

ПОВЕДЕНИЕ МИНЕРАЛОВ ПРИ ВНЕСЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ДОЗ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ В АГРОДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЕ

**© 2014 г. Н. П. Чижикова¹, Е. Б. Варламов¹,
В. И. Савич²**

*¹ Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии,
119017, Москва, Пыжевский пер. 7, стр. 2
e-mail: chizhikova38@mail.ru;*

²РГАГ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49

В экспериментальном опыте установлено влияние различных доз органических удобрений на основе птичьего помета на изменение кристаллохимических параметров минералов тонкодисперсных фракций (менее 1, 1–5, 5–10 мкм). Наиболее существенные изменения зафиксированы в соотношении основных минеральных фаз и кристаллохимии минералов илистой фракции, как наиболее функциональной части почв, под влиянием сверхвысоких доз органических удобрений. Установлено снижение содержания илистой фракции, разрушение слоистых силикатов, их трансформационные преобразования под влиянием повышенных доз калия, аммония, необменно фиксируемых смешаннослойными образованиями со смектитовыми пакетами. Происходит относительное накопление функционально инертных минералов, таких как кварц, полевые шпаты, плагиоклазы, слюды диоктаэдрического типа.

Ключевые слова: минералы, полевой опыт, органические удобрения на основе птичьего помета.

ВВЕДЕНИЕ

Минералогический и петрографический состав, структурные особенности минералов в большей или меньшей степени контролируют практически все свойства почв (Горбунов 1957, 1978). Н.И. Горбуновым (1978) предложена дифференцированная оценка запасов элементов питания растений. Позднее она была дополнена (Градусов и др., 1988) материалами, позволяющими отразить реальную картину распределения резервов ряда элементов как по фракциям различной размерности, так и по основным минераль-

ным фазам. Последнее обусловлено кристаллохимическими особенностями минералов и их способностью высвободить элементы, необходимые для произрастания растений.

Одновременно с этим направлением изучают поведение минералов почв при интенсификации земледелия (агроминералогия почв), т.е. исследуют изменения в кристаллохимии минералов, которые произошли при использовании удобрений в разных формах и дозах, при орошении водами разного качества и длительности, при разных типах мелиоративного воздействия (Чижикова, 1990, 1992, 1994, 1998, 2001, 2002а,б, 2003, Чижикова, Годунова, 2004). Эти исследования позволили зафиксировать реакции минералов почв на различные антропогенные нагрузки. При решении проблем современного сельскохозяйственного производства, организации мониторинга и прогноза по изменению окружающей среды необходимы представления о трендах изменения в поведении петрографо-минералогической основы почв.

Однако до настоящего времени поведение минералов почв при внесении различных типов органических удобрений в разных дозах не исследовали. Ранее проведенные полевые исследования касались вариантов опытов с различными видами минеральных удобрений с добавками органических. Минералы глины обладают каталитическими свойствами по отношению к различным органическим веществам. Это свойство глины проявляется различно в зависимости от структуры, химического состава, природы связи элементов в кристаллической решетке минералов, находящихся в глинах. Глины служат катализаторами в реакциях и превращениях (дегидратации, этерификации, полимеризации, деполимеризации, циклизации, многочисленных реакций конденсации, окисления и восстановления, гидрирования) большого числа органических веществ. Робертсон (цитата по Гриму (1967)) отмечал, что “общее объяснение каталитического воздействия глины отсутствует. Каждую реакцию нужно рассматривать в отдельности”. С помощью модельного эксперимента (Мальцева и др., 2012) установлена роль глинистых минералов в формировании и консервации гумусовых веществ. Авторами проведено сравнение процесса гумификации растительных остатков на минеральный субстрат с различным содержанием глинистых минералов (суглинки и песок). Повышенная адсорбционная и каталитическая способность глинистых минералов обуславливает

большее накопление продуктов трансформации растительных остатков, формирование и сохранение новообразованных гуминовых веществ.

Применение высоких доз органических удобрений и, частности птичьего помета, существенно изменяет свойства почв. Это обусловлено не только увеличением количества в почвах биогфильных элементов, в первую очередь азота, фосфора, калия, но и значительным изменением реакции среды в кислую сторону.

Разрабатываются и используются различные технологические приемы по обработке куриного помета и превращение его в ценное средство для удобрения почв. Наиболее перспективной считается подготовка органических удобрений с использованием птичьего помета в сочетании с различными добавками (торфом, соломой, дерниной и др.) и их совместное компостирование. Полученные таким образом удобрения обладают хорошими физико-механическими свойствами: сыпучестью, транспортабельностью, они не прилипают к сельскохозяйственным орудиям, нейтральной реакцией среды, высоким содержанием азота, фосфора, калия. (Седых и др., 2011). По данным Н.А. Поветкиной и др. (2012), использование органических удобрений на основе птичьего навоза в избыточно высоких дозах существенно повышает плодородие почв, но вызывает загрязнение окружающей среды и деградацию почв. Этими авторами, в проведенных модельных опытах и с помощью статистической обработки имеющихся данных агрохимических служб, выявлена зависимость гумусового состояния от кислотно-основных свойств почв, их калийного состояния, содержания подвижных форм тяжелых металлов, ряда водно-физических свойств. Так, содержание подвижных форм калия увеличивается до 500 мг/ кг. Последнее способствует увеличению подвижности гумуса, диспергации почвенной массы, к нарушению оптимального соотношения Са : К. Отмеченные изменения в свойствах почв привели к чрезмерному уплотнению пахотного горизонта.

Использование высоких и сверхвысоких доз органических удобрений на основе птичьего помета привело к увеличению на отдельных полях содержания подвижных фосфатов до 1500 мг/ кг, подвижного калия до 500 мг/кг, уменьшению селективности органического вещества к кальцию по сравнению с магнием, увеличению количества азотных соединений. На все эти изменения реаги-

руют минералы тонкодисперсных фракций в первую очередь легковыветриваемых компонентов, способных отдавать элементы питания.

Необходимо обратить внимание на необратимость изменений минеральной части почв при агротехногенных воздействиях, что неоднократно доказано при исследовании поведения минералов тонкодисперсной части почв ряда экспериментальных опытных полей (Чижикова, 1996, 1998, 2001, 2003). Для агродерново-подзолистых почв необходим строгий контроль за изменением кислотности, происходящим при использовании агрессивнокислых удобрений или некомпостированных форм органических удобрений. Последующая нейтрализация пахотных горизонтов мелиорантами не приводит к желаемому эффекту, поскольку активно функционирующие компоненты – минералы тонкодисперсной – части почв частично разрушены.

Целью работы является анализ поведения минералов фракций менее 1, 1–5, 5–10 мкм, выделенных из пахотных, подпахотных горизонтов агродерново-подзолистой почвы многолетнего полевого эксперимента под влиянием высоких и сверхвысоких доз органических удобрений на основе птичьего помета.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования послужили тонкодисперсные фракции разной размерности, выделенные из пахотных и подпахотных горизонтов опытных полей Петелинской птицефабрики Одинцовского района Московской области, в которые вносились разные дозы помета с опилками (далее органические удобрения). Состав помета зависел от условий кормления и содержания кур яичного направления и бройлеров.

Для увеличения сыпучести и доведения соотношения С: N до 15–18 помет смешивали с опилками. Смесь имела влажность 25%, содержала 1.7% азота, 0.3% фосфора и 1.2% калия. В опытах использовали среднюю (100 т/га), высокую (500 т/га) и сверхвысокую (1000 т/га) дозы помета с опилками. Последняя доза использовалась для создания высококультуренных почв при их залужении на 3–4 года для инактивации патогенной микрофлоры.

Выделение фракций ила (<1 мкм), тонкой (1–5 мкм), средней пыли (5–10 мкм) для определения минералогического состава

проводили по методике Н.И. Горбунова (1963). Ориентированные препараты фракций ила, тонкой и средней пыли исследовали рентген-дифрактометрическим методом на аппаратуре фирмы Карл Цейсс Иенна (Германия). Режим работы универсального дифрактометра марки XZG-4A: напряжение на трубке 30 кВ, анодный ток 30 мА, скорость вращения гониометра 2°/мин, излучение медное, фильтрованное никелем. Рентген-дифрактограммы получали для воздушно-сухих образцов, насыщенных этиленгликолем и прокаленных при температуре 550°C в течение 2 ч. Полуколичественное содержание основных минеральных фаз во фракции менее 1 мкм определяли по методике Бискайя (Biscaye, 1965). Измеряли относительные площади дифракционных максимумов в области 7.0, 10.0 и 17.0–18.0 Å на рентгенограммах насыщенных этиленгликолем препаратов, что соответствует интенсивностям первых базальных рефлексов соответственно каолинита и хлорита, гидрослюды и смешанослойных образований со смектитовым пакетом. Затем рассчитывали величины площадей дифракционных пиков к их сумме с поправкой на структурные факторы. Для гидрослюды использовали пересчетный коэффициент 4, для 7.0 Å рефлекса каолинита и хлорита – 2, для смешанослойных образований – 1.

Содержание основных минеральных фаз во фракциях 1–5 и 5–10 мкм определяли по методике Кука с соавт. (Cook et al., 1975).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты распределения гранулометрических фракций позволили констатировать резкое снижение содержания илистой фракции (< 1 мкм) с 17% в пахотном горизонте почвы варианта опыта со средними дозами органических удобрений до 9.6% в пахотном горизонте со сверхвысокими дозами органических удобрений. Распределение фракций тонкой и средней пыли в пределах исследуемых почв мало меняется (11–12% тонкой пыли и 6–7% средней пыли).

Минералогический состав фракций менее 1 мкм, выделенных из пахотного и подпахотного горизонтов агродерново-подзо-

Таблица 1. Содержание гранулометрических фракций, выделенных из образцов пахотного и подпахотного горизонтов агродерново-подзолистой почвы опытных полей с разными дозами органических удобрений (по Н.И. Горбунову), %

Глубина, см	Горизонт	Содержание фракций в почве, %			
		<1	1–5	5–10	>10
Средняя доза органических удобрений					
0–23	Р	17.0	10.1	7.5	65.5
23–40	EL	16.6	12.0	6.5	64.9
Высокая доза органических удобрений					
0–23	Р	12.3	11.1	7.0	69.5
23–40	EL	11.4	11.6	6.4	70.7
Сверхвысокая доза органических удобрений					
0–23	Р	9.6	11.1	6.2	73.2

листой почвы, представлен следующими компонентами: несовершенным каолинитом, магнезиально-железистым хлоритом, гидрослюдой, в основном триоктаэдрического типа, с примесью диоктаэдрических структур и серией неупорядоченных сложных смешанослойных образований (табл. 2, рис. 1) Диагностированы неупорядоченные сложные смешанослойные образования с высоким содержанием (более 50%) смектитовых пакетов, этот же тип образований с низким (менее 50%) содержанием смектитовых пакетов и смешанослойные образования слюда-вермикулитового типа. Из кластогенных минералов во фракции диагностирован тонкодисперсный кварц, полевые шпаты и плагиоклаз. Последние компоненты часто встречаются во фракции этой размерности, выделенной из пахотных горизонтов агродерново-подзолистых почв длительно используемых сельскохозяйственных угодий (Чижикова, 1992). Наиболее информативным является поведение смешанослойных образований, существенно различающихся как по типу переслаивания пакетов в кристаллитах, так и по их принадлежности к определенному типу минералов.

Соотношения указанных выше минералов существенно изменяется в зависимости от количества внесенного органического удобрения и генетического горизонта почвы. Истый материал, выделенный из агродерново-подзолистой почвы с самым низким количеством внесенных органических удобрений, состоит из доминирующих смешанослойных образований.

Таблица 2. Соотношение основных минеральных фаз фракции <1 мкм, образцов пахотного и подпахотного горизонтов агродерново-подзолистой почвы опытных полей с разными дозами органических удобрений, %.

Глубина, см	Горизонт	Содержание фракции ила	Каолинит + хлорит	Гидрослюда	Смешанослойные образования, Å		
					слюда-сметит с низким содержанием смектиновых пакетов	слюда-вермикулит	слюда-сметит с высоким содержанием смектиновых пакетов
					12	14	17
Средняя доза органических удобрений							
0–23	P	16.9	7.4	33.0	2.8	23.8	33.1
23–40	EL	16.6	8.5	38.7	10.5	18.4	24.0
Высокая доза органических удобрений							
0–23	P	12.3	9.4	37.5	11.9	21.4	19.8
23–40	EL	11.4	10,0	44.2	7.3	18.0	20.6
Сверхвысокая доза органических удобрений							
0–23	P	9.6	8.2	71.1	6.3	9.3	5.1

Среди смешанослойных слюда-сметитовых образований преобладают слюда-сметиты с высоким (более 50%) содержанием смектиновых пакетов (33.1%). Далее, по убывающей следуют слюда-вермикулитовые образования (23.8%) и слюда-сметитовые образования с низким (менее 50%) содержанием смектиновых пакетов. В сумме эти образования составляют более 60%. Гидрослюда триоктаэдрического типа с примесью диоктаэдрических пакетов составляет (33.0%), каолинит в сумме с хлоритом – 7.4%. Присутствуют тонкодисперсный кварц, полевые шпаты, плагиоклаз. Все перечисленные минералы характеризуются высокой интенсивностью рефлексов, большинство которых островершинные (рис. 2). Это свидетельствует об относительно хорошей окристаллизованности их структуры, а также незначительного количества аморфных компонентов по сравнению с исследованиями илистых фракций почв, в которые вносились более высокие дозы органических удобрений.

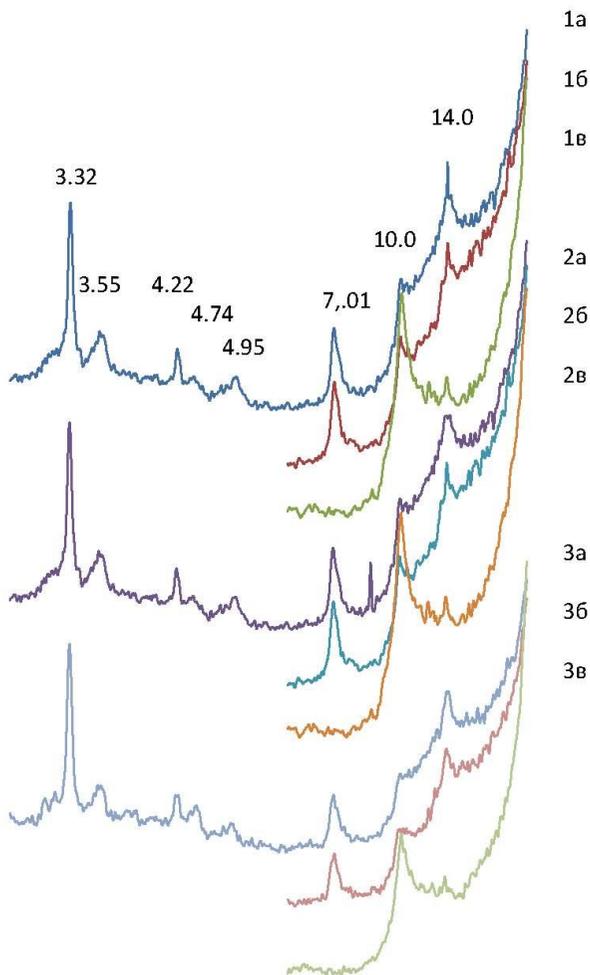


Рис. 1. Рентген-диффрактограммы фракции менее 1 мкм, выделенных из пахотных горизонтов агродерново-подзолистой почвы опытных полей (здесь и далее): 1 – средняя доза органических удобрений на основе птичьего помета; 2 – высокая доза органических удобрений на основе птичьего помета; 3 – сверхвысокая доза органических удобрений на основе птичьего помета; а – образец в воздушно-сухом состоянии; б – после сольватации этиленгликолем; в – после прокалывания при температуре 550°С в течение 2 ч.

Илистый материал, выделенный из агродерново-подзолистой почвы опытного поля, на котором вносились средние дозы органических удобрений, отличается от илистого материала рассмотренных выше образцов по составу минералов и их кристаллохимическим параметрам. Существенно снижена интенсивность рефлексов всех компонентов илистого материала (величина импульсов – 1500 в первом образце – 750 в данном). Это является результатом уменьшения степени окристаллизованности минералов, наличия в глинистом материале рентгеноаморфных веществ различной природы в первую очередь продуктов разрушения минералов и разложения органических веществ. Меняется соотношение основным минеральных фаз: увеличивается доля хлорита в сумме с каолинитом до 9.4%, количество гидрослюдов возрастает до 37.5%.

Снижается сумма смешанослойных образований; наблюдается существенная переорганизация пакетов в кристаллитах, обусловленная их реакцией на компоненты внесенного вещества. Су-

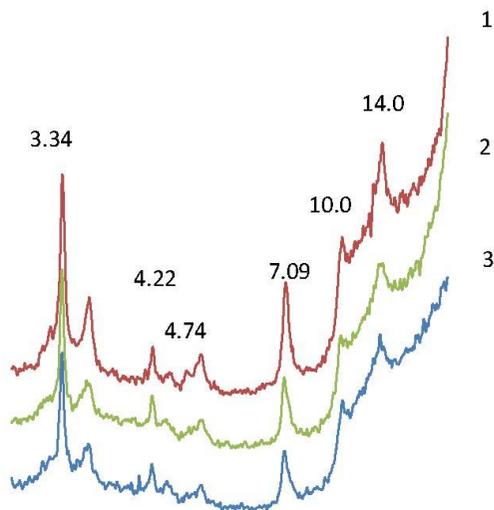


Рис. 2. Сравнение интенсивностей рефлексов минералов на рентгенодифрактограммах воздушно-сухих образцов фракции менее 1 мкм, выделенных из пахотных горизонтов агродерново-подзолистой почвы опытных полей.

щественно (в 3 раза) увеличилось количество смешанослойных образований с низким содержанием смектитовых пакетов, что явилось результатом двух процессов: 1 – фиксации калия и аммония с внесенными удобрениями, об увеличении количества которых упоминалось в начале статьи, 2 – активизацией процессов деградационного типа под влиянием агрессивных органических веществ, гидрослюды переходят в смешанослойные слюда-смектитовые образования с низким содержанием смектитовых пакетов. Происходят два разнонаправленных процесса – агрегация и деградация, результатами, которых и явилось повышенное количество слюда-смектитов с низким содержанием смектитовых пакетов и снижение количества слюда-смектитов с высоким содержанием смектитовых пакетов. Вероятно, это образование начинает активно разрушаться. Необходимо также отметить увеличение количества тонкодисперсного кварца. Подобное наблюдалось нами неоднократно в илистых фракциях почв, испытывающих сильные антропогенные нагрузки. На основе этих наблюдений был предложен термин “окварцовывания илистой фракции почв”, существенно меняющий функционирование тонкодисперсного вещества пахотных горизонтов антропогенно-преобразованных почв (Чижикова, 1995). Несколько снижается количество слюда-вермикулитового образования. Однако изменение содержания этого компонента не столь существенно как в случае слюда-смектитовых образований с высоким содержанием смектитовых пакетов.

Наиболее сильные изменения как по соотношению основных минеральных фаз, так и в поведении чередования пакетов смешанослойных образований отмечаются в илистой фракции образцов агродерново-подзолистой почвы варианта опыта с наивысшей дозой навоза.

Рентгенографически зафиксировано существенное снижение интенсивностей рефлексов слоистых силикатов и резкое увеличение количества кварца, полевых шпатов и плагиоклазов. Наличие общего рефлекса при 4.4 \AA и его наибольшая интенсивность по сравнению с таковым в илистых фракциях почв с более низкими дозами удобрений, свидетельствует о высоком содержании в илистой фракции рентгеноаморфных веществ различной природы (продуктов разрушения минералов и органического вещества). В

илистой фракции доминируют триоктаэдрические слюды (71.1%). Смешанослойные образования играют незначительную роль (6.3 + 9.3 + 5.2%) и среди них доминируют слюда-вермикулитовые образования с высоким количеством вермикулитовых пакетов. Сметитовая фаза, представленная слюда-сметитами с высоким содержанием сметитовых пакетов, составляет всего 5%.

Такие существенные преобразования в составе фракции агродерново-подзолистой почвы можно представить как результат следующих процессов. Наличие рентгеноаморфных веществ, фиксируемых по наличию рефлекса в области 4.4 Å, и снижение интенсивностей рефлексов слоистых силикатов является доказательством разрушения слоистых силикатов и в первую очередь смешанослойных слюда-сметитов с высоким содержанием сметитовых пакетов. Сравним их содержание (33.1%) в илистой фракции пахотного горизонта почвы, где внесены средние дозы органических удобрений и 5.2% в илистом материале почвы опыта, на которой внесено сверхвысокие дозы органических удобрений.

Как ранее отмечалось (Седых и др. 2011, Поветкина и др. 2012), в том числе по материалам исследуемых вариантов опыта, в почвах существенно увеличилось количество различных видов калия и аммония. При фиксации этих радикалов кристаллической решеткой минералов в основном неупорядоченными смешанослойными образованиями с высоким содержанием сметитовых пакетов происходит процесс аградационной трансформации сметитовых пакетов в смешанослойное образование с низким содержанием сметитовых пакетов, а затем и в гидрослюды, количество которых в илистой фракции почвы пахотного горизонта этого варианта опыта возросло до 71%. Это явление хорошо известно почвоведом и агрохимикам как процесс фиксации калия почвами (Пчелкин, 1966). Как было доказано (Shaviv et al., 1985), достаточно чтобы от 10 до 40% обменных позиций в межпакетных промежутках минералов сметитового типа было занято ионами калия. Увеличение количества водорастворимого калия, которое зафиксировано в почве варианта опыта со сверхвысокими дозами внесенных удобрений, также привело к активизации процессов трансформационной аградации с формированием структур гидрослюдистого типа.

При экспериментальном моделировании (Королева и др., 1991) с меченым азотом показано изменение кристаллохимических параметров смешанослойных минералов со смектитовыми пакетами с образованием слюда-смектитов промежуточного типа, как результат фиксации аммонийного радикала.

Снижение интенсивностей рефлексов слоистых силикатов в илистой фракции почвы данного опыта является также доказательством деградационных процессов, происходящих с минералами под влиянием веществ внесенных удобрений.

Минералогический состав фракции 1–5 мкм, выделенной из образцов почв опыта. Содержание фракции 1–5 мкм колеблется от 10 до 12% (табл. 3).

Состав минералов этой фракции существенно отличается от такового илистой фракции. Резко доминирует кварц (25–27%), калиевые полевые шпаты (17–21%), далее следуют слюды (19–28%), плагиоклазы (11–12%). Из слоистых силикатов во фракции присутствуют: каолинит (5–6%), хлорит (3–6%), слюда триоктаэдрического типа (19–28%), вермикулит (8–10%) (рис. 3, 4).

Таблица 3. Содержание минералов фракции тонкой пыли (1–5 мкм) в образцах из пахотного и подпахотного горизонтов агродерново-подзолистой почвы опытных полей, %

Глубина, см	Горизонт	Содержание фракции	Минералы, межплоскостные расстояния, Å							I ₁₀ [*] I ₅
			вермикулит	слюда	каолинит	хлорит	кварц	К-полевые шпаты	плагиоклазы	
			14	10	7	4.74	3.31	3.22	3.18	
Средняя доза органических удобрений.										
0–23	P	10.1	10.3	28.1	5.3	2.9	25.5	16.7	11.4	3.2
23–40	EL	12.0	10.5	19.7	5.1	6.1	25.9	19.9	12.9	2.7
Высокая доза органических удобрений										
0–23	P	11.1	8.0	19.6	6.1	6.1	26.8	21.0	12.5	2.0
23–40	EL	11.6	9.4	23.9	5.8	3.7	26.9	20.0	10.3	2.2
Сверхвысокая доза органических удобрений.										
0–23	P	11.1	9.6	21.0	6.3	5.7	24.7	20.1	12.6	2.8

* Соотношение интенсивностей рефлексов слюд для определения их типовой принадлежности.

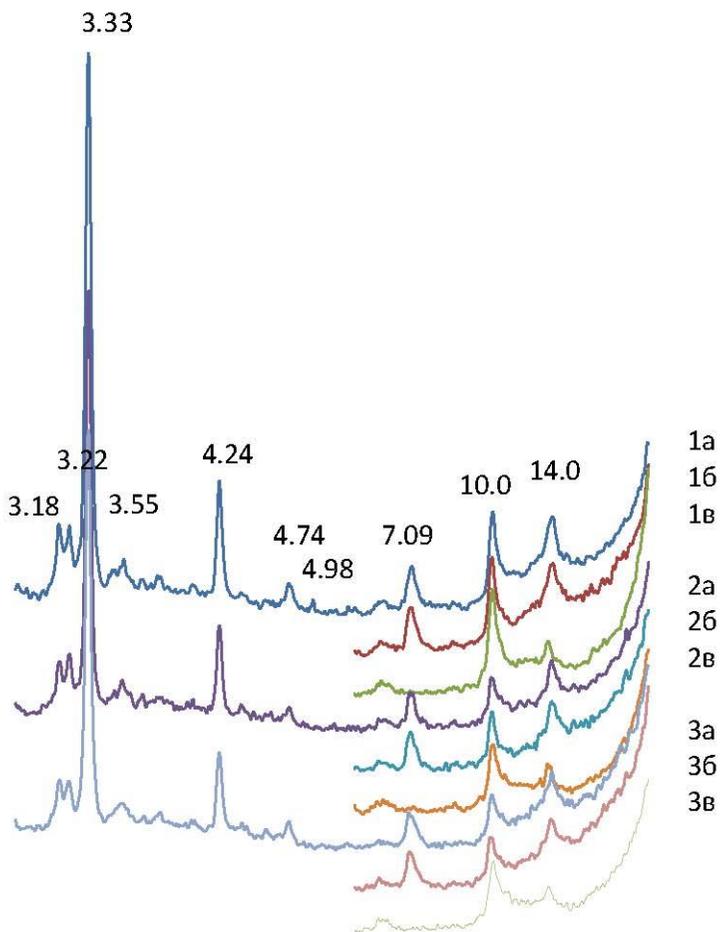


Рис. 3. Рентген-дифрактограммы фракций тонкой пыли (1–5 мкм), выделенные из пахотных горизонтов агродерново-подзолистой почвы опытных полей.

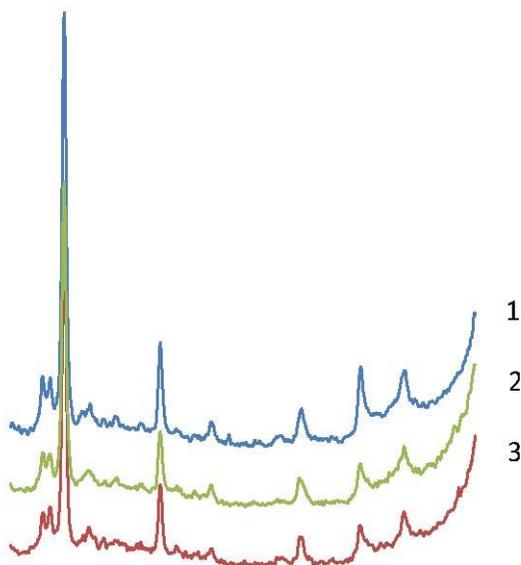


Рис. 4. Сравнение интенсивностей рефлексов минералов на рентгенодиффрактограммах воздушно-сухих образцов фракции тонкой пыли (1–5 мкм), выделенных из пахотных горизонтов агродерново-подзолистой почвы опытных полей.

Кристаллохимическое состояние указанных выше минералов изменяется незначительно, кроме пылеватых фракций, выделенных из образцов почвы с наибольшими дозами вносимых органических удобрений. Изменяется соотношение ди- и триоктаэдрических типов слюд, а именно с внесением высоких и сверхвысоких доз органических удобрений, увеличивается вклад диоктаэдрических слюд, обладающих большей устойчивостью к условиям их нахождения и не способных отдавать элементы питания для произрастания растений.

Минералогический состав фракции 5–10 мкм, выделенной из образцов пахотных, подпахотных горизонтов агродерново-подзолистой почвы опыта. Количество среднепылеватой фракции не значительно – всего 6% (табл. 1). Колебания его содержания в пределах профилей достигает всего 1%.

Таблица 4. Содержание минералов фракции средней пыли (5–10 мкм) в образцах пахотного и подпахотного горизонтов агродерново-подзолистой почвы опытных полей, %

Глубина, см.	Горизонт	Со-дер-жа-ние фракции	Минералы, межплоскостные расстояния, Å							$\frac{I_{10}}{I_5}$ *
			вер-мику-лит	слю-да	као-линит	хло-рит	кварц	К-поле-вые шпа-ты	пла-гио-кла-зы	
			14	10	7	4.74	3.31	3.22	3.18	
Средняя доза органических удобрений										
0–23	P	7.5	3.6	14.8	3.4	3.8	31.2	27.3	16.1	2.0
23–40	EL	7.1	4.9	14.3	3.7	3.3	31.1	26.5	16.3	2.4
Высокая доза органических удобрений										
0–23	P	6.2	4.8	13.4	3.1	3.8	35.9	23.4	15.1	1.9
23–40	EL	6.5	3.1	13.2	2.0	3.6	33.6	27.6	16.9	2.6
Сверх высокая доза органических удобрений										
0–23	P	6.4	5.1	16.1	3.4	3.4	31.2	24.0	16.9	2.2

* Соотношение интенсивностей рефлексов слюд для определения их типовой принадлежности.

Состав минералов в этой фракции схож с составом фракции тонкой пыли, т.е. преобладают кварц (31–35%), калиевые полевые шпаты (23–27%), плагиоклазы (15–16%). Из слоистых силикатов отмечаются слюды ди- и триоктаэдрического типа (13–16%), каолинит (2–3%), хлорит (3–4%) (табл. 4, рис. 5). Интенсивность рефлексов слоистых силикатов во фракции образца почвы, где внесены минимальные дозы органических удобрений наибольшая (рис. 6). Количественное содержание минералов мало меняется в вариантах опыта. Следовательно, минералы фракции средней пыли оказались более устойчивыми к веществам внесенных органических удобрений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что наиболее информативным компонентом агродерново-подзолистых почв опытных полей, реагирующих на изменение условий существования при внесении органических удобрений, являются фракции < 1 мкм, количество которых уменьшилось в 2 раза.

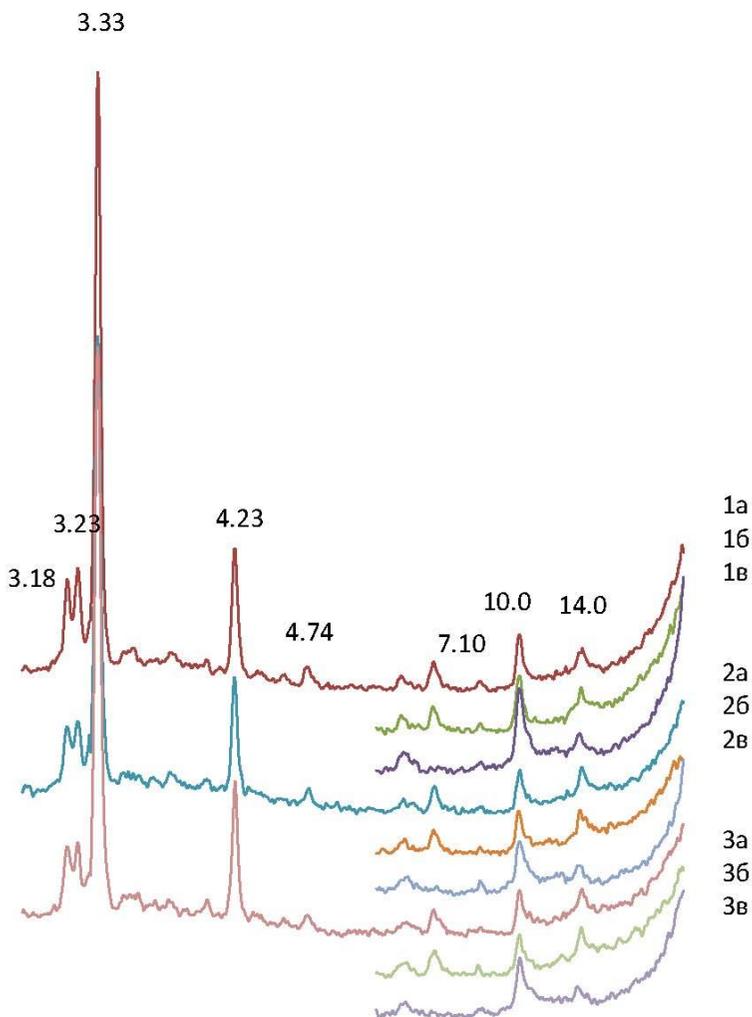


Рис. 5. Рентген-дифрактограммы фракции средней пыли (5–10 мкм), выделенные из пахотных горизонтов агродерново-подзолистой почвы опытных полей.

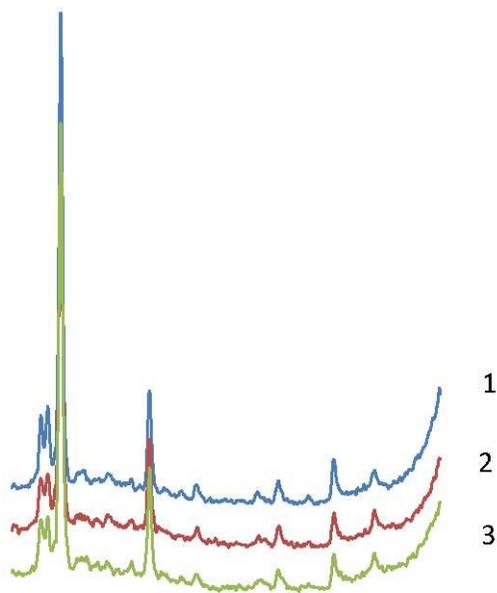


Рис. 6. Сравнение интенсивностей рефлексов минералов на рентгенодифрактограммах воздушно-сухих образцов фракции средней пыли (5–10 мкм), выделенных из пахотных горизонтов агродерново-подзолистой почвы опытных полей.

Минералогический состав илистой фракции представлен смешанослойными образованиями с различным мотивом переслаивания пакетов (слюда-сметитами с высоким и низким содержанием смектитовых пакетов, слюда-вермикулитами), гидрослюдами ди-, триоктаэдрического типа, несовершенным каолинитом, магнезиально-железистым хлоритом. В илистом материале присутствуют также тонкодисперсный кварц, калиевые полевые шпаты, плагиоклазы.

Вещества внесенных органических удобрений на основе птичьего помета способствовали следующим процессам, произошедших в основном с минералами илистой фракции:

– разрушению смешанослойных образований слюда-сметитового типа с высоким содержанием смектитовых пакетов,

– трансформационным преобразованиям деградиционного типа гидрослюды и хлоритов с выносом катионов калия и магния из решеток;

– аградационным преобразованиям смешанослойных образований с высоким количеством смектитовых пакетов в кристаллитах в результате необменной фиксации калия и аммония, находившихся во внесенных органических удобрениях.

– механической дезинтеграции кластогенных минералов, в результате которой несколько увеличивается количество кварца, калиевых полевых шпатов и плагиоклазов, рентгенографически фиксируемые в илистой фракции почв, в которые вносились высокие и сверхвысокие дозы органических удобрений.

Преобразования минералов пылеватых фракций, выделенных из почв различных вариантов опыта, не столь существенны по сравнению с таковым илистой фракции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Горбунов Н.И.* Почвенные коллоиды и их значение для плодородия. М.: Наука, 1957. 160 с.
2. *Горбунов Н.И.* Высокодисперсные минералы и методы их изучения. М.: Изд-во АН СССР, 1963. С. 5–15.
3. *Горбунов Н.И.* Минералогия и физическая химия почв. М.: Наука, 1978. 293 с.
4. *Градусов Б.П., Чижикова Н.П., Плакхина Д.М.* Блок петрографо-минералогических показателей почвенного плодородия // Расширенное воспроизводство плодородия почв в интенсивном земледелии. М., 1988. С. 117–124.
5. *Грим Р.* Минералогия и практическое использование глин. М.: Мир, 1967. 510 с.
6. *Королева И.Е., Чижикова Н.П., Лебедева М.Ю., Середкина Н.Н.* Трансформация азота удобрений в зависимости от гранулометрического и минералогического составов фракций почв // Научн. тр. ВАСХНИЛ, Почв. ин-т им. В.В. Докучаева. 1991. С. 3–15.
7. *Мальцева А.И., Пинский Д.А., Золотарева Б.П.* Роль глинистых минералов в формировании и консервации гумусовых веществ // Мат-лы II Российского рабочего совещания. Пущино, 2012. С. 48–49.
8. *Пчелкин В.У.* Почвенный калий и калийные удобрения М.: Колос, 1966. 336 с.
9. *Поветкина Н.Л., Седых В.А., Поветкин В.А., Карауш П.Ю.* Изменение свойств дерново-подзолистых почв при внесении высоких доз

птичьего помета // Мат-лы докл. VI съезда общества почвоведов им. В.В. Докучаева. Кн. 1. Петрозаводск–М., 2012. С. 330–332.

10. *Седых В.А., Савич В.И., Сидоренко О.Д.* Применение в земледелии органических удобрений на основе птичьего помета. М., 2011. С. 172.

11. *Чижикова Н.П.* Изменение минералогического состава глинистых фракций и их подвижности в дерново-подзолистых почвах под влиянием вносимых удобрений // Минералогический состав и микростроение почв в решении вопросов их генезиса и плодородия: Научн. тр. М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 1990. С. 16–29.

12. *Чижикова Н.П.* Преобразование минералогического состава почв в процессе агрогенеза. Автореф. дис. ... д. с.-х. н. М., 1992. 49 с.

13. *Чижикова Н.П.* Агротехногенное преобразование минералогического состава дерново-подзолистых почв // Почвоведение. 1994. № 4. С. 81–91.

14. *Чижикова Н.П.* Влияние орошения на изменение минералогического состава черноземов и каштановых почв // Почвоведение. 1995. № 1. С. 128–144.

15. *Чижикова Н.П.* Необратимые изменения минералогического состава почв и проблема их устойчивости к агрогенным воздействиям // Экология и почвы. Т. 1. Пушино, 1998. С. 65–74.

16. *Чижикова Н.П.* Антропогенная деградация минералогической основы почв // Экологический анализ окружающей среды в целях ее рационального использования и прогноза изменений. М., 2001. С. 215–228.

17. *Чижикова Н.П.* Агрогенная трансформация минералогического состава агродерново-подзолистых почв // Почвы Московской области, их использование. М., 2002. С. 312–324.

18. *Чижикова Н.П.* Изменение минералогического состава тонких фракций почв под влиянием агротехногенеза // Почвоведение. 2002. № 7. С. 867–875.

19. *Чижикова Н.П.* Необратимость эволюции петрографо-минералогического компонента почв при агротехногенном воздействии // Проблемы эволюции почв. Мат-лы IV Всерос. конф. Пушино, 2003. С. 216–221.

20. *Чижикова Н.П., Годунова Е.И.* Проблемы взаимодействия вносимых веществ с почвой // Мат-лы научн. конф. по фундаментальному почвоведению. М., 2004. С. 128–139.

21. *Чижикова Н.П., Прищеп Н.И.* Изменение содержания тонкодисперсных минералов под влиянием калийных удобрений // Доклады РАСХН. 1996. № 3. С. 20–21.

22. *Biscaye P.E.* Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clay in the Atlantic Ocean // Geol. Soc. Amer. Bull. 1965 Vol. 76. P. 803–832.

23. Cook H.E., Johnson P.D., Matti J.C., Zemmels I. Methods of sample preparation and X-ray diffraction data analysis, X-ray Mineralogy Laboratory, Deep Sea Drilling Project, University of California, Riverside // *Init. Repts.* / Eds. Hayes D.E., Frakes L.A. et al. Washington, 1975. P. 999–1007.
24. Chizhikova N.P. Clay minerals in soddy-podzolic soils in Russia and the problem of acidification // XVI World Congress of soil science. Montpellie (France). V. 1. 1998. P. 1–7.
25. Shaviv A., Mattigod S.V., Pratt P.F., Joseph H. Potassium Exchange in Fivt Southern California Sjils with High Potassium Fixation // *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 1985. Vol. 49. № 5. P. 1128–1133.

BEHAVIOR OF MINERALS IN AGRO SODDY PODZOLIC SOILS RESULTED FROM DIFFERENT RATES OF ORGANIC FERTILIZERS

N. P. Chizhikova¹, E. B. Varlamov¹,

V. I. Savich²

¹*V. V. Dokuchaev Soil Science Institute of Russian Academy of Agricultural Sciences, 119017, Moscow, Pyzhevskii, 7
e-mail: chizhikova38@mail.ru*

²*Russian Timiryazev State Agrarian University, 127550, Moscow,
Timiryazevskaya st., 49*

The experimental results showed the impact rendered by different rates of organic fertilizers in the kind of poultry excrements on crystallochemical parameters of minerals containing in the fine-dispersed fractions (less than 1, 1-5, 5-10 mkm). The considerable changes induced by increased rates of organic fertilizers take place in the ratio between the basic mineral phases and the crystallochemistry of minerals of the clay fraction as the most functional part of soil. One should indicate that the content of the clay fraction decreases, the layered silicates are destroyed and transformed as affected by higher rates of potassium and ammonium, fixed by mixed-layered formations with smectite pockets. The functionally inert minerals such as quartz, feldspar, plagioclase and mica of dioctahedral type are accumulated.

Keywords: minerals, feldspar, organic fertilizers in the kind of poultry excrement.