

УДК 631.45

## МИКРОМОРФОЛОГИЯ И МИНЕРАЛОГИЯ СЕРЫХ ЛЕСНЫХ ПОЧВ ВЛАДИМИРСКОГО ОПОЛЬЯ

©2018 Д. В. Карпова<sup>1,\*</sup>, П. Н. Балабко<sup>1</sup>, **Н. П. Чижикова<sup>2</sup>**,  
Л. В. Бескин<sup>1</sup>, Н. А. Колобова<sup>1,2</sup>, Т. И. Хуснетдинова<sup>1</sup>,  
П. Р. Цымбарович<sup>1</sup>, М. В. Беляева<sup>1</sup>

<sup>1</sup>МГУ им. М. В. Ломоносова,  
Россия, 1191991, Москва, Ленинские горы, 1

<sup>2</sup>Почвенный институт им. В.В. Докучаева,  
Россия, 119017, Москва, Пыжевский пер., 7, стр. 2

\* <https://orcid.org/0000-0002-9892-9621>, e-mail: [karpovad@mail.ru](mailto:karpovad@mail.ru)

Поступила в редакцию 29.11.2017, после доработки 06.08.2018,  
принята к публикации 15.11.2018

Исследования проведены на серых лесных тяжелосуглинистых почвах, сформированных на лёссовидных суглинках, широко распространенных на территории Владимирского ополья. Подтверждена элювиально-иллювиальная дифференциация профиля, различная ее интенсивность, а также специфика кутан иллювирувания – тонкодисперсных глинистых и гумусово-глинистых с редкими примесями зерен скелета. Наличие грубых растительных остатков древесного происхождения, мощных гумусово-глинистых кутан иллювирувания в иллювиальных горизонтах свидетельствуют о лесном прошлом серых лесных почв Владимирского ополья. Микроморфология гумусового горизонта отражает направленность почвообразования и экологический статус почв. Основным процессом передвижения материала и дифференциации профиля является лессиваж. В илистой фракции доминируют смешанослойные образования. Преобладающими компонентами тонкой и средней пыли серых лесных почв являются слюда, кварц, К-полевые шпаты. А во фракции тонкой пыли второй гумусовый горизонт преобладающие минералы – кварц и полевой шпат. Наибольшее количество элементов питания сосредоточено в илистой и тонкопылевой фракциях. Данными микроморфологических исследований подтвердилась концепция о том, что в современном почвообразовательном процессе серых лесных почв Владимирского ополья присутствуют признаки как лесных (наличие кутан иллювирувания), так и степных почв (муллевый тип гумуса во втором гумусовом горизонте, наличие первичных и новообразованных карбонатов).

*Ключевые слова:* кутаны иллювирирования, межагрегатные поры, полигенез, микросложение

**DOI:** 10.19047/0136-1694-2018-94-101-123

## ВВЕДЕНИЕ

Микроморфология серых лесных почв хорошо освещена в работах ([Герасимова, и др., 1992](#); [Парфенова, Ярилова, 1977](#); [Семина, 1973](#); [Счастливая, 1967, 1970](#); [Урусевская, 1963](#)). Микростроение серых лесных почв на песках рассматривалось Л.С. Счастливой ([1967, 1970](#)). Его особенность выражается в том, что зерна горизонта А2 полностью лишены пленок. Различия между подтипами сглажены, микростроение всех горизонтов значительно проще и более однообразно по сравнению с суглинистыми почвами. Четкие закономерности фациальных изменений морфологии трех подзональных подтипов серых лесных почв по четырем провинциям европейской территории России обоснованы Т.В. Вологжаниной ([1984](#)) большим фактическим материалом с привлечением и микроморфологического. Микроморфология серых лесных почв Мещовского ополья описана в работе И.С. Урусевской ([1963](#)). Микростроение серых лесных почв Стародубского ополья представлено Е.В. Просянкиным ([1995](#)) и А.О. Макеевым ([2006](#)). Микроморфологическая диагностика и микроморфотипы почв изучены М.И. Герасимовой ([1992](#)). Микростроение серых лесных почв Владимирского ополья приведено Д.В. Карповой ([2009](#)). Микроморфологическая изученность серых лесных почв значительно уступает изученности их химизма ([Герасимова и др., 1992](#)), особенно в отношении гумуса, морфологии, географических закономерностей, продуктивности. Основные черты их микростроения выявлены давно, их морфологические характеристики подтверждались и были детально представлены в “Руководстве...” ([Парфенова, Ярилова, 1977](#)) как эталонные. Описание микростроения пахотных горизонтов отмечалось в работах Bullock et al. ([1985](#)), Stolt et al. ([2010](#)). В работах ([Герасимова, 1992](#); [Герасимова, Хитров, 2016](#)) поднимается вопрос о необходимости создания современного руководства по полевому описанию почв, соответствующего классификации почв России, и проблема связи классификационно-ориентированного описания с диагностическими свойствами почв ([Герасимова, Хитров, 2016](#)).

Крайние восточные варианты серых лесных почв микроморфологически охарактеризованы Е.В. Семиной (1973). Рассмотренные в ее работе светло-серые и серые лесные почвы Красноярской лесостепи отличаются от своих среднерусских аналогов следующими признаками: меньшей подвижностью гумусовых веществ, доказываемой слабой гумусовой прокраской кутан иллювиирования и их меньшим количеством в горизонтах, что было подтверждено анализами гумуса; относительным обилием железистых сегрегации как результата весенне-летнего надмерзлотного переувлажнения; наличием криогенных форм ориентации глинистого вещества.

Владимирское ополье представляет собой пологоволнистую равнину (высокое плато), в разной степени расчлененную эрозийной сетью и являющуюся водоразделом крупных рек (Нерль, Клязьма) (Шейн и др., 2017).

Ополье – не просто предметная категория. Этот термин обозначает определенный ландшафтный комплекс, возникший на границе лесных зон с лесостепью (Ахромеев, 2001). Это преимущественно дренированные территории, в пределах которых практически отсутствуют болотные массивы (Волкова, 1998).

Существует много мнений по поводу генезиса почв опольных ландшафтов.

Цель настоящей работы – показать микроморфологические особенности генетических горизонтов серых лесных почв Владимирского ополья.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Микроморфологические исследования проведены на серых лесных тяжелосуглинистых почвах, сформированных на лёссовидных суглинках, широко распространенных на территории Владимирского ополья. Разрезы заложены в пределах траншеи, расположенной в плакорных хорошо дренируемых условиях. Минералогический состав тонкодисперсных фракций изучали в пределах почвенных профилей траншеи 1, подготовленной к III съезду Докучаевского общества почвоведов (11–18 июля 2000 г., г. Суздаль). Почвенный покров представлен микросочетанием серых лесных остаточно-карбонатных почв и серых лесных почв со вторым гумусовым горизонтом (ВГГ). Почвы текстурно-дифференцированы и

характеризуются средне-, тяжелосуглинистым иловато-пылеватым составом верхней части профиля и легкоглинистым иловато-крупнопылеватым – нижней.

Были проведены аналитические определения: рН солевой вытяжки, обменной и гидролитической кислотности, суммы поглощенных оснований, подвижных формы  $P_2O_5$  ([Минеев, 2001](#)), гумуса методом Тюрина в модификации Никитина с использованием спектрофотометра Spacol. Гранулометрический состав и анализ подфракций дробной пептизации исследованы по ([Горбунов, 1978](#)), выделены фракции ила (<1 мкм), тонкой (1–5 мкм), средней пыли (5–10 мкм). Ориентированные препараты фракций ила, тонкой и средней пыли исследованы рентгендифрактометрическим методом на аппаратуре фирмы Carl-Zeiss Jena (Германия). Описание микростроения серых лесных почв проведено по методикам, изложенных в работах: [Методическое руководство...](#), [Парфенова, Ярилова, 1977](#), по схеме описания шлифов Ж. Ступса ([Герасимова и др., 2011](#)) и по методике Э.И. Гагариной ([2004](#)).

Полигенез серых лесных почв принимается большинством исследователей ([Ахтырцев, 1979](#); [Зонн, Карпачевский, 1964](#); [Парфенова, Ярилова, 1977](#); [Семина, 1973](#); [Ярилова и др., 1974а](#); [Макеев, 2006](#)), исходя из палеографических данных о смещениях лесной и степной зон в голоцене, существовании в морфологии профиля и химизме почв двух генетических групп. К лесным свойствам, отмечаемым в серых лесных почвах, обычно относят иллювиальный горизонт и присыпку – скелетаны, к степным – темный и достаточно мощный гумусовый горизонт, кротовины и карбонатность нижней части профиля.

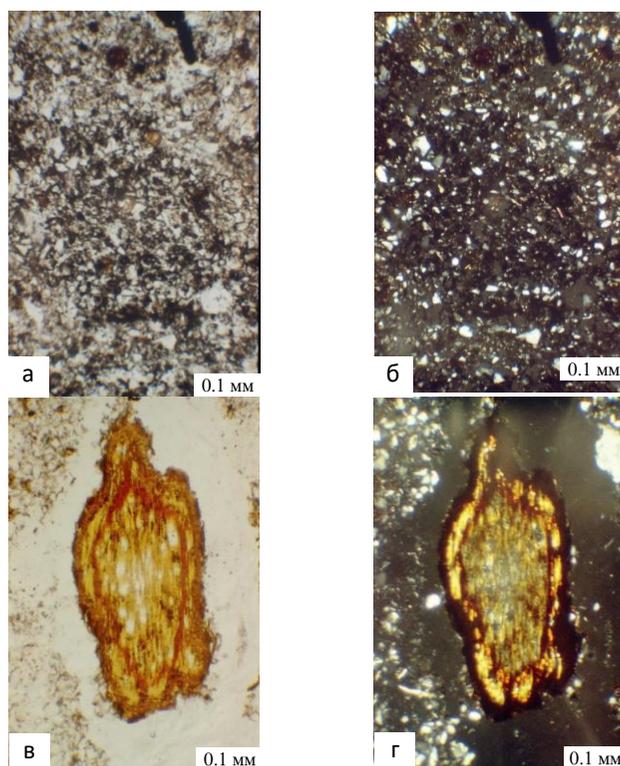
Проблема полигенеза сильно усложнилась антропогенным давлением на серые лесные почвы, достаточно продолжительным и жестким.

Элементарные почвенные процессы, формирующие серые лесные почвы, представлены довольно широко, но оцениваются несколько по-разному.

Подробное описание автоморфной траншеи приведено в “Путеводителе полевых экскурсий...” 2000 г. ([Путеводитель научных полевых экскурсий, 2000](#)) и более ранних работах ([Chizhikova, Karpova, 2016](#)).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Микроморфологические исследования показали, что пахотный горизонт серых лесных почв отличается хорошей агрегированностью, развитой сетью внутриагрегатных пор округло-овальной формы, гумусом типа мулль с небольшим количеством слаборазложившихся и обугленных растительных остатков среднего и мелкого размера (рис. 1), что подчеркивает высокие значения содержания гумуса в этом горизонте (табл. 1). Зона с черными гумонами имеет локально-округлую микронулу за счет разрушения копролитов.



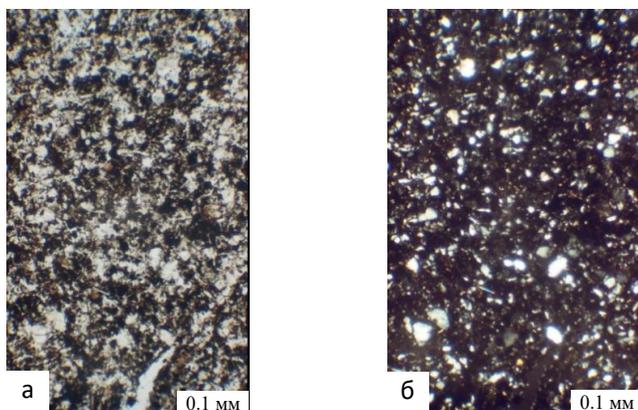
**Рис. 1.** Микросложение пахотного горизонта (5–22 см) серой лесной почвы: а – николи  $\parallel$ , б – николи  $\times$ . Крупный растительный остаток древесного происхождения в горизонте А пах (5–22 см) серой лесной почвы, в – николи  $\parallel$ , г – николи  $\times$ .

**Таблица 1.** Агрохимические свойства серых лесных почв Владимирского ополья

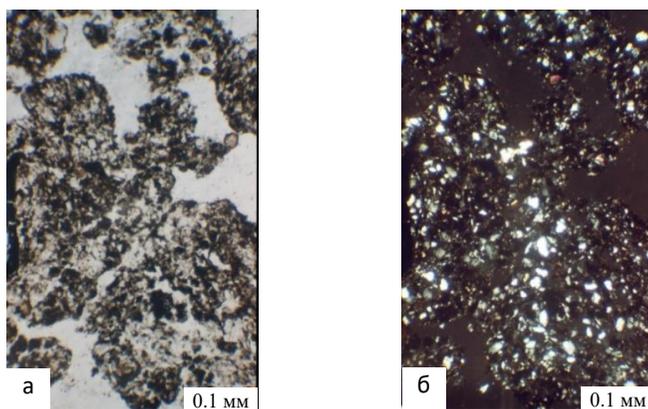
Горизонт, глубина, см	Гумус, %	pH KCl	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Гидролитическая кислотность	Сумма поглощенных оснований (Ca+Mg)	Ил (<0.001 мм)	Физ. глина (<0.01 мм)
			мг/кг	ммоль-экв/100 г почвы				
A пах(A1), 0–23	3.52	6.0	142	206	2.6	24.4	21	43
A1A2, 23–33	2.41	5.6	121	173	2.7	23.5	27	47
A2B, 33–47	1.98	5.6	114	149	2.4	21.6	27	46
B1, 47–65	1.21	5.5	99	144	2.5	22.2	29	47
B2, 65–74	1.08	5.2	90	153	3.1	19.8	28	45
BC, 74–114	1.06	5.6	120	158	2.6	22.8	28	46
C, 114–189	0.28	6.1	159	173	1.5	25.4	25	57

Минеральный скелет пахотного горизонта представлен большей частью округлыми зернами кварца, с незначительными примесями полевых шпатов, а также небольшими, редкими обломками мелкокристаллического кальцита и мусковита. Для горизонта характерно пылевато-плазменное элементарное микростроение и органо-минеральная гумусово-глинистая плазма основы. По его всей толще на темном буро-коричневом фоне располагаются небольшие светлые буровато-палевые пятна неправильной (в виде тонких горизонтальных слоев) формы, что говорит о постоянной и значительной припашке нижележащего горизонта.

ВГГ, характерный для серых лесных почв ополий (рис. 2, 3), имеющий темно-бурюю (местами до черной) окраску, однородный, изредка встречаются участки более коричневого оттенка. При скрещенных николях на темно-сером фоне пятна белого и светло-серого цвета, участки рыжеватого-коричневого. Микросложение компактное, отмечается хорошая агрегированность, агрегаты угловатой округлой формы второго порядка. Пористость как внутри, так и межагрегатная; межагрегатные поры крупные, ветвистые, внутриагрегатные поры округлой и продолговато-округлой формы, замкнутые, не сообщающиеся; стенки пор сложены плазменным материалом. Органическое вещество представлено хорошо разложившимися растительными остатками, не сохранившими свою форму,



**Рис. 2.** Микростроение и гумус типа мулль ВГГ (второй гумусовый горизонт) серой лесной почвы с ВГГ 15 м траншеи, ВГГ (22–39 см), а – николи  $\parallel$ , б – николи  $\times$ .

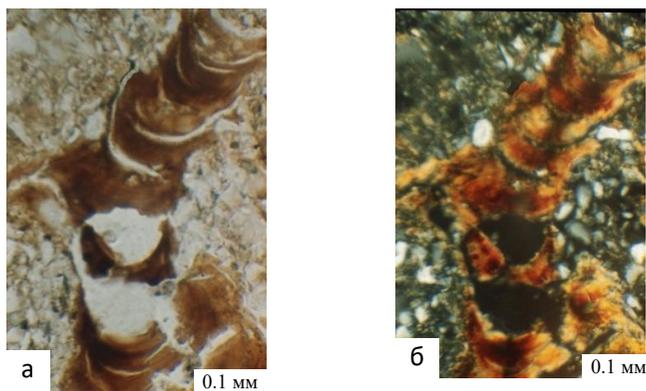


**Рис. 3.** Агрегированность ВГГ серой лесной почвы. 15 м траншеи, ВГГ (22–39 см), а – николи  $\parallel$ , б – николи  $\times$ .

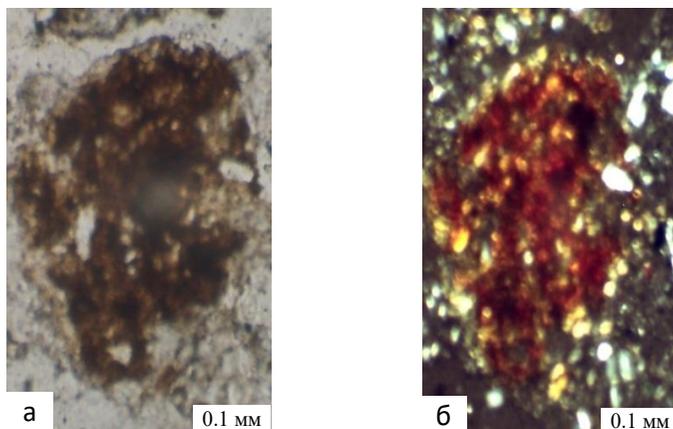
гумоны рассеянные, в скоплениях, присутствуют крупные сгустки темно-бурого и черного цвета, гумус типа мулль. Минеральный скелет представлен некрупными угловато-округлыми зернами кварца и полевых шпатов, тонкими полосками слюд. Плазма гумусово-глинистая в виде гумонов, как рассеянная, так и в скоплениях. Глинистая плазма основы сильно замаскирована гумусовым

веществом. Элементарное микростроение пылевато-плазменное. Новообразования – гумусово-глинистые стяжения небольшого размера, слаборазложившиеся растительные остатки. Включения: фитолиты растительного происхождения (злаки), спикулы губок (диатомки). Облик горизонта A2B+V1t или BA2 (иногда A2Bh) наименее постоянен и определен, поскольку зависит от соотношения в этой части профиля главных почвообразовательных процессов. Микроморфологически горизонт представляет собой сочетания микроучастков со свойствами иллювиального горизонта (мощные гумусово-глинистые кутаны иллювиирования) (рис. 4), отличаясь от обоих исходных типов микростроений заметной долей скелетан в разных положениях. В этом горизонте присутствуют гумусово-железистые новообразования, что подчеркивает прохождение гидроморфных условий (рис. 5).

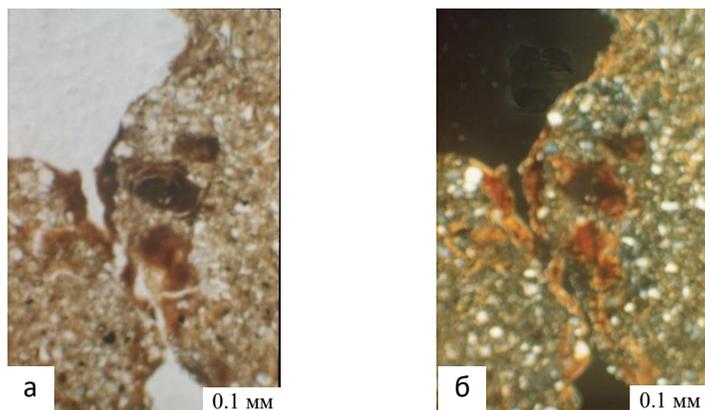
Горизонт V1t также хорошо агрегирован, агрегаты неправильной угловатой формы, 2- и 3-го порядков, имеет буровато-палевую окраску. По каналовидным порам располагаются слоистые, натечные гумусовые кутаны различного размера, описанные в работе Koopstra and Pulleman (2010), а также скелетаны. Состав скелета преимущественно кварц-полевошпатовый, с примесью слюд,



**Рис. 4.** Кутаны иллювиирования в горизонте A2B+V1t (42–59 см) серой лесной почвы, а – николи  $\parallel$ , б – николи  $\times$ .

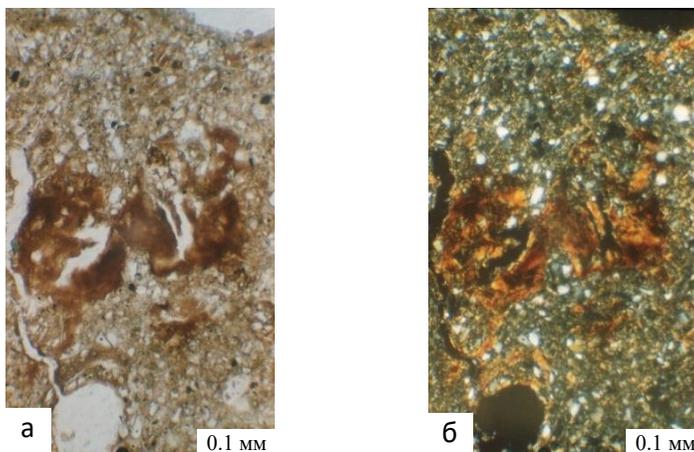


**Рис. 5.** Гумусово-железистые новообразования в горизонте A2B+B1t (42–59 см) серой лесной почвы: а – николи  $\parallel$ , б – николи  $\times$ .

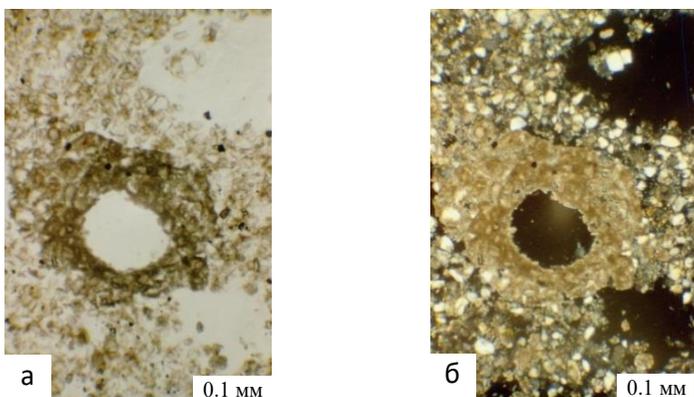


**Рис. 6.** Гумусово-глинистая кутана в поре, частично вовлеченная в основную почвенную массу серой лесной почвы, горизонт B2t (79–96 см), а – николи  $\times$ , б – николи  $\parallel$ .

хлорита и незначительной примесью зерен кальцита мелкого и среднего размера, в основном округлой формы. Плазма – глинистая, чешуйчато-волокнистая, буровато-палевая.



**Рис. 7.** Кутаны иллювиирования в горизонт B2t (79–96 см) серой лесной почвы слюд, хлорита и незначительной примесью зерен кальцита мелкого и среднего размера, в основном округлой формы. Плазма – глинистая, чешуйчато-волокнистая, буровато-палевая, а – николи ||, б – николи ×.



**Рис. 8.** Современная карбонатная микритовая кутана вокруг поры серой лесной почвы горизонта B2t (79–96 см), а – николи ||, б – николи ×.

Горизонт B2t в целом аналогичен B1t, за исключением того, что для этого горизонта характерно наличие гумусово-глинистых кутан в порах и их фрагментов в основной почвенной массе (рис. 6, 7), а также большее количество обломков кальцита и вторично образованные карбонатные зерна (рис. 8).

Содержание иллювирированных глин в горизонте В<sub>2t</sub> достигает 10–15%. Глинистые натеки имеют преимущественно гумусово-глинистый состав, они заполняют дренирующие поры, нередко в основной почвенной массе присутствуют фрагменты глинистых натеков. В гумусовых горизонтах присутствуют крупные фрагменты обугленных растительных тканей с сохранившимся клеточным строением. Что подчеркивает низкие значения содержания гумуса.

Таким образом, подтверждена иллювиальная дифференциация профиля, различная ее интенсивность в подзональных подтипах, а также специфика кутан иллювирирования – тонкодисперсных глинистых и гумусово-глинистых с редкими примесями скелетных. Аргументами в пользу гидроморфности служат марганцево-железистые сегрегации и конкреции, отмечаемые в серых лесных почвах рядом исследователей ([Ярилова и др. 1974б](#); [Зайдельман, Рыдкин, 2003](#)).

В почвах Владимирского ополья содержание гумуса колебалось от 2 до 5% в зависимости от генетических особенностей и положения на различных элементах микрорельефа ([Карпова, 2009](#)). Это соответствует низкому и среднему уровню обеспеченности ([Минеев, 1990](#)).

Распределение подвижного фосфора по генетическим горизонтам равномерное. В горизонтах А пах содержание фосфора колеблется от 60 до 397 мг/кг почвы (от низкого до очень высокого уровня обеспеченности по Минееву).

Распределение обменного калия по генетическим горизонтам во Владимирском ополье равномерное и меняется от повышенного до очень высокого уровня обеспеченности ([Минеев, 1990](#)). Варьирование в горизонте А пах от 137 до 312 мг/кг почвы.

Значения рН солевой вытяжки для Владимирского ополья колеблются в верхнем горизонте А пах от 4.9 до 6.9. В горизонте С от 4.6 до 7.8. Значения гидролитической кислотности (Нг) уменьшаются с глубиной. Высокие значения Нг наблюдаются в верхних горизонтах целинной серой лесной почвы.

Больших различий в гранулометрическом составе изученных почв не обнаружено ([Карпова, 2009](#)). Значения процентного

содержания ила и физической глины в здесь напрямую связано с присутствием глинистых кутан.

Высокие значения суммы поглощенных оснований (Ca+Mg) в нижних горизонтах связаны с преобладанием илистой фракции нижних горизонтах (табл. 2).

**Минералогия серых лесных почв Владимирского ополья.** Минералогический состав илистых фракций и закономерности распределения отдельных групп глинистых минералов в пределах профилей серых лесных почв отображены Вологжаниной (1984). Текстуальная дифференциация по гранулометрическому и минералогическому составам является диагностическими показателями серых лесных почв естественного состояния.

Соколова и др. (2005) подчеркивают, что распределение в профиле серых лесных почв илистой фракции и отдельных групп глинистых минералов можно объяснить результатом совместного действия дифференцированного разрушения глинистого материала, трансформационных изменений слоистых силикатов и лессиважа. Причем последний может охватывать илистую фракцию целиком

**Таблица 2.** Агрохимические свойства серых лесных почв со ВГГ Владимирского ополья

Горизонт, глубина, см	Гумус, %	pH KCl	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Гидролитическая кислотность	Сумма поглощенных оснований (Ca+Mg)	Ил (<0.001 мм)	Физ. глина (<0.01 мм)
A пах(A1), 0–27	3.54	6.6	199	192	1.55	24.0	18	43
A1B, 27–34	2.54	6.4	157	138	1.75	28.9	21	44
Ah(ВГГ) 34–61	2.19	6.0	106	95	1.87	22.2	17	43
A1A2, 61–73	1.45	5.8	101	90	1.87	22.5	25	46
A2B, 73–84	1.15	5.6	105	94	2.01	23.6	31	51
B1, 84–100	0.73	5.7	121	89	1.84	28.5	35	54
B2, 100–130	0.44	6.0	241	109	1.40	24.6	29	54
BC, 130–146	0.41	6.7	257	86	0.88	26.8	30	53
C, 146–150	1.41	7.6	231	94	1.53	28.4	25	53

или обеспечивать преимущественную миграцию разбухающих минералов монтмориллонитовой группы.

Минералогический состав илистой фракции представлен ассоциацией минералов, характерных для покровных лёссовидных суглинков и развитых на них почв ([Градусов, Урусевская, 1964](#); [Соколова и др., 2005](#)).

В выделенных илстых фракциях основными компонентами являются сложные неупорядоченные смешанослойные образования, среди которых доминирует слюда-сметиты с высоким содержанием сметитовых пакетов. В подчиненном количестве присутствуют слюда-сметиты с низким содержанием сметитовых пакетов, количество которой колеблется от 43 до 72%. Следующим важным компонентом являются гидрослюды, представляющие смесь ди- и триоктаэдрических фаз, соотношение которых меняется в процессе формирования почвенных профилей. Сметитовая фаза и гидрослюды составляют в сумме 85–90% от суммы представленных компонентов. Количество каолинита и хлорита изменяется в пределах 10–15%. Отмечается также наличие тонкодисперсного кварца, полевых шпатов в пахотном горизонте (табл. 3).

**Таблица 3.** Минералогический состав фракции ила серой тяжелосуглинистой почвы, %

Глубина, см	Содержание фракции ила	Каолинит + хлорит	Гидро-слюда	Смешанослойные образования
0–10	16.5	8.9	36.1	54.8
10–20	15.5	11.8	44.2	44.0
30–40	10.0	12.8	44.0	43.2
40–50	31.0	7.2	38.2	54.6
50–60	31.5	8.0	43.8	48.3
80–90	18.9	7.3	26.6	66.0
100–110	27.8	8.8	33.9	57.2
200–210	23.1	8.1	19.8	72.1

**Таблица 4.** Минералогический состав фракции тонкой пыли (1–5 мкм) серой тяжелосуглинистой почвы, %

Глубина, см	Содержание фракции 1–5 мкм	Смектит	Каолинит	Хлорит	Кварц	Полевые шпаты	Плагиоклазы	Слюда
0–20	7.7	2.2	4.1	2.9	25.6	21.8	15.4	27.9
10–20	10.0	2.5	6.9	5.1	24.6	21.5	14.3	25.0
30–40	8.8	4.9	8.6	4.5	21.8	18.7	9.9	28.4
40–50	9.5	5.2	8.2	4.2	20.7	18.8	14.2	28.8
50–60	9.5	5.7	10.1	4.7	19.8	19.3	11.5	28.7
80–90	12.9	14.4	11.4	3.5	19.6	11.9	9.2	29.7
100–110	11.2	14.4	10.1	5.1	20.9	11.7	10.8	26.9
200–210	16.0	18.0	10.8	6.2	18.5	11.9	9.6	25.0

Во фракции тонкой пыли состав минералов значительно отличается от такового в илистой (табл. 4). Значительно меньше (до 2.2%) количество смешанослойных образований, выше содержание кварца (25.6%), полевых шпатов (до 21.8%), плагиоклазов (до 15.4%) на глубине. Из слоистых силикатов помимо смектитов диагностирована слюда (до 29.7%), каолинит (4–10%), хлорит 3–6%.

Фракция средней пыли составляет всего 5–10% от суммы гранулометрических фракций. Характер ее распределения равномерный. Основными компонентами фракции являются кварц, К-полевые шпаты, плагиоклазы, слюды. В пределах профиля эти компоненты четко подразделяются на две части: верхнюю с наибольшим содержанием К-полевых шпатов, плагиоклазов и нижнюю, где доминирует кварц (30–40%) (табл. 5).

ВГГ характеризуется максимальным обеднением смешанослойными образованиями. Во фракции тонкой пыли этого гумусового горизонта также отмечается резкое увеличение количества кварца и полевых шпатов. В минералогическом составе подфракций дробной пептизации серых лесных почв водно-пептизированный ил представлен в основном обломочными формами кварца микронной размерности, слоистыми силикатами с сильно деградированной структурой и рентгеноаморфными компонентами, включая органическое вещество.

**Таблица 5.** Минералогический состав фракции средней пыли (5–10 мкм) серой тяжелосуглинистой почвы, %

Горизонт	Глубина, см	Содержание фракции 5–10 мкм	Кварц	Полевые шпаты	Плагиоклазы	Слюда
А пах	0–20	13.1	25	26	19	21
	10–20	7.7	22	31	25	17
ELB	30–40	6.1	22	29	22	19
В1	40–50	7.1	21	27	18	25
	50–60	7.1	25	25	20	19
ВСа	80–90	6.0	36	17	18	19
	100–110	4.8	40	15	18	19
Сса	200–210	6.4	30	23	21	18

Основным процессом передвижения материала и дифференциации профиля является лессиваж, менее активно протекает процесс оподзоливания.

Характерная особенность валового химического состава изучаемых пахотных серых лесных тяжелосуглинистых почв – отчетливо выраженная дифференциация профиля по содержанию оксидов кремния и железа с алюминием как результат почвообразования.

Проведенный анализ определения содержания элементов по фракциям и диагностика носителей этих элементов дает основание заключить, что наибольшее количество элементов питания (Р, К) сосредоточено в илистой и тонкопылевой фракциях ([Карпова, 2009](#)). Что подчеркивает высокие значения содержания подвижного фосфора и обменного калия.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Колебания значений содержания гумуса в серых лесных почвах Владимирского ополья вызваны генетическими особенностями и положением на различных элементах микрорельефа.

Характер распределения содержания подвижного фосфора и обменного калия по генетическим горизонтам серых лесных почв Владимирского ополья равномерный.

Значения рН солевой вытяжки пахотного горизонта подчеркивают слабокислую реакцию серых лесных почв Владимирского

ополя. Верхние горизонты целинной серой лесной почвы характеризуются высокими значениями гидролитической кислотности, которые уменьшаются с глубиной.

Значения суммы поглощенных оснований (Ca+Mg) мало изменяется с глубиной по почвенным горизонтам.

Глинистые кутаны являются индикаторами процентного содержания ила и физической глины в изученных почвах.

Диагностическими показателями серых лесных почв естественного состояния является текстурная дифференциация по гранулометрическому и минералогическому составам.

Смешанослойные образования представляют доминанту в илистой фракции. Преобладающими компонентами тонкой и средней пыли серых лесных почв являются слюда, кварц, К-полевые шпаты. А во фракции тонкой пыли ВГГ преобладающие минералы – кварц и полевой шпат.

По микроморфологическим признакам наличие грубых растительных остатков древесного происхождения, мощных гумусово-глинистых кутан иллювиирования в дренирующих порах иллювиальных горизонтах и фрагментов глинистых кутан в основной почвенной массе этих горизонтов (В1t и В2t), а также дифференциация профиля почв по элювиально-иллювиальному типу свидетельствуют о лесном прошлом серых лесных почв Владимирского ополя.

Таким образом, по данным микроморфологических исследований, подтвердилась ранее высказанная концепция о том, что в современном почвообразовательном процессе серых лесных почв Владимирского ополя присутствуют как признаки лесных почв (наличие кутан иллювиирования), так и признаки формирования этих почв по степному типу, о чем свидетельствует муллевый тип гумуса в ВГГ, наличие первичных и новообразованных карбонатов.

Наибольшее количество элементов питания сосредоточено в илистой и тонкопылеватой фракциях.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александровский А.Л. Эволюция почв Восточной Европы на границе между лесом и степью // Естественная и антропогенная эволюция почв Пушкино, 1988. С. 82–94.

2. *Алифанов В.М.* Серые лесные почвы центра русской равнины. Историко-генетический анализ // Эволюция и возраст почв СССР. Пушино, 1986. С. 155–162.
3. *Ахромеев Л.М.* Природа и природные ресурсы Брянской области. Брянск, 2001. 215 с.
4. *Ахтырцев Б.П.* Серые лесные почвы Центральной России. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1979. 232 с.
5. *Величко А.А., Морозова Т.Д., Нечаев В.П., Порожнякова О.М.* Позднеплейстоценовый криогенез и современное почвообразование в зоне южной тайги (на примере Владимирского ополья) // Почвоведение. 1996. № 6. С. 1056–1064.
6. *Волкова Н.И.* Ландшафтная структура и ее влияние на современные антропогенные процессы (на примере Брянской области): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М., 1998. 23 с.
7. *Воложанина Т.В.* Серые лесные почвы широколиственных лесов Русской равнины: Автореф. дис. ... докт. с.-х. наук. М., 1984. 54 с.
8. *Гагарина Э.И.* Микроморфологический метод исследования почв. СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2004. 156 с.
9. *Герасимова М.И.* Микроморфологическая диагностика и микроморфотипы почв: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. М., 1992. 43 с.
10. *Герасимова М.И., Губин С.В., Шоба С.А.* Микроморфология почв основных природных зон СССР. Пушино, 1992. 200 с.
11. *Герасимова М.И., Ковда И.В., Лебедева М.П., Турсина Т.В.,* Микроморфологические термины как отражение современного состояния исследований микростроения почв // Почвоведение. 2011. № 7. С. 804–817.
12. *Герасимова М.И., Хитров Н.Б.* Полевое описание почв для решения классификационных и генетических задач // Морфология почв: от макро- до субмикроуровня. Материалы Всерос. конф. 19–21 декабря 2016. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2016. С.10–21.
13. *Горбунов Н.И.* Минералогия и физическая химия почв. М.: Наука, 1978. 249 с.
14. *Градусов Б.П., Урусевская И.С., Шоба С.А.* Микроморфологические и глинисто-минералогические особенности серых лесных почв центра Русской равнины // Вестник Моск. ун-та. Сер. 17, почвоведение. 1981. № 2. С. 16–27.
15. *Градусов Б.П., Урусевская И.С.,* Химический и минералогический состав илистой фракции серых лесных почв Калужской области // Вестник Моск. ун-та. Сер. 17, почвоведение. 1964. № 3. С. 21–29.
16. *Зайдельман Ф.К., Рыдкин Ю.И.* Почвы ополей лесной зоны – генезис, гидрология, мелиорация и использование // Почвоведение. 2003. № 3. С. 261–274.

17. *Зонн С.В., Карпачевский Л.О.* Лесные почвы Камчатки. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 256 с.
18. *Карпова Д.В.* Оценка агроэкологического состояния серых лесных почв Владимирского ополья: Дис. ... докт. с-х. наук. М., 2009. 331 с.
19. *Макеев А.О.* "Ополье" – почвы и почвенный покров Владимирского ополья // Путевод. науч. полев. экскур. III съезда Докуч. об-ва почвовед., 11–18 июля 2000 г. Суздаль, 2000. С. 11–31.
20. *Макеев А.О.* Поверхностные палеопочвы лёссовых водоразделов Русской равнины // Доклады по экологическому почвоведению. 2006. № 3. Вып. 4. С. 1–482.
21. *Макеев А.О., Дубровина И.В.* География, генезис и эволюция почв Владимирского ополья // Почвоведение. 1990. № 7. С. 5–25.
22. Методическое руководство по микроморфологии почв / Под ред. Добровольского Г.В. и др. М.: Изд-во Моск ун-та, 1983, 80 с.
23. *Минеев В.Г.* Агрохимия. М.: Изд-во Моск ун-та, 1990. 720 с.
24. *Парфенова Е.И., Ярилова Е.А.* Руководство к микроморфологическим исследованиям в почвоведении. М.: Наука, 1977. 292 с.
25. Практикум по агрохимии / Под ред. Минеева В.Г. М.: Изд-во Моск ун-та, 2001. 689 с.
26. *Просьянников Е.В.* Взаимовлияние почв и радиоактивности в экосистемах полевья и ополья юго-запада России: Дис. ... докт. с-х. наук. М., 1995. 464 с.
27. Путеводитель научных полевых экскурсий III Съезда Докучаевского об-ва почвоведов. М.: Агровестник, 2000. С. 11–25.
28. *Семина Е.В.* Микроморфологические особенности серых лесных почв Красноярской лесостепи // Микроморфология почв и рыхлых отложений. М.: Наука, 1973. С. 53–60.
29. *Соколова Т.А., Дронова Т.Я., Толпешта И.И.* Глинистые минералы в почвах. М., 2005. 335 с.
30. *Счастливая Л.С.* Особенности морфогенетического профиля серых лесных почв южной лесостепи // Уч. Зап. ЛГУ. Сер. Биология. 1967. № 331. Вып. 50.
31. *Счастливая Л.С.* Микроморфологические признаки миграции веществ в профиле серых лесных почв на различных породах // Всесоюзн. Съезд ВОП. Тез. докл. Т. 3. Алма-Ата, 1970.
32. *Тюрюканов А.Н., Быстрицкая Т.Л.* Ополья Центральной России и их почвы. М.: Наука, 1971. 239 с.
33. *Урусевская И.С.* Серые лесные почвы центральных районов Калужской области: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1963. 22 с.
34. *Урусевская И.С., Соколова Т.А., Шоба С.А., Багнавец О.С., Куйбышева И.П.* Морфологические и генетические особенности профиля

светло-серой лесной почвы на покровных суглинках // Почвоведение. 1987. № 4. С. 5–16.

35. *Шейн Е.В., Кирюшин В.И., Корчагин А.А., Мазиров М.А., Ильин Л.И., Дембовский А.В.* Оценка агрономической однородности и совместимости компонентов почвенного покрова Владимирского ополя // Почвоведение. 2017. № 10. С. 1208-1215. doi: 10.7868/S0032180X17100082

36. *Ярилова Е.А.* Микроморфология черноземов // Черноземы СССР. Т. 1. М.: Колос, 1974а. С. 156–173.

37. *Ярилова Е.А.* Роль литофильных лишайников в выветривании массивно-кристаллических пород. Л.: Наука, 1974б. 284 с.

38. *Bullock P., Fedoroff N., Jongerius A., Stoops G., Tursina T., Babel U.* Handbook for Soil Thin Section Description. Waine Research Publication, Woiwrehampton, UK, 1985. 152 p.

39. *Kooistra M., Pulleman M.M.* Features Related to Faunal activity. Interpretation of Micromorphological Features of Soil and Regoliths. USA, 2010. P. 405–426.

40. *Stolt M.H., Lindbo D.L.* Soil Organic matter // Interpretation of Micromorphological Features of Soil and Regoliths. USA, 2010. P. 375–403.

41. [Chizhikova N.P., Karpova D.V. Spatial Distribution of Mineral Components in Microcombinations of Agrogray Soils with the Second Humus Horizon in the Vladimir Opolie Area](#) // [Eurasian Soil Science](#). 2016. V. 49. № 9. P. 1038–1048.

## THE MICROMORPHOLOGY AND MINERALOGY OF GRAY FOREST SOILS IN VLADIMIR OPOLYE

**D. V. Karpova<sup>1,\*</sup>, P. N. Balabko<sup>1</sup>, N. P. Chizhikova<sup>2</sup>,  
L. V. Beskin<sup>1</sup>, N. A. Kolobova<sup>1,2</sup>, T. I. Husnetdinova<sup>1</sup>,  
P. R. Tsymbarovich,<sup>1</sup> M. V. Belyaeva<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Lomonosov Moscow State University,  
Russia, 119191, Moscow, Leninskie gory, 1*

<sup>2</sup>*V.V. Dokuchaev Soil Science Institute,  
Russia, 119017, Moscow, Pyzhevskii per., 7-2*

\* <https://orcid.org/0000-0002-9892-9621>, e-mail: [karpovad@mail.ru](mailto:karpovad@mail.ru)

*Received 29.11.2017, Revised 06.08.2018, Accepted 15.11.2018*

The investigations were conducted on the gray forest heavy clay loamy soils, formed on the loess-like loams, which are widely spread on the territory of Vladimir Opolye. The eluvial-illuvial profile differentiation, its different intensity

and the specificity of illuvial coatings (fine dispersed clayey and humus-clayey coatings with sparse skeletal content of soil) is confirmed. The presence of the coarse wooden plant residues, thick humus-clayey illuvial coatings within the illuvial horizons speak about the forest origin of the grey forest soils in Vladimir Opolye. The micromorphology of humus horizon reflects the direction of the soil forming process and the ecological status of soils. The illimerization is the main process of the matter migration and soil profile differentiation. The mixed-layer formations prevail in the clayey fraction. Mica, quartz, and K-feldspars are the prevailing compounds of the fine and medium silt within the gray forest soils. In the silt fraction of the second humus horizon prevail quartz and feldspar. The most of the nutrients is concentrated in the clayey and fine-silt fraction. The micromorphological investigations confirmed the theory, which speaks about the presence of forest (the presence of illuvial coatings) as well as steppe soils (mull humus type in the SHH, the presence of primary and newly formed carbonates) specificities in the modern soil forming process within the gray forest soil of Vladimir Opolye.

*Keywords:* illuvial coatings, interaggregates pores, polygenesis, microcomposition

## REFERENCES

1. Aleksandrovsky A.L. Evolution of soils in Eastern Europe on the border between forest and steppe, *Natural and anthropogenic evolution of soils: collection of scientific Articles*, Pushchino: ONTI NCBI USSR Academy of Sciences, 1988, pp. 82–94. (in Russian)
2. Alifanov V.M. Gray forest soils of the center of the Russian plain. Historical and genetic analysis, Evolution and age of soils of the Soviet Union *Collection of scientific Articles*. Pushchino, 1986, pp. 155–162. (in Russian)
3. Akhromeev L.M. Nature and natural resources of the Bryansk region. Textbook. Allowance (Ed.) Akhromeeva L.M. *Bryansk; Bryan. Gos. Ped. Un-t them. Acad. I.G. Petrovsky*, 2001, 215 p. (in Russian)
4. Akhtyrsev B.P. *Gray forest soils of Central Russia*, Voronezh, 1979, 232 p. (in Russian)
5. Velichko A.A., Morozova T.D., Nechaev V.P., Porozhnyakova O.M. The late Pleistocene-Load cryogens and modern soil formation in the zone of southern taiga (by the example of the Vladimir opolye), *Pochvovedenie*, 1996, No. 6, pp. 1056-1064. (in Russian)
6. Volkova N.I. *Landscape structure and its influence on modern anthropogenic processes (on the example of the Bryansk region)*. Author's abstract. dis. Cand. geogr. Sciences, Moscow, 1998, 23 p. (in Russian)

7. Vologzhanina T.V., *Gray forest soils of broad-leaved forests of the Russian Plain*. Author's abstract, Doctor's thesis, Moscow, 1984, 54 p. (in Russian)
8. Gagarina E.I. Micromorphologically method of the study of soils. Studies' benefit, SPb.: *Publishing house of S. peterb. Univers.*, 2004, 156 p. (in Russian)
9. Gerasimova M.I., Kovda I.V., Lebedeva M.P., Tursina T.V. Micromorphological Terms: The State of the Art in Soil Microfabric Research, *Eurasian Soil Science*, 2011. V. 44 (7), pp. 739-752. doi: 10.1134/S1064229311070052.
10. Gerasimova M.I., Gubin S.V., Shoba S.A. *Micromorphology of Soils of the Main Natural Zones of the USSR*, Pushchino, 1992, 200 p. (in Russian)
11. Gerasimova M.I., Khitrov N.B. Field description of soils for the solution of classification and genetic problems, *Morphology of soils: from macro to submicro-level. Materials of the All-Russian Conference with international participation*, Moscow, 2016, pp. 10-21. (in Russian)
12. Gerasimova M.I. *Micromorphologically diagnosis and micromorphology soil*, Moscow, 1992, 366 p. (in Russian)
13. Gorbunov N.I. *Mineralogy and physical chemistry of soils*, Moscow: Science Publ., 1978, 249 p. (in Russian)
14. Gradusov B.P., Urusevskaya I.S., Chemical and mineralogical composition of the clay fraction of gray forest soils of the Kaluga region, *Bulletin of the Moscow State University, Series 17, Soil Science, Series VI*, 1964, No. 3, pp. 21-29. (in Russian)
15. Gradusov B.P., Urusevskaya I.S., Shoba S.A.. Micromorphological and clay-mineralogical features of gray forest soils of the center of The Russian plain, *Bulletin of the Moscow State University, Ser. Pedology*. 1981. No. 2, pp. 16-27. (in Russian)
16. Zaidelman F.R., Rydkin Yu.I. The soils of the Opolye forest zone are genesis, hydrology, melioration and utilization, *Pochvovedenie*, 2003, No. 3, pp. 261-274. (in Russian)
17. Zonn S.V., Karpachevsky L.O. *Forest soils of Kamchatka*. Moscow, The USSR Academy of Sciences Publishing House, 1963, 256 p. (in Russian)
18. Karpova D.V., *The evaluation of the agroecological state of gray forest soils of the Vladimir Opolye*. Doctor's thesis, Moscow, 2009, 331 p. (in Russian)
19. Makeev A.O. "Opolye" – Soils and soil cover of Vladimir Opole, *Guided tour. Scientific field. excursion. III Congress of the Dokuch. The Soil Science Society, July 11-18, 2000 Suzdal*. Ed. M., 2000, pp. 11-31. (in Russian)
20. Makeev A.O., *Reports on environmental soil science*, 2006, № 3, V. 4, pp. 1-482. (in Russian)
21. Makeev A.O., Dubrovina I. V. Geography, genesis and evolution of soils of Vladimir Opolye, *Pochvovedenie*, 1990, No. 7, pp. 5-25. (in Russian)

22. *A study guide on the micromorphology of the soil under the editorship*. G.V. Dobrovolsky, Yarilova E.A., Parfyonova, E.A., Gerasimova, M.I., Tursina T.V., Fedorov K.N., Balabko P.N., Shoba S.A., Moscow, 1983, 80 p. (in Russian)
23. Mineev V.G., *Agrochemistry*, Moscow, 1990, 720 p. (in Russian)
24. Parfenova E.I., Yarilova E.A. *A guide to micromorphological studies in soil science*, Moscow: Nauka Publ., 1977, 292 p. (in Russian)
25. *Workshop on agricultural chemistry: Textbook*. benefit, 2nd ed., Rev. and DOP. Under the editorship of academician V. G. Mineev RAAS, M.: Publishing house of Moscow state University, 2001, 689 p. (in Russian)
26. Prosyannikov E.V. *Interference of soil and radioactivity in Polesia ecosystems and in Opolye South-West of Russia*. Diss. Moscow, 1995, 464 p. (in Russian)
27. *Guide of scientific field excursions of the III Congress of the Dokuchaevsky Society of Soil Scientists*, Moscow, 2000. (in Russian)
28. Schastnaya L.S., Features of morphogenetic profile of gray forest soils of southern forest-steppe. *Uch. Zap. LIE. Ser. Biology.*, No. 331, V. 50, Leningrad, 1967. (in Russian)
29. Schastnaya L.S., Micromorphological signs of migration of substances in the profile of gray forest soils on various rocks, *Vsesoyuzn. Congress VOP. Tesa. Dokl.*, Alma-Ata, 1970, V. 3. (in Russian)
30. Semina E.V., Micromorphological features of gray forest soils of Krasnoyarsk forest-steppe. *Micromorphology of soils and loose sediments*. Moscow: Science Publ., 1973, pp. 53-60. (in Russian)
31. Sokolova T.A., Dronova T.Ya., Tolpeshta I.I. *Clay minerals in soils*. Moscow, 2005, 335 p. (in Russian)
32. Tyuryukanov A.N., Bystritskaya T.L. *Opolye of the Central Russia and their soils*. Science Publ., 1971, 239 p. (in Russian)
33. Urusevskaya I.S. *Gray forest soils of the Central districts of Kaluga region*. Abstract. candidate's thesis. Moscow, 1963, 22 p. (in Russian)
34. Urusevskaya I.S., Sokolova T.A., Shoba S.A. Morphological and genetic features of the profile of light gray forest soil on cover loam, *Pochvovedenie*, 1987, No. 4, pp. 5-16. (in Russian)
35. Shein E. V., Kiryushin V. I., Korchagin, A. A., Mazir M. A., L. I. Ilyin, A. Dembowski V. Assessment of Agronomic Homogeneity and Compatibility of Soils in the Vladimir Opolie Region, *Eurasian Soil Science*, 2017, V. 50 (10), pp. 1166-1172. doi: 10.1134/S1064229317100118
36. Yarylova E.A. Micromorphology of chernozems, *Chernozems of the USSR*. T. 1. Moscow, 1974, pp. 156-173. (in Russian)
37. Yarylova E.A. *The role of lithophilic lichens in the weathering of massif-crystalline rocks*. Leningrad, Nauka Publ., 1974, 284 p. (in Russian)

Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2018. Вып. 94  
Dokuchaev Soil Bulletin, 2018, 94

38. Bullock P., Fedoroff N., Jongerius A., Stoops G., Tursina T., Babel U. *Handbook for Soil Thin Section Description*. Waine Research Publication, Woiwrehampton, UK, 1985, 152 p.

39. Kooistra M., Pulleman M.M. *Features Related to Faunal activity. Interpretation of Micromorphological Features of Soil and Regolith's*. USA, 2010, pp. 405-426.

40. Stolt M.H., Lindbo D.L. *Soil Organic matter. Interpretation of Micromorphological Features of Soil and Regoliths*. USA, 2010, pp. 375-403.

41. Chizhikova N.P., Karpova D.V. [Spatial Distribution of Mineral Components in Microcombinations of Agrogray Soils with the Second Humus Horizon in the Vladimir Opolie Area](#), *Eurasian Soil Science*, 2016, V. 49, № 9, pp. 1038-1048.

### Ссылки для цитирования

Карпова Д. В., Балабко П. Н., Чижикова Н. П., Бескин Л. В., Колобова Н. А., Хуснетдинова Т. И., Цымбарович П. Р., Беляева М. В. Микроморфология и минералогия серых лесных почв Владимирского ополья // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. 2018. Вып. 94. С. 101-123. doi: 10.19047/0136-1694-2018-94-101-123

**For citation:** Karpova D. V., Balabko P. N., Chizhikova N. P., Beskin L. V., Kolobova N. A., Husnetdinova T. I., Tsymbarovich P. R., Belyaeva M. V. The Micromorphology and Mineralogy of Gray Forest Soils in Vladimir Opolye, *Dokuchaev Soil Bulletin*, 2018, V. 94, pp. 101-123. doi:10.19047/0136-1694-2018-94-101-123