

УДК 631.434

СТРУКТУРНЫЙ СОСТАВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫХ ПОЧВ РАЗЛИЧНОГО ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ

Л. В. Бойцова

ФГБНУ «Агрофизический научно-исследовательский институт»
195220, Санкт-Петербург, Гражданский пр., 14
E-mail: larisa30.05@mail.ru

Поступила в редакцию 20 ноября 2016 г., принята к печати 23 января 2017 г.

В работе представлены результаты исследования структурного состояния гумусного горизонта дерново-подзолистых почв различного землепользования. Отбор образцов осуществлялся при выполнении картирования почв Меньковской опытной станции Агрофизического института (Гатчинский район, Ленинградской область). Заложено 43 почвенных разреза, характеризующих различные угодья (пашня, залежь, сенокос, луг). Оценены структурное состояние почв, водопрочность структуры и устойчивость почвенного сложения, рассчитаны коэффициент структурности (K_c), критерий водопрочности (K_{afi}), фактор структурности (P_c). Оценка структурного состояния верхнего гумусированного горизонта почв показала, что 78,9% почв пашни, 86,7% почв залежи, 83,3% почв сенокоса и 100% почв луга характеризуются хорошим структурным состоянием. По среднему содержанию агрономически ценных агрегатов (как воздушно-сухих, так и водопрочных), а также величине K_c исследованные почвы образуют следующий ряд: луг > залежь > сенокос > пашня. Агрегатное состояние всех исследованных почв, оцененное по коэффициенту структурности, является отличным ($K_c > 1,5$). По величине P_c почвы залежи обладают наиболее высокой способностью к структурообразованию. Диапазон колебаний исследованных параметров имеет наименьший размах в почвах луга и сенокоса, что косвенно указывает на более стабильное структурное состояние данных почв.

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, сельскохозяйственные угодья, агрегаты, коэффициент структурности, фактор структурности.

STRUCTURAL COMPOSITION OF SOD-PODZOLIC SOILS OF VARIOUS LAND USE

L. V. Boitsova

Agrophysical Research Institute,
14 Grazhdansky prospect, St. Petersburg, 195220, Russia
E-mail: larisa30.05@mail.ru

The paper presents the results of the structural composition study for the humus horizons of sod-podzolic soils under various land use. Soil sampling was carried out when the soils of the Menkovo Experimental Station of the Agrophysical Research Institute (Gatchinsky District, Leningrad Region) were mapped. 43 soil pits, characterizing various lands (arable, fallow, hay lands, meadows) were described. The soil structural composition, water resistance of the soil structure and the stability of soil composition were estimated, the structural coefficient (K_c), the water resistance criterion (K_{afi}), the structural factor (P_c) were calculated. An assessment of the structural composition of the soils' humus horizons showed that 78,9% of the arable soils, 86,7% of the fallow soils, 83,3% of the hay lands and 100% of the meadow soils were in good structural state. Based on the average content of agronomically valuable aggregates (both air-dry and water-resistant), and on the value of K_s , the investigated soils form the following series: meadows > fallows > hay lands > arable lands. The aggregate state of all the studied soils, estimated by the structural coefficient, can be characterized as «excellent» ($K_c > 1,5$). According to the value of P_c , the fallow soils have the highest capacity for structure formation. The range of variation of the studied parameters was the smallest in the meadow and hay land soils, which indirectly indicates a more stable structural state of these soils.

Key words: sod-podzolic soil, agricultural lands, aggregates, structural coefficient, structural factor.

ВВЕДЕНИЕ

Совокупность агрегатов различной величины, формы и качественного состава называется структурой почвы, а способность

почвы распадаться на агрегаты – структурностью. Структура является важнейшей агрономической характеристикой почв. От нее зависят общие

физические, физико-механические, водные, воздушные и тепловые свойства почв, окислительно-восстановительные условия, а также другие свойства и режимы почв. Почвенная структура является основным фактором, контролирующим процессы микробиологического разложения почвенного органического вещества, так как органическое вещество, связываясь с глинистыми минералами, входит в состав структурных отдельностей почвы (Шаймухаметов, 1974; Golchin et al., 1994).

Формирование почвенной структуры проходит под воздействием физико-механических, физико-химических, химических и биологических факторов структурообразования. Основная роль в структурообразовании принадлежит биологическим факторам. Почвенные животные и микроорганизмы способствуют оструктурированию почвы. Растительность механически уплотняет почву, разделяет ее на комки, а также участвует в образовании гумуса. Гумусовые вещества являются главными цементирующими веществами при создании почвенной структуры (Вершинин, 1958; Ревут, 1964). Органическое вещество почвы служит связующим материалом и ядром формирующихся агрегатов, а сами агрегаты считаются основным местом аккумуляции органического углерода в почве (Six et al., 2000; Шеин, Милановский, 2003).

Объемно-упорядочное расположение агрегатов разных форм и размеров, разделенных поровым пространством, создает структуру почвы. Деагрегация и разрушение структуры сопровождается уменьшением содержания органического вещества почвы (Семенов и др., 2010).

Распределение структурных агрегатов в массе почвы в соответствии с их размерами называется структурным составом почвы. Для агроэкологической оценки структуры почвы используются показатели количества макро-, мезо- и микроагрегатов. Агрегаты крупнее 10 мм относят к макроагрегатам, мельче 0,25 мм – к микроагрегатам. Наиболее агрономически ценными (оптимальными) для культурных растений является мезоагрегаты размером 0,25–10 мм, обладающие высокой (более 45%)

пористостью, механической прочностью и водопрочностью (Качинский, 1965; Околелова и др., 2013). Механическая прочность и водопрочность обуславливают устойчивость агрегатов во времени при механических обработках, выпадении осадков и орошении. Почва считается хорошо оструктуренной, если она содержит более 55% водопрочных пористых агрегатов размером 0,25–10 мм. Пористые и водопрочные агрегаты размером 0,25–0,01 мм также оказывают положительное влияние на агрономические свойства многих почв (серо-коричневые, сероземы, коричневые и др.). Микроагрегаты размером менее 0,01 мм затрудняют водо- и воздухопроницаемость (Кауричев и др., 1989; Шеин, 2005). Пористость агрегатов обуславливает возможность накопления и удерживания самой ценной для растений капиллярной влаги. Межагрегатные крупные поры заняты, как правило, воздухом; вода в них не удерживается и под действием силы тяжести просачивается вниз по профилю или с боковым внутрипочвенным стоком. Наличие воздуха в межагрегатном пространстве обеспечивает хороший доступ кислорода для почвенных микроорганизмов и корней растений. Целью исследования являлось изучение влияния землепользования на структурный состав дерново-подзолистых почв.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились на почвенных образцах, отобранных при выполнении почвенного картирования сельскохозяйственных угодий Меньковской опытной станции Агрофизического института (Гатчинский район, Ленинградской область) в 2012–2013 гг. Почвы относятся к дерново-подзолистым с различной степенью подзолистости и гидроморфности. Данные почвы подстилаются девонскими отложениями, в основном перекрытыми слоем ледниковых отложений (карбонатные морены, абродированные песчаные морены, морены) четвертичного периода (Моисеев, Зинчук, 2014). Основными минералами исследованных почв являются кварц (преобладает) и полевые шпаты, которые были унаследованы от

материнской породы. В почвах также присутствуют слюды, хлориты, гидрослюды, амфиболы (следы), смешаннослойные минералы хлорит-сметитового, слюда-сметитового и слюда-хлоритового состава (Непримерова, 2013). По гранулометрическому составу почвы хозяйства относятся к супеси или легкому суглинку (Моисеев и др., 2013).

Почвенные образцы, использованные в работе, были отобраны из пахотного слоя различных сельскохозяйственных угодий – пашни, залежи, сенокоса, луга. Проанализированы образцы из гумусовых горизонтов 43-х почвенных разрезов.

На основании данных сухого и мокрого рассева оценено структурное состояние почв с использованием шкалы С. И. Долгова и П. У. Бахтина (Растворова, 1983). Для оценки водопрочности структуры и устойчивости почвенного сложения по общему количеству агрегатов > 0,25 мм по результатам мокрого просеивания была использована шкала, предложенная И. В. Кузнецовой (1979; табл. 1). Коэффициент структурности почвы (Кс) рассчитывался по формуле: $K_c = a/b$, где a – количество мезоагрегатов, %; b – сумма макро- и микроагрегатов в почве, %. Агрегатное состояние почв оценено по шкале, представленной в табл. 2.

Таблица 1. Оценка структуры и сложения почв (Кузнецова, 1979)

Суммарное количество агрегатов > 0,25 мм, %	Оценка	
	водопрочности структуры	устойчивости сложения по структуре
<10	неводопрочная	неустойчивое
10–20	неудовлетворительная	
20–30	недостаточно удовлетворительная	недостаточно устойчивое
30–40		
40–60	хорошая	устойчивое
60–75	отличная	
>75	избыточно высокая	высокоустойчивое

Таблица 2. Оценка агрегатного состояния почв (Околелова и др., 2012)

Коэффициент структурности	Оценка агрегатного состояния почв
> 1,5	отличное
1,5–0,67	хорошее
< 0,67	неудовлетворительное

Критерий водопрочности агрегатов (критерий АФИ) рассчитывался по формуле: Критерий АФИ = $(A1/A2) \cdot 100\%$, где $A1$ и $A2$ – сумма фракций агрегатов размером 1–0,25 мм по результатам мокрого и сухого просеивания соответственно, % (Околелова и др., 2012). Критерий АФИ оценивается по шкале, представленной в табл. 3.

А. Ф. Вадюниной (1946) было предложено использовать фактор структурности (Рс) для оценки способности почвы к структурообразованию. Для гумусных почв и горизонтов фактор структурности рассчитывается на основании

данных гранулометрического анализа по следующей формуле: $P_c = (a + b/c) \cdot 100$, %, где a – количество ила в % (частицы диаметром < 0,001 мм); b – количество мелкой пыли в % (частицы диаметром 0,005 мм – 0,001 мм); c – суммарное содержание крупной и средней пыли (частицы диаметром 0,05–0,01 мм и 0,01–0,005 мм).

Также определено содержание общего органического углерода (Собщ) (Растворова и др., 1995) и проведена статистическая обработка результатов с использованием программы MS Excel.

Таблица 3. Оценка водопрочности агрегатов (Околелова и др., 2012)

Критерий АФИ	Оценка водопрочности агрегатов
> 800	Отличная

500–800	Очень хорошая
100–500	Хорошая
50–100	Удовлетворительная
< 50	Неудовлетворительная

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Агрегатное состояние исследованных почв по коэффициенту структурности является отличным (величина коэффициента структурности больше 1,5) (табл. 4). Максимальная величина Кс характерна для почв луга и залежи, минимальная – для почв пашни. По среднему содержанию агрономически ценных агрегатов (как воздушно-сухих, так и водопрочных), а также величине Кс исследованные почвы образуют следующий ряд: луг > залежь > сенокос > пашня.

Фактор структурности по А. Ф. Вадюниной имеет максимальное среднее значение в почвах залежи (табл. 4). Из этого следует, что почвы залежи обладают более высокой потенциальной способностью к оструктуриванию по сравнению с остальными исследованными почвами. Данные почвы имеют в своем составе большее количество активных механических элементов (к ним в гумусных горизонтах относят ил и мелкую пыль) и

меньше пассивной части (средняя и крупная пыль), чем другие почвы. Активные элементы обладают цементирующей способностью и принимают участие в коагуляции, пассивные же элементы участвуют в структурообразовании как пассивный материал (Вадюнина, Корчагина, 1973).

Ранее проведенные исследования структурного состава дерново-подзолистых почв показали, что определяющими факторами в формировании почвенной структуры, помимо гранулометрического состава, являются содержание в почве гумуса и способы ее использования (Пестряков, 1969).

Фактор структурности исследованных почв отражает способы их землепользования и механический состав. Средние значения фактора структурности дерново-подзолистых почв различного гранулометрического состава и разного землепользования представлены в табл. 5.

Таблица 4. **Параметры структурного состояния обследованных почв Меньковской опытной станции Агрофизического института.**

Угодье	Пашня		Залежь		Сенокос		Луг	
	среднее	диапазон	среднее	диапазон	среднее	диапазон	среднее	диапазон
Кс	2,55	1,26–6,26	3,03	1,17–7,47	2,84	1,82–4,85	3,11	2,46–3,76
Рс	24,2	11,8–43,4	35,0	15,7–54,6	25,4	12,6–41,2	24,3	20,5–28
Кафи, %	2249	968–4496	1885	434–2751	1985	1391–2266	2098	1934–2262
ВС (10–0,25 мм), %	70,05	53,8–86,2	73,32	54,0–88,2	72,4	64,6–82,9	75,05	71,1–79
ВП (10–0,25мм), %	59,72	40,2–73,4	67,41	47,4–79,0	65,78	60,4–76,2	70,2	63,8–76,6
ВС (>0,25мм), %	82,02	68,8–93,8	86,33	70,9–97,2	84,32	77,2–91,8	81,05	81–81,1
ВП >0,25мм), %	68,03	46,3–81,1	77,01	64,4–92,3	73,87	65,6–80,2	75,2	73,8–76,6
С, г кг ⁻¹	21,9	14,3–26,82	28,32	13,3–66,45	14,1	13,2–15,0	не опр.	не опр.

Кс – коэффициент структурности; Рс – фактор структурности; Кафи – критерий водопрочности агрегатов; ВС – содержание воздушно-сухих агрегатов; ВП – содержание водопрочных агрегатов; С – содержание общего органического углерода.

Таблица 5. Средние значения фактора структурности дерново-подзолистых почв различного гранулометрического состава и разного землепользования.

Угодье	Гранулометрический состав	Фактор структурности, %
Пашня	Песок	14,7
	Супесь	20,3
	Легкий суглинок	33,4
	Средний суглинок	33,6
Залежь	Супесь	28,9
	Легкий суглинок	29,5
	Средний суглинок	40,4
Сенокос	Песок	12,6
	Супесь	24,1
	Легкий суглинок	31,2
Луг	Супесь	24,3

Данные по гранулометрическому составу взяты из работы К. Г. Моисеева и др. (База данных, 2013).

Как видно из табл. 5, фактор структурности имеет максимальные значения в почвах, обладающих более тяжелым гранулометрическим составом.

Кафи отражает наличие как водопрочных, так и воздушно-сухих агрегатов почвы. Максимальные значения Кафи установлены в почвах пашни. По средним значениям Кафи агрегаты всех почвенных участков обладают отличной водопрочностью. Рассматривая диапазоны значений Кафи, можно отметить, что почвы залежи характеризуются отличной, очень хорошей и хорошей водопрочностью агрегатов, остальные почвы – отличной водопрочностью. Диапазон значений Кафи является минимальным у почв сенокоса и луга и максимальным – у почв пашни и залежи. Можно предположить, что почвы луга и сенокоса находятся в более стабильном структурном состоянии, чем почвы пашни и залежи, что может быть связано с отсутствием механического воздействия на верхний гумусированный слой данных почв. В результате вспашки происходит примешивание почвенного материала из нижележащего слоя, который, как правило, менее оструктурен, чем верхний почвенный горизонт. Также это может быть связано с отсутствием воздействия агрохимических препаратов, которые влияют на почвенное структурообразование. Кроме того, почвенный покров пашни и залежи

отличается большей пестротой по гранулометрическому составу.

На основании шкалы, предложенной С. И. Долговым и П. У. Бахтиным для оценки структурного состояния почв с использованием количества агрономически ценных воздушно-сухих и водопрочных агрегатов, определено следующее структурное состояние почв. 5,3% почв пашни характеризуются отличным структурным состоянием, 78,9% – хорошим, 15,8% – удовлетворительным. У 6,7% почв залежи наблюдается отличное структурное состояние, у 86,7% – хорошее, у 6,6% – удовлетворительное. Почвы сенокоса находятся в отличном структурном состоянии в 16,7% случаев, остальные 83,3% почв имеют хорошую структуру. Почвы луга характеризуются хорошим структурным состоянием по данной оценочной шкале.

Рассматривая распределение агрегатов по фракциям различного размера (табл. 6), можно отметить следующее. В почвах пашни преобладают фракции агрегатов 10–7 мм и менее 0,25 мм – как воздушно-сухих, так и водопрочных. Почвы луга, сенокоса и залежи характеризуются наибольшим содержанием фракции 3–1 мм и фракции < 0,25 мм. Как известно, углерод агрегатов фракции 3–1 мм вносит наиболее существенный вклад в общее количество почвенного органического вещества (Когут и др., 2012). В. Р. Вильямс (1951), считая агрономически ценными агрегаты от 1 до

10 мм, определил в качестве оптимальной структуру почвы с размером агрегатов 2–3 мм. Почвы пашни содержат около 51% воздушно-сухих агрегатов размером 10–1 мм,

почвы остальных угодий – около 52%. Водопрочных агрегатов несколько больше в почвах пашни и луга, чем в почвах залежи и сенокоса (50,3%, 50,3%, 46,8% и 48,2% соответственно).

Таблица 6. Среднее содержание воздушно-сухих и водопрочных агрегатов в дерново-подзолистых почвах Меньковской опытной станции Агрофизического института на различных сельскохозяйственных угодьях (Обследование 2012–2013 гг.).

Угодья	Пашня		Залежь		Сенокос		Луг	
	ВС, %	ВП, %	ВС, %	ВП, %	ВС, %	ВП, %	ВС, %	ВП, %
Размер фракций, мм								
> 10	12,5	12,7	10,3	8,8	10,3	6,9	6,0	6,0
10–7	14,3	14,4	12,4	9,3	12,4	11,4	8,4	6,5
7–5	11,1	11,0	9,5	8,9	9,5	9,8	9,7	8,1
5–3	13,1	12,9	14,4	11,5	14,4	11,0	14,2	12,1
3–1	12,2	12,0	16,0	17,1	16,0	16,0	20,3	23,6
1–0,5	7,8	7,6	10,1	8,3	10,1	8,8	10,7	8,1
0,5–0,25	11,4	11,5	10,4	10,2	10,4	8,7	11,9	11,0
< 0,25	17,6	17,9	17,0	25,9	17,0	27,4	19,0	24,8

ВС – воздушно-сухие агрегаты, ВП – водопрочные агрегаты.

Количество воздушно-сухих агрегатов фракции 1–0,25 мм в почвах пашни меньше, чем в целинных вариантах (без вспашки). При этом водопрочных агрегатов данной фракции несколько больше в почвах пашни, чем в почвах залежи и сенокоса. Вероятно, это связано с процессами самосборки частиц пахотной почвы, подвергшейся механической обработке. В пахотной дерново-подзолистой почве идет постоянное разрушение агрегатов в результате вспашки. Одним из противоположно направленных процессов является их самосборка. Частицы <0,25 мм способны самопроизвольно образовывать агрегаты после цикла увлажнения и высушивания. Самособирающиеся агрегаты сохраняют органическое вещество и, соответственно, не разрушаются. В то же время частицы, не способные агрегироваться после разрушения, теряют углерод и вместе с ним способность образовывать агрегаты даже под влиянием внешних воздействий. В регулярно перепашиваемой почве наблюдается относительное накопление частиц, которые при разрушении способны самопроизвольно формировать агрегаты (Холодов, 2013).

В работе И. В. Кузнецовой (1979) для оценки водопрочности структуры и устойчивости сложения предложено учитывать суммарное количество водопрочных агрегатов > 0,25 мм. При учете водопрочных агрегатов размером > 0,25 мм можно отметить, что почвы пашни имеют хорошую и избыточно высокую водопрочность структуры в 21% случаев, отличную – в 58% случаев. Это характеризует их сложение как устойчивое и высокоустойчивое. Почвы залежи в 40% случаев обнаруживают отличную водопрочность почвенной структуры, в остальных случаях – избыточно высокую водопрочность. Данные почвы обладают устойчивым и высокоустойчивым сложением. 50% почв сенокоса характеризуются отличной водопрочностью почвенной структуры, другие 50% – избыточно высокой, в связи с чем они обладают высокоустойчивым сложением по структуре. Почвы луга характеризуются избыточно высокой водопрочностью и обладают высокоустойчивым сложением. Рассматривая изучаемые параметры, можно отметить, что максимальных средних значений они достигают на почвенных

участках с минимальной сельскохозяйственной обработкой, исключение составляет Кафи.

Параметры, отражающие структуру почвы, обнаруживают наиболее тесную корреляцию с содержанием общего органического углерода в почвах сенокоса. Коэффициент корреляции со всеми изучаемыми параметрами здесь составляет 1. В почвах залежи коэффициент корреляции Собщ с количеством агрономически ценных воздушно-сухих и водопрочных агрегатов составляет $+0,81-0,87$. Прямая корреляционная зависимость прослеживается между Собщ и коэффициентом структурности: $r = +0,96$ для почв залежи и $+0,42$ для почв пашни. Обратная корреляционная зависимость между содержанием Собщ и Кафи характерна для почв залежи ($r = -0,42$) и пашни ($r = -0,70$), при этом более тесная связь наблюдается у почв пашни.

ВЫВОДЫ

Оценка структурного состояния верхнего гумусированного горизонта показала, что большинство исследованных почв характеризуется хорошим структурным состоянием. Так, 5,3% почв пашни обнаруживают отличное структурное состояние, 78,9% – хорошее, 15,8% – удовлетворительное. У 6,7% почв залежи наблюдается отличное структурное состояние, у 86,7% – хорошее, у 6,6% – удовлетворительное. Почвы сенокоса имеют отличное структурное состояние в 16,7% случаев, в остальных 83,3% случаев – хорошее. Почвы луга отличаются хорошим структурным состоянием.

По содержанию водопрочных агрегатов размером $> 0,25$ мм все обследованные участки характеризуются хорошей, отличной и избыточно высокой водопрочностью структуры и обладают устойчивым и высокоустойчивым сложением по структуре.

В почвах пашни преобладают фракции агрегатов 10–7–мм и менее 0,25–мм (как воздушно-сухих, так и водопрочных). Почвы луга, сенокоса и залежи характеризуются наибольшим содержанием агрегатов. Изучаемые параметры достигают максимальных средних значений на

почвенных участках с минимальной сельскохозяйственной обработкой, исключение составляет Кафи.

фракции 3–1–мм и $< 0,25$ –мм.

Водопрочных агрегатов фракции 1,0–0,25 мм несколько больше в почвах пашни, чем в почвах залежи и сенокоса. По среднему содержанию агрономически ценных агрегатов (как воздушно-сухих, так и водопрочных), а также величине K_c исследованные почвы образуют следующий ряд: луг $>$ залежь $>$ сенокос $>$ пашня. Средние значения величин K_c колеблются от 2,55 в почвах пашни до 3,11 в почвах луга, средние значения величин P_c – от 24,2 в почвах пашни до 35 в почвах залежи. Сравнивая факторы структурности исследованных почв, можно отметить, что почвы залежи обладают наиболее высокой способностью к структурообразованию. В вариантах без вспашки оструктуренность почв выше, чем на пашне. Диапазон колебаний исследованных параметров имеет наименьший размах в почвах луга и сенокоса, что косвенно указывает на более стабильное структурное состояние данных почв.

Изучаемые параметры достигают максимальных средних значений на почвенных участках с минимальной сельскохозяйственной обработкой, исключение составляет Кафи.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Автор выражает благодарность зав. лаб. Физики и физико-химии почв ФГБНУ АФИ К. Г. Моисееву за предоставленные образцы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Вершинин П. В. Почвенная структура и условия ее формирования. АН СССР. 256 с.
- Вадюнина А. Ф. Физический режим подзолистой почвы в зависимости от способов ее обработки // В сб.: Ученые записки. Вып. 105. Почвоведение. Книга 2. МГУ: Москва, 1946 С. 96–115.
- Вадюнина А. Ф., Корчагина З. А. Методы исследования физических свойств почв и грунтов. М.: Высшая школа, 1973. 399 с.
- Вильямс В. Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения. Собр. соч. М.: Государственное изд-во с.-х. лит-ры, 1951. Т. 6. 576 с.
- Кауричев И. С., Панов Н. П., Розов Н. Н., Стратонович М. В., Фокин А. Д. Почвоведение. М. Агропромиздат, 1989. С. 719.
- Качинский Н. А. Физика почвы. М.: Высшая школа, 1965. 324 с.
- Кузнецова И. В. О некоторых критериях оценки физических свойств почв // Почвоведение. 1979. № 3. С. 81–88.
- Моисеев К. Г., Гончаров В. Д., Зинчук Е. Г., Рижия Е. Я., Бойцова Л. В., Гурин П. Д., Старцев А. С., Пищик В. Н. База данных почвенного покрова Меньковского филиала ГНУ АФИ Россельхозакадемии (структура почвенного покрова, геоморфологическое строение, физические и геохимические свойства почв) // Свидетельство о государственной регистрации базы № 2013620682. Заявка № 2013620301. Дата регистрации 06 июня 2013 года.
- Моисеев К. Г., Рижия Е. Я., Бойцова Л. В., Зинчук Е. Г., Гончаров В. Д. Корректировочные работы по крупномасштабному почвенному картографированию Меньковского филиала Агрофизического института Россельхозакадемии // Агрофизика. 2013. № 1. С. 30–36.
- Моисеев К. Г., Зинчук Е. Г. Крупномасштабная почвенная карта Меньковского филиала Агрофизического института Россельхозакадемии // Агрофизика. 2014. № 3. С. 8–17.
- Непримерова С. В. Изменение морфологических свойств дерново-подзолистых почв при интенсивном использовании // Материалы международной конференции «Тенденции развития агрофизики в условиях изменяющегося климата (к 80-летию Агрофизического НИИ)». Санкт-Петербург, 20–21 сентября 2012 г. СПб.: Любавич, 2012. С. 345–348.
- Околелова А. А., Стяжин В. Н., Касьянова А. С. Оценка продуктивности почв с помощью регрессионного анализа // Фундаментальные исследования. 2012. № 3, (ч. 2). С. 328–332.
- Околелова А. А., Желтобрюхов В. Ф., Егорова Г. С., Касьянова А. С. Провинциальные особенности структурной организации почв Волгоградской области // Фундаментальные исследования. 2013. № 4. С. 379–383.
- Пестряков В. К. Изменение агрегатного состава дерново-подзолистых почв при длительном сельскохозяйственном использовании. В сб.: Теоретические вопросы обработки почв. Выпуск 2. Л.: Гидрометеорологическое изд., 1969. С. 407–419.
- Растворова О. Г. Физика почв. (Практическое руководство) Л.: ЛГУ, 1983. 196 с.
- Растворова О. Г., Андреев Д. П., Гагарина Э. И., Касаткина Г. А., Федорова Н. Н. Химический анализ почв. СПб.: СПбГУ, 1995. 254 с.
- Ревут И. Б. Физика почв. Л.: Колос, 1964. 320 с.
- Семенов В. М., Иванникова Л. А., Семенова Н. А., Ходжаева А. К., Удальцов С. Н. Минерализация органического вещества в разных по размеру агрегатных фракциях почвы // Почвоведение. 2010. № 2. С. 157–165.
- Холодов В. А. Способность почвенных частиц самопроизвольно образовывать макроагрегаты после цикла увлажнения и высушивания // Почвоведение. 2013. № 6. С. 698–706.
- Шаймухаметов М. Ш. Опыт использования ультразвука при изучении механизма закрепления органического вещества в почве // Почвоведение. 1974. № 5. С. 154–161.
- Шейн Е. В. Курс физики почвы. М.: МГУ, 2005. 430 с.
- Шейн Е. В., Милановский Е. Ю. Роль и значение органического вещества в образовании и устойчивости почвенных агрегатов // Почвоведение. 2003. № 1. С. 53–61.
- Golchin A., Oades J. M., Skjemstad J. O., Clarke P. Soil structure and carbon cycling. / Aust. J. Soil Res. 1994. 32. P. 1043–1068.
- Six J., Paustian K., Elliot E. T., Combrink C. Soil structure and soil organic matter. I. Distribution of aggregate size classes and aggregate associated carbon // Soil. Sci. Soc. Am. J. 2000. V. 64. № 2. P. 681–689.

REFERENCES

- Vershinin P. V. *Pochvennaia struktura i usloviia ee formirovaniia*. [Soil structure and conditions of her formation]. Academy of Sciences of the USSR Publishing. 256 p.

- Vadiunina A. F. *Fizicheskiy rezhim podzolistoi pochvy v zavisimosti ot sposobov ee obrabotki*. [The physical mode of the podsolonchik soil depending on ways of its processing]. V sb.: *Uchenye zapiski*. Vyp. 105. Pochvovedenie. Kniga 2. Moscow: Moscow University Publishing, 1946. pp. 96–115.
- Vadiunina A. F., Korchagina Z. A. *Metody issledovaniia fizicheskikh svoystv pochv i gruntov*. [Methods of a research of physical properties of soils and soil]. Moscow, Vysshaya shkola, 1973. 399 p.
- Vil'iams V. R. *Pochvovedenie. Zemledelie s osnovami pochvovedeniia*. [Soil science. Agriculture with fundamentals of soil science]. Sobr. soch. Moscow, Gosudarstvennoe izd-vo s.-h. lit-ry, 1951. T. 6. 576 p.
- Kaurichev I. S., Panov N. P., Rozov N. N., Stratonovich M. V., Fokin A. D. *Pochvovedenie*. [Soil science]. Moscow, Agropromizdat, 1989. 719 p.
- Kachinskii N. A. *Fizika pochvy*. [Physics of the soil]. Moscow, Vysshaya shkola, 1965. 324 p.
- Kuznetsova I. V. O nekotorykh kriteriiakh otsenki fizicheskikh svoystv pochv. [About some criteria for evaluation of physical properties of soils]. *Pochvovedenie*, 1979, no. 3, pp. 81–88.
- Moiseev K. G., Goncharov V. D., Zinchuk E. G., Rizhiia E. Ia., Boitsova L. V., Gurin P. D., Startsev A. S., Pishchik V. N. *Baza dannykh pochvennogo pokrova Men'kovskogo filiala GNU AFI Rossel'khozakademii (struktura pochvennogo pokrova, geomorfologicheskoe stroenie, fizicheskie i geokhimicheskie svoystva pochv)*. [Database of a soil cover of the AFI GNU Menkovsky branch of the Russian Agricultural Academy (structure of a soil cover, geomorphological structure, physical and geochemical properties of soils)]. Svidetel'stvo o gosudarstvennoi registratsii bazy № 2013620682. Zaiavka № 2013620301. Data registratsii 06 iyunia 2013 goda. [Certificate on the state registration of base No. 2013620682. Application No. 2013620301. Date of registration on June 06, 2013].
- Moiseev K. G., Rizhiia E. Ia., Boitsova L. V., Zinchuk E. G., Goncharov V. D. *Korrektirovochnnye raboty po krupnomasshtabnomu pochvennomu kartografirovaniiu Men'kovskogo filiala Agrofizicheskogo instituta Rossel'khozakademii*. [Adjustment works on large-scale soil mapping of Menkovsky branch of Agrophysical institute of the Russian Agricultural Academy]. *Agrofizika*, 2013, no. 1, pp. 30–36.
- Moiseev K. G., Zinchuk E. G. *Krupnomasshtabnaya pochvennaya karta Men'kovskogo filiala Agrofizicheskogo instituta Rossel'khozakademii*. [Large-scale soil map of Menkovsky branch of Agrophysical institute of the Russian Agricultural Academy]. *Agrofizika*, 2014, no. 3, pp. 8–17.
- Neprimerova S. V. *Izmenenie morfologicheskikh svoystv durno-podzolistykh pochv pri intensivnom ispol'zovanii*. [Change of morphological properties of cespitose and podsolonchik soils at intensive use]. *Materialy mezhdunarodnoi konferentsii «Tendentsii razvitiia agrofiziki v usloviakh izmeniaiushchegosia klimata (k 80-letiiu Agrofizicheskogo NII)»*. Sankt-Peterburg, 20–21 sentyabrya 2012 g. [Materials of the international conference «Tendencies of development of agrophysics in the conditions of the changing climate (to the 80 anniversary of Agrophysical scientific research institute)». St. Petersburg, on September 20–21, 2012]. St. Petersburg, 2012, pp. 345–348.
- Okolelova A. A., Stiazhin V. N., Kas'ianova A. S. *Otsenka produktivnosti pochv s pomoshch'iu regressiionnogo analiza*. [Otsenka of efficiency of soils by means of the regression analysis]. *Fundamental'nye issledovaniia*, 2012, no. 3, (ch. 2), pp. 328–332.
- Okolelova A. A., Zheltobriukhov V. F., Egorova G. S., Kas'ianova A. S. *Provintsial'nye osobennosti strukturnoi organizatsii pochv Volgogradskoi oblasti*. [Provincial features of the structural organization of soils of the Volgograd region]. *Fundamental'nye issledovaniia*, 2013, no. 4, pp. 379–383.
- Pestriakov V. K. *Izmenenie agregatnogo sostava durno-podzolistykh pochv pri dlitel'nom sel'skokhoziaistvennom ispol'zovanii*. [Change of modular structure of cespitose and podsolonchik soils at long agricultural use]. V sb. *Teoreticheskie voprosy obrabotki pochv*. Vypusk 2. Leningrad: Gidrometeorologicheskoe izd., 1969, pp. 407–419.
- Rastvorova O. G. *Fizika pochv. (Prakticheskoe rukovodstvo)*. [Physics of soils. (Practical guidance)]. Leningrad.: Leningrad University Publishing, 1983. 196 p.
- Rastvorova O. G., Andreev D. P., Gagarina E. I., Kasatkina G. A., Fedorova N. N. *Khimicheskiy analiz pochv*. St. Petersburg: St. Petersburg University Publishing, 1995, 254 p.
- Revut I. B. *Fizika pochv*. [Physics of soils]. Leningrad: Kolos, 1964. 320 p.
- Semenov V. M., Ivannikova L. A., Semenova N. A., Khodzhaeva A. K., Udaltsov S. N. *Mineralizatsiia organicheskogo veshchestva v raznykh po razmeru agregatnykh fraktsiiakh pochvy*. [Mineralization of organic substance in modular fractions of the soil, different in the size]. *Pochvovedenie*, 2010, no. 2, pp. 157–165.
- Kholodov V. A. *Sposobnost' pochvennykh chastits samoproizvol'no obrazovyvat' makroagregaty posle tsikla uvlazhneniia i vysushivaniia*. [Sposobnost's cold weather of soil particles it is spontaneous to form macrounits after a cycle of moistening and drying]. *Pochvovedenie*, 2013, no. 6, pp. 698–706.
- Shaimukhametov M. Sh. *Opyt ispol'zovaniia ultrazvuka pri izuchanii mekhanizma zakrepleniia organicheskogo veshchestva v pochve*. [Experience of use of ultrasound when studying the mechanism of fixing of organic substance in the soil]. *Pochvovedenie*, 1974, no. 5, pp. 154–161.
- Shein E. V. *Kurs fiziki pochvy*. [Soil physics course]. Moscow: Moscow University Publishing, 2005, 430 p.
- Shein E. V., Milanovskii E. Iu. *Rol' i znachenie organicheskogo veshchestva v obrazovanii i ustoiichivosti pochvennykh agregatov*. [Rol and value of organic substance in education and stability of soil units]. *Pochvovedenie*, 2003, no.1, pp. 53–61.

- Golchin A., Oades J. M., Skjemstad J. O., Clarke P. 1994. Soil structure and carbon cycling / Aust. J. Soil Res., 32, pp. 1043–1068.
- Six J., Paustian K., Elliot E. T., Combrink C. 2000. Soil structure and soil organic matter. I. Distribution of aggregate size classes and aggregate associated carbon // Soil. Sci. Soc. Am. J. V. 64, № 2, pp. 681–689.