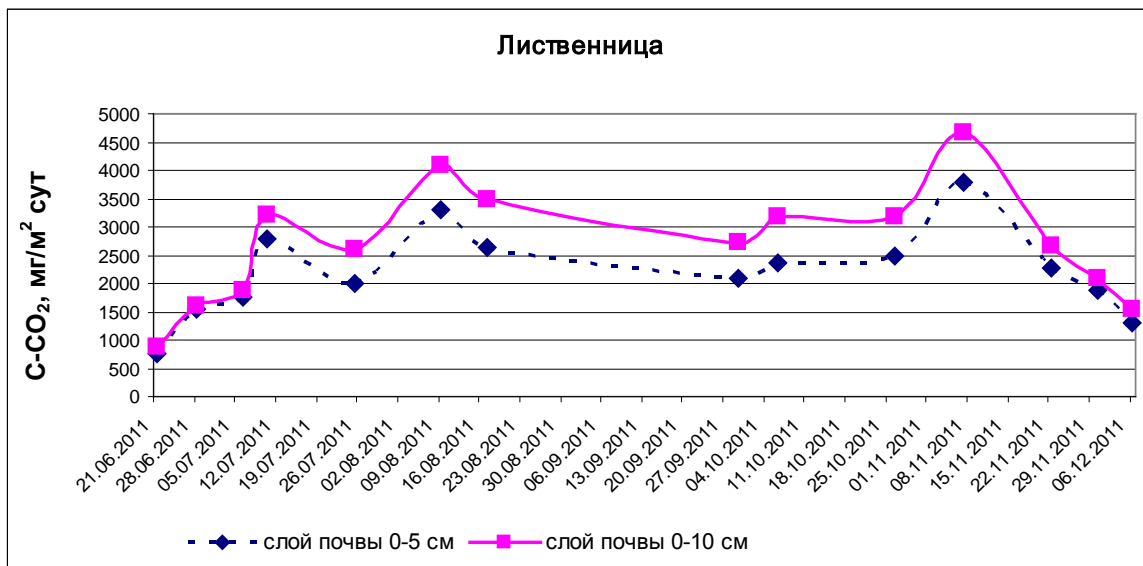
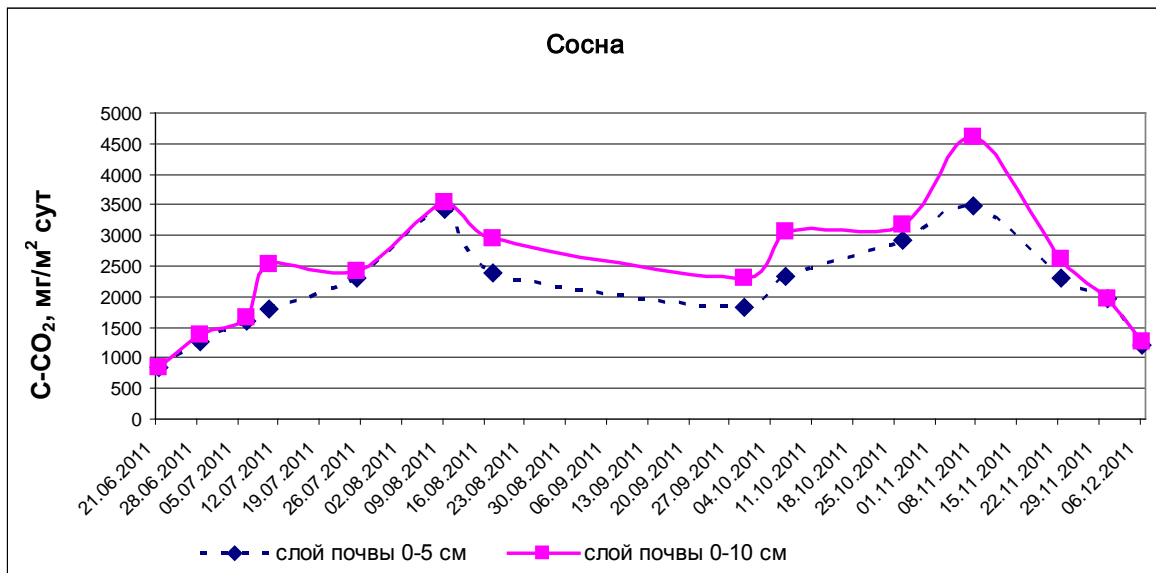
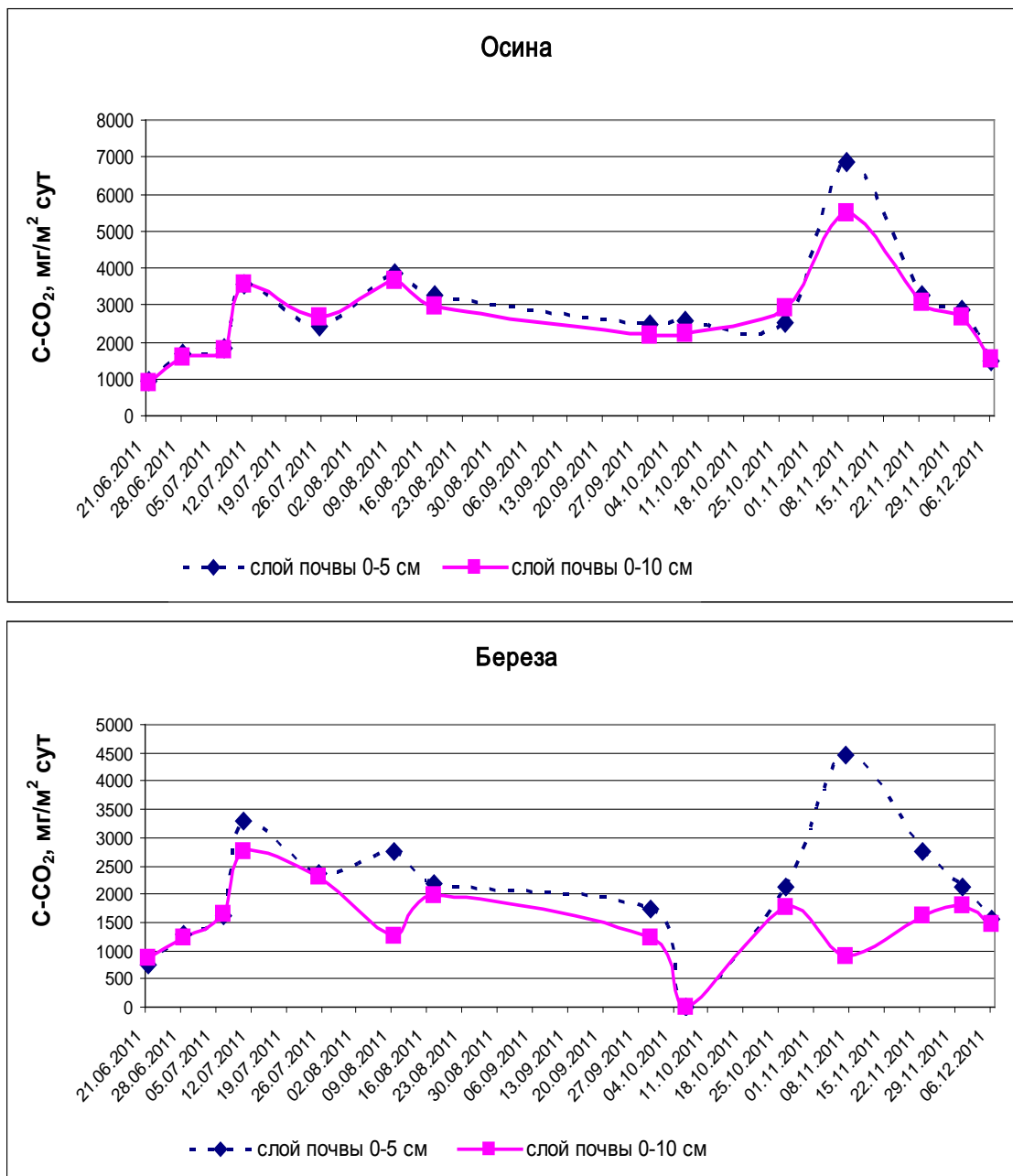


Рис. 1. Динамика интенсивности почвенного дыхания (2011 г.), С-СО<sub>2</sub>, мг/(м<sup>2</sup> сут)



Продолжение рис. 1



Окончание рис. 1

Возвращение колонок после «зимовки» в естественных условиях в лабораторию с температурой воздуха 15–18°C сопровождалось увеличением интенсивности дыхания по сравнению с периодом перед «зимовкой». Начиная с конца мая до второй декады августа 2012 г. интенсивность выделения CO<sub>2</sub> слабо изменялась, оставалась устойчиво более высокой, слабо изменяясь, после чего началось снижение. В начале октября в колонки был добавлен свежий опад. Это стимулировало биологическую активность: выделение CO<sub>2</sub> увеличилось и оставалось высоким до конца октября–середины ноября. Снижение температуры окружающего воздуха ниже 10°C сопровождалось уменьшением интенсивности выделения CO<sub>2</sub>, при температуре -1-4°C она снижалась в 2–3 раза (до уровня перед «зимовкой» предыдущего года).

Средняя интенсивность дыхания за период наблюдения в 2011 году во всех вариантах выше, чем в 2012 г. (рис. 2). В целом характер динамики интенсивности дыхания в 2012 году был практически одинаковым для всех вариантов эксперимента.

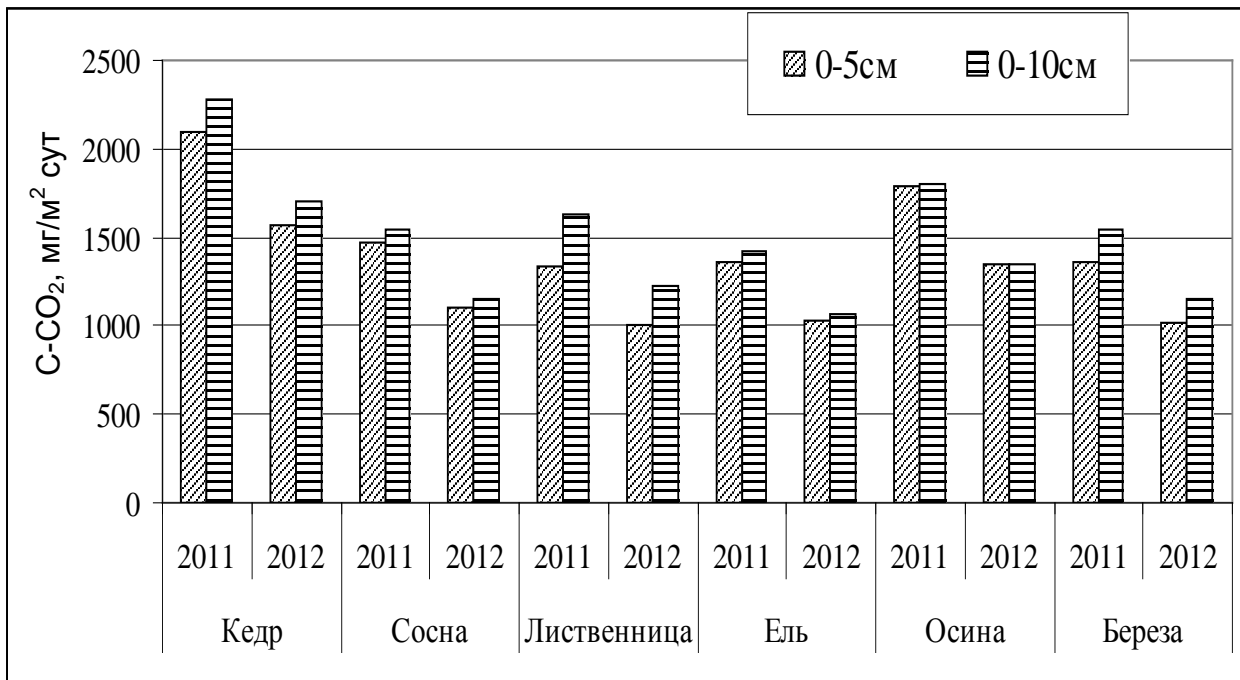


Рис. 2. Средняя интенсивность выделения CO<sub>2</sub> за период наблюдения в 2011 и 2012 гг., C-CO<sub>2</sub>, мг/(м<sup>2</sup> сутки)

Растворы, фильтрующиеся непосредственно из-под подстилки кедровника, сосняка и лиственничника, характеризуются среднекислой реакцией (рН изменяется от 5,6 до 6,3), в ельнике и осиннике имеют нейтральную реакцию, в березняке рН растворов в среднем составляет около 6.5. При просачивании через почву колонок рН растворов в вариантах с подстилкой кедровника и лиственничника увеличивался до 7–8,8 (рис. 3). Подстилочные растворы в ельнике с нейтральной реакцией, фильтруясь через слой почвы 0-5 см, подкислялись: рН снижался до 5,5. При фильтрации через нижележащий слой значение рН растворов увеличивалось до слабощелочной. рН среды фильтратов в колонках с сосновой подстилкой на слое почвы 0-5 см изменялся от 5,3 до 7,4, на слое 0-10 см – от 6,3 до 7,4.

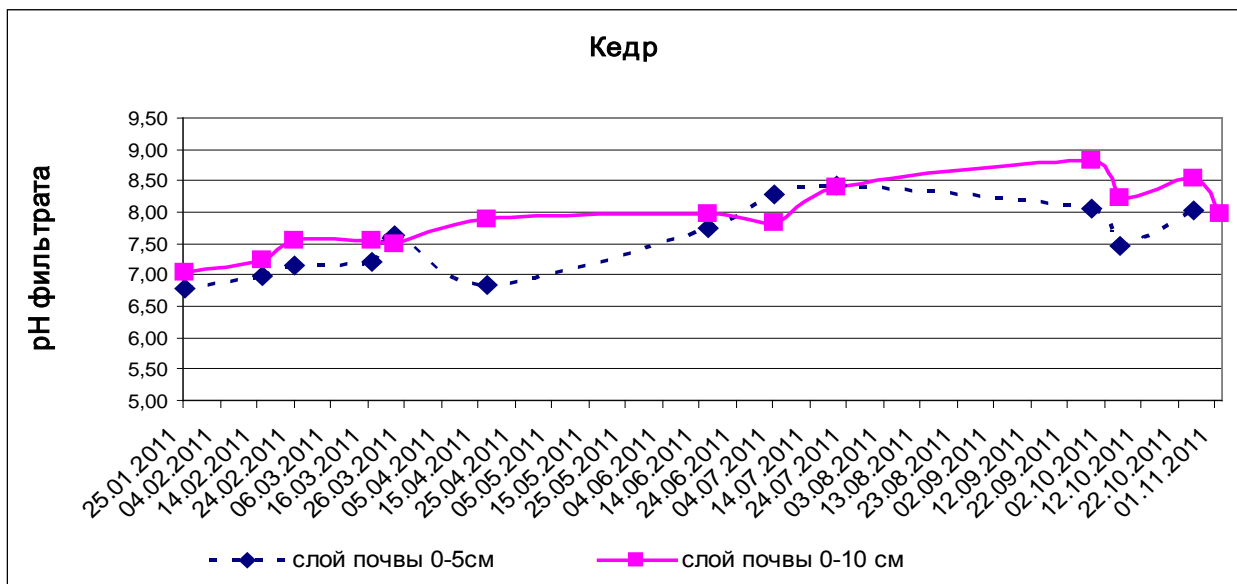
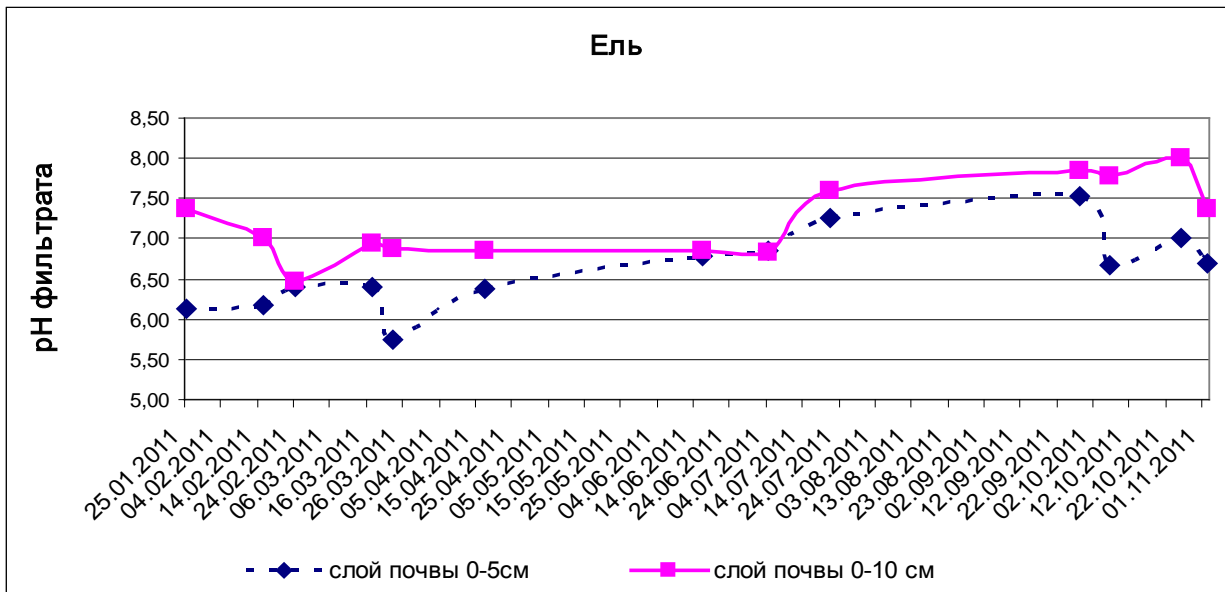
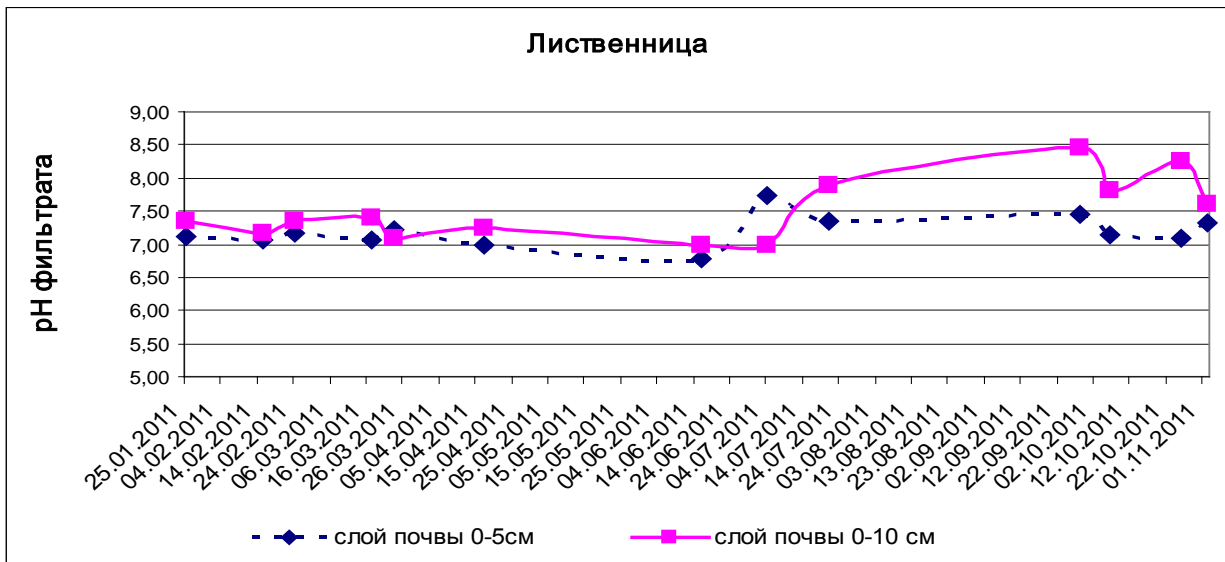
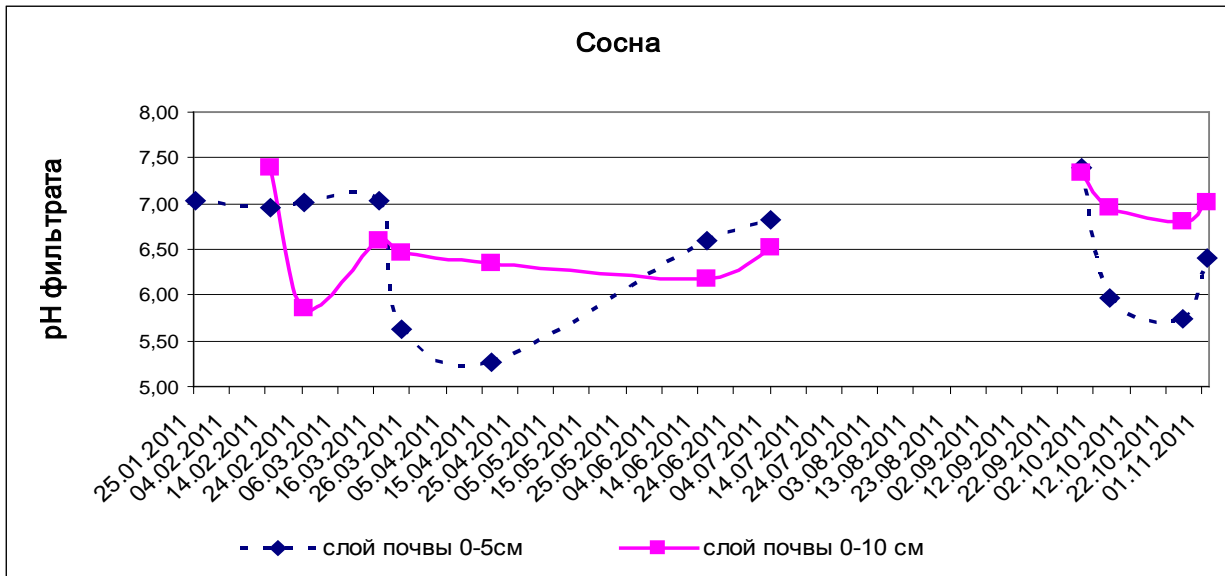
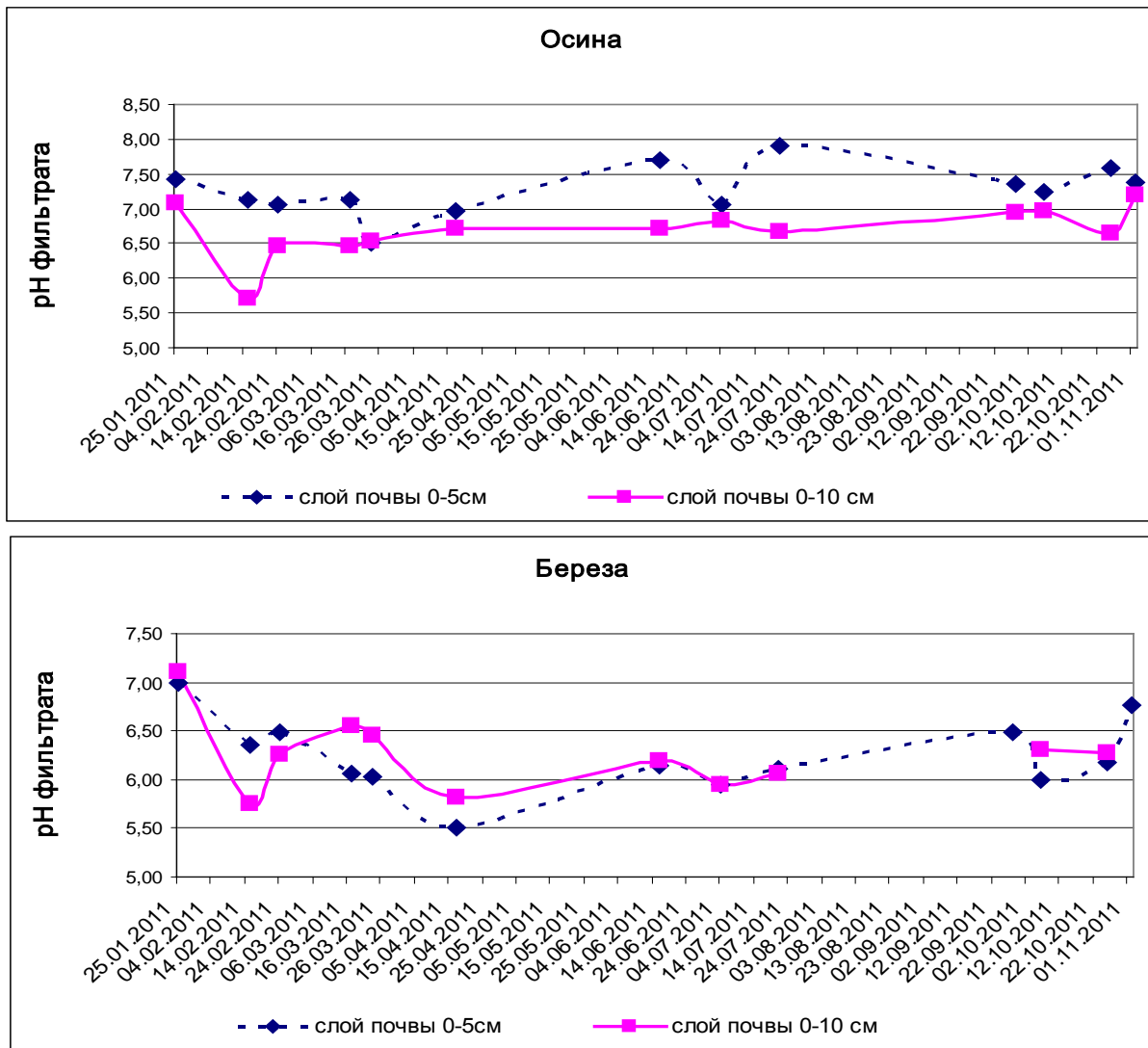


Рис. 3. Динамика рН фильтратов (2011г.)



Продолжение рис. 3



Окончание рис. 3

В вариантах с подстилкой лиственных пород динамика рН фильтратов из-под слоя почвы 0-5 см была одинаковой, но значения рН различались. В варианте с подстилкой из осинника рН изменялся от 7,1 до 7,9; из березняка – от 6,0 до 6,8. В отличие от всех других, в варианте с подстилкой осинника из-под слоя 0-10 см фильтровались растворы с более низким рН, чем из-под слоя 0-5 см.

Показатели рН фильтратов за 2012 год практически совпадают с таковыми 2011 года. Как и в 2011 году, в отличие от других вариантов, рН фильтратов из-под слоя почвы 0-10 см с подстилкой осинника ниже, чем из-под слоя 0-5 см; в слое 5-10 см происходит подкисление фильтрующихся в него растворов.

Максимальной концентрацией водорастворимого углерода (С-Н<sub>2</sub>О) характеризуются лизиметрические растворы из-под подстилки кедровника. В течение года в них ясно выделяется два максимума – первые две декады августа и середина сентября. Первый пик обусловлен выносом осадками продуктов летнего разложения, второй – всплеском биотрансформации свежепоступающих фракций опада. Эти пики в меньшей степени, но выражены и в динамике водорастворимого углерода в растворах из подстилки сосняка и ельника [24].

Под породами, ежегодно сбрасывающими листву, самая высокая концентрация углерода отмечена в растворах из-под подстилки лиственничника, что в первую очередь связано со значительно более высокими ее запасами по сравнению с осинником и березняком.

По средней за период наблюдения концентрации углерода в подстилочных растворах лесообразователи распределяются следующим образом:

хвойные: кедр > сосна > ель > лиственница; лиственные: осина > береза  
 173 107 69 67 54 37 мг С/л



Концентрация углерода в фильтратах из-под слоя почвы 0-5 см в вариантах с подстилкой кедровника, сосняка и ельника в течение летнего периода 2011 года была заметно выше, чем из-под слоя 0-10 см (рис. 4).

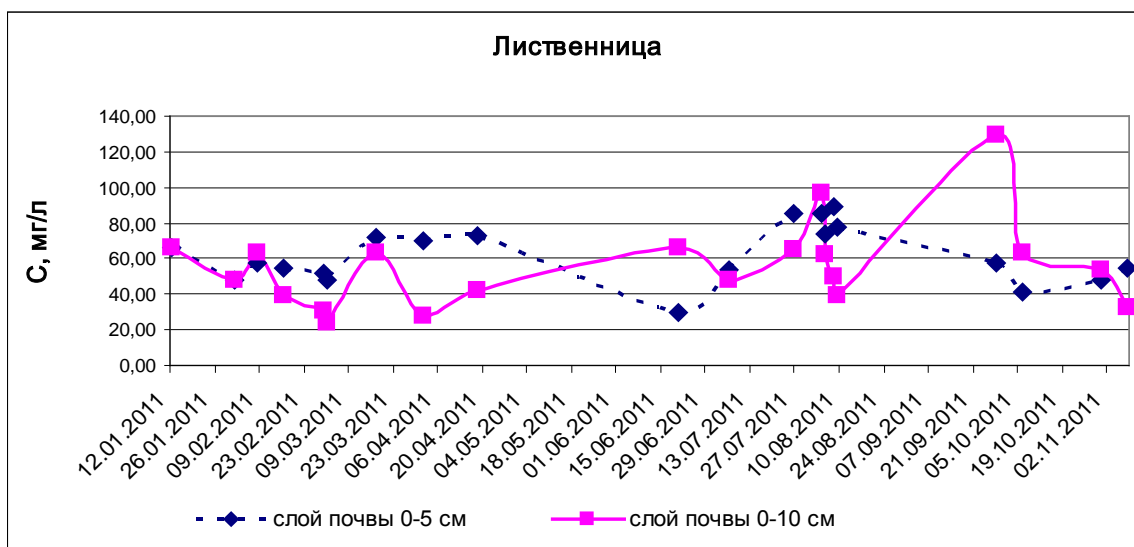
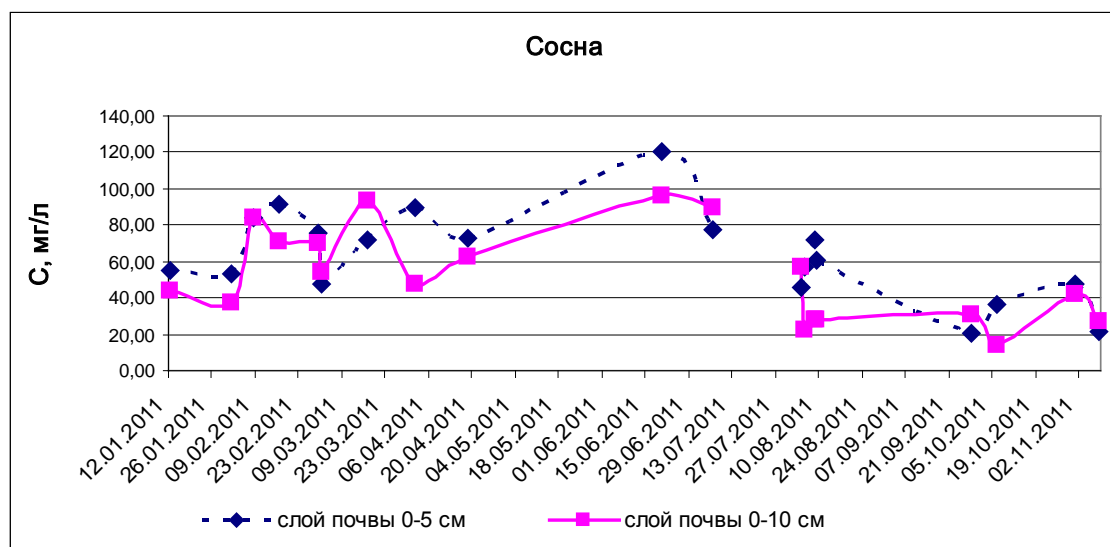
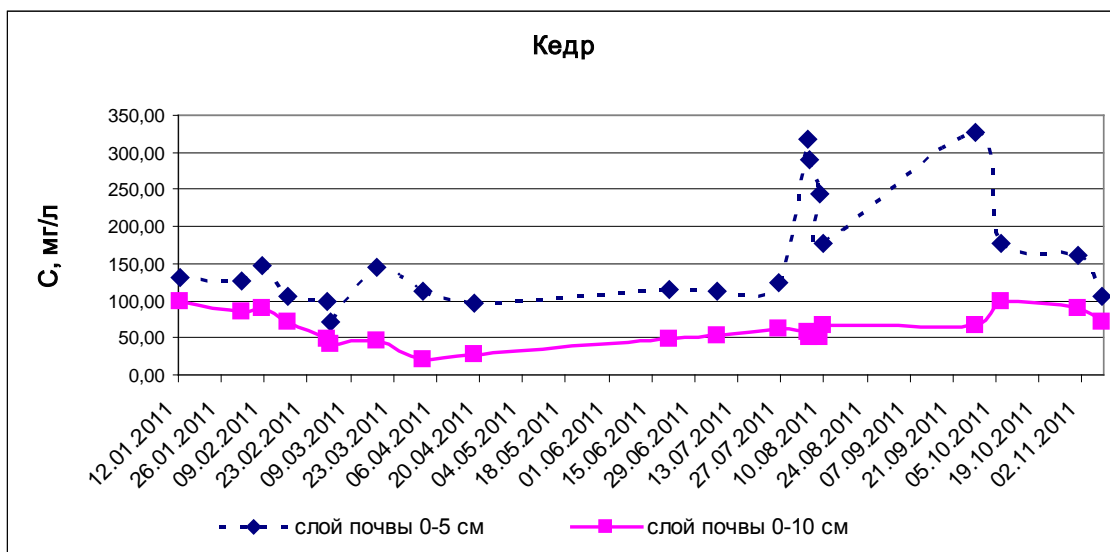
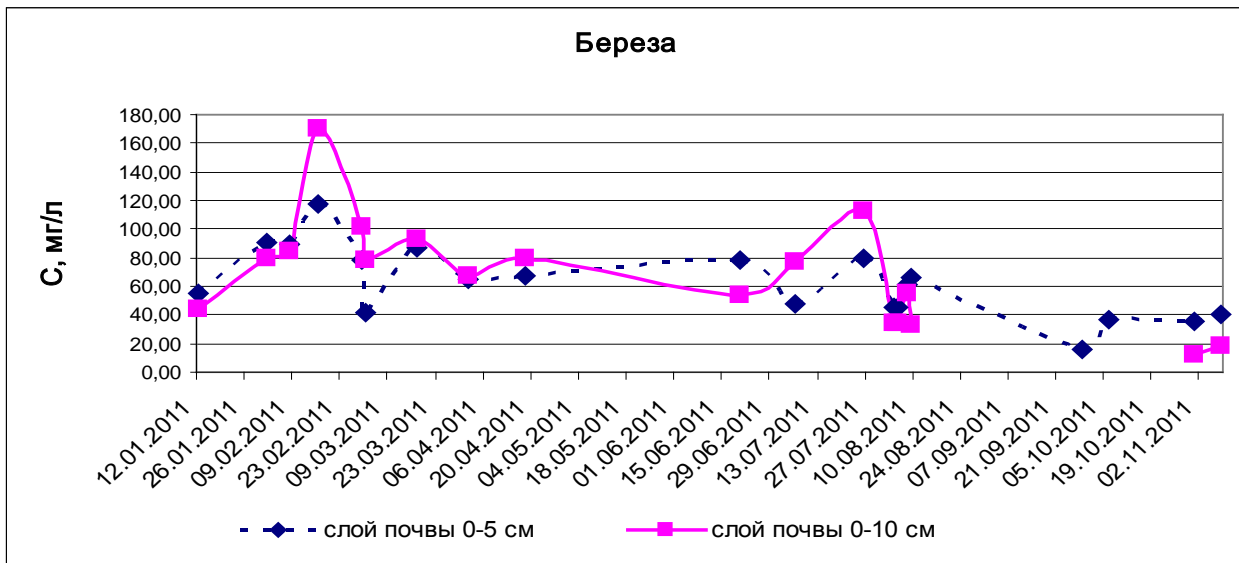
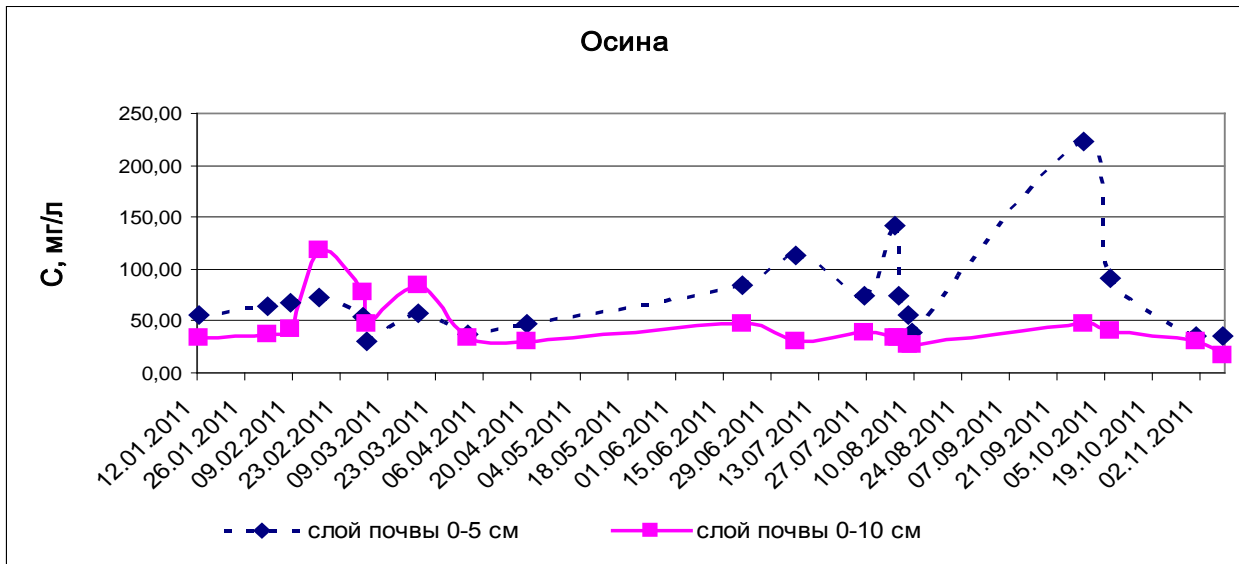
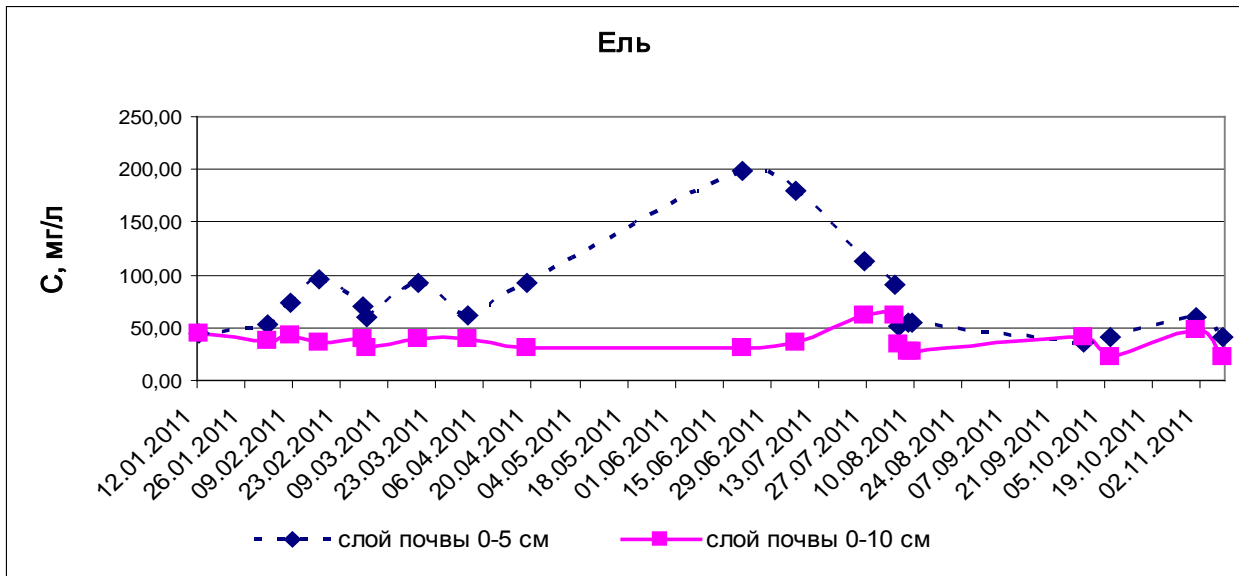


Рис. 4. Динамика концентрации водорастворимого углерода (2011 г.), мг/л



Окончание рис. 4

В остальных вариантах не наблюдалось различий по содержанию С-Н<sub>2</sub>О в фильтратах на выходе из-под этих слоев почвы. В 2012 г. концентрация С фильтратов на выходе из-под слоя почвы разной мощности в вариантах с подстилками всех, кроме кедр, лесобразователей была близкой. В варианте с подстилкой кедровника до середины июля отмечалось более высокое содержание С в фильтратах из-под слоя 0-5 см.

После добавления свежих порций опада и после «зимовки» в фильтратах наблюдалось увеличение содержания углерода.

Судя по средневзвешенной концентрации углерода в фильтратах (табл. 1), в варианте с подстилкой кедровника в слое почвы 0-10 см происходит осаждение поступающих из подстилки органических соединений: на выходе из колонки концентрация С-Н<sub>2</sub>О снижается в 2 раза.

Таблица 1

**Средневзвешенная концентрация углерода в фильтратах из-под почвы (С, мг/л)**

Эдификатор, формирующий подстилку	Слой почвы, см	Год наблюдения		Эдификатор, формирующий подстилку	Слой почвы, см	Год наблюдения	
		2011	2012			2011	2012
Кедр	0-5	140	124	Ель	0-5	84	31
	0-10	72	81		0-10	41	25
Сосна	0-5	67	25	Осина	0-5	75	25
	0-10	53	25		0-10	49	19
Лиственница	0-5	63	47	Береза	0-6	69	19
	5-10	55	26		0-10	93	13

В сосняке концентрация подстилочных растворов, просачивающихся через слой 0-5 см, снижалась почти в 2 раза и практически не изменялась на выходе из-под слоя 5-10 см. Сходная картина наблюдалась и в варианте с подстилкой лиственницы. В вариантах с подстилкой осинника и березняка содержание С-Н<sub>2</sub>О увеличивалось в растворах после фильтрации через слой 0-5 см. При просачивании через нижележащий слой содержание С-Н<sub>2</sub>О в фильтрате с подстилкой березняка не изменяется, а в варианте с подстилкой осинника происходит его осаждение, концентрация в фильтрате снижается на 30 %.

Неодинаковое поведение водорастворимого ОВ подстилочных растворов при их фильтрации через верхнюю часть (0-10см) органо-аккумулятивного горизонта почвы – осаждение в ней или, наоборот, мобилизация дополнительного выноса – отражает его разный качественный состав.

Общая масса разлагающегося растительного материала за весь период исследования (945 суток) составляла от 2716 до 5542 г/м<sup>2</sup>, или от 1417 до 2795 г С/м<sup>2</sup>. За период (539 суток) параллельного определения интенсивности выделения СО<sub>2</sub> с поверхности колонок и содержания С-НО<sub>2</sub> в фильтратах из-под колонок масса углерода в растительных остатках уменьшилась на 36–52 % (табл. 2).

Таблица 2

**Основные потоки углерода при разложении подстилки (подстилка + опад), С, г/м<sup>2</sup> за 539 суток**

Слой, почвы, см	Эдификатор древостоя, формирующего подстилку					
	Кедр	Сосна	Лиственница	Ель	Осина	Береза
1	2	3	4	5	6	7
Масса растительного материала, участвующего в эксперименте						
0-5	2795	2051	1771	1929	1958	1417
0-10	2795	2051	1771	1929	1958	1417
Высвободилось при разложении растительной массы на поверхности почвы						
0-5	1449	1054	803	929	1020	706
0-10	1469	1022	612	714	968	724

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
В том числе: минерализовалось до CO <sub>2</sub>						
0-5	1087	885	603	827	806	622
0-10	1102	858	459	636	765	637
гумифицировалось						
0-5	357	164	200	95	208	66
0-10	361	158	152	72	207	68
поступило в почву в форме C-H <sub>2</sub> O						
0-5	5	5	1	7	6	19
0-10	5	5	1	7	6	19
Минерализация органического вещества почвы до CO <sub>2</sub>						
0-5	610	308	479	277	640	480
0-10	737	388	859	511	690	611
Вынесено из почвы с фильтрами						
0-5	32	14	16	18	10	13
0-10	21	10	11	10	9	13

Основная часть разлагающейся подстилки минерализуется, на новообразование гумусовых веществ приходится от 9–10 % (подстилка из березняка и ельника) до 25 % (подстилка из кедровника и лиственничника) разложившегося материала [7].

В суммарном потоке C-CO<sub>2</sub> при минерализации ОВ подстилки и легкоминерализуемой фракции почвы доля последней изменяется от 31–40 % ( варианты с подстилкой и почвой из кедровника и сосняка) до 65 % (вариант из лиственничника). В вариантах с подстилкой и почвой из ельника, осинника и березняка – 45, 44 и 49 % соответственно. Интенсивность почвенного потока C-CO<sub>2</sub> в варианте с подстилкой из осинника была одинаковой при разной мощности слоя почвы. Это свидетельствует о формировании суммарного потока CO<sub>2</sub>, в основном за счет минерализации подстилки и органики слоя почвы 0-5 см. В вариантах с подстилкой лиственничника и ельника наиболее четко по сравнению с другими вариантами проявляется роль легкоминерализуемого ОВ всего слоя почвы 0-10 см в формировании почвенного потока CO<sub>2</sub> в атмосферу.

Сравнение интенсивности новообразования гумусовых веществ при разложении подстилки и «выхода» CO<sub>2</sub> в атмосферу только из почвенного слоя указывает на несбалансированность этих потоков: минерализация органического вещества почвы превышает синтез нового гумуса.

**Заключение.** Полученные в модельном эксперименте результаты показали, что масса разлагающегося ОВ подстилки разных лесобразователей на близкой по физико-химическим свойствам почве в условиях одинакового сочетания тепла и влаги снижается за 359 суток на 38–52 %. Основная часть ОВ минерализуется до диоксида углерода, на новообразование гумуса приходится от 9–10 % (подстилка из ельника и березняка) до 25 % (подстилка из кедровника и лиственничника) разложившегося растительного материала.

Доля легкоминерализуемой фракции ОВ почвы (без подстилки) в суммарном потоке C-CO<sub>2</sub> в атмосферу изменяется от 31–40 % ( варианты с подстилкой и почвой из кедровника и сосняка) до 65 % (вариант из лиственничника). В вариантах с подстилкой и почвой из ельника, осинника и березняка – 45, 44 и 49 % соответственно. Формирующийся при этом минерализационный поток CO<sub>2</sub> не компенсируется вновь синтезированными гумусовыми веществами.

### Литература

1. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1970. – 488 с.
2. Базилевич Н.И., Родин Л.Е. Продуктивность и круговорот элементов в естественных и культурных фитоценозах // Биологическая продуктивность и круговорот химических элементов в растительных сообществах. – Л.: Наука, 1971. – С. 5–32.
3. Богатырев Л.Г. Образование подстилок – один из важнейших процессов в лесных экосистемах // Почвоведение. – 1997. – № 4. – С. 501–512.

4. Лесные подстилки и диагностика современной направленности гумусообразования в различных географических зонах / Л.Г. Богатырев, И.А. Свентицкий, Р.Н. Шарафутдинов [и др.] // Почвоведение. – 1998. – № 7. – С. 864–875.
5. Ведрова Э.Ф. Влияние сосновых насаждений на свойства почв. – Новосибирск: Наука, 1980. – 102 с.
6. Ведрова Э.Ф. Трансформация растительных остатков в 25-летних культурах основных лесообразующих пород Сибири // Лесоведение. – 1995. – № 4. – С. 13–21.
7. Ведрова Э.Ф., Мухортова Л.В. Динамика легкоминерализуемой фракции органического вещества под лесными культурами // Современные проблемы почвоведения в Сибири: мат-лы Междунар. науч. конф. – Томск: Изд-во ТГУ, 2000. – С. 296–299.
8. Ведрова Э.Ф. Интенсивность деструкции органического вещества серых почв в лесных экосистемах южной тайги Центральной Сибири // Почвоведение. – 2008. – № 8. – С. 973–982.
9. Ведрова Э.Ф., Решетникова Т.В. Масса подстилки и интенсивность ее разложения в 40-летних культурах основных лесообразующих видов Сибири // Лесоведение. – 2014. – № 1. – С. 42–50.
10. Гришина Л.А. Гумусообразование и гумусное состояние почв. – М.: Изд-во Москов. ун-та, 1986. – 244 с.
11. Захаров С.А. Почвенные растворы: роль в почвообразовании; приемы их исследования и значение их для характеристики почвенных типов. – СПб., 1906. – 91 с.
12. Зонн С.В. Почва как компонент лесного биогеоценоза // Основы лесной биогеоценологии / отв. ред. В.Н. Сукачев, Н.В. Дылис. – М.: Наука, 1964. – С. 372–457.
13. Иванникова Л.А. Метод измерения потока CO<sub>2</sub> из почвы в естественных условиях // Почвоведение. – 1992. – № 4. – С. 101–107.
14. Караванова Е.И., Белянина Л.А., Степанов А.А. Водорастворимое органическое вещество и кислотность почвенных растворов главных типов почв ЦЛГПБЗ // Почвоведение. – 2007. – № 5. – С. 541–553.
15. Карпачевский Л.О. О влиянии различных древесных пород на вулканические почвы Камчатки // Почвоведение. – 1963. – № 12. – С. 7–18.
16. Карпачевский Л.О. Лес и лесные почвы. – М.: Лесн. пром-сть, 1981. – С. 76–199.
17. Кауричев И.С., Ноздрунова Е.М. Роль компонентов водорастворимого органического вещества растительных остатков в образовании подвижных железоорганических соединений // Почвоведение. – 1961. – № 10. – С. 10–19.
18. Кауричев И.С., Иванова Т.Н., Ноздрунова Е.М. О содержании низкомолекулярных органических кислот в составе водорастворимого органического вещества почв // Почвоведение. – 1963. – № 3. – С. 27–36.
19. Кауричев И.С., Фролова Л.Н. Воднорастворимые органические вещества индивидуальной природы в лесных подстилках // Докл. ТСХА. – 1965. – Вып. 115. – Ч. 2. – С. 19–24.
20. Коротков А.А., Суворов А.С. О процессах взаимодействия воднорастворимых продуктов растительных остатков с минеральной частью почвы // Записки ЛСХИ. – 1970. – Т. 137. – № 4. – С. 76–84.
21. Абаимов А.П. Лесоведение и лесоводство: учеб. пособие / Краснояр. гос. ун-т. – Красноярск, 2003. – 197 с.
22. Роде А.А. Несколько данных о физико-химических свойствах водорастворимых веществ лесных подстилок // Почвоведение. – 1941. – № 3. – С. 103–128.
23. Роде А.А. Почвообразовательный процесс и эволюция почв // Генезис почв и современные процессы почвообразования. – М.: Наука, 1984. – С. 56–163.
24. Решетникова Т.В. Запасы подстилки в лесных культурах и динамика высвобождения водорастворимого углерода при ее разложении // Исследования компонентов лесных экосистем Сибири. Вып. 12. – Красноярск, 2011. – С. 50–53.
25. Решетникова Т.В. Лесные полстилки как депо биогенных элементов // Вестник КрасГАУ. – 2011. – № 12. – С. 74–82.
26. Титлянова А.А., Тесаржова М. Режимы биологического круговорота. – Новосибирск: Наука, 1991. – 150 с.
27. Чагина Е.Г. Разложение опада в кедровниках Западного Саяна и некоторые стороны взаимодействия продуктов их разложения с почвами // Тез. докл. к науч. конф. по лесному почвоведению. – Красноярск, 1965.
28. Шарков И.Н. Определение интенсивности продуцирования CO<sub>2</sub> почвой абсорбционным методом // Почвоведение. – 1984. – № 7. – С. 136–143.
29. Davies R.J. Relation of polyphenols to decomposition of organic matter and pedogenetic processes // J. Soil Sci. – 1971. – V. 111. – № 1. – P. 80–85.
30. Ellis R.C. The mobilization of iron by extracts of Eucalyptus leaf litter // J. Soil Sci. – 1971. – V. 22. – № 1. – P. 8–22.
31. Inskoop W.P., Baham J. Competitive complexation of Cd and Cu by water soluble organic ligands and Namont-merillonite // Soil Sci. Soc. Am.J. – 1983. – V. 47. – P. 1109–1115.

32. Kaiser K., Zech W. Sorption of dissolved organic nitrogen by acid subsoil horizon and individual mineral phases // European J. Soil Sci. – 2000. – № 51. – P. 403–411.
33. The composition of dissolved organic matter in forest soil solution^ changes induced by seasons and passage through the mineral soil / K. Kaiser, G. Guggenberger, L. Haumaier [et al.] // Organic Geochemistry. – 2002. – № 33. – P. 307–318.
34. Matschonat G., Vort R. Assessment laboratory method to obtain the equilibrium solutom composition of forest soils // European Journal of Soil Sciences. – 1997. – V. 48. – № 3. – P. 545–552.
35. Oades G. The nature and distribution of iron compounds in soils // Soil. and Fert. – 1963. – V. 26. – P. 69–80.
36. Schnitzer M., de Long W.A. Note on relative capacities of solution obtained from forest vegetation for mobilization of iron // Can. J. Agric. Sci. – 1954. – V. 34, № 5. – P. 542–543.
37. Schnitzer M., de Long W.A. Investigation on the mobilization and transport of iron in forestall soils // Soil Sci. Soc. Americ. Proc. – 1956. – V. 19. – P. 363–368.
38. Schnitzer M. Interaction of iron with rainfall leachates // J. Soil Sci. – 1959. – V. 10, № 2. – P.300–308.



УДК 631.4:574(571.12)

Н.В. Перфильев, Л.Н. Скипин, Е.В. Гаевая

### ПРОДУКТИВНОСТЬ ПАШНИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СИСТЕМЫ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ТЕМНО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

*Впервые для темно-серых лесных тяжелосуглинистых почв в условиях северной лесостепи Северного Зауралья на основе комплексной оценки разработаны теоретические и практические основы ресурсосберегающей системы основной обработки почвы. Результаты проведенных научных исследований позволили установить закономерности влияния систем основной обработки почвы на основные качества зерна и урожайность. Установлены возможности минимализации системы основной обработки темно-серых лесных почв.*

**Ключевые слова:** почва, ресурсосбережение, система обработки, минимализация.

N.V. Perfiliev, L.N. Skipin, E.V. Gaevaya

### THE ARABLE LAND PRODUCTIVITY DEPENDING ON THE PRIMARY TILLAGE SYSTEM OF THE DARK-GRAY FOREST SOIL IN THE TYUMEN REGION

*For the first time for the dark-gray forest heavy-loamysoils in the northern forest-steppe of the Northern Zauralyeconditions the theoretical and practical fundamentals of the resource-saving system for the primary tillage are developed based on the comprehensive assessment. The results of the conducted research allowed to establish the regularities of the primary tillage systeminfluence on thegrain basic quality and crop capacity. The minimization possibilities for the primary tillage system of the dark gray forest soils are established.*

**Key words:** soil, resource-saving, tillage system, minimization.

**Введение.** Северная лесостепь Тюменской области является зоной, где получают 80–85 % производимого в области зерна для мукомольной промышленности, в то же время темно-серые лесные почвы здесь занимают 231 тыс. га, или 27 % от площади зерновых.

При совершенствовании технологии возделывания зерновых культур отмечается устойчивый переход к минимальным почвозащитным ресурсосберегающим технологиям, основой которых является применение нового поколения машин и орудий, комбинированных агрегатов и посевных комплексов с широкими возможностями по совмещению технологических операций. Проблема результативного, более широкого освоения прогрессивных ресурсосберегающих технологий на основе минимальной обработки почвы с использованием различных посевных комплексов как никогда актуальна и вместе с тем наименее изучена в Сибири [1, 2].

**Цель исследований.** Разработать и теоретически обосновать ресурсосберегающую технологию возделывания зерновых на основе совершенствования системы основной обработки для темно-серых лесных почв северной лесостепи в Северном Зауралье.