



УДК 631.445.4:631.41(477.83+477.82)

ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ И ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ГЛИНИСТОГО ПРОФИЛЯ АГРОЧЕРНОЗЕМОВ ЗАПАДНО-УКРАИНСКОГО КРАЯ

И.Я. Папиш

Львовский национальный
университет имени Ивана Франко,
Украина, 79000, г. Львов,
ул. П. Дорошенко, 41

E-mail: igorpapish@gmail.com

Показаны типологические и географические особенности формирования глинистого профиля агрочерноземов типичных и оподзоленных разных природных районов Западно-Украинского края. Выявлены изменения в смектит-иллитовой и гидрослюдистой составных глинистой фракции агрочерноземов, приведшие к формированию дифференцированного за составом глинистого профиля почв. Диагностирован процесс иллитизации гумусовой части почв вследствие элювиирования высокодисперсного смектита и относительного накопления гидрослюды. В формировании дифференцированного за глиной профиля наиболее активное участие принимают процессы выщелачивания, внутрипочвенного выветривания, элювиально-иллимеризационный (лессиваж) процесс, отчасти элювиально-глеевый процесс. Установлены типологические закономерности формирования разного за степенью зрелости силикатного профиля почв.

Ключевые слова: почва, агрочернозем, лессиваж, глинистые минералы, смектит, иллит, каолинит.

Введение

Черноземные почвы Западного региона Украины, за исключением, разве что незначительных массивов оподзоленных черноземов лесистых местностей Западного Подолья и Предкарпатья, почти целиком вовлечены в интенсивное хозяйственное использование и длительное время функционируют в режиме культурного почвообразовательного процесса, приобретая при этом выразительные черты и свойства агрочерноземов.

Результатом нескольких этапов корректирования материалов крупномасштабных почвенных исследований сельскохозяйственных земель Украины (1957–1995 гг.) является достаточно хорошая изученность географии агрочерноземов, их морфологических, общих физических и физико-химических свойств. Исследования химико-минералогического состава агрочерноземов Западно-Украинского края, в частности их илистой фракции, до сих пор носят фрагментарный характер и не покрывают своими данными все разнообразие черноземных почв региона. Такое состояние дел не является следствием отсутствия внимания исследователей к этой научной проблематике, а в большей части, отстранением государства от необходимости фундаментальных почвенных исследований, высокой стоимостью сложных аналитических работ, а часто, отсутствием самой материальной базы для их проведения. В совокупности, они определили тенденцию к поверхностным почвенным исследованиям, основное внимание при которых сосредоточено на изучении географии почв, отдельных позиций их гумусового состояния, морфологических и динамических свойств.

В последние годы наметились позитивные тенденции к фундаментальным почвенным исследованиям, в частности, изучению вещественного состава разных типов почв с целью научного анализа процессов и энергетики почвообразования, геохимии почв и почво-грунтов [1, 2]. Под влиянием земледелия в староосвоенных районах часто происходят изменения элементарных почвообразовательных процессов эволюционного порядка. Под влиянием длительного агрогенеза степных почв наблюдается более интенсивное внутрипочвенное выветривание полевых шпатов, а под влиянием агрогенной гумидизации отмечен рост содержания минералов монтмориллонитовой группы, что способствовало процессу оглинивания [3]. Однако объем такого изучения стали в основном агрочерноземы восточных почвенных провинций лесостепной и степной зон Украины. Данное сообщение в определенной степени дополняет эти исследования и восполняет сложившийся информационный перекос в области фундаментальных исследований черноземных почв Украины.

Согласно последнему физико-географическому районированию Украины в пределах Волынской и Подольской возвышенностей, западнее выходов на дневную поверхность элювия гранитов Украинского кристаллического фундамента, выделяется Западно-Украинский физико-географический край [4]. В его пределах находятся две физико-географические области: широколиственно-лесная область с высотно-упорядоченными сочетаниями серых лесных почв



и черноземов оподзоленных (Волынская и холмисто-возвышенная западная часть Подолья); лесостепная область оподзоленных почв и агрочерноземов типичных (равнинная часть Подольской возвышенности). В границах прежнего районирования эта территория приходится на Западно-Украинскую (Прикарпатскую) провинцию лесостепной зоны Украины [5].

Чернозем как почвенный тип имеет простой морфолого-генетический профиль, сформировавшийся под влиянием сложных, по своей природе, групп почвенных процессов и явлений: синтеза, трансформации, перемещения и аккумуляции минерального и органического вещества почвы. Они, в свою очередь, определяют комплекс почвенных свойств и функций, важных с генетической, экологической и прикладной точек зрения (тип и строение профиля, характер структурообразования, физические и физико-химические свойства, противозероизионную устойчивость). С целью научного анализа профиль агрочерноземов рационально рассматривать как солюм, комплект элементарных почвенных профилей, важной составной которого является минеральный (химический, минералогический, гранулометрический, солевой, карбонатный) и органический (гумусовый) профиль. Каждый из них формируется в тесном взаимодействии друг с другом, набирая при этом характерных для черноземов черт вертикального распределения почвенного вещества.

Гумусовый профиль является исключительным продуктом почвообразования, хотя его свойства, в определенной степени, зависят от состава минеральной части почв. Химико-минералогический и гранулометрический профиль в большей мере унаследованы от почвообразовательной породы. Данное утверждение абсолютно справедливо и в отношении глинистой составной агрочерноземов, однако, только в части вещественного состава и соотношения основных минеральных фаз [6, 7]. Характер профильного распределения разных минеральных фаз глинистого материала агрочерноземов определяется типом и условиями почвообразования [8–10].

Биоклиматические условия Западно-Украинского края, высокая внекапиллярная пористость, отсутствие карбонатов в верхней части профиля, стимулируют развитие процессов вертикального перераспределения разных групп глинистых минералов и формирование дифференцированного за илом и минералогическим составом минерального профиля агрочерноземов.

Объекты и методы исследования

География черноземов Западно-Украинского края имеет важную геоморфологическую и палеогеографическую предрасположенность. Для химико-минералогических исследований выбраны агрочерноземы оподзоленные и типичные, сформировавшиеся на лессовидных суглинках в разных частях единой почвенно-геоморфологической области Подольской возвышенности, южная часть которой заходит на правобережье Днестра в район Прут-Днестровского междуречья (Предкарпатье). Основные ареалы агрочерноземов типичных сосредоточены в центральной и приднестровской равнинной ее части. В то время как агрочерноземы оподзоленные приурочены к холмистым местностям западной части Подольской возвышенности и Предкарпатье.

Агрочерноземы типичные представлены глубинно-глееватой глубокой малогумусной среднесуглинистой (Верхнебугская возвышенность, разрез 36) и тяжелосуглинистой (Приднестровская возвышенность, разрез 171) почвами на лессовидных суглинках Южнорусской лессовой провинции [11]. Агрочерноземы оподзоленные представлены глееватой среднесуглинистой (Прут-Днестровская возвышенность, разрез 91) и легкосуглинистой (Сянско-Днестровская возвышенность, разрез 61) почвами на лессовидных суглинках, соответственно, Южно- и Среднерусской лессовой провинций [11]. Почвенные разрезы заложены на одновысотных водораздельных плато.

Подготовка почвенных образцов к химико-минералогическому анализу и отмучивание илистой фракции (размер частиц < 1 мкм) агрочерноземов выполнены на кафедре почвоведения и географии почв Львовского национального университета имени Ивана Франко по методике М.И. Горбунова [12]. Валовой химический анализ илистой фракции, выполнен в химической лаборатории Института геологии и геохимии горючих полезных ископаемых НАН Украины. Рентгеносъемка образцов исследуемых почв проводилась в лаборатории минералогии почв Ягеллонского университета (Краков, Польша).

Ориентированные препараты получены путем седиментации фракции на покровные стекла. Рентгеносъемка проведена на дифрактометре PHILIPS X'Pert APD (с генератором PW 1870 и вертикальным гониметром PW 3020). Использовано $\text{CuK}\alpha$ -излучение. Анализы выполнены (получены небазальные отражения-рефлексы) в области углов 2° – 52° 2θ со скоростью $0.02^\circ/1\text{s}$. Анализы проводились при нарастающем напряжении 40 кV и силе напряжения 30 мА. Ориентированные препараты поданы анализу в воздушно-сухих условиях (Na air) и после насыщения парами этиленгликоля (EG-sat). Графический анализ дифрактограм проведен с ис-



пользованием программного обеспечения фирмы Philips, а также программы Clay Lab. Огромную помощь в определении количественного состава разных минеральных фаз глинистого материала оказала профессор Н.П. Чижикова (Почвенный Институт им. В. В. Докучаева, г. Москва).

Результаты и их обсуждение

Минералогический состав лессов, лессовидных суглинков и черноземов, особенно их тонкодисперсных фракций, давно интересует геологов, геоморфологов и почвоведов. Такая заинтересованность подпитывается двумя важными научными проблемами в области четвертичной геологии и палеопедологии, которые до конца не нашли своего конечного научного решения: надеждами получить однозначный ответ по поводу генезиса этих широко распространенных в мире четвертичных отложений и почв; установить характер их изменений под влиянием процессов почвообразования, как в современных условиях, так и в древних, зафиксированных в палеопочвах.

Обобщения по минералогическому составу лессов, опубликованные в 1976 году Б.П. Градусовым и Н.П. Чижиковой, позволяют определить наличие в этих отложениях одной и той же ассоциации глинистых минералов: диоктаэдрические гидрослюды полиморфной модификации 1Md, часто со слабыми признаками 2Md; неупорядоченные, с большими блоками пакетов смектитового или слюдистого типа, смешанослойные образования, триоктаэдрические хлориты, каолиниты, кварц и полевые шпаты [13].

Качественный состав фракции меньше 1 мкм в лессах с разных палеогеографических областей очень близок между собой [14]. Основой фракции являются слюда-смектитовые смешанослойные образования и диоктаэдрические, с повышенным содержанием железа, гидрослюды. Средний состав глинистого материала лессов следующий: гидрослюда (50–60%), смектитовый компонент (30–40%), каолинит (0–10%) и хлорит (0–10%). Глинистый материал лессов разных областей имеет отличительные черты, которые, преимущественно касаются количественных соотношений разных минеральных фаз, соотношения числа пакетов в смешанослойных слюда-смектитовых образованиях, а также структурного состояния минералов. Материалы наших исследований подтверждают данные выводы.

Агрочерноземам Западно-Украинского края свойственный в разной степени дифференцированный за илом профиль. Более всего он выражен в агрочерноземах оподзоленных (показатель общей дифференциации профиля S составляет 1.27), с тенденцией к увеличению до 2.0 и более, в почвах с сильным профильным оглеением. Коэффициент накопления ила в них наивысший в средней части профиля (коэффициенты 1.35) [15]. В агрочерноземах типичных Волынской и Подольской возвышенностей эти показатели заметно ниже ($S=0.75-0.97$, коэффициент оглинивания 1.08–1.12) и с более равномерным накоплением ила в гумусовом горизонте [16].

Профиль распределения илистой фракции имеет тесную коррелятивную зависимость от условий увлажнения почв. В юго-восточном направлении он изменяется с элювиально-иллювиального (Авратинская и Верхнебутская возвышенность) к слабоаккумулятивному (Приднестровское Подолье). В условиях влажной лесостепи эти изменения строго закономерны [17]. Основная задача наших исследований состоит в том, чтобы, изучив химико-минералогический состав тонкодисперсной части исследуемых агрочерноземов, определить характер таких изменений в процессе почвообразования, их типологические особенности, выявить пространственные закономерности формирования глинистого профиля исследуемых почв.

В гранулометрическом составе исследуемых агрочерноземов доминирует крупнопылевая фракция (частицы размером 0.05–0.01 мм). Относительно равномерное распределение по профилю крупных фракций гранулометрических элементов (размером > 0.01 мм) свидетельствует в пользу однородности его литологического строения и возможности применения сравнительно-профильного метода при исследовании силикатной части данных агрочерноземов (табл. 1).

Содержание илистой фракции агрочерноземов колеблется в значительных пределах (5.2–29.2%) и определяется зональными и региональными условиями лесонакопления и почвообразования. В пределах Подольской возвышенности утяжеление гранулометрического состава агрочерноземов происходит в южном и юго-восточном направлениях. В Предкарпатье литологическая зональность нарушается вследствие наличия террасовой фации лесов более легкого гранулометрического состава. Если абсолютные соотношения разных фракций гранулометрических элементов агрочерноземов предрешены условиями седиментации почвообразующей породой, то профильное распределение тонкодисперсной илистой фракции является результатом исключительно современного почвообразования.



Таблица 1

**Содержание гумуса, карбонатов и гранулометрический состав агрочерноземов
Западно-Украинского края**

Глубина отбора образцов, см	Гумус, %	CaCO ₃ , %	Размер частиц в мм, количество в %						
			1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.005	0.005-0.001	<0.001	<0.01
Агрочернозем типичный глубинно-глееватый глубокий малогумусный крупнопылевато-среднесуглинистый (Верхнебугская возвышенность, разрез 36)									
0-20	4.8	0.0	0.0	10.2	47.0	10.8	11.2	20.8	42.8
40-50	4.2	0.0	0.0	10.8	48.8	13.2	9.2	18.0	40.4
70-80	3.4	4.1	0.0	10.0	47.6	11.2	13.6	17.6	42.4
120-130	1.6	13.2	0.0	13.2	46.4	9.6	10.0	20.8	40.4
190-200	0.7	10.7	0.0	12.5	47.0	10.2	13.3	17.0	40.5
Агрочернозем типичный глубинно-глееватый глубокий малогумусный крупнопылевато-тяжелосуглинистый (Приднепровская возвышенность, разрез 171)									
0-20	4.8	0.0	0.0	4.8	46.8	9.2	10.4	28.8	48.4
40-50	4.5	0.0	0.0	7.2	39.6	12.8	10.8	29.6	53.2
70-80	3.0	1.8	0.4	4.0	45.2	8.8	12.4	29.2	50.4
120-130	2.0	4.0	0.0	5.6	43.6	10.0	14.0	26.8	50.8
190-200	0.7	4.7	0.0	4.8	40.8	13.2	17.6	23.6	54.4
Агрочернозем оподзоленный глееватый крупнопылевато-среднесуглинистый, подстеленный с глубины 180 см тонкопещаным аллювием плиоценовой террасы р. Прут (Прут-Днепровская возвышенность, разрез 91)									
0-20	3.3	0.0	1.2	12.4	44.4	11.2	8.8	22.0	42.0
30-40	2.7	0.0	1.2	12.0	43.2	8.4	12.4	22.8	43.6
60-70	1.5	0.0	1.5	20.5	31.6	10.0	12.0	24.4	46.4
100-110	0.7	0.0	2.3	24.1	30.0	6.8	8.0	28.8	43.6
170-180	0.5	2.0	8.0	36.4	21.6	4.4	8.4	21.2	34.0
190-200	-	0.0	22.5	59.9	7.2	2.0	1.2	7.2	10.4
Агрочернозем оподзоленный глееватый крупнопылевато-легкосуглинистый (Сянско-Днепровская возвышенность, разрез 61)									
0-18	4.2	0.0	0.0	10.0	60.8	14.4	9.6	5.2	29.2
30-40	3.4	0.0	0.0	10.0	60.8	12.8	9.2	7.2	29.2
60-70	1.6	0.0	0.0	12.8	60.4	7.6	1.4	8.8	26.8
100-110	0.3	0.0	0.0	12.0	60.0	4.8	5.2	18.0	28.0
190-200	0.3	0.0	0.0	7.2	60.8	10.4	5.6	16.0	32.0

Относительно контрастные условия формирования черноземных почв в пределах Западно-Украинского края обусловили разные направления в эволюции их глинистого профиля. Водный режим агрочерноземов оподзоленных Предкарпатья формируется при спорадически глубоком проникновении влаги атмосферных осадков в условиях частой литологической неоднородности четвертичных отложений. Это обстоятельство приводит к повышению уровня грунтовых вод, возникновению устойчивой верховодки и, как следствие – профильному оглеению почв и почвообразующих пород.

В агрочерноземах типичных профиль распределения илстой фракции изменяется от равномерного, на севере Подольской возвышенности, до аккумулятивного типа, на южных ее отрогах. В оподзоленных агрочерноземах характер этих изменений зависит от степени оглеения профиля и изменяется от элювиального на западе, до элювиально-иллювиального на востоке (см. табл. 1).

Минералогический состав илстой фракции, выделенной из исследованных агрочерноземов, в пределах профиля не однороден (табл. 2).

Резко выделяется верхняя часть профиля по высокому содержанию кластогенных минералов, таких как кварц, калиевые полевые шпаты, натриевый плагиоклаз, микроклин, роговая обманка. В валовом химическом составе илстой фракции также отмечается несвойственное агрочерноземам более восточных фаций высокое содержание оксида кремния (56.36–76.39%), подтверждающее рентгенографически зафиксированное большое количество кластогенных минералов. Наличие натриевых плагиоклазов доказывается высоким количеством оксида натрия (0.21–0.68%) (табл. 3).



Таблица 2
Минералогический состав фракции < 1 мкм, выделенной из агрочерноземов Западно-Украинского края

Глубина отбора образцов, см	Содержание фракции < 1 мкм, %	Распределение слоистых силикатов, %			Распределение каркасных силикатов*		
		Смешанослойные образования слоуда-сметит	Гидро-слоуда	Каолинит+Хлорит	Кварц	К-полевые шпаты	Плагиоклазы
Агрочернозем типичный глубинно-глееватый глубокий малогумусный крупнопылевато-среднесуглинистый (Верхнебугская возвышенность, разрез 36)							
0-20	20.8	33	52	15	+++	++	+++
40-50	18.0	45	45	10	++	++	++
70-80	17.6	53	39	8	+	+	+
120-130	20.8	54	42	4	+	+	+
190-200	17.0	63	33	4	+	+	+
Агрочернозем типичный глубинно-глееватый глубокий малогумусный крупнопылевато-тяжелосуглинистый (Приднестровская возвышенность, разрез 171)							
0-20	28.8	46	46	7	++	++	+
40-50	29.6	53	42	5	+	нет	нет
70-80	29.2	56	40	4	+	нет	нет
120-130	26.8	60	37	3	+	нет	нет
190-200	23.8	74	23	3	+	++	+
Агрочернозем оподзоленный глееватый крупнопылевато-среднесуглинистый, подстеленный с глубины 180 см тонкопесчаным аллювием плиоценовой террасы р. Прут (Прут-Днестровская возвышенность, разрез 91)							
0-20	22.0	48	49	3	++	+	+
30-40	22.8	44	50	6	+	нет	нет
60-70	24.4	46	47	8	+	нет	нет
100-110	20.8	66	30	4	+	нет	нет
170-180	21.2	76	22	2	нет	нет	нет
190-200	7.2	68	30	2	нет	нет	нет
Агрочернозем оподзоленный глееватый крупнопылевато-легкосуглинистый (Сянско-Днестровская возвышенность, разрез 61)							
0-18	5.2	43	46	11	+++	++	+
30-40	7.2	36	51	13	++	+	нет
60-70	8.8	40	48	12	+	нет	нет
120-130	18.0	54	39	7	нет	нет	нет
190-200	16.0	51	43	7	++	+	+

*Содержание каркасных силикатов: + - очень низкое, ++ - низкое, +++ - заметное.

Таблица 3
Валовой химический состав фракции < 1 мкм, выделенной из агрочерноземов Западно-Украинского края

Глубина отбора образцов, см	Гигроскопическая влажность, %	Потери при прокаливании, %	% на прокаленную навеску									SiO ₂ / R ₂ O ₃	SiO ₂ / Al ₂ O ₃	SiO ₂ / Fe ₂ O ₃
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	S O ₃			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Агрочернозем типичный глубинно-глееватый глубокий малогумусный крупнопылевато-среднесуглинистый (Верхнебугская возвышенность, разрез 36)														
0-20	5.07	10.52	73.64	13.10	6.72	1.82	1.30	1.84	0.68	0.26	0.27	7.20	9.56	29.22
40-50	7.97	12.35	65.95	18.57	9.49	0.88	1.38	2.23	0.51	0.39	0.38	4.55	6.04	18.53
70-80	5.43	8.05	76.39	12.40	6.45	0.32	1.23	1.50	0.51	0.30	0.14	7.86	10.47	31.58
120-	9.16	11.05	60.51	22.52	11.49	0.18	0.69	2.70	0.25	0.40	0.38	3.45	4.57	14.04
190-	9.06	7.91	58.29	23.23	11.43	0.42	1.40	2.34	0.26	0.25	0.35	3.25	4.27	13.60



Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Агрочернозем типичный глубинно-глееватый глубокий малогумусный крупнопылевато-тяжелосуглинистый (Приднестровская возвышенность, разрез 171)														
0–20	10.21	11.80	59.06	23.76	10.68	0.36	2.44	2.63	0.28	0.36	0.21	3.28	4.23	14.75
40–50	10.39	11.62	58.42	23.93	10.82	0.36	2.38	2.80	0.23	0.35	0.05	3.22	4.15	14.40
70–80	9.61	10.50	58.05	23.33	11.22	0.33	2.38	2.74	0.30	0.36	0.28	3.24	4.23	13.80
120–130	9.56	8.92	59.32	23.04	11.15	0.17	2.70	2.48	0.25	0.31	0.05	3.34	4.38	14.19
190–200	9.83	8.16	59.74	22.89	10.78	0.17	2.23	2.29	0.23	0.21	0.10	3.41	4.44	14.78
Агрочернозем оподзоленный глееватый крупнопылевато-среднесуглинистый, подстеленный с глубины 180 см тонкопещаным аллювием плиоценовой террасы р. Прут (Прут-Днестровская возвышенность, разрез 91)														
0–20	8.36	13.57	58.20	23.12	11.98	0.18	2.20	3.13	0.28	0.47	сл.	3.25	4.22	13.09
30–40	8.62	13.21	57.85	24.05	11.54	0.26	2.30	3.03	0.29	0.41	0.09	3.13	4.09	13.37
60–70	8.61	12.07	58.98	23.93	11.47	0.26	2.40	2.08	0.21	0.32	0.19	3.21	4.19	13.71
100–110	9.33	8.57	58.09	23.67	11.81	0.34	2.31	2.56	0.28	0.19	0.18	3.17	4.17	13.20
170–180	8.96	8.39	58.46	22.38	11.30	0.24	2.66	2.70	0.29	0.22	0.07	3.36	4.44	13.80
Агрочернозем оподзоленный глееватый крупнопылевато-легкосуглинистый (Сянско-Днестровская возвышенность, разрез 61)														
0–18	9.09	20.98	56.83	23.91	11.14	0.66	1.10	3.38	0/27	1.21	0.26	3.12	4.04	13.60
30–40	8.58	20.55	57.01	23.45	11.41	0.63	0.76	3.85	0.35	1.16	0.17	3.15	4.13	13.32
60–70	7.47	14.17	56.36	23.08	12.81	0.43	1.31	3.56	0.27	0.74	0.26	3.07	4.15	11.73
100–110	8.50	9.00	56.27	23.31	13.33	0.53	1.22	3.10	0.25	0.55	0.29	3.01	4.10	11.26
190–200	7.94	8.04	57.28	22.24	12.36	0.57	1.37	4.13	0.29	0.39	0.17	3.23	4.38	12.34

Слоистые силикаты агрочерноземов на 30–51% представлены гидрослюдой. Соотношение рефлексов от (002), (001) и (003) свидетельствует о три-диоктаэдрическом характере минерала [6]. Однако, в агрочерноземах типичных преобладают триоктаэдрические разности, а в оподзоленных (особенно сильно оглеенных) – преимущественно диоктаэдрические. Для всех без исключения агрочерноземов характерно увеличение содержания гидрослюд вверх по профилю, причем, приблизительно в одинаковых количествах. Подтверждение этому повышенное содержание в иле Al_2O_3 и K_2O . Таким образом, вертикальный профиль распределения гидрослюдистых минералов выразительно аккумулятивного типа.

В илистой фракции агрочерноземов содержится 33–76% неупорядоченных смешанослойных слюда-сметитовых образований с высоким (>50%) содержанием сметитовых пакетов и подвижной решеткой переменного избыточного заряда. По мнению В.Е. Алексеева, высокозарядная сметитовая фаза генетически связана со слюдами и может существовать в почве и вне смешанослойного иллит-сметита. В то время как низкозарядный сметитовый компонент близок по структурным свойствам к бейделлиту, нонтрониту, сапониту и собственно монтмориллониту [18].

Содержание набухающих глинистых минералов во всех исследованных агрочерноземах увеличивается вглубь по профилю, формируя элювиальный тип распределения данного глинистого вещества. Особенно выразительная инверсия в профильном распределении значений d_{001} интегрального отражения от 10–16 Å комплекса глинистых образований характерна для агрочерноземов оподзоленных верхних плиоценовых террас р. Прут (разрез 91). Она указывает на присутствие среди набухающих минералов образования, чутко реагирующего на изменения pH среды. Таковым является низкозарядный индивидуальный сметит. Такое распределение сметитовой фазы действительно подтверждает разногенетичность образований плиоценовых террас р. Прут. Это закономерно, поскольку аллювиальные отложения крупных рек Восточно-Европейской равнины содержат высокое количество сметитовой фазы, намного выше, чем в отложениях четвертичного возраста окружающих территорий [19].

Несовершенный по структуре каолинит в сумме с хлоритом в гумусовом горизонте составляет 5–15%, уменьшаясь с глубиной до 2–7% (см. табл. 2). Если не учитывать существенную разницу в содержании данных минералов и гидрослюд, то профиль их вертикального распределения синхронный. Присутствие каолинита в агрочерноземах следует связывать с условиями образования и седиментации пород лессовой формации, при территориальной близости элювия гранитов Украинского кристаллического фундамента. Его относительное накопление в



верхних горизонтах возможно за счет элювирования более дисперсных слюда-сметитовых образований в постседиментационный период.

Вертикальный профиль распределения ила в исследованных агрочерноземах указывает на наличие в них рассредоточенного оглинивания. В типичных агрочерноземах оглинивание захватывает верхнюю гумусовую часть профиля, тогда как в оподзоленных – среднюю и нижнюю его части. Причем, в ряду генетически однородных агрочерноземов профиль оглинивания претерпевает определенные изменения, обусловленные почвообразованием. О наличии или отсутствии в агрочерноземах процесса оглинивания часто судят по данным содержания ила или ила и физической глины. Наши выводы сделаны как раз на этом основании. В почвенной литературе все чаще высказывается мнение об поверхностности таких суждений, если в расчетах не исключены содержание органического вещества и карбонатов. Только в этом случае можно четко разделить процессы накопления глинистых минералов в «чистом» виде (оглинивание) от явлений новообразования и накопления фракции < 1 мкм (илонакопление). Исследования В.Е. Алексеева по содержанию глинистой фракции (свободной от органического вещества и карбонатов) агрочерноземов Молдовы свидетельствуют о том, что в карбонатном и обычном агрочерноземах глина накапливается в верхних горизонтах, в типичном ее содержание по профилю существенно не изменяется, в выщелоченном и оподзоленном содержание глинистой фракции увеличивается с глубиной [18].

Если рассчитывать баланс глинистого вещества на минеральную бескарбонатную часть почвы, то процесс «оглинивания» типичных и оподзоленных агрочерноземов Западно-Украинского края еще более выразительный и контрастный. В обоих случаях он обусловлен не так внутрпочвенным выветриванием, сколько перемещением глинистой фракции вниз по профилю, особенно в сильно оглеенных родах агрочерноземов оподзоленных (Сянско-Днестровская возвышенность, разрез 61). В подтверждение сказанному, наблюдается относительное увеличение высокодисперсного кварца в верхней, гумусовой части профиля всех исследуемых почв, что можно рассматривать как результат выноса части глинистого материала в нижние горизонты (см. табл. 2). Эти выводы подтверждаются также величинами молярных отношений $SiO_2 : Al_2O_3$ и $SiO_2 : Fe_2O_3$ (см. табл. 3).

Таким образом, в глинистом профиле агрочерноземов типичных и оподзоленных Западно-Украинского края больше общих, чем отличительных признаков. В тех и других наблюдается: 1) вертикальное перераспределение глинистого материала преимущественно за счет фракции < 0.02 мкм (сметит); 2) противоположный характер накопления крупных фракций глинистого материала (гидрослюда и каолинит) и комплекса высокодисперсных набухающих слюда-сметитовых глинистых образований; 3) относительное увеличение содержания высокодисперсного кварца в верхнем горизонте почв.

Несмотря на это, исследуемым агрочерноземам свойственны типологические и географические различия в характере соотношения некоторых минеральных фаз глинистого материала. Они вызваны современным почвообразовательным процессом в эдафических условиях влажной Лесостепи Украины, а не особенностями седиментации частиц и эоловым приносом материала на данную небольшую территорию. Трудно сказать на каком этапе формирования современного профиля агрочерноземов происходила активная минералогическая и механическая дифференциация глины. Учитывая палеогеографические особенности исследуемой территории, глинистый профиль агрочерноземов типичных и оподзоленных скорее всего характеризуется развивающимся типом, то есть формировался на протяжении всей своей истории с разной интенсивностью. Вопрос об унаследовании современного глинистого профиля агрочерноземов Западно-Украинского края от предыдущих этапов и фаз голоценового почвообразования из-за недостатка подтверждающего материала до сего времени остается открытым.

При количественном соотношении гидрослюдистой фазы минералогического состава к смешанно-слоистым слюда-сметитовым образованиям отмечается явление «иллитизации» верхней части гумусовых горизонтов исследуемых агрочерноземов. Это явление общеизвестно и не раз поднималось в почвенной литературе [7, 18, 20]. В. Е. Алексеев указывает на два возможных пути его возникновения [18]. Первый, чаще всего, происходит на орошаемых агрочерноземах и связан с синтезом иллита в результате необменной сорбции иона Калия в межслоевом пространстве набухающих глинистых минералов (адсорбционный путь) [9]. Второй, предполагает относительное накопление иллита после выноса части смектита в индивидуальной форме или смешанно-слоистых образованиях (элювиально-иллимеризационный путь). Правомочность данных явлений в агрочерноземах степной зоны никем не оспаривается, однако, их роль в дифференциации глинистого профиля почв до сего времени носит дискуссионный характер [18, 20]. Не исключая возможности адсорбционного накопления иллита в почвах степной зоны вообще, В. Е. Алексеев аргументировано указывает на термодинамическую несостоятельность этого явления в элювиальных условиях влажной Лесостепи [18]. К тому же, в усло-



виях богарных земель, при отсутствии внесения нормированных доз калийных удобрений, наблюдаются низкие концентрации соединений Калия, которые в несколько раз меньше тех, при которых возможно явление иллитизации [8].

Дополнительным аргументом в пользу элювиально-иллимеризационного накопления гидрослюды в верхних горизонтах агрочерноземов Западно-Украинского края является тот факт, что с гумусового горизонта в основном выносятся тонкие коллоиды (частицы < 0.02 мкм), среднего размера коллоиды (частицы 0.2–0.02 мкм) имеют аккумулятивный тип распределения в профиле с накоплением в горизонте Н, а крупные коллоиды (частицы 1–0.2 мкм) распределены в профиле относительно равномерно [10, 20]. Следует подчеркнуть, что среди содержащихся в иллитовой фракции исследуемых почв глинистых минералов (за исключением каолинита), диоктаэдрические гидрослюды являются наиболее устойчивыми к выветриванию [18]. Они представлены более грубодисперсными частицами, чем например смектит, меньше подвержены иллимеризации и явно доминируют в гумусовом горизонте оподзоленных агрочерноземов, особенно их сильно оглеенных родов (разрез 61).

Высказанные выше заключения об элювиально-иллимеризационной природе гидрослюдистой фазы глинистого профиля почв выразительно подтверждается не только увеличением содержания K_2O , но и количественным соотношением гидрослюды к смешанослойным слюда-смектитовым образованиям в ряду: агрочерноземы типичные – агрочерноземы оподзоленные, а среди почв одного типа – от глубинно-глееватых к профилю оглеенным. Эти показатели одновременно отражают интенсивность и напряжение трансформационных изменений глинистой плазмы агрочерноземов [21]. Увеличение индекса интенсивности выветривания иллит-смектитового в заданной последовательности (от типичного к оподзоленному агрочерноземам) наилучшим образом согласуется с элювиально-иллимеризационным процессом относительного накопления гидрослюды, чем «адсорбционным», поскольку показывает на большую устойчивость гидрослюды по сравнению со смектитом к изменениям рН среды (табл. 4).

Обратная линейная связь между содержанием K_2O в иллитовой фракции и рН, оцениваемая как показатель современного почвообразования, также свидетельствует в пользу названной гипотезы [18, 20]. Наконец, разницу между верхними горизонтами и материнской породой в содержании K_2O в иле, составляющую в исследуемых агрочерноземах 0.11–0.84%, по мнению В.Е. Алексева, нельзя полностью отнести за счет необменной фиксации Калия. Она есть следствием выветривания «первичного» иллита [18].

Таблица 4

Индекс интенсивности и напряженности выветривания иллит / смектитовой глинистой плазмы агрочерноземов Западно-Украинского края

Генетический горизонт, глубина отбора образцов, см	Содержание слоистых силикатов, %		Индекс интенсивности выветривания, иллит-смектитовый	Индекс напряженности выветривания, иллит-смектитовый
	Смешанослойные образования слюда-смектит	Гидрослюда		
1	2	3	4	5
Агрочернозем оподзоленный глееватый крупнопылевато-легкосуглинистый (Сянско-Днестровская возвышенность, разрез 61)				
He (0–18)	43	46	10.7	2.3
He (30–40)	36	51	14.2	5.8
Hpie(gl) (60–70)	40	48	12.0	3.6
Phigl (120–130)	54	39	7.2	-
Pgl (190–200)	51	43	8.4	-
Агрочернозем оподзоленный глееватый крупнопылевато-среднесуглинистый, подстеленный с глубины 180 см тонкопещаным аллювием плиоценовой террасы р. Прут (Прут-Днестровская возвышенность, разрез 91)				
He(0–20)	48	49	10.2	5.7
He (30–40)	44	50	11.4	6.9
Hpi (e) (60–70)	46	47	10.2	5.7
Phigl (100–110)	66	30	4.5	-
P(k)gl (170–180)	76	22	-	-
Dgl (190–200)	68	30	-	-
Агрочернозем типичный глубинно-глееватый глубокий малогумусный крупнопылевато-среднесуглинистый (Верхнебугская возвышенность, разрез 36)				
H (0–20)	33	52	15.7	10.5
H (40–50)	45	45	10.0	4.8
Hpk (70–80)	53	39	7.3	2.1



Окончание таблицы 4

1	2	3	4	5
Phk (120–130)	54	42	7.8	-
Pk (gl) (190–200)	63	33	5.2	-
Агрочернозем типичный глубинно-глееватый глубокий малогумусный крупнопылевато-тяжелосуглинистый (Приднестровская возвышенность, разрез 171)				
H (0–20)	46	46	10.0	6.9
H (40–50)	53	42	7.9	4.8
Hpk (70–80)	56	40	7.1	4.0
PHk (120–130)	60	37	6.2	-
Pk(gl) (190–200)	74	23	3.1	-

Основным дифференцирующим фактором перераспределения разных минеральных фаз глинистого материала является относительно высокий режим увлажнения агрочерноземов (Подолье – 550–650, Предкарпатье – 600–700 мм/год) и ослабленная дренированность территории, которые стимулирует развитие в почвах лессиважа и сезонного элювиально-глеевого процесса.

В этих условиях верхние горизонты агрочерноземов постоянно пополняются глинистым материалом первичного происхождения, преимущественно гидрослюдами. В условиях периодически промывного водного режима и слабокислой реакции среды (интенсивность которых возрастает в направлении от типичных к оподзоленным черноземам) осуществляется прогрессирующая деградация слюдистых 2:1 структур через комплекс микропроцессов: вынос межслоевого Калия с последующей гидратацией межслоевого пространства, расширение 10 Å решетки, образование смешанослойных структур, внутрискруктурный изоморфизм, понижение избыточного отрицательного заряда, частичное разрушение глинистых кристаллитов.

Изменение соотношения в запасах глинистого материала между верхним гумусовым горизонтом и нижележащими горизонтами исследуемых агрочерноземов определяется скоростью реализации трансформационных процессов. Она возрастает с увеличением увлажнения и агрессивности среды, то есть, в направлении оподзоленных черноземов, а в однотипном ряду – к профилебно оглееным родам почв. Чем интенсивнее происходят трансформационные процессы, тем быстрее наступает их конечная стадия, и как следствие, повышение диспергированности глинистой плазмы. Она же, под влиянием лессиважа перераспределяется в профиле агрочерноземов преимущественно через фракцию размером < 0.02 мкм.

В агрочерноземах типичных деградационный ряд в большей части ограничивается низкозарядным смектитом [18]. В условиях достаточного увлажнения, дренированности и высокой пористости почв он имеет возможность мигрировать по профилю, пополняя глинистую фракцию срединных горизонтов. Однако наличие в средней части почв илювиально-карбонатного горизонта и высокая насыщенность поглощающего комплекса основаниями, существенно ограничивает возможности лессиважа в оглинивании глубоких горизонтов. Как следствие, оглинивание охватывает преимущественно гумусовый горизонт. В агрочерноземах типичных формируется мощный изоглинистый профиль, который со временем сам становится пусковым механизмом развития лессиважа в периодически восстановительной среде зимне-весеннего периода. Верхние горизонты глинистого профиля формируются преимущественно за счет продуктов конечного распада первичных алюмосиликатов [18]. Глубокие горизонты оглиниваются исключительно за счет элювиально-иллимеризационного процесса.

В оподзоленных агрочерноземах, особенно их сильно оглеенных родах (Сянско-Днестровская возвышенность), повышенная агрессивность среды (рН солевое 4.9–5.5) стимулирует опережающее разрушение глинистой фракции над ее новообразованием и перераспределение глинистого материала вниз по профилю как в форме продуктов конечного распада (элювиально-глеевый процесс), так и путем лессиважа. В верхних горизонтах создается дефицит глины, а в его составе увеличивается содержание диоктаэдрических гидрослуд “первичного” происхождения. Формируется профиль глины – элювиального типа. Эти выводы подтверждаются как морфологическими особенностями почв, так и данными химико-минералогического анализа.

Выводы

Агрочерноземы Западно-Украинского края имеют в разной степени дифференцированный за илом профиль: равномерный и аккумулятивный – в типичных аналогах, элювиально-иллювиальный и элювиальный – в оподзоленных агрочерноземах. Минералогический состав илистой фракции представлен преимущественно гидрослюдами и смешанослойными



слюда-сметитовыми образованиями, каолинитом, хлоритом, небольшой примесью высокодисперсных кластогенных минералов (кварц, калиевые полевые шпаты, плагиоклазы, роговые обманки). В результате почвообразования глинистый материал перераспределяется по профилю в соответствии с условиями почвообразования и свойствами минералов. В верхних горизонтах в следствие выветривания первичных силикатов и элювиально-иллимеризационного процесса происходит несбалансированная потеря набухающих слюда-сметитовых образований и относительное накопление минералов с жесткой структурой, преимущественно диоктаэдрических гидрослюд. Интенсивность этих процессов усиливается в ряду агрочерноземов от типичных к оподзоленным, а в пределах одного подтипа – от глубинно-глееватых к профиллю оленным. Нижние горизонты агрочерноземов оглиниваются за счет иллимеризации и возможного новообразования слоистых набухающих силикатов.

Различия в условиях формирования агрочерноземов определили разные пути образования и степень зрелости их глинистого профиля: от изоглинистого в черноземах типичных Подольской возвышенности, до элювиального в оподзоленных черноземах Предкарпатья. Агрочерноземам оподзоленным свойственный более зрелый тип силикатной коры выветривания, чем их типичным аналогам.

Список литературы

1. Post-Agrogenic Evolution of Soils in Ancient Greek Land Use Areas in the Herakleian Peninsula, South-West Crimea / F. Lisetskii, V. Stolba, E. Ergina et al. // *The Holocene*. – 2013. – №4. – С. 504–514.
2. Кривульченко А.И. Галогеохимія ґрунто-підґрунтя ландшафтних комплексів Причорноморсько-Приазовського сухо степового краю: дис...д-ра геогр. наук. – Л., 2003. – 394 арк.
3. Лисецкий Ф.Н. Пространственно-временная организация агроландшафтов. Белгород: Изд-во Белгор. гос. ун-та, 2000. – 304 с.
4. Удосконалена схема фізико-географічного районування України / О.М. Маринич, Г.О. Пархоменко, О.М. Петренко, П.Г. Шищенко // *Український географічний журнал*. – 2003. – №1. – С. 16–20.
5. Кисель В.Д. Почвенный покров и районирование черноземной территории Украины // *Черноземы СССР (Украина)*. – М.: Колос, 1981. – С. 26–37.
6. Брэдли У.Ф., Грим Р.Е. Слюдистые минералы глин // *Рентгеновские методы изучения и структура глинистых минералов*. – М.: «Мир», 1965. – С. 248–283.
7. Чижикова Н.П. Минералогический состав высокодисперсной части черноземов Центральной фации // *Научн. докл. высшей школы. Биол. науки*. – 1968. – №6. – С. 115–119.
8. Крупеников И.А., Синкевич З.А. Состав почвенного раствора черноземов юга Молдавии // *Вопросы исслед. и использ. почв Молдавии*. – Кишинев, 1970. – № VI. – С. 143–148.
9. Позняк С.П. Орошаемые черноземы юго-запада Украины. – Львов: ВНТЛ, 1997. – 240 с.
10. Соколова Т.А., Дронова Т.Я., Толпегта И.И. Глинистые минералы в почвах: учебное пособие. – Тула: Гриф и Ко, 2005. – 336 с.
11. Краев В.Ф. Инженерно-геологическая характеристика пород лессовой формации Украины. – К.: Наукова думка, 1971. – 227 с.
12. Горбунов М. И. Методика подготовки почв, грунтов, взвесей рек и осадков морей к минералогическому анализу // *Почвоведение*. – 1960. – №11. – С. 79–81.
13. Градусов Б.П., Чижикова Н.П. Глинистые минералы лессов // *Докл. АН СССР*. – 1976. – Т. 229; №6. – С. 1433–1435.
14. Чижикова Н.П. Минералогический состав илистых фракций черноземов // *Черноземы СССР*. – М.: «Колос», 1974. – Т. 1. – С. 173–187.
15. Папіш І.Я. Літологічні особливості чорноземів опідзолених басейну верхнього Дністра // *Агрохімія і ґрунтознавство*. Кн. 2. – Харків, 2006. – С. 125–126.
16. Папіш І.Я. Процеси гранулометричної диференціації в чорноземах типових Північно-Подільського лісостепу // *Вісник Львівського ун-ту. Серія географічна*. – 1998. – Вип. 23. – С. 138–143.
17. Папіш І.Я., Позняк С.П. Проблеми генези чорноземів Галичини // *Вісник Львівського ун-ту. Серія географічна*. – 2010. – Вип. 38. – С. 271–280.
18. Алексеев В.Е. Минералогический состав и эволюция глинистой части черноземов Молдавии // *Почвоведение*. – 1977. – №2. – С. 126–136.
19. Градусов Б.П., Чижикова Н.П. Кристаллохимические формы и генетические типы смектитового компонента в современных осадках // *Докл. АН СССР*. – 1976. – Т. 231; №3. – С. 682–685.
20. Корнблом Э.А., Дементьева Т.Г., Зырин Н.Г., Бирин А.Г. Некоторые особенности процессов передвижения и преобразования глинистых минералов при образовании южного и слитого черноземов, лиманной солоди и солонча. *Почвоведение*. – 1972. – №5. – С. 107–114.
21. Алексеев В.Е. Способ оценки минералогического состояния силикатной части черноземов // *Почвоведение*. – 2012. – №2. – С. 189–199.



TYPOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL PECULIARITIES OF AGROCHERNOZEM CLAY PROFILE FORMATION IN THE WEST-UKRAINIAN REGION

I.Ya. Papish

*Ivan Franko National University of
Lviv, 41 P.Doroshenko St., Lviv, 79000,
Ukraine*

E-mail: igorpapish@gmail.com

Typological and geographic features of Typical and Podzolic Agrochernozen clay profile formation in various natural areas of the West-Ukrainian region have been shown. Changes in smectite-illite and hydromica components of clay fraction in agrochernozenes have been found that led to the formation of soils clay profile differentiated in composition. Illitization process in humus part of soils owing to glazing of high dispersion smectite and relative accumulating of hydromica have been diagnosed. The following processes are most actively involved in the formation of the differentiated clay profile: the leaching processes, soil weathering, eluvial-illimerization (glazing) and partly eluvial-gley processes. Typological mechanisms of the development of silicate soil profile formation have been established in relation to different levels of maturity.

Keywords: soils, agrochernozen, lessivage (glazing), clay minerals, smectite, illite, kaolinit.