

ГЕНЕЗИС И ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ

УДК 631.4

НОВООБРАЗОВАНИЯ (ОРТШТЕЙНЫ И ПСЕВДОФИБРЫ) ПОВЕРХНОСТНО-ОГЛЕЕННЫХ СУПЕСЧАНЫХ ПОЧВ СЕВЕРА ТАМБОВСКОЙ РАВНИНЫ

© 2019 г. Ф. Р. Зайдельман¹*, Л. В. Степанцова², А. С. Никифорова¹, В. Н. Красин²,
И. М. Даутоков², Т. В. Красина²

¹МГУ им. М.В. Ломоносова, Россия, 119991, Москва, Ленинские горы, 1

²Мичуринский государственный аграрный университет,
Россия, 393760, Мичуринск, Тамбовская обл., ул. Интернациональная, 101

*e-mail: frz10@yandex.ru

Поступила в редакцию 11.05.2018 г.

После доработки 28.09.2018 г.

Принята к публикации 28.11.2018 г.

В профиле светло-серых почв (неоглеенной, глубокооглеенной, слабоглееватой и сильноглееватой) на пылевато-супесчаных двучленных отложениях надпойменных террас Тамбовской низменности в верхней части песчаной толщи формируются широкие до 5–10 см псевдофибры. В профиле наиболее гидроморфной светло-серой поверхностно-глеевой почвы псевдофибры отсутствуют. Появление ортштейнов в профиле указывает на контрастные застойно-промывные условия. Угловатые черные ортштейны размером менее 2 мм с высоким содержанием Mn характерны для слабоглееватых почв, серовато-бурые размером 7–10 мм – для сильноглееватых и глеевых почв. Коэффициенты накопления (отношение содержания элемента в ортштейнах к его содержанию во вмещающем мелкозем) Cd и Pb достигают 100–300, Co и Mo – 10–100, Zn и Cu – 2–5, содержание P₂O₅ – 1.0–1.5%. Содержание органического вещества в ортштейнах составляет 1.8–2.5%, его состав резко фульватный (Сгк : Сфк < 0.4). Плотность псевдофибр достигает 1.6 г/см³, их пористость аэрации уменьшается до 3–6%. Они отличаются повышенной кислотностью, более высоким (в 1.5–3 раза) содержанием ила, Al, Fe, Mn и микроэлементов. Надежным количественным критерием для оценки агроэкологического состояния светло-серых поверхностно-оглеенных почв может служить соотношение Fe/Mn в 1 н. сернокислой вытяжке из ортштейнов (коэффициент заболоченности по Зайдельману и Оглезневу).

Ключевые слова: марганцево-железистые и железистые новообразования, диагностика оглеения

DOI: 10.1134/S0032180X19050125

ВВЕДЕНИЕ

Ортштейны широко распространены в почвах таежно-лесной зоны, они являются индикаторами глееобразования при поверхностном или грунтовым заболачивании в условиях застойно-промывного водного режима. Под ортштейнами мы понимаем округлые твердые Mn–Fe конкреции [6]. Их морфологические особенности и состав определяются не только гидрологическим режимом почвы, но и характером почвообразующей породы. Существует обширный литературный материал раскрывающий генезис, химический и минералогический состав этих новообразований [2, 3, 6, 8, 11–13, 15–17]. Для разных генетических рядов почв предложены значения коэффициента заболоченности – критерия, основанного на соотношении Fe/Mn в 1 н. сернокислой вытяжке. Проведены многолетние на-

блюдения по выявлению связи между изменением водного режима дерново-подзолистых почв после мелиорации и изменению состава и морфологии Fe–Mn конкреций [6]. Значительный интерес представляют работы Стрельченко о концентрации фосфора в ортштейнах [12, 13].

В литературе отсутствуют сведения об псевдофибровых образованиях почв Тамбовской равнины, хотя горизонтальные ожелезненные прослои в средней части профиля характерны для супесчаных серых лесных почв этой территории [4]. Исследованиям Зайдельмана [6] в Окско-Мещерском полестье было установлено, что на каждый см мощности псевдофибр формируется дополнительно 0.8 см запасов влаги. Были выявлены особенности этих образований в зависимости от глубины залегания грунтовых вод и степени оглеения почв. В исследованном нами ряду почв после

влажных зим или ливневых осадков также формируется дополнительный запас влаги на псевдофибрах [7].

В настоящей работе представлены сведения о морфологии, химическом составе ортштейнов и псевдофибр светло-серых и светло-серых поверхностно-оглеенных почв севера Тамбовской равнины. Генетические особенности этих почв, физико-химические свойства, режим влажности и продуктивность в пятилетнем цикле рассмотрены нами ранее [7]. В лесостепной зоне часты засушливые годы, когда в профиле светло-серых супесчаных почв полностью исчезают морфохроматические признаки оглеения в виде сизой окраски. Только наличие новообразований позволяет диагностировать особенности многолетнего водного режима этих почв, что необходимо для их оптимального использования в сельском хозяйстве.

При изложении рассматриваемого материала авторы использовали “Классификацию и диагностику почв СССР” [10] и отнесли исследованные почвы к светло-серым поверхностно-оглеенным почвам. Однако в связи со значительной вариабельностью характера почвообразующих пород в этом регионе, в том числе более ясно выраженной двучленностью объекта исследования, его целесообразно рассматривать как относящийся к типу дерново-глеевых, подтипу дерново-поверхностно-глееватых, роду оподзоленных почв на двучленных отложениях, подстилаемых песками.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ

Пахотные угодья Тамбовской области в основном приурочены к черноземам, но в ряде районов, примыкающих к Воронежскому и Цнинскому лесным массивам, в их составе значительную долю составляют серые лесные почвы. Детальный обзор генезиса, свойств и морфологии серых и темно-серых почв на лёссовидных тяжелых суглинках представлен в монографии Ахтырцева [4]. Однако разнообразие этих почв не ограничивается тяжелосуглинистыми разностями. Светло-серые почвы в Тамбовской обл. приурочены в основном к песчаным и супесчаным водноледниковым отложениям. Несмотря на легкий гранулометрический состав, они подвержены поверхностному заболачиванию. Это наименее изученные почвы области. Они в большей степени, чем черноземы и темно-серые почвы, подвержены агрогенной деградации.

Непосредственным объектом исследований послужили новообразования в почвах опытного поля Плодоовощного института Мичуринского государственного аграрного университета на территории землепользования учхоза “Роща” Мичуринского района Тамбовской области.

Исследованный ряд светло-серых почв различной степени оглеения приурочен к первой надпойменной террасе на правом берегу реки Лесной Воронеж (один из истоков р. Воронеж). Поверхность террасы волнистая с многочисленными западинами и ложбинами, в которых весной и после ливневых дождей застаивается влага.

Были исследованы новообразования следующего ряда почв: светло-серая среднemocная (разр. 1, горизонты: Апах—А1—А1А2—В1—В2fi—В3f—С) — на повышенном участке; светло-серая мощная глубокооглеенная (разр. 2, Апах—А1—А1А2—А2В—В1g'—В2fi—Сg") — на склоне; светло-серая среднemocная поверхностно-слабоглееватая (разр. 3, Апах,g'—А1g"—А1А2—В1fi—В2f—В3f,g'—Сg") — в небольшом замкнутом понижении на повышенном участке террасы; светло-серая мощная поверхностно-среднеглееватая (разр. 4, Апах,fs,g"—А1g"—А1А2g"—А2Вg"—В1fg"—В2g"—Сfi,g") — на дне открытой ложины и светло-серая среднemocная поверхностно-глеевая (разр. 5, Апах,fs,g"—А1g"—А1А2"—А2Вg"—В1f,g"—В2g"—Сg"—G) — в центре обширной замкнутой западины. Почвы сформировались на двучленных отложениях — пылеватых супесях мощностью 40—120 см, подстилаемых мелкозернистыми песками с глинистыми прослоями. В депрессиях весной во влажные и средние по зимним осадкам годы образуется двухуровневая верховодка — поверхностное затопление сочетается с внутрипочвенным застоём влаги на контакте слоев. В очень влажные годы возможно обводнение всего профиля, грунтовые воды не влияют на водный режим.

Ортштейны отмывали на сите 0.25 мм из воздушно-сухих образцов, отобранных из гумусовых горизонтов почв. Внутреннее строение новообразований изучали с помощью фотографирования с применением фотокамеры Canon EOS-5D Mark II, макрообъектив и проекционных объективов с фокусными расстояниями 50, 40 и 20 мм.

Для анализа валового химического состава разложение почвы и псевдофибр проводили сплавлением с карбонатом натрия, ортштейнов — смесью серной и хлорной кислот с последующим определением элементов аналитическими методами: фосфора (с SnCl₂ и аскорбиновой кислотой), железа — сульфосалицилатным методом, марганца (с формальдоксимом), титана — пероксидным; кремния — гравиметрическим желатиновым, кальция, магния — комплексометрически (трилон Б, кальцеин, хром темно-синий), серы — турбодиметрически, алюминия — комплексометрически (с дитизином) [1], микроэлементов (Zn, Cu, Co, Mo) и тяжелых металлов — атомно-адсорбционным методом [14]. Различные соединения железа в почве, псевдофибрах и ортштейнах определяли в 1 н. сернохлорной вытяжке, в вытяжках Тамма и Мера—Джексона [13]; Фракционный состав гуму-

Таблица 1. Содержание и фракционный состав ортштейнов светло-серых поверхностно-оглеенных почв. (В светло-серой и светло-серой глубокооглеенной почвах ортштейны отсутствуют)

Почва	Горизонт, глубина, см	Массовая доля ортштейнов, %	Содержание фракции, %, размером, мм					
			>5	5–3	3–2	2–1	1–0.5	0.5–0.25
Светло-серая поверхностно-слабоглееватая, разр. 3	Апах, g', 0–12	0.68 ± 0.34	0	4.2	11.1	40.8	43.0	0.9
	А1g", 12–25	0.57 ± 0.08	0	9.3	11.4	34.3	43.3	1.7
Светло-серая поверхностно-сильноглееватая, разр. 4	Апах, fs, g", 0–24	7.07 ± 0.87	0.4	7.6	22.2	40.3	26.8	2.8
	А1g", 24–47	3.12 ± 0.35	5.4	17.1	21.3	29.8	12.1	14.3
	А1А2g", 47–72	2.27 ± 0.25	0	0	0.8	23.5	55.2	20.5
Светло-серая поверхностно-глееватая, разр. 5	Апах, fs, g"', 0–20	13.51 ± 1.93	21.4	24.5	22.3	27.7	3.8	0.3
	А1g", 20–30	4.23 ± 0.93	6.4	23.1	25.4	40.6	4.2	0.3
	А1А2g"', 30–45	1.34 ± 0.28	0	1.7	9.6	60.6	25.7	1.9

са конкреций определяли по методу Кононовой и Бельчиковой [14], схема экстракции была немного изменена – первую фракцию снимали 0.1 н. раствором NaOH, сумму первой и второй фракций – пирофосфатом натрия, материал конкреций после обработки щелочью отмывали от Fe и Mn, многократно обрабатывая его 0.1 н. раствором H₂SO₄. После этого третью фракцию извлекали шестичасовым термостатированием с 0.05 н. раствором NaOH при температуре 80°C. Параллельно определяли различные соединения фосфора в ортштейнах: органические фосфаты – в 0.1 н. и 0.05 н. вытяжках NaOH, отдельно определяли фосфаты, связанные с гуминовыми и фульвокислотами, фосфаты железа – в 1 н. сернокислой вытяжке, прочносвязанные и окклюдируемые железом фосфорные соединения – в остатке после всех обработок. В качестве аналитических критериев диагностики рассматривались: критерий Швертманна (по мелкозему пахотного горизонта почв) – соотношению аморфного и суммарного несиликатного железа; коэффициент заболоченности (отношение Fe/Mn в 1 н. вытяжке из ортштейнов). Все определения проводили в четырехкратной повторности, аналитические показатели – в десятикратной.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Морфологические особенности. Появление ортштейнов в профиле указывает на контрастные застойно-промывные условия. Ортштейны в рассматриваемом ряду образуются только в почвах, где наблюдается периодическое поверхностное затопление. В светло-серой и светло-серой глубокооглеенной почвах эти новообразования отсутствуют (табл. 1). Бесструктурность гумусового горизонта и высокое содержание пылевой фракции определяют плохую смачиваемость почвы и низкую водопроницаемость гумусового горизонта,

поэтому летом после ливневых дождей и весной вода в понижениях на поверхности почвы и в пахотном горизонте застаивается от 1–3 дней до недели [7]. Контрастность водного режима гумусового горизонта определяет то, что максимум ортштейнов наблюдается в пахотном слое, а не в элювиальном горизонте, как отмечается в пахотных почвах таежно-лесной зоны [6, 8]. В любом случае фактором, определяющим количество ортштейнов, является продолжительность анаэробного периода. Вниз по профилю содержание конкреций и их размеры уменьшаются. В гумусово-элювиальном горизонте они отсутствуют или их количество минимально. Наиболее интенсивно процесс конкрециеобразования протекает в светло-серой поверхностно-глеевой почве – наиболее гидроморфной в рассматриваемом ряду почв. Из-за высокого (более 10%) содержания крупных (5 и более миллиметров) ортштейнов в пахотном слое, при его обработке возникает характерный звук, как на каменистых почвах. Изменяется и форма новообразований. В очень плотном гумусовом горизонте слабоглееватой почвы ортштейны угловатые, в более оструктурной сильноглееватой они угловато-округлые (табл. 2). В поверхностно-глеевой почве весь гумусовый горизонт является элювиальным, имеет высокую плотность и слоистое сложение, поэтому конкреции приобретают уплощенную форму. Поверхность ортштейнов неровная бугристая, что обусловлено включением крупных кварцевых зерен, которые, по-видимому, являются центрами конкрециеобразования. Темно-бурый, почти черный цвет ортштейнов светло-серой поверхностно-слабоглееватой почвы обусловлен большим содержанием Mn, бурый – конкреций поверхностно-среднеглееватой почвы – увеличением доли железа, а серый цвет новообразований светло-серой поверхностно-глеевой почвы – преобладанием на поверхности кварцевого материала

Таблица 2. Макро- и мезоморфологические особенности ортштейнов пахотного горизонта светло-серых поверхностно-оглеенных почв

Цвет без увеличения/ цветовой код по шкале Манселла	Размер, мм	При 20-кратном увеличении			
		форма	характер поверхности	характер скола	дифференциация на ядро и оболочку
Светло-серая поверхностно-слабоглееватая почва, разр. 3					
Темно-бурый до черного/5YR 2/2	> 2	Угловатые	Неровная, Mn пятна – 50 (10PB 1/4)%, Fe – 40% (5YR 3/6), SiO ₂ – 10%	Однородный, мелкие Fe и Mn пятна (10PB 1/4)	Отсутствует
Светло-серая поверхностно-сильноглееватая почва, разр. 4					
Бурый/2.5YR3/2	1–3	Угловато-округлые	С крупными вкраплениями кварцевых зерен, Fe – 60% (5YR 3/6), SiO ₂ – 20%, Mn – 20% (10PB 1/4)	Центральная часть – Mn, периферия железистая (5YR 3/6), граница нечеткая	Слабая
Светло-серая поверхностно-глеевая почва, разр. 5					
Светлый, серый/2.5YR 5/1	3–7	Уплощенные угловатые	Неравная бугристая, SiO ₂ – 80% (7.5YR 8/1), Fe – 10% (5YR 5/6), Mn – 10% (10PB 1/4)	На светло-буром фоне (7.5YR 5/10) центральная часть Mn (10PB 1/4), границы резкие, Mn ядро может отсутствовать	Резкое деление на тонкую Si-оболочку Fe–Mn – центральную часть

ла. При кратковременном застое влаги формируются недифференцированные конкреции, а при длительном застое влаги в ортштейнах четко выделяются Mn-содержащее ядро и светло-бурая – ожелезненная внешняя часть.

Псевдофибровые горизонтальные прослои в рассматриваемом ряду почв формируются в верхней части песчаной толщи. Практически во всех заложённых разрезах четко прослеживаются два слоя псевдофибр, третий слой может быть представлен фрагментарно. При мощности верхней супесчаной толщи около 1 м или чуть более в профиле почв формируются горизонтальные слои псевдофибр мощностью 2–8 см, при уменьшении мощности пылеватой толщи до 70 см и менее – ширина псевдофибр возрастает до 8–12 см, а форма становится извилистой, в слоях появляются разрывы (табл. 3). В светло-серой неоглеенной почве формируются ярко-бурые псевдофибры, с наиболее высокой плотностью и содержанием ила в 3 раза большим, чем во вмещающем горизонте. С нарастанием степени поверхностного оглеения окраска псевдофибр становится сначала серовато-бурой, а потом сизовато-серой, уменьшается содержание ила. В сильноглееватой почве содержание фракции размером менее 0.001 мм в прослоях всего на 3% больше по сравнению с

вмещающим горизонтом. В наиболее гидроморфной поверхностно-глеевой почве данные новообразования отсутствуют. Псевдофибры характеризуются повышенной кислотностью – pH солевой вытяжки в них понижается по сравнению со вмещающим мелкоземом на 0.5–0.7.

В светло-серой неоглеенной почве пористость аэрации псевдофибр менее 2–3%, что делает их локальными водоупорами в период снеготаяния и ливневых осадков. В поверхностно-глубокооглеенной почве, она возрастает до 18–20%, поэтому они частично водопроницаемы. Водоупором для формирования нижнего яруса верховодки в поверхностно-сильноглееватой почве служит горизонт с псевдофибрами на глубине более 1 м. В водном режиме светло-серых глубокооглеенной и поверхностно-слабоглееватой почв роль псевдофибровых новообразований невелика, вследствие их глубокого расположения и высокой пористости аэрации.

Химический состав новообразований. Как известно, из макроэлементов в ортштейнах преимущественно концентрируются Mn, Fe и P. Общее содержание железа в новообразованиях рассматриваемого ряда почв возрастает с усилением степени гидроморфизма от 9–10% в ортштейнах слабоглееватой почвы до 15–16% – в конкрецион-

Таблица 3. Морфологические особенности и агрофизические свойства псевдофибровых слоев светло-серых поверхностно-оглеенных почв. Здесь и далее над чертой – значения показателя для уплотненных прослоев, под чертой – для вмещающего горизонта

Глубина пылеватой толщи см	Глубина появления	Цвет	Форма и ширина	Плотность, г/см ³	Пористость, % от объема		Содержание фракций (%), размер, мм		рН
					общая	воздухоносная	>0.001	>0.01	
Светло-серая почва, разр. 1									
60–65	60–80	Ржаво-бурые	10–12 см, прерывистые	$1.60 \pm 0.10^*$	38.2	2.6	21.9	28.3	5.8
				1.37 ± 0.03	46.4	37.9	7.0	8.2	6.2
Светло-серая глубокооглеенная почва, разр. 2									
80–100	80–120	Буровато-серые	5–8 см, ровные	1.59 ± 0.04	39.1	5.2	15.7	26.0	3.7
				1.44 ± 0.04	44.5	28.4	7.8	11.8	4.2
Светло-серая поверхностно-слабоглееватая почва, разр. 3									
40–45	40–60	Верхние 2–3 см – серые, нижние 5–8 см – ярко-бурые	10–12 см, извилистые	1.52 ± 0.04	41.3	19.3	12.3	20.7	5.6
				1.30 ± 0.08	51.0	41.5	5.5	9.7	6.3
Светло-серая поверхностно-сильноглееватая почва, разр. 4									
110–120	120–150	Сизовато-серые	1–4 см, ровные	1.47 ± 0.09	40.4	16.9	11.9	15.0	5.9
				1.52 ± 0.09	43.3	24.1	7.4	9.0	6.5

ных новообразованиях глеевой почвы (табл. 4). Соответственно увеличиваются и значения коэффициента накопления железа в ортштейнах по сравнению с вмещающим мелкоземом – от 6–7 до 9–10. Содержание марганца и коэффициенты накопления этого элемента уменьшаются от 2–3% и 70–80 в светло-серой почве до 1.5–1.6% и до 25–40 – в глеевой. С ростом степени гидроморфизма почв возрастает окристаллизованность железа в новообразованиях. Доля железа, извлекаемая дитионит-цитратной вытяжкой из всех ортштейнов, составляет 95–98% от валового состава (табл. 5). Содержание аморфных соединений железа в мелких ортштейнах светло-серой поверхностно-слабооглеенной почвы достигает 85% от общего содержания, в ортштейнах сильноглееватой почвы уменьшается до 75%, в крупных новообразованиях светло-серой глеевой почвы уменьшается до 50–60%. Соответственно уменьшаются и значения критерия Швертманна. Коэффициент заболоченности, предложенный Зайдельманом и Оглезневым [6], как соотношение Fe к Mn, извлекаемых из ортштейнов I н. сернокислой вытяжкой, позволяет выделять участки распространения слабоглееватых почв с поверхностным застоем влаги 3–5 дней – ($K_3 < 4$), сильноглееватых почв с застоем влаги 1–1.5 нед. (K_3-4-6) и участки глеевых почв с застоем влаги более 2 нед. ($K_3 > 6$). Для агромелиоративной диагностики лучше использовать ортштейны пахотного слоя. В ортштейнах подпахотного и более глубокого гу-

мусово-элювиального горизонтов общее содержание железа и марганца уменьшается и различия по степени окристаллизованности соединений железа сглаживаются.

Общее содержание фосфора в ортштейнах рассматриваемого ряда почв не превышает – 1.7%, коэффициент его накопления изменяется от 3 до 10, в зависимости от содержания фосфора во вмещающем горизонте (табл. 6). Более 50% фосфора представлены органическими соединениями, преимущественно это фосфаты, связанные с фульвокислотами фракции III, среди гуминовых кислот с фосфором связана преимущественно фракция I. Фосфаты железа составляют 30–40% от общего содержания, труднорастворимые фосфаты – 5–15%.

Светло-серые почвы характеризуются невысоким содержанием органического вещества (менее 2%) и укороченным гумусовым профилем. Тип гумуса гуматно-фульватный, соотношение Сгк : Сфк составляет 0.7–0.9 (табл. 7). Только в пахотном горизонте поверхностно-среднеоглеенной почвы, обогащенном илом соотношение Сгк : Сфк достигает 1. Среди гуминовых кислот преобладает фракция I, а среди фульвокислот – III, прочно связанная с минеральной частью почвы. Более подвижные фракции I и II фульвокислот вымываются в нижние горизонты, о чем свидетельствуют гумусовые потеки в переходных горизонтах и бурая окраска псевдофибр. Часть органического вещества стягивается в ортштейны. Общее содер-

Таблица 4. Валовый состав мелкозема и новообразований светло-серых и светло-серых поверхностно-оглеенных почв, % от прокаленной навески

Горизонт, глубина, см	Объект	ППП, %	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO	P ₂ O ₅	SO ₂
Светло-серая почва, разр. 1											
Апах, 0–20	Мелкозем	3.85	94.2	2.61	0.035	1.01	0.752	0.151	0.153	0.248	0.070
А1, 20–38		4.15	94.6	2.46	0.044	1.05	0.725	0.172	0.113	0.215	0.049
А2А1, 38–45		0.96	96.6	1.93	0.018	0.82	0.600	0.076	0.112	0.062	0.026
В2, 75–110		0.92	95.3	2.06	0.010	0.96	0.515	0.060	0.156	0.073	0.051
С, 130–150		1.11	95.1	0.64	0.010	1.00	0.487	0.147	0.086	0.048	0.084
В2 f, 75–11		Псевдофибры	4.15	84.1	6.96	0.021	3.42	0.785	0.544	0.320	0.159
	Кн**			0.88	3.38	2.10	3.55	1.45	9.07	2.05	2.18
Светло-серая глубокооглеенная почва, разр. 2											
Апах, 0–20	Мелкозем	2.82	93.4	2.42	0.040	1.11	0.784	0.109	0.186	0.084	0.064
А1, 20–50		2.01	93.5	2.66	0.040	1.16	1.007	0.223	0.234	0.058	0.113
А1А2, 50–60		3.35	88.0	5.48	0.028	2.44	0.671	0.511	0.219	0.067	0.114
В2g", 115–140		3.35	88.2	4.83	0.019	2.49	0.709	0.451	0.216	0.057	0.118
Сg"', 140–170		2.65	91.2	3.04	0.015	2.07	0.659	0.510	0.133	0.044	0.219
В2fi,g"', 115–140		Псевдофибры	4.53	83.1	7.32	0.034	3.41	0.884	0.946	0.275	0.086
	Кн			0.94	1.52	1.79	1.26	1.26	2.10	1.14	1.23
Светло-серая поверхностно-слабооглееватая почва, разр. 3											
Апах,g"', 0–12	Мелкозем	4.06	91.3	3.22	0.041	1.38	0.716	0.595	0.193	0.474	0.250
А1g"', 12–25		3.78	91.4	2.84	0.042	1.40	0.810	0.363	0.218	0.130	0.305
А1А2, 25–40		2.65	92.6	2.63	0.046	1.24	0.660	0.299	0.214	0.094	0.131
В1, 45–70		1.3	93.5	1.89	0.016	1.14	0.640	0.455	0.160	0.039	0.196
Сg"', 130–150		3.31	87.6	4.77	0.023	2.46	0.873	0.771	0.238	0.050	0.086
Апах,g"', 0–12		Ортштейны	854	78.8	6.87	2.933	10.74	0.417	0.879	0.363	1.512
	Кн			0.87	2.13	71.53	7.74	0.58	2.41	1.88	3.19
А1g"', 12–25	Ортштейны	8.92	80.6	6.01	3.603	9.34	0.190	0.840	0.347	1.504	0.104
		Кн		0.88	2.10	85.82	6.58	0.23	2.81	1.59	11.56
В1fi, 45–70	Псевдофибры	3.16	89.2	5.05	0.019	2.42	0.601	0.644	0.225	0.071	
		Кн		0.95	2.67	1.19	2.11	0.95	1.42	1.41	1.82
Светло-серая поверхностно-сильнооглееватая почва, разр. 4											
Апах,fs,g"', 0–24	Мелкозем	6.21	85.1	4.08		2.39	0.859	0.730	0.391	0.140	0.196
А1g"', 24–47		4.46	87.3	5.83	0.055	2.09	0.698	0.662	0.340	0.094	0.181
А1А2g', 47–72		2.35	91.0	2.44	0.042	1.47	0.654	0.566	0.217	0.046	0.136
В2g"', 100–130		4.98	82.8	6.69	0.030	3.47	0.837	0.962	0.356	0.054	0.140
Сg"', 130–150		2.47	92.2	2.75	0.013	1.70	0.675	0.655	0.142	0.029	0.096
Апах,fs,g"', 0–24		Ортштейны	9.35	80.4	6.00	3.003	9.88	0.115	0.571	0.439	1.152
	Кн			0.94	1.47	62.56	4.13	0.13	0.78	1.12	8.22
А1g"', 24–47	Ортштейны	6.87	86.5	4.87	1.74	6.17	0.168	0.393	0.384	0.819	–
		Кн		0.99	0.84	23.16	3.08	0.24	0.59	1.13	8.71
А1А2g', 47–72	Ортштейны	2.53	90.8	2.35	1.047	4.66	0.072	0.370	0.234	0.967	0.78
		Кн		0.99	0.96	24.93	3.16	0.03	0.65	1.08	21.02
С fi,g"', 150–180	Псевдофибры	3.09	88.8	4.39	0.014	2.14	0.726	0.611	0.251	0.036	
		Кн		0.96	1.60	1.08	1.26	1.07	0.93	1.77	1.24

Таблица 4. Окончание

Горизонт, глубина, см	Объект	ППП, %	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	TiO	P ₂ O ₅	SO ₂
Светло-серая лесная поверхностно-глеевая почва, разр. 5											
Апах, fs, g ^{'''} , 0–20	Мелкозем	4.95	87.7	4.24	0.059	1.84	0.752	0.673	0.314	0.195	0.096
A1g ^{'''} , 20–30		4.09	86.3	4.93	0.052	2.12	0.794	0.668	0.365	0.157	0.055
A1A2g ^{''} , 30–45		3.42	87.1	5.52	0.033	2.53	0.856	0.507	0.268	0.125	0.156
B2g ^{''} , 91–117		1.03	96.4	1.24	0.005	0.67	0.618	0.133	0.042	0.031	0.163
G, 140–180		3.64	90.8	3.06	0.023	2.54	0.753	0.597	0.195	0.050	0.141
Апах, fs, g ^{'''} , 0–20	Ортштейны	6.32	80.7	4.95	1.660	16.80	0.209	0.383	0.416	1.620	–
		Кн	0.92	1.17	28.13	9.12	0.28	0.57	1.32	8.31	
A1g ^{'''} , 20–30	Ортштейны	7.33	81.3	5.20	1.196	12.05	0.225	0.294	0.454	1.683	–
		Кн	0.97	1.05	3.00	5.68	0.28	0.44	1.24	10.72	
A1A2g ^{''} , 30–45	Ортштейны	5.43	86.9	5.61	1.220	5.35	0.332	0.210	0.388	0.998	–
		Кн	0.99	1.02	36.97	2.08	0.39	0.41	1.45	7.98	

Примечание. ППП – потеря при прокаливании, Кн – коэффициент накопления – отношение содержания элемента в новообразованиях от его содержания в мелкозем.

Таблица 5. Различные формы железа в ортштейнах светло-серых поверхностно-оглеенных почв

Горизонт, глубина, см	Валовой состав, %			I н. H ₂ SO ₄ , %		Fe _o , %	Вытяжка Тамма, %			Fe _d , %	Кз	Fe _o /Fe _d
	Fe ₂ O ₃	MnO	Fe/Mn	Fe ₂ O ₃	MnO		Fe ₂ O ₃	MnO	Fe/Mn			
Светло-серая поверхностно-слабоглеевая почва, разр. 3												
Апах, g ^{''} , 0–12	10.74	2.93	3.7 ± 0.6	4.96	1.25	0.06	9.03	2.88	3.1 ± 0.1	10.67	3.60 ± 0.45	0.84 ± 0.10
A1g ^{''} , 12–25	9.34	3.60	2.6 ± 0.2	4.49	1.31	0.05	8.61	3.50	2.5 ± 0.1	9.33	3.07 ± 0.36	0.92 ± 0.11
Светло-серая поверхностно-сильноглеевая почва, разр. 4												
Апах, fs, g ^{''} , 0–24	9.88	3.00	3.3 ± 0.8	6.87	1.25	0.12	7.22	2.21	3.3 ± 0.1	9.83	4.95 ± 0.21	0.73 ± 0.09
A1g ^{''} , 24–47	6.17	1.27	4.9 ± 0.5	4.68	0.69	0.10	4.88	1.27	3.8 ± 0.1	6.63	6.11 ± 0.17	0.74 ± 0.10
A1A2g ^{''} , 47–72	4.66	1.05	4.4 ± 0.3	0.72	0.37	0.14	2.25	1.02	2.2 ± 0.1	4.57	1.78 ± 0.21	0.56 ± 0.12
Светло-серая поверхностно-глеевая почва, разр. 5												
Апах, fs, g ^{'''} , 0–20	16.80	1.66	10.1 ± 0.2	7.56	0.81	0.08	8.38	1.09	7.7 ± 0.2	16.71	8.61 ± 0.93	0.50 ± 0.08
A1g ^{'''} , 20–30	12.04	1.19	10.1 ± 0.6	6.41	0.69	0.09	6.89	0.78	8.8 ± 0.2	12.03	8.44 ± 0.90	0.57 ± 0.13
A1A ^{'''} , 30–45	5.36	1.22	4.4 ± 0.5	3.58	0.37	0.08	4.00	1.11	3.6 ± 0.1	4.36	8.69 ± 0.80	0.92 ± 0.09

Примечание. Fe_o – содержание железа в вытяжке Тамма, Fe_d – содержание железа в вытяжке Мера–Джексона, Кз*** – коэффициент заболоченности.

жание органического углерода в этих новообразованиях в 1.5–2 раза больше, чем в гумусовых горизонтах, их вмещающих и составляет 2–2.5% в черных и темно бурых конкрециях слабо и среднеглееватых почв и 1.5–2% – в крупных ортштейнах глеевой почвы. Органическое вещество этих новообразований имеет резко фульватный характер. Соотношение Сгк : Сфк уменьшается до 0.3–0.4. Доля фракции III фульвокислот составляет около 50% от общего содержания органического

вещества, среди гуминовых кислот преобладает фракция I.

В ортштейнах концентрируются микроэлементы [6, 16, 18]. Наши исследования показали накопление некоторых микроэлементов в ортштейнах по сравнению с фоновыми значениями в почвах. Наибольший коэффициент накопления характерен для кадмия – 180–250 (табл. 8). Содержание этого элемента в ортштейнах всех рассматриваемых почв близкое и не зависит от его содержания в мелкозем. Коэффициент накопле-

Таблица 6. Фракционный состав фосфора ортштейнов светло-серых поверхностно-оглеенных почв

Горизонт, глубина, см	P ₂ O ₅ общий	Содержание фракций, % от общего содержания					
		Fe-P	органический			P ₂ O ₅ окклюд.	P ₂ O ₅ остаток
			сумма	ФК-Р	ГК-Р		
Светло-серая поверхностно-слабоглееватая почва, разр. 3							
Апах g", 0–12	1.51 ± 0.02	29.1	57.7	37.0	20.7	10.3	2.9
А1g", 12–25	1.50 ± 0.05	32.9	53.9	38.4	14.4	10.5	2.8
Светло-серая поверхностно-сильноглееватая почва, разр. 4							
Апах,fs,g", 0–24	1.15 ± 0.06	33.7	51.7	25.2	26.7	10.6	3.7
А1g", 24–47	0.82 ± 0.12	29.6	59.7	30.1	29.6	6.4	4.3
А1А2g", 47–72	0.97 ± 0.05	25.1	66.0	25.9	40.2	6.7	2.2
Светло-серая поверхностно-глеевая почва, разр. 5							
Апах,fs,g"', 0–20	1.62 ± 0.19	32.3	55.8	33.3	22.4	7.8	4.2
А1g"', 20–30	1.68 ± 0.29	36.6	52.8	26.0	26.7	7.9	2.7
А1А2g"', 30–45	1.00 ± 0.26	34.2	52.1	33.3	18.8	9.4	4.2

Таблица 7. Фракционный состав гумуса мелкозема и ортштейнов светло-серых и светло-серых поверхностно-оглеенных почв

Горизонт, глубина, см	Объект	С общ, %	Сгк						Сфк			С ост, %	ΣФК	ΣГК	Сгк Сфк	
			% от Собщ													
			Ia	I	II	III	I	II	III							
Светло-серая почва, разр. 1																
Апах, 0–20	Мелкозем	1.26 ± 0.12	4.8	11.9	9.2	17.5	19.8	7.9	7.9	20.6	43.7	35.7	0.82			
А1, 20–38		1.07 ± 0.08	6.5	9.3	11.2	18.7	16.8	7.5	9.3	20.6	45.8	33.6	0.73			
Светло-серая глубокооглеенная почва, разр. 2																
Апах, 0–20	Мелкозем	1.02 ± 0.09	4.9	14.9	9.8	20.6	18.6	7.8	7.8	16.7	49.0	34.3	0.70			
А1, 20–50		0.79 ± 0.06	6.3	13.9	10.1	19.0	22.8	8.9	5.1	13.9	49.4	36.7	0.74			
А1А2, 50–60		0.58 ± 0.02	6.9	10.3	12.1	25.9	8.6	8.6	6.9	20.7	55.2	24.1	0.44			
Светло-серая поверхностно-слабоглееватая почва, разр. 3																
Апах,g", 0–12	Мелкозем	1.10 ± 0.10	4.5	10.9	9.1	19.1	18.2	12.7	6.4	19.1	43.6	37.3	0.85			
А1g", 12–25		1.06 ± 0.07	4.7	11.3	10.4	18.9	17.9	12.3	5.7	18.9	45.3	35.8	0.79			
А1А2, 25–40		0.90 ± 0.05	5.6	8.9	10.0	18.9	23.3	10.0	5.6	17.8	43.3	38.9	0.90			
А2А1, 40–45		0.81 ± 0.06	7.4	13.6	11.1	17.3	14.8	6.2	9.9	19.8	49.4	30.9	0.63			
Апах,g", 0–12		Ортштейны	2.34 ± 0.16	–	5.6	5.8	45.4	12.8	1.5	7.9	21.0	56.8	22.2	0.39		
А1g", 12–25	2.01 ± 0.15		–	12.2	10.4	44.2	8.7	2.4	9.6	12.5	66.9	29.6	0.31			
Светло-серая поверхностно-сильноглееватая почва, разр. 4																
Апах,fs,g", 0–24	Мелкозем	1.60 ± 0.09	4.4	10.0	8.1	12.5	17.5	14.4	10.0	23.1	35.0	41.9	1.20			
А1g", 24–47		1.29 ± 0.10	6.2	16.3	9.3	9.3	16.3	17.1	7.0	18.6	41.1	40.3	0.98			
А1А2g', 47–72		0.85 ± 0.07	7.1	8.2	8.2	17.6	3.5	28.2	9.4	17.6	41.2	41.2	1.00			
А2В, 72–90		1.01 ± 0.11	5.9	5.0	12.9	15.8	8.9	27.7	6.9	16.8	39.6	43.6	1.10			
Апах,fs,g", 0–24		Ортштейны	2.44 ± 0.19	–	12.3	1.7	43.7	14.7	5.2	8.3	14.1	57.7	28.2	0.49		
А1g", 24–47	1.98 ± 0.16		–	7.9	4.9	49.7	19.1	3.0	9.1	6.3	62.5	31.2	0.50			
А1А2g', 47–72	2.09 ± 0.18		–	17.8	8.3	40.8	15.5	4.3	10.1	3.4	66.7	29.9	0.45			
Светло-серая поверхностно-глеевая почва, разр. 5																
Апах,fs,g"', 0–20	Мелкозем	1.24	4.0	13.7	12.9	14.5	15.3	12.9	7.3	19.4	45.2	35.5	0.79			
А1g"', 20–30		1.13	4.4	12.4	9.7	15.9	15.9	15.9	6.2	19.5	42.5	38.1	0.90			
А1А2g"', 30–45		0.52	7.7	9.6	13.5	25.0	11.5	7.7	7.7	17.3	55.8	26.9	0.48			
Апах,fs,g"', 0–20		Ортштейны	1.88	–	15.0	7.0	48.5	7.0	3.8	7.7	11.1	70.5	18.5	0.26		
А1g"', 20–30			1.86	–	19.7	4.4	44.2	6.5	5.2	9.4	10.8	68.3	21.0	0.31		
А1А2g"', 30–45	1.63		–	10.3	7.0	49.2	11.4	2.6	11.0	8.6	66.5	25.0	0.38			

Таблица 8. Содержание микроэлементов мелкозема и новообразований светло-серых и светло-серых поверхностно-оглеенных почв, мг/кг

Горизонт, глубина, см	Объект	Cu	Zn	Co	Mo	Cd	Pb
Светло-серая почва, разр. 1							
Апах, 0–20		10.76	59.98	1.98	2.08	0.0109	3.56
A1, 20–38		8.79	46.97	2.16	1.87	0.0110	3.37
A2A1, 38–45	Мелкозем	12.35	42.88	3.03	1.28	0.0037	6.62
B2, 75–110		10.86	20.75	2.13	1.10	0.0009	3.82
C, 130–150		14.43	21.07	1.94	0.96	0.0005	1.89
B2fi, 75–110	Псевдофибры	13.83	25.91	5.89	2.65	0.0022	6.12
	Кн	1.22	1.24	2.76	2.41	2.44	1.60
Светло-серая глубокооглеенная почва, разр. 2							
Апах, 0–20		11.66	34.92	2.64	1.07	0.0128	2.29
A1, 20–50		8.23	19.93	2.68	1.08	0.0105	2.39
A1A2, 50–60	Мелкозем	14.32	19.85	3.26	0.93	0.0047	3.37
B2g", 115–140		12.26	10.39	2.56	0.77	0.0010	2.20
Cg"', 140–170		11.25	7.62	2.08	0.98	0.0012	3.22
B2fi,g"', 115–140	Псевдофибры	20.22	34.42	4.10	3.28	0.0027	5.06
	Кн	1.64	3.29	1.58	4.26	3.00	1.53
Светло-серая поверхностно-слабоглееватая почва, разр. 3							
Апах,g"', 0–12		9.67	26.94	1.66	0.80	0.0099	3.07
A1g"', 12–25		15.80	13.74	1.22	1.22	0.0101	4.29
A1A2, 25–40	Мелкозем	22.62	7.46	1.04	1.27	0.0036	3.69
B1, 45–70		9.98	8.96	0.58	1.10	0.0012	1.94
Cg"', 130–150		15.37	29.88	2.61	1.31	0.0006	3.35
Апах,g"', 0–12	Ортштейны	22.78	110.34	54.48	25.45	1.84	478.9
	Кн	2.35	4.10	32.82	31.81	185.8	156.0
A1g"', 12–25	Ортштейны	17.09	89.29	40.79	14.37	1.63	493.6
	Кн	1.08	6.50	33.43	11.78	161.4	115.1
B1fi, 45–70	Псевдофибры	21.37	15.27	2.53	1.32	0.0075	5.07
	Кн	2.14	1.70	4.36	1.20	6.25	2.61
Светло-серая поверхностно-сильноглееватая почва, разр. 4							
Апах,fs,g"', 0–24		12.56	15.16	2.99	1.18	0.0106	5.34
A1g"', 24–47		9.73	14.45	3.08	1.05	0.0086	3.82
A1A2g"', 47–72	Мелкозем	7.95	18.76	2.70	0.97	0.0154	3.14
B2g"', 100–130		6.97	17.22	3.90	1.44	0.0042	2.70
Cg"', 130–150		5.50	8.22	1.86	0.89	0.0011	2.03
Апах,fs,g"', 0–24	Ортштейны	22.35	66.44	53.93	12.72	2.09	362.1
	Кн	1.49	4.38	18.02	10.78	197.2	67.8
A1g"', 24–47	Ортштейны	18.75	47.52	36.69	30.21	1.81	237.6
	Кн	1.92	3.27	11.91	28.77	210.5	62.2
A1A2g"', 47–72	Ортштейны	12.20	21.02	26.31	98.28	2.03	228.4
	Кн	1.53	1.12	9.74	101.3	131.8	72.73
Cfi,g"', 150–180	Псевдофибры	7.67	12.28	2.73	0.82	0.0038	2.08
	Кн	1.39	1.50	1.46	0.92	3.45	1.02

Таблица 8. Окончание

Горизонт, глубина, см	Объект	Cu	Zn	Co	Mo	Cd	Pb
Светло-серая поверхностно-глеевая почва, разр. 5							
Апах,fs,g ^{'''} , 0–20	Мелкозем	7.94	9.19	3.30	0.88	0.0132	4.55
А1g ^{'''} , 20–30		6.96	13.80	3.40	0.85	0.0114	4.525
А1А2g ^{'''} , 30–45		6.59	12.46	3.46	0.87	0.0058	4.28
В2 ^{''} , 91–117		4.04	11.74	0.31	0.79	0	1.72
G, 140–180		7.17	7.82	2.56	0.96	0.0005	3.10
Апах,fs,g ^{'''} , 0–20	Ортштейны	22.29	23.36	36.34	93.80	2.51	300.0
	Кн	2.81	2.54	11.01	106.6	190.2	65.9
А1g ^{'''} , 20–30	Ортштейны	21.53	39.22	40.38	47.92	2.09	247.2
	Кн	3.06	2.84	11.87	56.4	183.3	54.7
А1А2g ^{'''} , 30–45	Ортштейны	15.43	22.91	86.90	61.23	2.81	395.0
	Кн	2.34	1.84	25.11	70.4	484.5	92.3

ния и общее содержание свинца снижаются от 180–200 и 400–500 мг/кг в конкрециях слабоглееватой почвы до 55–65 и 250–300 мг/кг в новообразованиях поверхностно-глеевой почвы. Несколько меньше коэффициент накопления Co и Mo – 10–40. Максимальное содержание кобальта отмечается в конкрециях поверхностно-слабооглеенной почвы, молибдена в новообразованиях глеевой почвы. Самые низкие коэффициенты накопления характерны для Zn и Cu – от 1.5 до 6. Этим новообразования светло-серых почв Тамбовской области отличаются от конкреций более кислых почв таежно-лесной зоны, в которых коэффициенты накопления данных элементов составляют 30–200 [6].

В рассматриваемом ряду наблюдается обеднение илом, Fe, Al, Ti и Mn не только гумусово-элювиального горизонта, но и верхней части песчаной толщи (гор. В1). Смена почвообразующих пород сопровождается уменьшением в 2.5–3 раза валового содержания P и Mn. В светло-серой неоглеенной почве псевдофибры выполняют роль иллювиального горизонта. К ним приурочены пики содержания Fe, Al, Ti, Ca, Mg и Mn. Коэффициенты накопления Fe, Al и Mg – более 3, Mn, Ti и P – более 2. В нижележащем сплошном ожелезненном гор. В3f валовое содержание этих элементов в 1.5–2 раза меньше. В светло-серой слабооглеенной почве литологическая смена почвообразующих пород происходит на глубине около 1 м, поэтому основное осаждение выносимых элементов происходит в гор. В1 на контакте слоев, а псевдофибровые прослои играют второстепенную роль. Коэффициенты накопления оксидов Fe и Al уменьшаются до значений 1.5–2. Ближе всего к поверхности ожелезненные прослойки песка расположены в профиле светло-серой поверхностно-слабооглеенной почвы – 40 см. Коэффициенты накопления Fe, Al, Mg в них по сравне-

нию с слабооглеенной почвой возрастают до значений 2.0–2.5. Однако пористость аэрации псевдофибр этой почвы выше 10% и большая часть выносимых из верхних горизонтов оксидов Al и Fe оседает не на оглиненных прослоях гор. В1, а в нижележащем гор. В3f. Мощность верхней пылеватой толщи в профиле светло-серой среднеоглеенной почвы возрастает до 100–120 см. Поэтому осаждение оксидов Al, Fe, Ca, Mg, Ti происходит в гор. В1. Роль псевдофибровых прослоев незначительна, коэффициенты накопления Fe, Al, Mg не превышают 1.5. Кроме макроэлементов в псевдофибрах накапливаются Co, Cd и Mo. Однако коэффициенты их накопления не превышают 4–5. Нам не удалось выявить четкой зависимости между содержанием этих элементов в оглиненных прослоях песка и степенью оглеения почв. С ростом степени поверхностного оглеения в светло-серых почвах в мелкозем пахотного горизонта возрастает содержание аморфного и уменьшается – суммарного несиликатного железа, таким образом критерий Швертманна закономерно возрастает с ростом степени гидроморфизма светло-серых почв (табл. 9). В псевдофибрах происходит накопление как аморфных, так и окристаллизованных форм железа, при этом соотношения их практически не изменяется.

Таким образом, ортштейны светло-серых почв на пылевато-песчаных отложениях надпойменных террас Тамбовской равнины являются важным диагностическим показателем их агроэкологических особенностей (табл. 10). Их появление свидетельствует о поверхностном оглеении почв. При кратковременном до 1 нед. застое влаги формируются мелкие до 2 мм угловатые недифференцированные черные новообразования, при застое влаги от 1–2 нед. и возникновении опасности вымочки сельскохозяйственных культур количество ортштейнов возрастает до 3–4%, цвет становится

Таблица 9. Содержание различных форм железа в гумусовых и псевдофибровых горизонтах светло-серых и светло-серых оглеенных почв севера Тамбовской равнины

Горизонт, глубина, см	Различные формы железа, %			$\frac{Fe_o}{Fe_d}$	$\frac{Fe_d}{Fe_{вал}}$
	валовое	по Тамму	по Мэра–Джексону		
Светло-серая почва, разр. 1					
Апах, 0–20	1.010	0.157	0.589	0.267	0.583
A1, 20–38	1.052	0.148	0.542	0.274	0.515
B2, 75–110	0.962	0.127	0.530	0.242	0.550
B2fi, 75–110	3.417	0.387	1.355	0.287	0.396
Светло-серая глубокооглеенная почва, разр. 2					
Апах, 0–20	1.116	0.136	0.704	0.196	0.630
A1, 20–50	1.160	0.140	0.802	0.177	0.691
B2g", 115–140	2.489	0.229	1.203	0.194	0.483
B2fi,g", 115–140	3.413	0.412	1.053	0.393	0.308
Светло-серая поверхностно-слабоглееватая почва, разр. 3					
Апах,g", 0–12	1.387	0.238	0.778	0.316	0.560
A1g", 12–25	1.402	0.244	0.651	0.380	0.465
B1, 45–70	1.146	0.141	0.529	0.263	0.461
B1fi, 45–70	2.417	0.324	0.919	0.360	0.380
Светло-серая поверхностно-сильноглееватая почва, разр. 4					
Апах,fs,g", 0–24	2.391	0.476	0.918	0.556	0.381
A1g", 24–47	2.090	0.593	1.032	0.574	0.493
Cg", 130–150	1.701	0.170	0.515	0.339	0.302
Cfi,g"', 150–180	2.147	0.256	0.618	0.438	0.288
Светло-серая поверхностно-глеевая почва, разр. 5					
Апах,fs,g"', 0–20	1.842	0.531	0.571	0.945	0.309
A1g"', 20–30	2.122	0.506	0.751	0.756	0.354

бурым, а форма угловато-округлой, при ежегодном длительном застое влаги, сопровождающимся вымочками количество серых уплотненных дифференцированных на ядро и оболочку Mn–Fe новообразований возрастает до 10%. Из макроэлементов в орштейнах преимущественно накапливаются Fe, Mn и P, из микроэлементов те, которые наиболее подвижны в лесостепной зоне – Mo, Co, Cd, Pb. Их коэффициент накопления может достигать несколько десятков или даже сотен. В то же время такие элементы, как Zn и Cu, здесь менее подвижны, их коэффициенты накопления менее 5. С ростом степени поверхностного заболачивания содержание Mn в орштейнах сокращается, а Fe возрастает. Фосфор в этих новообразованиях на 50–60% представлен органическими формами, на 30–35% свежесажженными фосфатами железа. Общее содержание органического вещества в орштейнах в 1.5–2 раза больше, чем

во вмещающих горизонтах, оно имеет резко фульватный характер (Сгк : Сфк менее 0.4). Из гуминовых кислот преобладает фракция I, из фульвокислот – III.

В средней части профиля светло-серых почв на пылевато-песчаных отложениях Тамбовской равнины формируется 2, реже 3 ожелезненных прослоя (псевдофибр) мощностью от 3–4 до 5–12 см. Псевдофибры отличаются повышенной плотностью, высоким содержанием илистой фракции, низкой общей пористостью и очень низкой пористостью аэрации. Это приводит к тому, что на них в весенний период может задерживаться влага и даже формироваться верховодка. От вмещающих горизонтов они отличаются повышенной кислотностью, более высоким содержанием Fe и Al. Кроме того в этих новообразованиях накапливается ряд микроэлементов. Роль псевдофибр в на-

Таблица 10. Диагностическое значение новообразований светло-серых и светло-серых оглеенных почв севера Тамбовской равнины

Почва	Водный режим в средний год	$\frac{Fe_o}{Fe_d}$	Ортштейны в гор. Апах					Псевдофибры			
			содержание	размеры, цвет	Кн макроэлементов	Кн микроэлементов	$\frac{Fe_o}{Fe_d}$	$K_{заб}$	глубина распространения	Кн макроэлементов	Кн микроэлементов
Светло-серая, разр. 1	Накопление влаги на псевдофибрах	0.267 ± 0.050			Ортштейны отсутствуют			40–80 см, бурые шириной 10–15 см	Al-3.4; Mn-2.1; Fe-3.5; Mg-9.0; P-2.0	Cu-1.2; Zn-1.2; Co-2.8; Mo-2.4; Cd-2.4; Pb-1.6	0.280
Светло-серая глубокооглеенная, разр. 2	Просыхание верхних 50 см до ВЗ	0.196 ± 0.047			Ортштейны отсутствуют			80–100 см темно-бурые, шириной 4–5 см	Al-1.5; Mn-1.8; Fe-1.2; Mg-2.0; P-1.2	Cu-1.6; Zn-3.3; Co-1.6; Mo-4.3; Cd-3.0; Pb-1.5	0.393
Светло-серая поверхностно-слабооглеенная, разр. 3	Верховодка в средней части профиля	0.316 ± 0.028	0.68 ± 0.34	0.5–2 темно-бурые	Al-2–2.5; Mn-70–80; Fe-6–7; P-3–11	Cu-2–2.5; Zn-3–4; Co-10–18; Mo-10–30; Cd-160–180; Pb-100–150	0.80–0.85	3–4	Al-2.7 Mn-1.2 Fe-2.1 Mg-1.4 P-1.8	Cu-2.1; Zn-1.7; Co-4.4; Mo-1.2; Cd-6.5; Pb-2.6	0.360
Светло-серая поверхностно-сильнооглеенная, разр. 4	Верховодка в нижних горизонках	0.556 ± 0.078	3.12 ± 0.30	0.5–3 бурые	Al-1–1.5; Mn-40–60; Fe-3–4; P-8–21	Cu-1.5–2.0; Zn-3–4; Co-10–18; Mo-10–100; Cd-150–200; Pb-75–100	0.70–0.75	4–6	Al-1.6; Mn-1.8; Fe-1.2; Mg-1.8; P-1.2	Cu-1.4; Zn-1.5; Co-1.5; Mo-1.0; Cd-3.5; Pb-1.1	0.438
Светло-серая поверхностно-глеевая, разр. 5	Двухъярусная верховодка	0.945 ± 0.110	13.51 ± 1.93	3–10 светло-серые	Al-1–1.2; Mn-20–30; Fe-5–9; P-8–10	Cu-2–3; Zn-2.5–3; Co-10–25; Mo-50–100; Cd-180–200; Pb-50–100	0.45–0.55	6–10	Псевдофибры отсутствуют		

коплении влаги и микроэлементов с ростом степени гидроморфизма почв уменьшается.

ВЫВОДЫ

1. Светло-серые почвы на пылевато-супесчаных двучленных отложениях надпойменных террас Тамбовской низменности характеризуются двумя типами новообразований — ортштейнами в пахотном горизонте поверхностно-оглеенных почв и ожелезненными прослоями (псевдофибрами) в верхней части песчаной толщи. При поверхностном застое влаги менее 1 нед. формируются однородные угловатые черные конкреции размером 1–2 мм, количество которых не превышает 2%; при застое влаги в течение 1–2 нед. размеры бурых округло-угловатых ортштейнов возрастают до 3–4 мм, а их количество до 5–7%; при ежегодном длительном затоплении — содержание серых уплощенных новообразований размером 5–10 мм составляет 10–15% от массы почвы. С ростом степени гидроморфизма почв в этих новообразованиях уменьшается содержание Mn и увеличивается содержание Fe.

2. Помимо Fe и Mn в ортштейнах светло-серых поверхностно-оглеенных почв накапливается ряд микроэлементов — Cd и Pb ($K_n > 100$), Co и Mo, (K_n 10–100). Значительно меньше, чем в кислых дерново-подзолистых почвах таежно-лесной зоны, содержание Zn и Cu (K_n 2–5).

3. Содержание фосфора в ортштейнах всех светло-серых поверхностно-оглеенных почв составляет 1.0–1.5%, он на 55–60% представлен органическими соединениями, на 30–35% — фосфатами железа.

4. Содержание органического вещества в ортштейнах составляет 2–2.5%, что в 1.5–2 раза больше, чем во вмещающем гумусовом горизонте, состав органического вещества конкреций резко фульватный ($S_{гк} : S_{фк} < 0.4$).

5. Псевдофибры образуют два ожелезненных прослоя шириной от 3–4 до 5–12 см в средней части профиля. Плотность этих образований в светло-серой неоглеенной и глубокооглеенной почвах достигает 1.6 г/см³, а пористость аэрации уменьшается до 3–6%. В более гидроморфных поверхностно-слабо- и сильноглееватых почвах их плотность уменьшается до 1.5 г/см³, а пористость аэрации возрастает до 10–12%. Псевдофибры характеризуются повышенной кислотностью (значения pH солевой вытяжки уменьшаются на 0.5–0.7 единиц), более высоким, в 1.5–3 раза, содержанием ила, Al, Fe, Mn, микроэлементов.

6. При незначительной мощности гумусового горизонта на псевдофибрах накапливается влага и может формироваться верховодка. С увеличе-

нием степени гидроморфизма почв роль ожелезненных прослоев в водном режиме и накоплении вынесенного из верхних горизонтов материала уменьшается. В светло-серой поверхностно-глеевой почве эти новообразования отсутствуют.

7. В качестве количественных критериев для оценки состояния светло-серых поверхностно-оглеенных почв могут служить два показателя: а) критерий Швертманна — отношение содержания аморфного железа от суммарного содержания несиликатного железа из мелкоземы пахотного горизонта и б) коэффициент заболоченности — соотношение Fe/Mn в 1 н. сернокислой вытяжке. Второй показатель более надежный, так как содержание аморфного железа в почвах лесостепной зоны сильно изменяется в зависимости от влажности года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Аринушкина Е.В.* Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1962. 463 с.
2. *Аристовская Т.В.* Микробиология процессов почвообразования. Л.: Наука, Ленингр. отд. 1980. 187 с.
3. *Аристовская Т.В.* Роль микроорганизмов в мобилизации и закреплении железа в почвах // Почвоведение. 1975. № 4. С. 87–91.
4. *Ахтырцев Б.П.* Серые лесные почвы Центральной России. Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 1979. 233 с.
5. *Гинзбург К.Е., Лебедева Л.В.* Методика определения минеральных форм фосфора в почвах // Агротехника. 1971. № 1. С. 25–68.
6. *Зайдельман Ф.Р., Никифорова А.С.* Генезис и диагностическое значение новообразований почв лесной и лесостепной зон. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. 216 с.
7. *Зайдельман Ф.Р., Степанцова Л.В., Никифорова А.С., Красин В.Н., Даутоков И.М., Красина Т.В.* Светло-серые поверхностно-оглеенные супесчаные почвы севера Тамбовской равнины: агроэкология, свойства и диагностика // Почвоведение. 2018. № 4. С. 413–426. doi 7868/S0032180X18040032
8. *Зайдельман Ф.Р., Рыдкин Ю.И., Земскова Т.П.* Диагностическое значение кутан и ортштейнов для оценки заболоченности серых лесных почв // Почвоведение. 1987. № 4. С. 85–94.
9. *Зонн С.В.* Железо в почвах. М.: Наука, 1982. 207 с.
10. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 223 с.
11. *Русанова Г.В., Цыганова А.Н., Бушуева Е.Н.* Содержание и некоторые свойства конкреций подзолистых почв среднетаежной подзоны Коми АССР // Почвоведение. 1975. № 6. С. 3–11.
12. *Стрельченко Н.Е.* Влияние почвенных условий на аккумуляцию фосфатов в конкреции // Почвоведение. 1987. № 5. С. 33–38.

13. *Стрельченко Н.Е.* Роль конкреций в формировании фосфатного режима временного избыточного увлажнения // Почвоведение. 1984. № 10. С. 28–33.
14. Теория и практика химического анализа почв / Под ред. Л.А. Воробьевой. М.: ГЕОС, 2006. 400 с.
15. *Шоба С.А., Балабко П.Н.* Микростроение и состав марганцево-железистых новообразований почв лесной зоны // Микроморфологическая диагностика почв и почвообразовательных процессов. М.: Наука, 1983. С. 21–23.
16. *Arshad M.A., St. Arnaud R.J.* Occurrences and characteristics of ferro-manganiferous concretions in some Sakatchewan soil // Canad. J. Soil Sci. 1980. V. 60. № 4. P. 685–695.
17. *Childs C.W.* Composition of iron-manganese concretions from some New-Zealand soil // Geoderma. 1975. № 11. P. 67–72.

Neoformations (Nodules and Pseudofibers) in Surface-Gleyed Loamy Sandy Soils of the Northern Part of the Tambov Plain

**F. R. Zaidelman^{a,*}, L. V. Stepansova^b, A. S. Nikiforova^a, V. N. Krasin^b,
I. M. Dautokov^b, and T. V. Krasina^a**

^a*Lomonosov Moscow State University, 199199 Moscow, Russia*

^b*Michurin State Agrarian University, 393760 Michurinsk, Russia*

^{*}*e-mail: frz10@yandex.ru*

In the middle part of the profiles of light gray soils (non-gleyed, deeply gleyed, weakly and strongly gleyed) on silty loamy sandy bisequa of the river terraces in the Tambov Plain, pseudofibres (placic layers) are formed. Ortsteins (nodules) are confined to the plow layer, if surface water stagnation occurs. Angular black concretions of less than 2 mm in size with a high Mn content are characteristic of weakly gleyed soils, grayish-brown, 7–10 mm in size are common in strongly gleyed soils. The Cd and Pb accumulation coefficients in nodules reach 100–300, those for Co and Mo are 10–100, Zn and Cu, 2–5; the content of P₂O₅ is 1.0–1.5%, the content of organic matter in ortsteins is 1.8–2.5%, humus composition is fulvic. The pseudofiber density reaches 1.6 g/cm³, their aeration porosity is reduced to 3–6%. They are highly acidic, 1.5 to 3 times higher in content of clay, Al, Fe, Mn and trace elements than the enclosing material. A reliable quantitative criterion for the evaluation of the agroecological status of light gray surface-gley soils can be the Fe/Mn ratio of in 0.1 N sulfuric extract from ortsteins (bogging factor according to Zaidelman and Ogleznev).

Keywords: iron-manganic and ferruginous neoformations, diagnostics of gley