

Научная статья

УДК 631.45

МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ МИНЕРАЛЬНОЙ ПЛАЗМЫ НЕКОТОРЫХ ПОЧВ ПАХОТНЫХ ЗЕМЕЛЬ ЗАПАДА РОССИИ

Евгений Владимирович Просяников

ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. На ключевом для западной части России агроэкологическом мониторинговом полигоне, расположенном в Брянской области, изучены процессы трансформации минеральной плазмы некоторых основных типов почв пахотных земель в результате интенсивного агрогенного воздействия. Из отобранных в генетических горизонтах почвенных образцов в специализированной лаборатории Почвенного института им. В.В. Докучаева получали ориентированные препараты илстого вещества мелкозема, которые исследовали рентгендифрактометрическим методом. Экспериментальные данные обрабатывали с помощью технологии многомерного статистического анализа методом главных компонент. Установлено, что в естественных экосистемах плазма дерново-подзолистых и серых лесных почв близка по соотношению почвенных минералов. В верхних гумусовых и срединных иллювиальных горизонтах почвенных профилей по сравнению с почвообразующими породами различия в содержании смектитовых компонентов увеличивались. В агроэкосистемах минералогический состав плазмы почв пахотных земель изменился. В агродерново-неглубокоподзолистой слабо дифференцированной контактно-глубокоглееватой супесчаной почве на флювиогляциальном песке, подстилаемом мореной и в агросерой лесной глубоковскипающей легкосуглинистой почве на карбонатном лёссовидном суглинке кроме увеличения в плазме содержания гидрослюда и кварца разупорядочились слоистые силикаты. В агросерой лесной почве увеличилось содержание смектитового компонента по сравнению с естественным аналогом, в агросерой лесной почве со вторым гумусовым горизонтом происходил обратный процесс. В агрогоризонтах всех изучаемых почв увеличилось содержание смектитов по сравнению с иллювиальной частью почвенного профиля и материнской породой. Интенсивное агрогенное воздействие на почвы пахотных земель обуславливает необходимость мониторинга состояния их минеральной плазмы, результаты которого необходимо учитывать при разработке стратегий рационально-эффективных инноваций в сельском хозяйстве.

Ключевые слова: Запад России, почвы пахотных земель, мониторинг минеральной плазмы.

Для цитирования: Просяников Е.В. Мониторинг состояния минеральной плазмы некоторых почв пахотных земель Запада России // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 5 (117). С. 19-23.

Original article

MONITORING OF THE MINERAL PLASMA STATE OF SOME ARABLE LAND SOILS IN THE WEST OF RUSSIA

Yevgeny V. Prosyannikov

Bryansk State Agrarian University, Bryansk region, Kokino, Russia

Abstract. At the key agroecological monitoring site for the western part of Russia, located in the Bryansk region, the mineral plasma transformation processes of some major types of arable land soils as a result of intensive agrogenic effects have been studied. The soil samples selected in the genetic horizons in the specialized laboratory of V.V. Dokuchaev Soil Institute were used to obtain targeted preparations of fine-grained silty matter, which were examined by X-ray diffraction. The experimental data was processed using multidimensional statistical analysis technology using the principal component method. It has been established that in natural ecosystems, the plasma of sod-podzolic and gray forest soils is similar in the ratio of soil minerals. In the upper humus and middle illuvial horizons of the soil profiles, compared with the soil-forming rocks, the differences in the content of smectite components increased. In agricultural systems, the mineralogical composition of the soil plasma of arable lands changed. In the agrodernum-shallow podzolic, poorly differentiated contact-deep-clay sandy loam soil on fluvio-glacial sand underlain by moraine and in the agro-gray forest deep-boiling light loamy soil on carbonate loess loam, in addition to an increase in the content of hydrous mica and quartz in the plasma, layered silicates were disordered. The content of the smectite component increased in the agro-gray forest soil compared to its natural counterpart, while the reverse process occurred in the agro-gray forest soil with the second humus horizon. In the agrohorizonts of all the studied soils, the content of smectites increased compared to the illuvial part of the soil profile and the parent rock. The intensive agrogenic effect on the soils of arable lands necessitates monitoring the state of their mineral plasma, the results of which must be taken into account when developing strategies for rational and effective innovations in agriculture.

Keywords: *the west of Russia, soils of arable lands, monitoring of mineral plasma.*

For citation: *Prosyannikov E.V. Monitoring of the mineral plasma state of some arable land soils in the west of Russia // Vestnik of the Bryansk Agricultural Academy. 2026. № 5 (117). pp. 19-23.*

Введение. К минеральной плазме почвы (фракция ила в почвенном мелкоземе) относят частицы диаметром менее 0,001 мм. Она состоит в основном из глинистых минералов, аморфных коллоидных оксидов и гидроксидов железа, алюминия и кремния. Высокая дисперсность, минералов почвенной плазмы обуславливает удельную поверхность ее каждого грамма от 10 до 100 квадратных метров. С увеличением дисперсности возрастает свободная поверхностная энергия почвенной плазмы, что активизирует ее участие в химических процессах, поглощении молекул и ионов, связывании токсичных и загрязняющих веществ, снижающем их подвижность в агросистеме. Гидрофильные коллоиды образуют гидратные пленки, влияя на запасы продуктивной влаги. Минеральная плазма с поглощенными веществами перемещается нисходящим током влаги, формируя в почвенном профиле горизонты вымывания, препятствующие миграции органических веществ, химических элементов, почвенных микроорганизмов, радионуклидов и остатков пестицидов. Коагуляция коллоидов минеральной плазмы (размер менее 0,0001 мм) обуславливает формирование в этих горизонтах агрономически ценной водопрочной почвенной структуры.

Выдающиеся минералоги почв профессора Б.П. Градусов и Н.П. Чижикова заложили научные основы изучения минеральной почвенной плазмы бореальных земледельческих территорий и ее трансформации в результате антропогенных воздействий [1,2]. Их исследования свидетельствуют, что в условиях современного агрогенного воздействия мониторинг этих процессов становится все более актуальным и практически значимым в отдельных регионах.

Цель исследования. Изучить особенности изменения минеральной плазмы некоторых основных почв пахотных земель Запада России.

Материалы и методы. Исследования проводили в Брянской области на агроэкологическом мониторинговом полигоне, который по природно-антропогенным условиям является ключевым для Запада России [3] и располагается на следующих почвах: 1) среднедерново-подзолистых слабо дифференцированных контактно-глубокоглееватых супесчаных на флювиогляциальном песке, подстилаемом мореной; 2) среднедерново-глубокоподзолистых супесчаных на мощных флювиогляциальных отложениях; 3) серых лесных глубоководских среднесуглинистых, сформировавшихся на карбонатном лёссовидном суглинке; 4) серых лесных со вторым гумусовым горизонтом легкосуглинистых, залегающих на бескарбонатном суглинке. Каждая почва располагалась как в экосистеме естественной, так и в агросистеме интенсивной.

Экосистемы естественные представляли собой 60-70-летние полезащитные лесополосы по границам полей государственных сортоиспытательных участков. Агросистемами интенсивными служили поля государственных сортоиспытательных участков, примыкающие к лесополосам и отличающиеся следующими особенностями:

- 1) заменой естественной растительности агроценозами (севооборотами), которые воздействуют на биологический круговорот веществ и энергии;
- 2) внесением удобрений и мелиорантов, изменяющим химический состав и реакцию почвенной среды;
- 3) систематическим уплотнением и распылением почвы ходовыми системами техники и механической обработкой (вспашка, культивация и пр.), которые меняют почвенную структуру, сложение и агрегатный состав, воздействуя на водный, воздушный, тепловой, окислительно-восстановительный, биотический и питательный режимы почвы, как природно-антропогенной системы.

На каждой почве закладывали полнопрофильный разрез и несколько полуразрезов. В них изучали строение почв согласно Единому государственному реестру почвенных ресурсов России [4]. Отобранные из генетических горизонтов почвенные образцы подготавливали к минералогическим анализам по соответствующей методике [4] в специализированной лаборатории Почвенного института им. В.В. Докучаева, где из них получали ориентированные препараты илистого вещества, которые исследовали методом порошковой рентгеновской дифракции. Почвенные минералы диагностировали по кристаллохимическим признакам. Для сравнительного анализа полученных экспериментальных данных использовали метод главных компонент (РСА).

Результаты исследования. В плазме исследуемых почв были обнаружены смешаннослойные слюда-сметитовые и слюда-вермикулитовые образования, сформировавшиеся из хлорит-вермикулитовых пакетов и каолинита, гидрослюда, хлорит, а также сопутствующие минералы полевые шпаты и кварц (табл. 1).

Таблица 1 – Минералогический состав плазмы дерново-подзолистых и серых лесных почв

№ об- раз ца	Генетические горизонты и их глубина, см		Содержание глинистых минералов, % от суммы			Значения интенсивностей рефлексов минералов плазмы, измеренных как высоты дифракционных пиков, % от суммы							
			каолинит и хлорит	гидрослюда	сметиты	4,2Å	4,4Å	4,7Å	5Å	7Å	10Å	12,5Å	14Å
Почва среднедерново-неглубокоподзолистая слабодифференцированная контактно-глубокоглееватая супесчаная на флювиогляциальных отложениях, подстилаемых мореной													
24	A1	2 - 15	18,68	39,22	43,09	11,95	10,62	6,64	6,19	19,47	12,83	13,72	18,58
25	A2A1	15 - 23	35,96	38,20	25,84	19,02	10,55	4,77	4,52	17,59	9,04	11,56	22,87
26	B	23 - 57	28,57	38,96	32,47	17,18	12,40	5,63	8,17	18,02	3,39	10,14	16,06
27	Cg	57 - 91	25,53	42,55	31,91	8,05	3,81	5,51	6,36	22,46	17,37	15,25	21,19
Почва агродерново-неглубокоподзолистая слабодифференцированная контактно-глубокоглееватая супесчаная на флювиогляциальных отложениях, подстилаемых мореной													
29	A1a	0 - 34	20,59	35,30	44,12	11,31	9,19	2,83	4,95	16,61	18,02	15,55	21,55
30	B	34 - 56	13,91	62,60	23,48	10,06	4,14	4,73	8,28	17,75	26,63	14,20	14,20
Почва среднедерново-глубокоподзолистая супесчаная на мощных флювиогляциальных отложениях													
33	A1	2 - 15	20,00	40,00	40,00	24,15	15,48	6,19	6,61	15,79	7,12	6,67	15,60
34	A2A1	15 - 34	32,14	35,70	32,14	10,59	7,06	7,06	8,82	17,65	8,82	13,53	26,47
35-36	A2	34 - 65	19,44	50,00	30,55	10,50	6,46	5,71	7,68	18,52	19,04	14,01	18,09
37	B	65 - 115	17,04	55,07	28,24	9,72	4,86	6,25	9,03	13,89	20,83	17,36	18,06
38	C	115 - 62	20,45	45,45	34,09	14,07	7,41	5,18	7,41	17,78	20,00	14,07	14,07
Почва агродерново-глубокоподзолистая супесчаная на мощных флювиогляциальных отложениях													
39	A1a	0 - 30	25,64	46,15	28,21	8,79	6,04	5,49	6,04	20,88	12,09	14,83	25,82
40-41	A2	30 - 54	18,18	58,18	23,64	11,30	7,80	7,29	8,84	17,85	19,68	12,91	14,34
42	B	54 - 95	14,71	58,49	26,79	10,45	5,97	6,72	8,21	14,18	21,64	16,42	16,42
Почва серая лесная глубоковскипающая среднемощная легкосуглинистая на карбонатном суглинке													
1	A1	1 - 16	16,95	61,01	22,03	12,76	11,22	5,36	7,91	13,77	21,17	15,56	12,24
2	A1A2	16 - 29	16,70	48,15	35,18	5,36	3,57	5,80	7,14	16,52	19,64	19,64	22,32
3	BA2	29 - 49	19,14	44,02	36,84	9,24	4,89	5,98	7,61	15,76	17,40	17,40	21,73
4	B	49 - 75	13,63	54,55	31,82	2,72	1,51	6,04	7,55	13,90	22,05	23,26	22,96
5	BC	75 - 106	22,39	44,78	32,84	5,08	3,55	5,08	7,11	19,29	19,29	19,29	21,31
6	Cca	106 - 23	12,50	50,00	37,50	8,49	3,77	4,24	7,07	15,57	23,11	18,87	18,87
Почва агросерая лесная глубоковскипающая легкосуглинистая на карбонатном суглинке													
20	A1a	0 - 30	13,16	52,63	34,21	16,67	12,92	5,83	8,75	14,17	17,50	14,17	10,00
21-22	BA2	30 - 51	18,11	38,60	43,30	8,67	4,81	5,51	6,71	16,50	18,38	19,24	20,19
23	B	51 - 73	15,97	52,78	31,25	6,77	4,17	8,33	10,4 2	15,10	14,58	17,71	22,92
Почва серая лесная со вторым гумусовым горизонтом легкосуглинистая на бескарбонатном суглинке													
7-8	A1	1 - 27	17,42	53,90	28,67	19,98	17,93	3,54	5,26	13,87	14,56	12,74	12,12
9	A1A2h`	27 - 39	6,06	51,52	42,42	14,55	14,55	4,09	6,36	10,45	20,00	16,36	13,64
10	A1A2h``	39 - 70	12,71	58,02	29,28	21,54	26,70	5,13	6,15	11,28	13,84	9,23	6,15
11	A1A2h`` ,`	70 - 103	19,35	64,51	16,13	11,96	12,21	3,56	7,63	17,56	21,37	13,49	12,21
12	B	103 - 60	18,52	44,44	37,03	11,19	8,20	6,72	8,21	14,92	17,91	14,93	17,03
13	C	160 - 00	12,66	58,23	29,11	6,45	4,15	6,45	9,22	17,51	18,43	17,05	20,74
Почва агросерая лесная со вторым гумусовым горизонтом легкосуглинистая на бескарбонатном суглинке													
14	A1a	0 - 26	13,21	52,80	33,96	13,83	11,25	5,14	5,14	12,54	19,94	14,79	17,36
15	A1	26 - 47	13,33	53,33	33,30	14,88	13,27	5,50	7,44	15,53	14,24	15,86	13,27
16	A1A2h`	47 - 67	20,00	35,00	45,00	18,99	21,86	3,94	6,45	14,34	12,54	11,11	10,75

Выявлены следующие наибольшие тенденции изменения, как минералогического состава почв, так и структурных особенностей почвенных смешаннослойных образований:

1) значения интенсивностей, измеренные как площади основных базальных рефлексов глинистых минералов с поправками на структурные факторы по П. Бискайю;

2) интенсивности основных рефлексов глинистых и сопутствующих минералов, а также общие рефлексы при d/n 4,4 Å, измеренные как высоты дифракционных пиков и пересчитанные на 100 % (табл. 1).

Показатели интенсивности, полученной как высоты дифракционных пиков, образовали широкий ареал. Дисперсия данных по первой главной компоненте составила 42 %, а по второй – 22 % (табл. 2).

Таблица 2 – Собственные числа (λ) и собственные векторы корреляционной матрицы интенсивностей измеренных как высоты дифракционных пиков почвенной плазмы

Признак	Интенсивности	λ	
		3,38	1,72
		42 %	22 %
Кварц	4,2 Å	-0,53	-0,02
Общий рефлекс глинистых минералов	4,4 Å	-0,52	-0,07
Хлорит	4,7 Å	0,23	-0,08
Слюда – гидрослюда	5 Å	0,20	0,28
Хлорит + каолинит	7 Å	0,10	-0,58
Слюда – гидрослюда	10 Å	0,28	0,56
Смешанослойные слюда-смектиты (вермикулиты)	12,5 Å	0,42	0,14
Хлориты	14 Å	0,32	-0,50

Вдоль направления первой главной компоненты изменения минералогического состава и структурного состояния минералов определялись соотношением показателей интенсивности 17 Å рефлекса смектитового компонента и отражения 12,5 Å смешанослойных образований (положительные значения), а также рефлекса кварца 4,2 Å и общего для слоистых минералов отражения 4,4 Å. Различия минералогического состава плазмы почв по второй главной компоненте были обусловлены преимущественно варьированием показателей гидрослюда и хлорита, изменяющимися в противоположных направлениях и характеризующимися дисперсией по первой главной компоненте равна 61 %, по второй – 39 % (табл. 3).

Таблица 3 – Корреляционная матрица содержания основных минеральных фаз плазмы почв

Признак	$\lambda - 1,84$	$\lambda - 1,16$
	61 %	39 %
Каолинит + хлорит, 7 Å	0,37	0,80
Гидрослюда, 10 Å	-0,74	0,05
Смектитовый компонент, 17 Å	0,57	0,59

Основные различия минералогического состава по профилю среднедерново-неглубокоподзолистой слабодифференцированной контактно-глубокоглееватой супесчаной почвы на флювиогляциальных отложениях, залегающих на морене, установлены по изменениям фактора 7 Å каолинитового и хлоритового компонентов состава плазмы. Среднедерново-глубокоподзолистые супесчаные почвы на мощных песчаных отложениях флювиогляциального генезиса наиболее близки по соотношению слоистых минералов. Повышение содержания смектитов наблюдали в плазме верхних генетических горизонтов этих почв.

Агросерая лесная глубоковскипающая легкосуглинистая почва на карбонатном легком суглинке содержала больше смектитов в сравнении с естественной почвой. В агросерой лесной почве со вторым гумусовым горизонтом содержание смектитового компонента было выше, чем в иллювиальной части почвенного профиля и материнской породе.

Наблюдали увеличение в иллювиальных горизонтах изучаемых почв смектитов и нарастание различий в содержании всех компонентов в плазме верхних гумуссодержащих горизонтов по сравнению с почвообразующими породами. В составе плазмы агродерново-неглубокоподзолистой слабодифференцированной контактно-глубокоглееватой супесчаной почвы на флювиогляциальных отложениях, залегающих на морене; агросерой лесной глубоковскипающей легкосуглинистой на карбонатном лёссовидном легком суглинке и агросерой лесной со вторым гумусовым горизонтом на бескарбонатном легком суглинке произошли изменения. Вдоль первой главной компоненты различия

образцов были минимальны и связаны с изменением соотношений между $14\text{\AA}$ компонентой, показателями текстурной неупорядоченности (рефлекс $4,4\text{ \AA}$) и содержанием кварца (отражение $4,2\text{ \AA}$). Имеющиеся различия определялись в основном соотношением показателей содержаний слюд-гидрослюды и суммой хлорита с каолинитом. Переходные генетические горизонты почвенных профилей в целом были близки по рассматриваемым показателям материнским породам. Установлена тенденция увеличения значимости текстурной неупорядоченности и фактора содержания кварца. В гумусовых горизонтах почв произошли значимые изменения характера укладки частиц и минералогического состава. Особенно существенны различия смектитов и вермикулитов, т. е. $14\text{ \AA}$. Показатели гидрослюды и хлоритов также увеличились. Верхние горизонты серых лесных почв имели максимальные и средние показатели текстурной неупорядоченности частиц и содержания кварца по сравнению со средними значениями количества хлорита и гидрослюды.

Заключение. Плазма изученных дерново-подзолистых и серых лесных почв естественных экосистем Запада России близка по соотношению следующих слоистых минералов: хлорита, гидрослюды, смешаннослойных слюда-смектитовых и слюда-вермикулитовых образований, сформировавшихся из каолинита и хлорит-вермикулитовых пакетов. Полевые шпаты и кварц – сопутствующие минералы. По сравнению с почвообразующими породами увеличиваются различия в содержании смектитовых компонентов в верхних гумусовых и срединных иллювиальных горизонтах почвенных профилей.

В агроэкосистемах минералогический состав плазмы всех изучаемых почв пахотных земель изменился. В агродерново-неглубокоподзолистой слабодифференцированной контактно-глубокоглееватой супесчаной почве на флювиогляциальном песке, подстилаемом мореной и в агросерой лесной глубоковскипающей легкосуглинистой почве на карбонатном лёссовидном суглинке кроме увеличения в плазме содержания гидрослюды возросли факторы содержания кварца, а также разупорядочились слоистые силикаты. В агросерой лесной почве увеличилось содержание смектитового компонента по сравнению с естественным аналогом, в агросерой лесной почве со вторым гумусовым горизонтом происходит обратный процесс. В агрогоризонтах всех изучаемых почв увеличилось содержание смектитов по сравнению с иллювиальной частью почвенного профиля и материнской породой. Итак, интенсивное агрогенное воздействие на почвы пахотных земель обуславливает необходимость регулярного мониторинга состояния их минеральной плазмы, которое необходимо учитывать при разработке стратегий рационально-эффективных инноваций в сельском хозяйстве.

Список источников

1. Градусов Б.П. Минералы со смешаннослойной структурой в почвах. М.: Наука, 1976. 125 с.
2. Чижикова Н.П. Преобразование минералогического состава почв в процессе агрогенеза: дис. ... д-ра с.-х. наук. М., 1992. 692 с.
3. Природные ресурсы растениеводства западной части Европейской России / коллектив. монография в 2-х ч. Ч. 1. Современное состояние / отв. ред. Е.В. Просянников, В.Е. Ториков, Н.М. Белоус и др. Брянск: Брянский ГАУ, 2020. 212 с.
4. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России. Версия 1.0: коллектив. монография. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2014. 768 с.
5. Горбунов Н.И. Методика подготовки почв к минералогическим анализам // Методы минералогического и микроморфологического изучения почв. М.: Наука, 1971. С. 5-15.

Информация об авторе

Е.В. Просянников – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрохимии, почвоведения и экологии ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, e-mail: p_e_v_32@mail.ru.

Information about the author

Ye.V. Prosyannikov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Agrochemistry, Soil Science and Ecology of Bryansk State Agrarian University, e-mail: p_e_v_32@mail.ru.

Автор несет ответственность за свою работу и представленные данные.

Author are responsible for their work and the data provided.

Статья поступила в редакцию 28.01.2026; одобрена после рецензирования 18.02.2026, принята к публикации 18.08.2026.

The article was submitted 28.01.2026; approved after reviewing 18.02.2026; accepted for publication 18.08.2026.

© Просянников Е.В.