

УДК 631.445.4(477.43/.44)

## ХІМІКО-МІНЕРАЛОГІЧНИЙ СКЛАД ГЛИНИСТОЇ ФРАКЦІЇ ЧОРНОЗЕМІВ ТИПОВИХ ПОДІЛЬСЬКОЇ ВИСОЧИНИ

Ігор Папіш, Олексій Телегуз

*Львівський національний університет імені Івана Франка,  
вул. П. Дорошенка, 41, 79007, м. Львів, Україна,  
e-mail: igor\_papish@ukr.net*

Наведено дані щодо валового хімічного та мінералогічного складу глинистої фракції чорноземів типових Подільської височини. Виявлено географічні закономірності формування глинистого профілю чорноземів одного генетичного ряду. Показано зв'язок між умовами і стадією розвитку чорнозему, характером вертикальної диференціації основних мінеральних фаз глинистої плазми та її хіміко-мінералогічним складом. Ізоглинистий профіль гідролюд є наслідком їх відносної акумуляції у результаті елювіювання колоїдно-дисперсних слюдяно-сметитових мінералів.

Чорноземи типові Поділля мають однаковий силікатний тип кори вивітрювання. Сучасний характер глинистого профілю чорноземів сформувався переважно на дещо вологішій стадії ґрунтоутворення. В орному шарі є високий вміст кластогенних мінералів (кварц, калієві польові шпати, натрієвий плагіоклаз). У профілі присутні непорядковані змішаношаруваті слюдяно-сметитові мінерали з високим вмістом (>50 %) сметитових пакетів (33–63 %), гідролюда (33–52 %), каолінит у сумі з хлоритом (4–15 %). Мінералогічний склад мулистої фракції ґрунтів вказує на видимі ознаки елювіювання сметиту й відносної акумуляції іліту.

Глинистий профіль чорноземів Верхньобузької височини Поділля не є типовим для чорноземів східних провінцій лісостепової і степової зон. Характер розподілу шаруватих силікатів, передусім сметиту, контрастніший. Диференційований перерозподіл глинистої плазми реалізується через процеси вилугування та лесиважу.

Акумулятивний тип накопичення мулу в чорноземах Придністровської височини Поділля, рівномірний розподіл у профілі основних оксидів і молярних відношень  $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$  і  $\text{SiO}_2 : \text{Fe}_2\text{O}_3$  на фоні зменшення вмісту сметиту з глибиною вказують на послаблення процесів елювіювання високодисперсної глини у напрямі Дністра. Домінування сметиту над гідролюдами у межах усього профілю засвідчує оглинення чорноземів.

*Ключові слова:* чорнозем, хіміко-мінералогічний склад, глинисті мінерали, гідролюда, сметит, каолінит, вилугування, лесиваж, оглинення.

Початок наукових досліджень чорноземів Галичини і Поділля пов'язують з роботами Леопольда Бубера [16]. У рамках загальнодержавної програми великомасштабних

грунтових обстежень (1957–1995) виконано роботи з картування чорноземів Поділля, вивчено їхню морфологію та агровиробничі властивості [4]. У 90-х роках ХХ ст. виявлено географічні закономірності формування профілю чорноземів типових на внутрішньо-фаціальному рівні [7]. Проте відомості про силікатну частину чорноземів Поділля, насамперед склад і властивості глинистої фракції, до цього часу є поодинокими та фрагментарними.

Вивчення вмісту і складу глинистих мінералів ґрунтів має вагоме теоретичне і практичне значення. Це так звана фракція родючості, яка визначає і контролює поведінку всієї ґрунтової системи через реакції сорбції і десорбції, фіксації і обміну катіонів та інших часток, фіксації окремих органічних компонентів, реакції гідратації та дегідратації, гідролізу, визначає протиерозійну стійкість чорноземів тощо. Процеси утворення, трансформації, руйнування і переміщення глинистого матеріалу належать до найважливіших чинників формування ґрунтового профілю.

Мінералогічні дослідження глинистого матеріалу чорноземів України охоплюють широкий спектр теоретичних і прикладних завдань [12; 13; 14; 15]. Доволі глибокий і всебічний аналіз мінералогії чорноземів територій, суміжних з Поділлям, представлено у наукових працях В. Алексєєва [1; 2; 3]. Аналітичні дані з великої кількості розрізів чорноземів України і Молдови засвідчують, що розподіл мулистої фракції в цих ґрунтах підпорядковується чітким географічним закономірностям. Збіднення гумусових горизонтів на мул (текстурна диференціація профілю) відбувається передусім за рахунок фракції тонких колоїдів (часточки <0,02 мкм), водночас середні (часточки 0,2–0,02 мкм) і грубі (часточки 1–0,2 мкм) колоїди мають, відповідно, акумулятивний і рівномірний характер профільного розподілу [2]. Аналогічні географічні закономірності диференціації речовинного складу ґрунтів (гумусовий, глинистий, карбонатний, сольовий профіль) притаманні чорноземам Поділля [8].

У сучасній науковій літературі, присвяченій ґрунтам Вологої атлантичної фації, відсутній просторовий аналіз географічних закономірностей формування та еволюції глинистого профілю чорноземів. З великою вірогідністю можна припустити, в яких умовах і під впливом яких процесів він формувався. Проте розпізнати їх присутність загальними методами кількісного аналізу ґрунтів, без даних валового хімічного і рентгендіфрактометричного аналізу мулистої фракції, неможливо.

Мінералогічний склад мулистої фракції чорноземів типових відзначається загальною, доволі виразною закономірністю у профільному розподілі окремих груп глинистих мінералів. Гумусові горизонти, порівняно з перехідним горизонтом (РН) і ґрунтоутворюючою породою, часто містять більше іліту і менше лабільних мінералів монтморилонітової групи [13]. За відсутності потужної біогенної акумуляції калію, неможливої в умовах дефіциту калійного живлення агроценозів, цей факт є, більшою мірою, підтвердженням прогресуючого елювіювання з гумусових горизонтів насамперед тонких колоїдів у формі лабільних мінералів, ніж трансформаційних процесів у складі глинистого матеріалу, зокрема, через процеси ілітизації. Проблему диференціації глинистого профілю чорноземів слід розглядати у зональному та еволюційному аспектах. Адже в різних біокліматичних і літологічних умовах, на різних етапах еволюції

чорноземів профільна диференціація окремих груп глинистих мінералів здійснюється під впливом різних процесів і механізмів.

Питанню генезису вторинних високодисперсних, у тім числі колоїдно-дисперсних, мінералів у чорноземах України присвячені праці багатьох науковців. У 70–80-х роках ХХ ст. проведений широкий спектр мінералогічних досліджень у богарних і зрошуваних чорноземах південного заходу України на предмет виявлення впливу різних режимів зрошення на динаміку їхнього мінералогічного складу [12]. На фоні цих фундаментальних досліджень цілковито дисонують чорноземи Волино-Поділля. Хоча вони займають специфічну в літологічному та ландшафтному відношеннях перехідну екологічну нішу між типовими лісостеповими і широколистяно-лісовими ландшафтами Східної Європи, їх мінералогічна складова практично не вивчена. У науковій літературі трапляються лише поодинокі розрізнені відомості про загальний мінералогічний склад грубих фракцій (розмір понад 1 мкм) чорноземів Вологої атлантичної фації лісостепової зони України [4]. В багатьох публікаціях для генетичної інтерпретації профілю чорноземів перевагу віддають даним гранулометричного і валового хімічного аналізів.

*Мета дослідження* – вивчення хіміко-мінералогічного складу глинистого матеріалу чорноземів типових Подільської височини. *Основним завданням* є виявлення географічних закономірностей у формуванні глинистого профілю чорноземів одного генетичного ряду, аналіз причинно-наслідкових зв'язків між умовами і стадією розвитку чорнозему та характером вертикальної диференціації основних мінеральних фаз глинистої плазми. *Об'єкт дослідження* – чорноземи типові малогумусні глибокі глибинно-глеюваті грубопилувато-середньо- і важкосуглинкові на лесоподібних суглинках Подільської височини. Грунтові розрізи розташовані на одновисотних вододільних поверхнях.

Найповніше уявлення про мінералогічний склад ґрунтів можна одержати завдяки застосуванню комплексу спеціальних методів: імерсійного, рентгенографічного, термічного, електронно-мікроскопічного та інших. У практиці мінералогічних досліджень ґрунтів зрідка застосовують усі вищезазначені методи. У будь-якому разі, під час визначення повного мінерального складу ґрунту чи його високодисперсної частини необхідна доволі складна і тривала підготовка, передусім, відокремлення фракції розміром до 1 мкм від решти грубих фракцій ґрунту. Зазначена процедура необхідна ще й тому, що грубу фракцію вивчають переважно імерсійним методом, а високодисперсну – рентгенографічним, термічним та електронно-мікроскопічним. Доцільність відокремлення фракції розміром до 1 мкм продиктована ще й тим, що в ній міститься мало кварцу та інших кластогенних мінералів, які заважають визначенню вторинних, передусім глинистих мінералів вищезазначеними методами [5; 6]. Крім того, в практиці ґрунтових досліджень при гранулометричному аналізі обов'язково виділяється мулиста фракція <0,001 мм, що дає змогу проводити кореляцію між профілем дисперсності ґрунтів та їхнім мінералогічним складом.

Відбір індивідуальних зразків ґрунту на аналіз проводять з кожного генетичного горизонту чорноземів типових і ґрунтоутворної породи за методикою, прийнятою для великомасштабних ґрунтових досліджень. Відмулювання мулистої фракції

чорноземів та підготовку зразків ґрунту до мінералогічного аналізу виконано на кафедрі ґрунтознавства і географії ґрунтів Львівського національного університету імені Івана Франка за стандартною методикою М. Горбунова [5]. Валовий хімічний аналіз дрібнозему і мулистої фракції чорноземів виконано в хімічній лабораторії Інституту геології та геохімії горючих корисних копалин НАН України.

Рентгенозйомку зразків досліджуваних ґрунтів здійснено в лабораторії мінералогії ґрунтів Ягеллонського університету (*Mihal Skiba*, Краків, Польща). Орієнтовані препарати одержано шляхом седиментації фракції на покривні скельця. Рентгенозйомку виконано на дифрактометрі PHILIPS X'Pert APD (з генератором PW 1870 і вертикальним гоніометром PW 3020). Використано  $\text{CuK}\alpha$ -випромінювання. Аналізи виконано (одержано небазальні відображення-рефлекси) в області кутів  $2-52^\circ 2\theta$  зі швидкістю  $0,02^\circ/1s$ . Аналізи проводили за наростаючої напруги 40 кВ і сили струму 30 мА. Орієнтовані препарати піддано аналізу у повітряно-сухих умовах (Na air) і після насичення парами етиленгліколю (EG-sat). Графічний аналіз дифрактограм проведено з використанням програмного забезпечення фірми Philips, а також програми Clay Lab. Під час використання цільового програмного забезпечення ідентифіковано як однозначно чисті індивідуальні мінерали, так і їхні пакети в складі змішаношаруватих мінералів. Ідентифікацію змішаношаруватих мінералів виконано за правилом Меринга.

Значну допомогу у визначенні кількісного вмісту окремих мінеральних фаз мулистої фракції чорноземів надала професор Н. Чижикова (Ґрунтовий інститут ім. В. В. Докучаєва).

Чорноземи типові Подільської височини мають низький ступінь загальної диференціації профілю. Здебільшого у ґрунтових розрізах Західного і Північного Поділля він дещо вищий (1,23–1,27), ніж у аналогів Придністровського Поділля (0,96) [8]. У перших (Авратинська височина) розподіл мулистої фракції у профілі переважно рівномірний, у других – від рівномірного (Верхньобузька височина) до акумулятивного на терасових місцевостях Придністровської височини. Причина цього явища зумовлена відмінностями гідротермічного, сольового й окисно-відновного режимів чорноземів типових різних ландшафтних місцевостей Західного Лісостепу України [7]. Сприяють таким змінам процеси оглинення *in situ* і посилена акумуляція педогенних карбонатів у гумусовому горизонті чорноземів Придністровського Поділля [10].

Незважаючи на рівномірний характер профільного розподілу мулу, можна припустити, що чорноземам типовим на лесоподібних суглинках Подільської височини об'єктивно властивий від'ємний баланс глинистої фракції у гумусово-акумулятивному горизонті. Це припущення підтверджують дослідження І. Лебедевої та Є. Сьоміної, В. Алексєєва, згідно з якими, рівномірний розподіл мулистої фракції у профілі вилугуваних і опідзолених чорноземів, зазвичай, перетворюється в елювіальний, після обробітку мулу  $\text{H}_2\text{O}_2$  з метою видалення органічної речовини [2; 13]. На цю думку налаштовує нас характер розподілу різних мінеральних фаз глинистої фракції досліджуваних чорноземів.

Глинистий матеріал чорноземів неоднорідний за складом. Він представлений паритетним співвідношенням гідрослюд і змішаношаруватих слюдяно-сметитових мінералів, каолінітом і хлоритом. Для них притаманний диференційований профільний

розподіл різних мінеральних фаз, незалежно від класифікаційної приналежності чи умов формування профілю ґрунтів [13]. З гумусового горизонту переважно виносяться тонкі колоїди (часточки до 0,02 мкм). Середні колоїди (часточки 0,2–0,02 мкм) мають акумулятивний розподіл у профілі з накопиченням у горизонті *H*, а грубі колоїди (часточки до 1–0,2 мкм) розподілені у профілі відносно рівномірно. Процеси диференційованого перерозподілу глинистих мінералів найактивніші в чорноземах Вологої атлантичної фації. Оскільки шаруваті силікати відзначаються різною дисперсністю, то характер профільного розподілу різних мінеральних фаз глинистого матеріалу досліджуваних чорноземів має чітку вертикальну закономірність. Вона полягає у тому, що гумусові горизонти, порівняно з лежачими нижче горизонтами (*HP* і *Ph*) і ґрунтоутворюючою породою, містять у складі мулу більше літових мінералів і менше – набухаючих мінералів монтморилонітової групи та їхніх змішаношаруватих похідних.

Мінеральному профілю чорноземів, незалежно від їхньої класифікаційної приналежності та географічної приуроченості, притаманна одна спільна риса – виділена з ґрунту мулиста фракція завжди суттєво відрізняється від загальної ґрунтової маси за хіміко-мінералогічним складом.

Морфологічна будова профілю чорнозему типового Верхньобузької височини (Дністровсько-Бузький вододіл, розріз 36, околиці с. Немиринці Городоцького району Хмельницької області):

*Нор* (0–25 см) – темно-сірий, рівномірно забарвлений, однорідний, пухкий, грубопилувато-середньосуглинковий, пилувато-зернисто-грудкуватий, перехід різкий за складенням і структурою, межа нерівна;

*Нп/ор* (25–66 см) – темно-сірий, рівномірно забарвлений, однорідний, слабоущільнений, грубопилувато-середньосуглинковий, грудкувато-зернистий, перехід поступовий, межа нерівна;

*Нрк* (66–110 см) – темно-сірий з бурим відтінком, однорідний, слабоущільнений, грубопилувато-середньосуглинковий, грубозернистий, закипає від  $\text{HCl}$  з глибини 80 см, від чого у нижній частині наявний світлий відтінок, зрідка кротовини, перехід поступовий, межа кишениподібна;

*НРк* (110–136 см) – бурувато-палевий з сірим відтінком, неоднорідний, пухкий від перенасичення карбонатами, бурхливо закипає від  $\text{HCl}$ , карбонатна плісінь і псевдоміцелій, грудкувато-середньосуглинковий, зернисто-грудкуватий, кротовини, перехід помітний, границя кишениподібна.

*Р(н)к* (136–170 см) – бурувато-палевий, кротовинний, з ознаками локальної гумусованості грубопилувато-середньосуглинковий лесоподібний суглинок, закипає від  $\text{HCl}$ .

*Рк(гІ)* (170–200 см) – бурувато-палевий з ознаками слабого оглеєння групопилувато-середньосуглинковий лесоподібний суглинок, закипає від  $\text{HCl}$ , рясні журавчики з глибини 200 см.

Для розуміння закономірностей формування глинистого профілю чорноземів Поділля наводимо систематизовані дані їх гранулометричного складу, профільний розподіл органічної речовини і карбонатів (табл. 1).

Таблиця 1

Вміст гумусу, карбонатів і гранулометричний склад чорнозему  
Content of humus, carbonates and granulometric composition of Chernozem

Глибина відбору зразків, см	Гумус, %	CaCO <sub>3</sub> , %	Розмір часточок у мм, кількість у %						
			1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	<0,01
Чорнозем типовий (Верхньобузька височина, розріз 36)									
0–20	4,8	Немає	0,0	10,2	47,0	10,8	11,2	20,8	42,8
40–50	4,2	Немає	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

Ці дані подано за генетичними горизонтами, з яких відібрано зразки для валового хімічного та мінералогічного аналізу. Дещо інформативніший пошаровий аналіз (кожні 10 см) гумусового, гранулометричного і карбонатного профілю чорноземів типових Подільської височини представлений у попередніх публікаціях [8; 10].

Гранулометричний склад чорноземів представлений грубопилюватим суглинком. Серед фракцій різко переважає грубий пил (46,4–48,8 %). Характер його розподілу за профілем рівномірний, що засвідчує формування профілю ґрунту у межах літологічно однорідного типу відкладів. Другою за вмістом є фракція мулу (17,0–20,8 %). Дані гранулометричного складу вказують на рівномірний характер розподілу мулу.

Незначні перепади вмісту фракції грубого пилу зумовлені процесами седиментації відкладів. Співвідношення вмісту фракції тонкого і середнього пилу однакові, а їхній розподіл за профілем також має рівномірний характер. Отже, вертикальний розподіл фракції мулу під час гранулометричного аналізу не відображає реальної картини низхідного переміщення тонкодисперсного матеріалу у профілі досліджуваних ґрунтів. Він також не відображає процесів і механізмів, через які відбувається диференційований перерозподіл різних фаз глинистого матеріалу. Повну відповідь на ці запитання дає кількісний мінералогічний і валовий хімічний аналіз мулистої фракції чорноземів (табл. 2 і 3).

Мінералогічний склад фракції до 1 мкм неоднорідний. Різко виділяється верхня частина профілю за високим вмістом кластогенних мінералів (кварц, калієві польові шпати, натрієвий плагіоклаз). Шаруваті силікати представлені невпорядкованими змішаношаруватими слюдяно-сметитовими утвореннями з високим вмістом (>50 %) сметитових пакетів (33–63 %), гідрослюдами (33–52 %), каолінитом у сумі з хлоритом (4–15 %), які розподілені нерівномірно. Помітне чітке збільшення вмісту сметитової фази вниз за профілем (до 63 %). Вміст гідрослюд (в основному триоктаедричного типу) різко зростає до 52 % у верхньому горизонті. Вміст недосконалого за структурою каолініту в сумі з хлоритом становить усього 4,0 % і в верх за профілем зростає до 15 %. У хімічному складі мулу простежується непритаманний чорноземам високий вміст оксиду кремнію (65–76 %), що підтверджує рентгенографічно зафіксовані великі кількості кластогенних мінералів.

Таблиця 2

Співвідношення основних мінеральних фаз фракції до 1 мкм  
Correlation of the base mineralogical phases in fraction less than 1 μm

Глибина відбору зразків, см	Вміст фракції < 1 мкм, %	Розподіл шаруватих силікатів, %			Розподіл каркасних силікатів		
		Змішаношаруваті утворення слюда-сметит	Гідрослюда	Каолініт+хлорит	Кварц	К-польові шпати	Плагіоклази
Чорнозем типовий (Верхньобузька височина, розріз 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	+	+	+

Таблиця 3

Валовий хімічний склад чорнозему типового  
Cross chemical composition of Haplic Chernozem

Глибина відбору зразків, см	Гігроскопічна вологість, %	Втрати при прожарюванні, %	% на прожарену наважку									SiO <sub>2</sub> / R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
			SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S заг.			
Чорнозем типовий (Верхньобузька височина, розріз 36)														
0–20	0,94	3,48	85,91	6,95	1,99	1,03	0,42	2,04	1,11	0,08	0,17	17,77	21,01	115,12
40–50	0,88	3,26	86,24	7,64	1,68	0,81	0,58	1,79	1,07	0,07	0,11	16,83	19,19	136,88
70–80	0,34	1,39	85,50	7,79	2,01	0,77	0,56	2,01	1,08	0,05	0,14	16,02	18,66	113,43
120–130	0,02	0,96	85,31	7,68	1,88	0,77	0,55	2,11	1,11	0,05	0,22	16,33	18,88	121,01
190–200	н.в.	0,63	87,35	6,01	1,41	0,77	0,55	2,06	1,17	0,06	0,27	21,49	24,71	165,20
Муліста фракція ґрунту (до 1 мкм)														
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
120–130	9,16	11,15	60,51	22,52	11,49	0,18	0,69	2,70	0,25	0,40	0,38	3,45	4,57	14,04
190–200	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

Наявність натрієвих плагіоклазів підтверджується високою кількістю оксиду натрію (0,51–0,68 %). Дані вмісту мінеральних оксидів у дрібноземі не дають чіткої картини про характер та інтенсивність процесів трансформації та переміщення глинистого матеріалу у вертикальному розрізі чорноземів. Це цілком зрозуміло, адже відносно невисокий вміст так званих “маркуючих мінеральних форм” хімічних елементів, якими в ґрунтах є лужні і лужно-земельні метали, передусім сесквіоксиди полівалентних металів, губляться на загальному високому фоні переважаючих оксидів первинних мінералів дрібнозему. Левова частка несилікатного Fe чорноземів знаходиться в координаційному зв’язку з глинистими мінералами. Отож тільки валовий хімічний аналіз мулистої фракції чорноземів, у комплексі з даними кількісного мінералогічного аналізу, дає змогу виявити реальну картину поведінки їхньої високодисперсної фракції. На основі цих даних, через нескладні розрахунки, можна вийти на комплекс ґрунтових процесів, що беруть активну участь у мобілізації та переміщенні глинистої плазми у поровому просторі чорноземів [1; 3].

Отже, глинистий профіль чорнозему типового Верхньобузької височини характеризується нетиповим для чорноземів східних ґрунтових провінцій лісостепової і степової зон розподілом тонкодисперсного матеріалу, тобто суттєвим збідненням фракції до 1 мкм на лабільні шаруваті силікати і підвищеним вмістом кластогенних мінералів, таких як кварц і натрієвий плагіоклаз. Мінералогічний склад мулистої фракції ґрунтів засвідчує видимі ознаки елювіювання, причому саме найдисперснішої частини мінеральної речовини ґрунту, представлені мінералами смектитової групи. Водночас відносно накопичуються в гумусовому горизонті чорноземів диоктаедричні гідрослюди і кластогенні мінерали. Характер розподілу шаруватих силікатів у межах профілю також контрастніший, ніж у чорноземах типових, наприклад, Руської рівнини [15].

Такі висновки є логічними з позицій валового розподілу основних груп хімічних елементів у профілі чорноземів типових. Результати хімічного аналізу мулистої фракції ґрунтів яскраво свідчать на користь перерозподілу у профілі чорноземів типових Верхньобузької височини високодисперсного глинистого матеріалу. Акумулятивний тип розподілу оксиду кремнію та, водночас, виразно елювіальний розподіл у профілі ґрунтів оксидів Алюмінію, передусім Феруму, який знаходиться в координаційному зв’язку з глинистими мінералами, вказують на часткове елювіювання глинистої плазми у процесі формування досліджуваного генетичного типу ґрунтів. Такі незбалансовані втрати заліза й алюмінію відбуваються переважно за рахунок смектитової фази. Найвірогідніше, виразно диференційований перерозподіл глинистої плазми реалізується через комплекс процесів вилуговування та лесиважу, підтвердженням чого є однаковий тип кривих профільного розподілу смектитової фази та сесквіоксидів Fe і Fl. Крім того, ізоглинистий характер розподілу диоктаедричних гідрослюди і акумулятивний тип кривих молярних відношень  $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$  і  $\text{SiO}_2 : \text{Fe}_2\text{O}_3$  вказують на відносну акумуляцію в гумусовому горизонті грубих фракцій мулу (диоктаедричних гідрослюди, кластогенних мінералів), стійких до вивітрювання і не здатних до вертикального переміщення.

Можна також припустити, що диференційований за глиною профіль досліджуваних чорноземів, здебільшого, сформувався на стадії їх доагрикультурної еволюції. Цей



висновок впливає з аналізу характеру розвитку карбонатного профілю, а також сучасних тенденцій культурної еволюції структури ґрунтового покриву Подільської височини [9; 10]. У результаті тривалого й інтенсивного використання чорноземів Поділля їхній карбонатний профіль розвивався в режимі прогресуючого закарбоначення гумусового горизонту, передусім його нижньої частини. Такі тенденції підтверджуються зростаючими темпами реградації опідзолених ґрунтів, площі яких на Поділлі різко збільшились за рахунок нереградованих аналогів [11]. Важко припустити, що елювіювання дуже активної з фізико-хімічних позицій смектитової фази могло відбуватись на фоні прогресивного закарбоначення гумусового горизонту й погіршення їхніх фізичних властивостей (переуцільнення, деградація структури і диференційованої пористості тощо). Отож сучасний глинистий профіль чорноземів типових Верхньобузької височини більшою мірою успадкований від попередніх пльовіальних фаз його розвитку в цілих умовах вологого лучного степу.

У Придністровському Поділлі процеси формування мінерального профілю чорноземів типових протікають в умовах теплішого та сухішого клімату, а також значної дренажності території. Зміна екологічних умов ґрунтоутворення знайшла своє адекватне відображення в характері диференційованого розподілу різних мінеральних фаз глинистого матеріалу.

Морфологічна будова профілю чорнозему типового Придністровської височини (широка вододільна поверхня, розріз 171, околиці с. Міньківці Дунаєвського району Хмельницької області):

*H* op (0–20 см) – темно-сірий, однорідний, важкосуглинистий, пухкий, пилувато-зернисто-грудкуватий, перехід різкий за складенням і структурою, межа нерівна.

*H* п/or (20–60(70) см) – темно-сірий, однорідний, слабоуцільнений, важкосуглинистий, грудкувато-зернистий (в шарі 20–31 см горіхувата структура), перехід поступовий, межа язичувата.

*Hrk* (60–98 см) – темно-сірий з бурим відтінком, однорідний, слабоуцільнений, важкосуглинистий, грубозернистий, нерівномірно закипає від HCl з 64 см, карбонати у формі просочення, а з глибини 88 см – зрідка карбонатна пліснява, сильно кротовинний (в бурувато-сірих кротовинах - псевдоміцелій), зрідка дрібні вапнякові конкреції, перехід поступовий, межа кишениподібна.

*PHk* (98–130 см) – бурувато-сірий з палевим відтінком, сильно зоотурбований, неоднорідний, пухкий від перенасичення міграційними формами карбонатів, важкосуглинистий, зернисто-грудкуватий, великі кротовини, рясна карбонатна пліснява і псевдоміцелій, перехід поступовий, межа кишениподібна.

*P(h)k* (130–170 см) – бурувато-палевий, кротовинний з ознаками локальної гумусованості, важкосуглинистий, карбонатний.

*Pk(gl)* (170–200 см) – палево-бурій, карбонатний з ознаками оглеєння важкий лесоподібний суглинок, карбонати у формі псевдоміцелію, з глибини 185 см карбонатні конкреції у формі журавчиків.

Чорноземи типові Придністровського Поділля відзначаються диференційованим профільним розподілом мулистої фракції. В усьому профілі різко домінують грубопилувата (39,6–46,8 %) і мулиста фракції (23,6–29,6 %) з максимальним вмістом у гумусовому горизонті. Характер розподілу фракції дрібного пилу має

протилежну направленість, найбільша її кількість простежується у нижній частині профілю.

Така ж закономірність профільного розподілу фракції середнього пилу притаманна чорноземам типовим Придністровської височини Поділля. Профільний розподіл пилуватих фракцій повністю успадкований від ґрунотвірної породи і спричинений умовами їхньої палеоседиментації (табл. 4).

Таблиця 4

Вміст гумусу, карбонатів і гранулометричний склад чорнозему  
Content of humus, carbonates and granulometric composition of Chernozem

Глибина відбору зразків, см	Гумус, %	CaCO <sub>3</sub> , %	Розмір часточок у мм, кількість у %						
			1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,01	0,01–0,005	0,005–0,001	<0,001	<0,01
Чорнозем типовий (Придністровська височина, розріз 171)									
0–20	4,8	немає	0,0	4,8	46,8	9,2	10,4	28,8	48,4
40–50	4,5	немає	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

Чорноземи Придністровського Поділля сформувались на тих самих генетично однотипних ґрунотвірних породах. Вони відзначаються слабоаккумулятивним типом розподілу мулу з мінімумом у нижній частині профілю (23,6 %). Характер розподілу основних мінеральних фаз не змінюється, хоча співвідношення між ними змінились суттєво (табл. 5).

Таблиця 5

Співвідношення основних мінеральних фаз фракції до 1 мкм  
Correlation of the base mineralogical phases in fraction less than 1 μm

Глибина відбору зразків, см	Вміст фракції < 1 мкм, %	Розподіл шаруватих силікатів, %			Розподіл каркасних силікатів		
		Змішаношаруваті утворення слюда-сметит	Гідро-слюда	Каолініт+хлорит	Кварц	К-польові шпати	Плагіоклази
Чорнозем типовий (Придністровська височина, розріз 36)							
0–20	28,8	46	46	7	++	++	+
40–50	29,6	53	42	5	+	-	-
70–80	29,2	56	40	4	+	-	-
120–130	26,8	60	37	3	+	-	-
190–200	23,8	74	23	3	+	++	+

У складі глинистих мінералів домінують невпорядковані змішаношаруваті слюдяно-сметитові утворення (46–74 %) з високим вмістом (понад 50 %) сметитових пакетів. Їхній вміст поступово збільшується вниз за профілем, досягаючи 74 % на

глибині 190–200 см. Розподіл гідрослюд має протилежний характер, з максимумом (46 %) в орному шарі. Недосконалий за структурою каолініт становить всього 3–7 % (успадкований від породи), можливі домішки хлориту, проте незначні. Домінування високодисперсних смектитів над гідрослюдами практично в усьому профілі чорноземів засвідчує і послаблення їх мобільності (процес елювіювання смектиту типовий для степових ґрунтів), і наявність оглинення гумусового горизонту. Зазначені процеси розвиваються на фоні доволі інтенсивного закарбоначення гумусового горизонту. Лужне середовище, високий ступінь насичення основами, наявність значної кількості розсіяного в дрібноземі мікрокристалічного кальциту не сприяють інтенсивному елювіюванню високодисперсної глинистої плазми. Дані валового хімічного аналізу цілковито підтверджують висловлені припущення (табл. 6).

Таблиця 6

Валовий хімічний склад мулистої фракції (до 1 мкм) чорнозему  
Cross chemical composition of Chernozem clay fraction (size to 1  $\mu\text{m}$ )

Глибина відбору зразків, см	Гігроскопічна вологість, %	Втрати при прожарюванні, %	% на прожарену наважку									$\text{SiO}_2 / \text{R}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2 / \text{Fe}_2\text{O}_3$
			$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	CaO	MgO	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{P}_2\text{O}_5$	S заг.			
Чорнозем типовий (Придністровська височина, розріз 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

У складі фракції до 1 мкм вміст оксиду кремнію є доволі типовим для чорноземів, сформованих на лесоподібних суглинках (58,05–59,74 %). Мулиста фракція містить доволі високу кількість валового Магнію (2,23–2,70 %) і Калію (2,29–2,80 %), що засвідчує домінування у ній змішаношаруватих слюдяно-смектитових утворень і гідрослюд. Доволі високий вміст валового Фосфору (0,21–0,36 %).

Акумулятивний характер накопичення мулу, рівномірний розподіл переважаючих оксидів і молярних відношень  $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$  і  $\text{SiO}_2 : \text{Fe}_2\text{O}_3$  на фоні кривої вертикального розподілу смектитової фази елювіального типу діагностують слабкі прояви елювіювання високодисперсної глини в чорноземах типових Придністровського Поділля. Домінування смектитової фази над гідрослюдами у межах усього глинистого профілю вказує на процеси профільного оглинення, що підтверджують підвищені (> 1,0) показники коефіцієнта оглинення [7; 8].

Чорноземи типові Подільської височини належать до категорії забезпечених елементами живлення рослин і є найродючішими ґрунтами у межах України з найвищим

балом бонітету. Водночас, в орному шарі трапляються значні домішки кварцу, що додатково засвідчує технологічне спрацювання чорнозему. Фізичну деградацію чорнозему спричиняють також процеси технологічної ерозії (винесення активної глинистої плазми разом з урожаєм основних коренеплодів).

Отже, хіміко-мінералогічний склад чорноземів типових Подільської височини, які сформувались у дещо відмінних за біокліматичними умовами місцевостях Верхньобузької та Придністровської височин, вказує на їхню генетичну і класифікаційну спорідненість, односпрямованість пізньоголоценової еволюції. Вони відрізняються однотипним силікатним типом кори вивітрювання із закономірним профільним розподілом основних мінеральних фаз глинистої плазми.

На фоні рівномірного та акумулятивного типу профільного розподілу мулистої фракції чорноземам типовим Подільської височини властива чітка географічна закономірність формування глинистого профілю. Спільною його рисою є наявність процесів елювіювання найдисперснійшої смектитової фази і відносно накопичення в гумусовому горизонті грубодисперсних диоктаедричних гідролуд (псевдоілітизація), каолініту і кластогенних мінералів. У напрямі Дністра процеси елювіювання послаблюються на фоні посиленого профільного оглинення і закарбоначення.

Тенденції культурної еволюції карбонатного профілю ґрунтів Подільської височини підтверджують висновок, що актуальний глинистий профіль чорнозему типового більшою мірою реліктовий, успадкований від попередніх вологих фаз його розвитку, ніж є продуктом сучасного ґрунтоутворення.

Зважаючи на значну присутність чорноземів типових у структурі ґрунтового покриву Волино-Поділля та їхню вагу у формуванні валового національного продукту України, дослідження мінералогії чорноземів потребують ширшої географії та поглибленого наукового аналізу.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Алексеев В. Е.* Минералогический анализ в диагностике оподзоливания, лессиважа и оглинивания // Почвоведение. 1983. № 10. С. 12–19.
2. *Алексеев В. Е.* Минералогический состав и эволюция глинистой части черноземов Молдавии // Почвоведение. 1977. № 2. С. 126–136.
3. *Алексеев В. Е.* Способ оценки минералогического состояния силикатной части черноземов // Почвоведение. 2012. № 2. С. 189–199.
4. *Андрющенко Г. А., Бильская М. В., Билан А. М., Вороной В. В., Сухарская И. М.* Черноземы лесостепной зоны Влажной атлантической фации // Черноземы СССР (Украина). Москва : Колос, 1981. 256 с.
5. *Горбунов Н. И.* Методика подготовки почв, ґрунтов, взвесей рек и осадков морей к минералогическому анализу // Почвоведение. 1960. № 11. С. 79–81.
6. *Горбунов Н. И.* Минералогия и коллоидная химия почв. Москва : Наука, 1974. 314 с.
7. *Паніш І. Я.* Внутрішньофаціальні особливості чорноземів типових Північно-Подільського лісостепу // Вісник Львівського ун-ту. Серія географічна. 1998. Випуск 21. С. 47–51.

8. *Папіш І. Я.* Процеси гранулометричної диференціації в чорноземах типових Північно-Подільського лісостепу // Вісник Львів. ун-ту. Серія геогр. 1998. Вип. 23. С. 138–143.
9. *Папіш І. Я.* Процеси антропогенної еволюції чорноземів Західного Лісостепу України // Вісник Львів. ун-ту. Серія геогр. 2000. Вип. 27. С. 108–110.
10. *Папіш І. Я.* Карбонатний профіль чорноземів типових Північно-Подільського лісостепу // Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Кн. 2. Харків, 2002. С. 152–154.
11. *Папіш І. Я., Позняк С. П.* Проблеми генези чорноземів Галичини // Вісник Львів. ун-ту. Серія геогр. 2010. Вип. 38. С. 271–280.
12. *Позняк С. П.* Орошаемые черноземы юго-запада Украины. Львов : ВНТЛ, 1997. 240 с.
13. *Соколова Т. А., Дронова Т. Я., Толпецка И. И.* Глинистые минералы в почвах : учебное пособие. Тула : Гриф и К, 2005. 336 с.
14. *Черноземы СССР.* Т. 1. Москва : Колос, 1974. 560 с.
15. *Чижикова Н. П.* Минералогический состав илистых фракций черноземов // Черноземы СССР. Т. 1. ВАСХНИЛ / Почв. ин-т им. В. В. Докучаева. Москва : Колос, 1974. С. 173–187.
16. *Buber L.* Die galizisch-podolische Schwarzerde, ihre Entstehung und naturliche Beschaffenheit und die gegenwärtigen landwirtschaftlichen Betriebsverhältnisse des Nordostens dieser Bodenzone Galiciziens. Berlin, 1910. 205 s.

## REFERENCES

1. *Alekseev, V. E. (1983).* Myneralohycheskyi analiz v dyahnostyke opodzolyvaniya, lessyvazha y ohlynyvaniya. *Pochvovedenye, 10*, 12–19 (in Russian).
2. *Alekseev, V. E. (1977).* Myneralohycheskyi sostav y evoliutsiya hlynystoi chasty chernozemov Moldavyu. *Pochvovedenye, 2*, 126–136 (in Russian).
3. *Alekseev, V. E. (2012).* Sposob otsenky myneralohycheskoho sostoiannya sylykatnoi chasty Chernozemov. *Pochvovedenye, 2*, 189–199 (in Russian).
4. *Andriushchenko, H. A., Bylskaia, M. V., Bylan, A. M., Voronoi, V. V. & Sukharskaia, Y. M. (1981).* *Chernozemy lesostepnoi zony Vlazhnoi atlanticheskoi fatsyy.* Chernozemy SSSR (Ukrayna). Moskva: Kolos, 256 pp. (in Russian).
5. *Horbunov, N. Y. (1960).* Metodyka podhotovky pochv, hruntov, vzvesei rek y osadkov morei k myneralohychemu analyzu. *Pochvovedenye. 11.* 79–81 (in Russian).
6. *Horbunov, N. Y. (1974).* *Myneralohyia y kolloydnaia khymyia pochv.* Moskva : Nauka. 314 pp. (in Russian).
7. *Papish, I. Ya. (1998).* Vnutrishnofatsialni osoblyvosti chornozemiv typovykh Pivnichno-Podilskoho lisostepu. *Visnyk Lviv.Univ. Ser. Geogr., 21*, 47–51 (in Ukrainian).
8. *Papish, I. Ya. (1998).* Protsesty hranulometrychnoi dyferentsiatsii v chornozemakh typovykh Pivnichno-Podilskoho lisostepu. *Visnyk Lviv.Univ. Ser. Geogr., 23*, 138–143 (in Ukrainian).
9. *Papish, I. Ya. (2000).* Protsesty antropohennoi evoliutsii chornozemiv Zakhidnoho Lisostepu Ukrainy. *Visnyk Lviv.Univ. Ser. Geogr., 27*, 108–110 (in Ukrainian).
10. *Papish, I. Ya. (2002).* Karbonatnyi profi l chornozemiv typovykh Pivnichno-Podilskoho Lisostepu. *Ahrokhimiia i gruntovnavstvo. 2.* Kharkiv. 152–154 (in Ukrainian).
11. *Papish, I. Ya., & Pozniak, S. P. (2010).* Problemy genezy chornozemiv Halychyny. *Visnyk Lviv. Univ. Ser. Geogr., 38*, 271–280 (in Ukrainian).
12. *Pozniak, S. P. (1997).* *Oroshaemye chernozemy yugo-zapada Ukrainy.* Lvov: VNTL. 240 pp. (in Russian).

13. Sokolova, T. A., Dronova, T. Ya., & Tolpeshta, Y. Y. (2005). *Hlynystye myneraly v pochvakh*. Tula: Hryf y K, 336 pp. (in Russian).
14. Chernozemy SSSR. (1974). T. 1. Moskva: Kolos. 560 pp. (in Russian).
15. Chyzhykova, N. P. (1974). Myneralohycheskyi sostav ylystykhn fraktsyi chernozemov. *Chernozemy SSSR*. T. 1. VASKHNYL. Pochv. in-t im. V. V. Dokuchaeva. Moskva: Kolos. 173–187 (in Russian).
16. Buber, L. (1910). *Die galizisch-podolische Schwarzerde, ihre Entstehung und naturliche Beschaffenheit und die gegenwärtigen landwirtschaftlichen Betriebsverhältnisse des Nordostens dieser Bodenzone Galiciziens*. Berlin, 205 pp. (in German).

Стаття: надійшла до редакції 09.10. 2017

доопрацьована 06.11. 2017

прийнята до друку 15.12. 2017

## CHEMICAL AND MINERALOGICAL COMPOSITION OF CLAY FRACTION FOUND IN PODILLIA UPLAND HAPLIC CHERNOZEMS

Ihor Papish, Oleksii Telehuz

*Ivan Franko National University of Lviv,  
P. Doroshenko St., 41, UA – 79007 Lviv, Ukraine,  
e-mail: igor\_papish@ukr.net*

The article presents data on gross chemical and mineralogical composition of clay fraction found in typical chernozems occurred within the Podillia Upland. Geographical regularities of formation as regards clayey profile of Chernozems pertaining to the same genetic series are revealed. The relationship between conditions and Chernozem development stage, character of vertical differentiation of basic mineral phases of clayey plasma and its chemical and mineralogical composition are shown. Izo-clayey profile of hydromicas is the consequence of their relative accumulation as a result eluviation of colloid-dispersible mica-smectite minerals. The character of clay profile observed in Chernozems is determined by the correlation of intensity of carbonates leaching, lessivage and soils argillisation.

Typical Podolian Chernozems are characterised with the like weathering crust of silicate type. The modern Chernozem clayey profile originated mainly during a wetter stage of soil formation. In the ploughable layer a high content of clastic minerals (quartz, potassium feldspar, sodium plagioclase) is observed. Random mixed and stratified mica-smectite minerals with a high content (>50 %) of smectite packets (33–63 %), hydromica (33–52 %), and kaolinite plus chlorite (4–15 %) are present in the profile. The mineralogical composition of soils clay fraction indicates obvious signs of smectite eluviation and relative illite accumulation.

Clayey profile of the Bug upstream plateau located within the Podillia Upland is atypical for Chernozems found in the eastern forest-steppe and steppe areas. The distribution character of layered silicates, especially smectite, is even more contrastive. Clayey plasma redistributes differentially through leaching and lessivage processes.

Accumulative type of sludge deposits formed in Chernozems of the Dniester plateau located within the Podillia Upland, even profile distribution of basic oxides and molar ratios of  $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$  and  $\text{SiO}_2 : \text{Fe}_2\text{O}_3$  against the background of decreased downward smectite content indicate weakened eluviation of fine-grained clays towards the Dniester. The prevalence of smectite over hydromicas within the entire profile indicates argillisation of Chernozems.

*Key words:* Chernozem, chemical-mineralogical composition, clayey minerals, hydromica, smectite, kaolinite, leaching, lessivage, argillisation.