

МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ ИЛИСТЫХ ФРАКЦИЙ АГРОЗЕМОВ КУЛЬТУРНЫХ

С.В. Шульгина¹, В.Т. Сергеенко¹, Е.В. Горбачева², Е.В. Цытрон³

¹Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

*²Белорусская государственная сельскохозяйственная академия,
г. Горки, Беларусь*

*³Белорусский государственный педагогический институт им. М. Танка,
г. Минск, Беларусь*

ВВЕДЕНИЕ

Минералогический состав почвенного поглощающего комплекса во многом определяет химические, физико-химические, водно-физические свойства почв механизмом обменных реакций [1, 2], что вызывает необходимость детального изучения минеральной части поглощающего комплекса и выявления направленности ее преобразования. Особый интерес в этом отношении представляют почвы, сформировавшиеся на песчаных почвообразующих породах, которые занимают 21,9% площади пахотных земель Беларуси. Содержание в них высокодисперсных фракций составляет не более 2-3% [2, 3].

Согласно данным Н.И. Горбунова с соавторами [4], в илистых фракциях песчаных пород содержатся иллит, каолинит, хлорит, смешаннослойные минералы, кварц, аморфные гидроксиды. В составе смешаннослойных структур преобладает содержание набухающих пакетов. Основным источником глинистых минералов песчаных пород являются заключенные в них слоистые силикаты более крупных фракций, а именно: полевые шпаты, мусковит, биотит, глауконит, а также амфиболы, которые часто хлоритизированы и служат источником хлоритов [3, 5-7]. Названные слоистые силикаты представляют собой своего рода «контейнеры», пополняющие почвы, развивающиеся на песках, тонкодисперсными минералами и элементами почвенного плодородия (калием, кальцием, магнием и железом).

Наряду с тем белорусские почвоведы отмечают сильное влияние культуры земледелия на количественное содержание и качественное состояние дисперсных минеральных частиц пахотного горизонта [3, 6-8]. В частности Н.И. Смеян и Г.А. Ржеутская [8] признают значительную роль в этом процессе высокодисперсных гумусовых веществ. Кроме того Н.И. Смеян отмечает, что сельскохозяйственное использование почв с применением сбалансированных органо-минеральных систем удобрения сопровождается формированием новых почвенных объектов, которые значительно превосходят по плодородию почвы пахотных земель с индексом окультуренности 1,00 [9]. В новой классификации почв Беларуси [10] эти почвы выделены на уровне самостоятельного типа – агроземы культурные в отделе антропогенно-преобразованных почв.

Поэтому целью настоящей работы явилось исследование минералогического состава фракций менее 1 мкм агроземов культурных песчаного гранулометрического состава.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В настоящей работе изложены результаты исследования минералогического состава илистых фракций агроземов культурных связнопесчаного гранулометрического состава, сформировавшихся на различных по генезису почвообразующих породах: моренных песках (разрез 6А-08, заложен в СПК «Вархи» Городокского р-на Витебской обл.), водно-ледниковых песках (разрез 7А-08, заложен в СПК «Озеры» Гродненского р-на), древнеаллювиальных песках (разрез 3А-08, заложен в СПК «Голевичи» Калинковичского р-на Гомельской обл.). Все почвы относятся к автоморфным: разрезы 6А-08 и 7А-08 – типичным, а разрез 3А-08 – оглеенным внизу. Агрогумусовые горизонты исследуемых почв характеризуются содержанием гумуса, превышающим верхний предел их оптимального значения (более 2,2%) [11].

Минералы изучены во фракциях ила (менее 1 мкм), выделенных методом седиментации по Н.И. Горбунову [12]. В качестве коагулятора для осаждения взвесей использовали раствор 1н $MgCl_2$. Рентгендифрактометрический анализ ориентированных препаратов выполнен на рентгендифрактометре «Дрон-2,0». При расшифровке дифрактограмм руководствовались принципами, изложенными в инструкции Горбунова [12]. Содержание основных минералов во фракции менее 1 мкм определено по методике В.Т. Сергеенко [13].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Почвенные горизонты исследуемых почв по содержанию ила существенно различаются (табл. 1). Для них характерно незначительное содержание тонкодисперсного материала в материнских породах и его аккумуляция в верхних горизонтах до 3 и более %. С.А. Тихонов и В.Т. Сергеенко [6] также отмечают прогрессивный характер накопления ила вверх по разрезу дерново-подзолистых почв, развивающихся на породах песчаного и супесчаного гранулометрического состава. По их мнению, аккумуляция ила в верхних горизонтах связана с новообразованием тонкодисперсных минералов за счет продуктов деструкции первичных минералов. Господствующие в верхних частях профиля благоприятные водно-физические условия вызывают более активное химическое и биохимическое выветривание первичных минералов и высвобождение большого количества элементов (Ca, Mg, K, Fe), вовлекаемых в биологический круговорот.

Полученные профессором П.С. Самодуровым экспериментальные данные при изучении поведения минеральных веществ, заключенных во фракциях менее 0,001мм в профиле дерново-подзолистых почв разной степени окультуренности, формирующихся на легкодренируемых песчаных отложениях, позволили установить, что в пахотных горизонтах происходит накопление высокодисперсных минералов мельче 0,001мм прежде всего за счет частиц мельче 0,0005мм, обладающих высокой обменной способностью. Их содержание увеличивается не только по сравнению с материнскими породами, но и по сравнению с неокультуренными почвами от двух до десяти раз [3]. П.С. Самодуров отмечал [7], что процессы окультуривания активизируют разложение первичных и способствуют накоплению в пахотных горизонтах новых высокодисперсных почвенных минералов, слагающих минеральную основу почвенного поглощающего комплекса, что, несомненно, играет существенную роль в повышении плодородия почв. Причем, чем лучше окультурена почва, тем в ее пахотном горизонте содержится больше частиц мельче 0,001мм. Процесс накопления связан с внутрипочвенными резервами, т.е. продуктами биохимического и химического разложения первичных и вторичных минералов, а не с внесением их в пахотный горизонт с удобрениями. Например, согласно П.С. Самодурову и В.Т. Сергеенко, если в неокультуренных лесных дерново-подзолистых почвах, развивающихся на водно-ледниковых песках, содержание частиц менее 0,001мм составляет 0,89-2,18%, то в хорошоокультуренных (э/б «Липово») – 5,06% [7].

В наших же исследованиях, несмотря на отсутствие больших различий в гранулометрическом составе, почвы, вследствие различного генезиса пород, различаются по содержанию минеральных высокодисперсных элементов.

Минералогический состав илистых фракций в исследованных почвах представлен схожим составом глинистых минералов, которые представлены группами гидрослюд, вермикулита, хлорита и каолинита (рис. 1-3). На глубине 55-120см разреза 3А-08 диагностирован смектит. Из неглинистых минералов присутствует тонкодисперсный кварц. Базальные рефлексы глинистых минералов на рентгенодифрактограммах в основном низкие, ассиметричные. По базальным отражениям в области 14,0-14,3А, которые расширяются до 16,9-17,5А при насыщении образцов этиленгликолем и исчезают после прокаливания при 550°С, диагностирован смектит. Гидрослюды идентифицированы по базальным рефлексам в области 9,92-10,3А, которые не изменяются ни после насыщения образцов этиленгликолем, ни после их прокаливания при температуре 550°С. Базальные рефлексы глинистых минералов в основном низкие, ассиметричные. О наличии в исследованных почвах каолинита свидетельствуют отражения в области 7,08-7,20А, не изменяющиеся при насыщении образцов этиленгликолем и исчезающие после прокаливания при 550°С. По наличию пиков в области 13,8-14,9А из образцов почвы, насыщенных этиленгликолем и прокаленных при 550°С, диагностированы почвенные хлориты. Присутствие высокодисперсного кварца в иле почвы определено по рефлексам в области 4,23-4,65А исходных препаратов.

Особенности минералогического состава илистого материала исследуемых почв выражены в количественном перераспределении минеральных компонентов по профилю почв (табл. 1).

Данные таблицы показывают, что для минералогического состава ила почвообразующих пород характерно довольно высокое содержание гидрослюд (до 75%), которое на глубине залегания иллювиальных и переходных к почвообразующей породе горизонтах (65-95см) сокращается до 60%. На глубине 40-60см гидрослюды теряют свое доминирующее положение, их количество становится равным 38-47%. Значительное снижение количества гидрослюд до 37-49% на

глубине 75-120см в разрезе 3А-08 связано с оглеением почвы, которое способствовало трансформации слюдястых 2:1 минералов в структурно подвижные 2:1 минералы вермикулитового и смектитового типов, в связи с чем содержание гидрослюд составляет всего 37%.

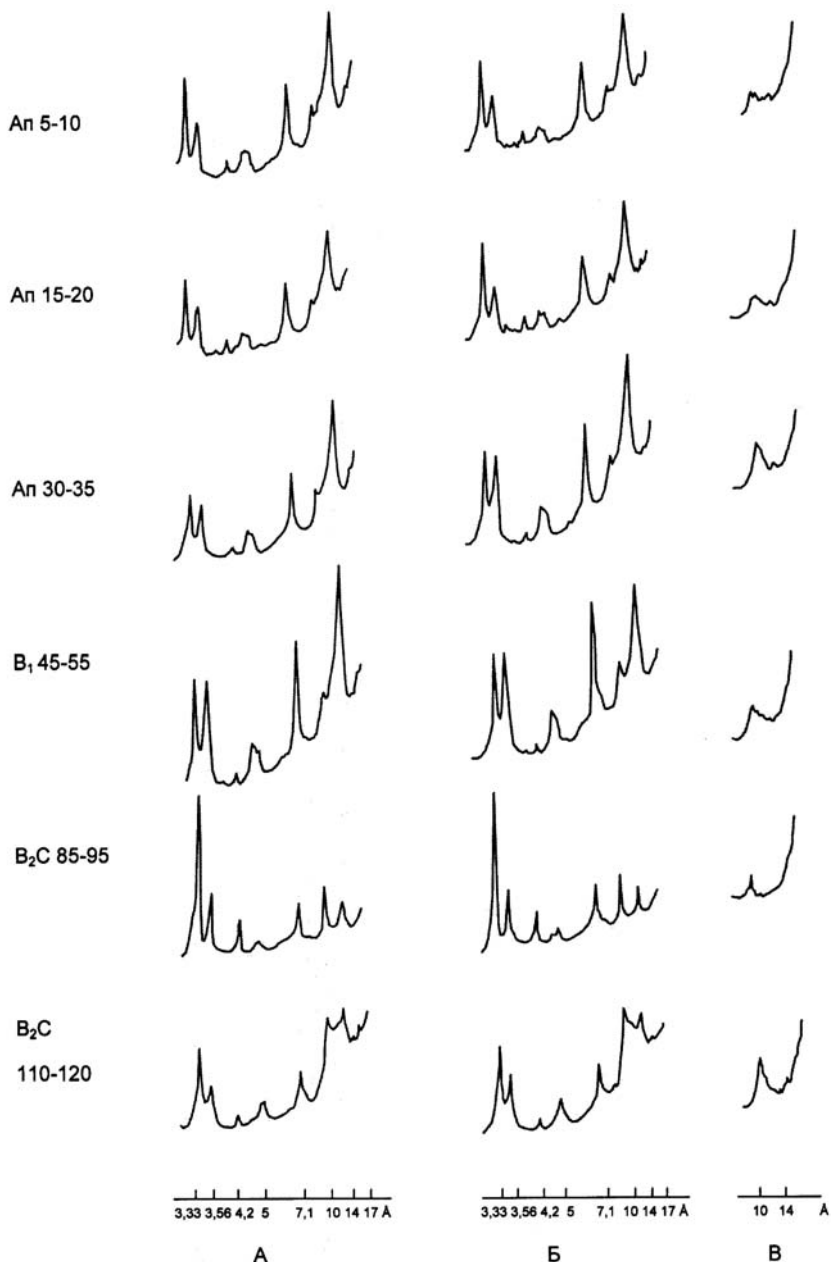


Рис. 1. Рентгendifрактограммы илистых фракций, выделенных из генетических горизонтов агрозема культурного связнопесчаного, сформировавшегося на моренных песках (разрез 6А-08):

А – образец исходный; Б – образец, насыщенный этиленгликолем;
В – образец, прокаленный при 550°С.

В агрогумусовом горизонте (PK) разреза 6А-08 содержание гидрослюд остается на уровне их количества в иллювиальном горизонте – 35-37%. В разрезах 3А-08 и 7А-08 в нижней части агрогумусовых горизонтов содержание гидрослюд продолжает убывать до 24-29%. Ближе к поверхности наблюдаем обратный процесс – рост гидрослюдистого компонента, который на глубине 5-10см составляет 34-37%.

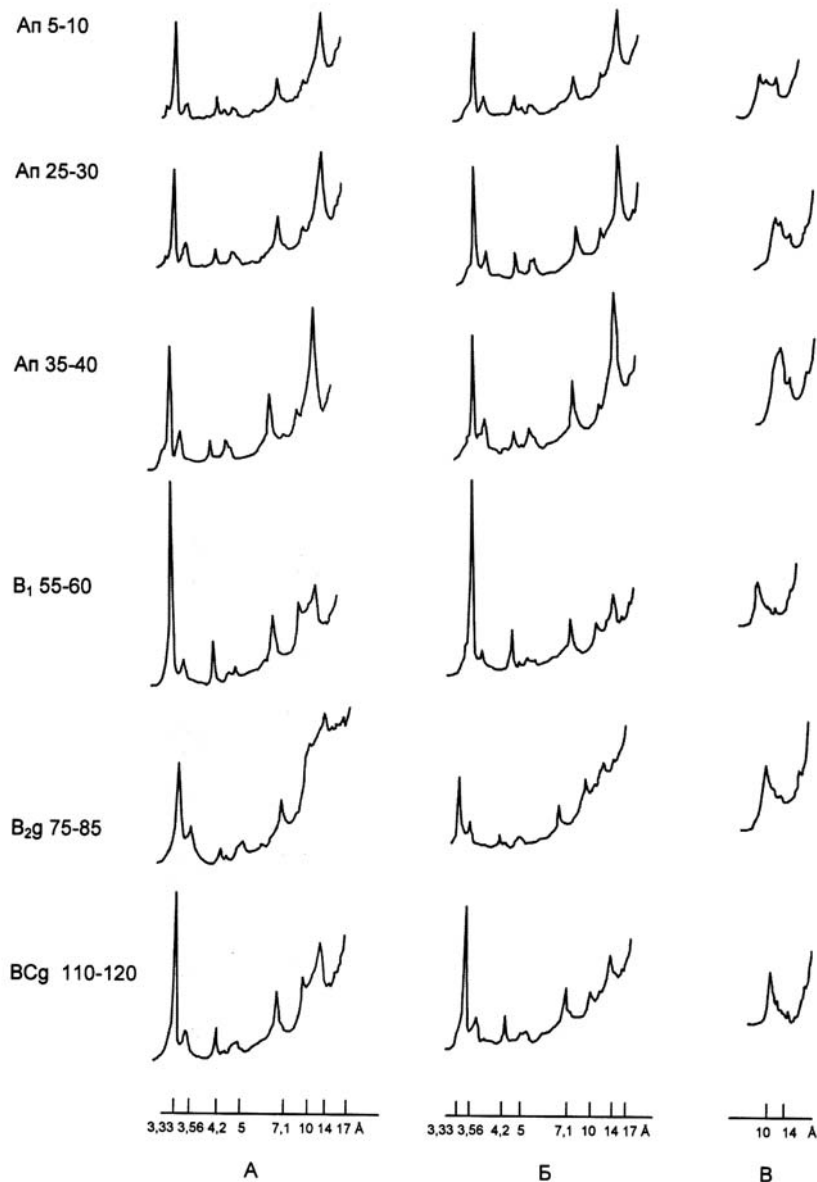


Рис. 2. Рентгендифрактограммы илистых фракций, выделенных из генетических горизонтов агрозема культурного связнопесчаного, сформировавшегося на древнеаллювиальных песках (разрез 3А-08):

А – образец исходный; Б – образец, насыщенный этиленгликолем;

В – образец, прокаленный при 550°С.

В пересчете на почву содержание гидрослюды на глубине 50-120см в трех разрезах находится в пределах 0,42-1,08% с максимальными значениями в иллювиальных горизонтах В₁, что связано с повышением содержания здесь ила – 2,3-3,8%. В агрогумусовых горизонтах интервал значений следующий: разрез 3А-08 – 0,67-1,02, разрез 6А-08 – 0,84-1,03, разрез 7А-08 – 1,10-1,33%. Нужно отметить, что в исследуемых объектах на глубине залегания иллювиальных и переходных к почвообразующим породам горизонтах содержание гидрослюды выше в почве, сформированной на моренных песках -1,03-1,42% (разрез 6А-08), чем на водно-ледниковых песках и древнеаллювиальных.

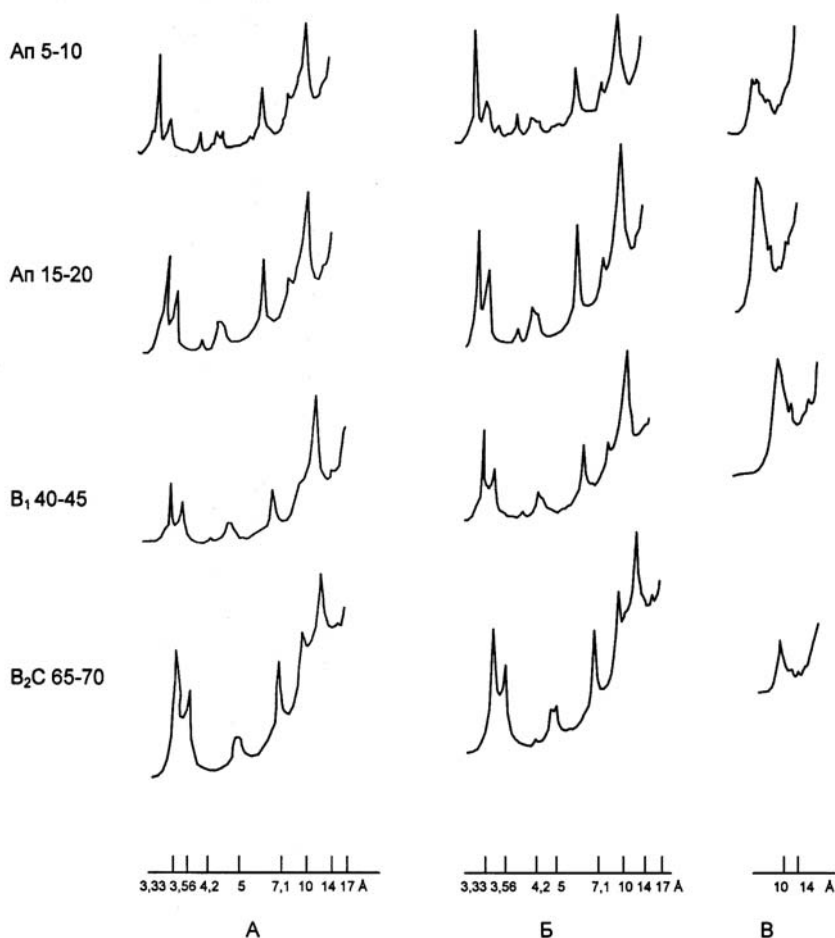


Рис. 3. Рентгendifфрактограммы илистых фракций, выделенных из генетических горизонтов агрозема культурного связнопесчаного, сформировавшегося на водно-ледниковых песках (разрез 7А-08):
 А – образец исходный; Б – образец, насыщенный этиленгликолем;
 В – образец, прокаленный при 550°С.

Таблица 1

Соотношение основных минеральных фаз менее 1мкм, выделенных по методу Н.И. Горбунова

Разрез	Генетический горизонт, глубина отбора образца, см	Содержание фракции менее 1мкм	Содержание глинистых минералов									
			% от ила					% от почвы				
			смектит	вермикулит	гидро-слюда	каолинит	хлорит	смектит	вермикулит	гидро-слюда	каолинит	хлорит
3А-08	PK(5-10)	3,0	-	43	34	17	6	-	1,29	1,02	0,51	0,18
	PK(25-30)	2,6	-	45	30	15	10	-	1,17	0,78	0,39	0,26
	PK(35-40)	2,8	-	49	24	15	12	-	1,37	0,67	0,42	0,33
	B ₁ (55-60)	2,3	2	17	47	27	7	0,05	0,39	1,08	0,62	0,16
	B _{2g} (75-85)	2,0	5	21	49	21	4	0,10	0,42	0,98	0,42	0,08
7А-08	BCg(110-120)	1,8	6	21	37	27	9	0,10	0,38	0,66	0,48	0,16
	PK(5-10)	3,8	-	35	35	23	7	-	1,33	1,33	0,87	0,26
	PK(15-20)	3,8	-	41	29	21	9	-	1,56	1,10	0,80	0,34
	B ₁ (40-45)	3,8	-	41	40	10	9	-	1,56	1,52	0,38	0,34
	B _{2C} (95-105)	1,5	-	21	60	13	6	-	0,31	0,90	0,19	0,09
6А-08	PK(5-10)	2,8	-	34	37	22	7	-	0,95	1,03	0,61	0,19
	PK(15-20)	2,6	-	35	35	22	8	-	0,91	0,91	0,57	0,21
	PK(30-35)	2,4	-	34	35	21	10	-	0,81	0,84	0,50	0,24
	B ₁ (45-55)	2,7	-	27	38	25	10	-	0,73	1,03	0,67	0,27
	B _{2C} (85-95)	2,4	-	11	60	24	5	-	0,26	1,44	0,57	0,12
B _{2C} (110-120)	1,9	-	10	75	10	4	-	0,19	1,42	0,19	0,07	

Особенность илистых фракций агроземов культурных песчаного гранулометрического состава заключается в большом количестве набухающей фазы – от 10 до 49%. С.А. Тихонов с соавторами также установили [6], что гидрослюдястый состав фракции мельче 0,001мм почвообразующих пород песчаных разновидностей почв сменяется в верхних частях их профиля (гумусовых горизонтах) вермикулитовым компонентом с соотношением вермикулитовых минералов к гидрослюдыстым от 2:1 до 4:1. При этом, как отмечают авторы, основным путем вермикулитообразования в почвах легкого гранулометрического состава, как и в суглинистых, является механизм трансформаций, но при более интенсивном течении этого процесса [3, 6, 7]. Унаследованные от почвообразующих пород пластинки слюд в условиях активного биохимического разложения и выщелачивания оказываются неустойчивыми и дезинтегрируются, пополняя тонкодисперсный материал уже заметно в вермикулитизированном состоянии. Рост активной поверхности частичек слюд при диспергации способствует более высокой их гидратации, а следовательно, и вермикулитизации. Суммарный поверхностный заряд частичек увеличивается, и они энергично взаимодействуют с более крупными зёрнами кластогенных минералов, обволакивая их и закрепляясь в почвенном горизонте.

Поглощающий комплекс подобных почв, приобретая очень важный по свойствам вермикулитоподобный компонент с высокими ионно-обменными свойствами, становится в значительно большей мере способным к удержанию внесимых с удобрениями калия, фосфора и других элементов, сохраняя их в гумусовом горизонте от вымывания [6]. Авторы также заостряют внимание, что некоторая часть калия может быть необменно фиксирована решеткой лабильного компонента и переведена в малодоступное состояние.

Содержание вермикулитов в илистых фракциях на глубине 1м и ниже составляет 10% (в пересчете на почву 0,19%). В разрезе 3А-08 в условиях переувлажнения, помимо вермикулитов, появляются смектиты и общее количество набухающих минералов значительно выше – 27% (в почве 0,48%). Вверх по профилю на глубине 45-70см отмечается повышение содержания вермикулитового компонента – 21-27% (в почве 0,31-1,27% в зависимости от содержания ила), а на глубине 55-60см разреза 3А-08 содержание набухающих минералов снижается по сравнению с оглееными нижележащими горизонтами до 19%. В иллювиальном горизонте разреза 7А-08 на глубине 40-45см вермикулитов становится 41% (1,56% в пересчете на почву). В профиле почвы, сформированной на моренных песках (разрез 6А-08, Городокский район), на фоне довольно равномерного распределения фракции менее 1мм отличается горизонт В₁, в котором содержание вермикулитов в почве по сравнению с нижележащим горизонтом В₂С (на глубине 110-120см) увеличивается почти в 3 раза (с 0,19 до 0,73%). В почве этих же горизонтов (иллювиальных) относительно накапливается гидрослюда (1,03-1,52%). При переходе к агрогумусовым горизонтам исследуемых почв тенденция накопления вермикулитового компонента сохраняется, однако в росте значений наблюдаются различия в зависимости от генетических особенностей почвообразующих пород. Так, на глубине 5-10см разрезов 3А-08 (древнеаллювиальные пески) и 7А-08 (водно-ледниковые пески) их количество становится равным соответственно 43 и 35%. В разрезе 6А-08 (моренные пески) содержание вермикулитов сохраняется на уровне 34-35% по всей мощности агрогумусового горизонта.

Профильное распределение каолинита зависит от изменения соотношения вермикулитовых и гидрослюдистых компонентов. Накопление же почвенных хлоритов отмечается в нижних частях агрогумусовых горизонтов (10-12%).

Все вышеизложенное указывает на одинаковую направленность минералогических трансформаций в илистых фракциях песчаных почв независимо от генезиса пород, которая выражена как в постепенном снижении количества гидрослюдистого компонента вверх по профилю с 60-75% до 35% так и в прогрессивном накоплении вермикулитового компонента до 34-49% в агрогумусовых горизонтах по сравнению с 10-21% в горизонтах ВС. Почвенными горизонтами также накапливаются хлоритовые образования, в лабилизированных участках которых внедрены образующиеся при выветривании кластогенных минералов несиликатные полуторные окислы. Наибольшая аккумуляция их происходит в нижней части агрогумусовых горизонтов. Процессы вермикулитизации и хлоритизации унаследованного от породы слюдяного компонента в песчаных почвах весьма активны, поэтому в горизонтах РК на долю гидрослюды и каолинита приходится всего 55%.

В свою очередь вермикулиты по структуре близки к смектиту и также обладают высокой емкостью поглощения катионов, достигающей 100-150 мг·экв/100 г [1, 12], поэтому их превращения имеют сходные черты. Вермикулиты имеют ярко выраженную способность необменно фиксировать калий в межпакетных пространствах, трансформируясь в гидрослюды. Эти лабильные минералы вносят свой вклад в емкость катионного обмена исследуемых почв. Так, согласно результатам аналитических исследований, благодаря возросшим сорбционным способностям, величина ЕКО в агрогумусовых горизонтах варьирует в пределах 21,5-33,7 мг·экв/100 г почвы. Согласно данным В.Е. Алексеева, В.В. Чербаря и др. [24] минералогический состав фракции мельче 0,001 мм пахотных горизонтов черноземов выщелоченных, являющихся, по мнению Н.П. Чижиковой [25], индикатором естественных ресурсов почвенного плодородия, представлен смектитами (42-48%), гидрослюдами (33-40%), хлоритом (4-7%), каолинитом (около 12%), то есть содержание набухающих минералов сравнимо с исследуемыми нами почвами, что может свидетельствовать о высоком плодородии исследованных почв.

ВЫВОДЫ

Агроземы культурные песчаного гранулометрического состава, сформировавшиеся на различных по генезису почвообразующих породах (древнеаллювиальных, водно-ледниковых, моренных) характеризуются однотипными особенностями состава глинистых минералов илистого вещества и характера их поведения.

Рентгендифрактометрическое изучение высокодисперсных фракций вышеуказанных почв показало, что значительная трансформация слоистых силикатов происходит в верхней части их профиля, т.е. в агрогумусовых горизонтах. В них отмечается либо равновеликое соотношение гидрослюдистого и вермикулитового компонентов либо доминирование набухающей фазы, что увеличивает емкость катионного обмена и в сочетании с высоким содержанием гумуса положительно сказывается на их свойствах и плодородии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горбунов, Н.И. Минералогия и физическая химия почв / Н.И. Горбунов. – М.: Наука, 1978. – 293с.
2. Тихонов, С.А. Глинистые минералы дерново-подзолистых почв Белоруссии, развитых на разных породах / С.А. Тихонов, В.Т. Сергеенко // Почвоведение и агрохимия: сб. науч. тр. / Белорус НИИ почвоведения и агрохимии. – Мн.: Ураджай, 1972. – Вып. 9. – С. 62-70.
3. Самодуров, П.С. Закономерность распределения дисперсных минеральных частиц мельче 0,001мм в основных разновидностях почв Белоруссии / П.С. Самодуров, Т.А. Романова, Н.А. Матусевич, В.Ф. Клебанович // Агрохимическая характеристика почв БССР // Бел НИИ почвоведения и агрохимии; редкол.: С.Н. Иванов (отв. ред.) [и др.]. – Мн.: Урожай, 1969. – С. 39-55.
4. Горбунов, Н.И. Образование глинистых минералов в подзолистых почвах на песчаных породах разного возраста / Н.И. Горбунов, З. Прусинкевич, Б.П. Градусов // Почвоведение. – 1960. – № 8. – С.
5. Соколова, Т.А. О химическом и минералогическом составе илистой фракции подзолистых почв на кварцевых песках / Т.А. Соколова, В.Д. Тонконогов, Р.В. Шостак // Почвоведение. – 1971. – № 11. – С. 117-125.
6. Тихонов, С.А. Глинистые минералы дерново-подзолистых почв Белоруссии, развитых на разных породах / С.А. Тихонов, В.Т. Сергеенко // Почвоведение и агрохимия: сб. науч. тр. / Белорус НИИ почвоведения и агрохимии. – Мн.: Ураджай, 1972. – Вып. 9. – С. 62-70.
7. Самодуров, П.С. Об изменениях минеральной основы почвенного поглощающего комплекса дерново-подзолистых почв под влиянием процессов окультуривания / П.С. Самодуров // Почвенные условия и применение удобрений: труды Ин-та почвоведения. – Вып. V. – Мн.: Урожай, 1968. – С. 56-82.
8. Смяян, Н.И. О подзолистых почвах Белоруссии / Н.И. Смяян, Г.А. Ржеутская // Почвоведение и агрохимия: сб. науч. тр. / Белорус НИИ почвоведения и агрохимии. – Мн.: Ураджай, 1988. – Вып. 24. – С. 3-11.
9. Смяян, Н.И. Агроземы и их место в классификации почв Беларуси / Н.И. Смяян, Г.С. Цытрон // Проблемы антропогенного почвообразования / Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева. – М.:, 1997. – Т. 2. – С.113-118.
10. Смяян, Н.И. Классификация, диагностика и систематический список почв Беларуси / Н.И. Смяян, Г.С. Цытрон // Институт почвоведения и агрохимии. – Минск, 2007. – 220с.
11. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: Методические указания / под ред. акад. И.М. Богдевича. – Минск, 2006. – 64с.
12. Горбунов, Н.И. Высокодисперсные минералы и методы их изучения / Н.И. Горбунов. – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 302с.
13. Сергеенко, В.Т. Пат. ВУ 10926 С1 2008.08.30 МПК G 01N 33/24. Способ определения минералогического состава фракций физической глины почв / Н.И. Смяян, Г.С. Цытрон, В.Т. Сергеенко, В.Д. Лисица, С.В. Шульгина. – №10926 // Изобретения. – 2008.
14. Алексеев, В.Е. Особенности минералогического состава стагниковых черноземов / В.Е. Алексеев [и др.] // Почвоведение и агрохимия.- 2009. – № 1(42). – С. 47-57.

15. Чижикова, Н.П. Трансформация глинистых минералов черноземов выщелоченных под влиянием различных комбинаций удобрений в условиях столетнего полевого опыта (Шатиловская опытная станция) / Тезисы докладов III съезда Докучаевского общества почвоведов (11-15 июля 2000г., Суздаль). – М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2000. – Кн.2. – С. 346-347.

MINERALOGICAL COMPOSITION OF CLAY FRACTIONS OF HORTIC ANTHROSOLS

S.V. Shul'gina, V.T. Sergeenco, E.V. Gorbachova, E.V Tsytron

Summary

The results of mineralogical investigations of sandy granulometric composition Hortic Anthrosols was formed on the various genesis rocks are submitted in the article. It is shown common transformations of the absorbing complex s mineral basis of these soils which are responsible for the equilibrium quantitative ratio of hydromica and vermiculite components or for the predominance of minerals with swelling structures in the clay fractions of the agrohumus horizons what has shown positive effect on the betterment of properties soils and their fertility.

Поступила 19 ноября 2009 г.