

УДК 631.4 (477.8)

ОРТШТЕЙНИ ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТИХ ПОВЕРХНЕВО-ОГЛЕСНИХ ҐРУНТІВ ПРИБЕСКИДСЬКОГО ПЕРЕДКАРПАТТЯ

Зіновій Паньків , Олена Калинич 

*Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. П. Дорошенка, 41, 79007, м. Львів, Україна,
e-mail: zrankiv@gmail.com, olena2521995@gmail.com*

На підставі морфологічних і лабораторно-аналітичних досліджень з'ясовано, що в профілі дерново-підзолистих поверхнево-оглесених ґрунтів Прибескидського Передкарпаття формуються ортштейни, які мають чіткі зовнішні контури, концентричну внутрішню будову з чергуванням кілець іржаво-бурого та чорного забарвлення. Виявлено два ареали формування ортштейнів у досліджуваних ґрунтах: у надліювальної частині профілю та перехідному до породи горизонті. У межах HEgl горизонту вміст ортштейнів становить 2,8 %, а у фракційному складі переважає фракція від 2,1 до 3,0 мм (37,5 %). Найбільший вміст ортштейнів (7,7 %) характерний для Ehgl горизонту, у межах якого переважає фракція від 7,1 до 10,0 мм (27,2 %). У межах Pigl горизонту діагностовано великі ортштейни розміром від 1,0 до 5,0 см овальної та трубчастої форми з концентричною внутрішньою будовою, їхній вміст становить 17,6 %. Ортштейни дерново-підзолистих поверхнево-оглесених ґрунтів сформувалися внаслідок чергування окисно-відновних умов за участю специфічної, неспецифічної мікрофлори та глес-елювального, сегрегаційного процесів ґрунтоутворення. Дрібні ортштейни в надліювальної частині профілю є наслідком сучасного ґрунтоутворення, а великі, у межах Pigl горизонту, є реліктовими та пов'язані з ранніми стадіями формування ґрунтів Передкарпаття.

З метою виявлення генези й елементного складу виготовили шліф трубчастого ортштейну діаметром 1,2 см, який відібрано з Pigl горизонту (220–240 см). У різних частинах шліфа, що відрізняються за забарвленням, вибрано чотири точки розміром до 1 мкм (дві на світлому фоні та дві на темному), у межах яких методом мікрорентгеноспектрометрії визначали елементний склад. Вимірювання проводилися на сканувальному електронному мікроскопі REM-106 (Україна) з роздільною здатністю 5 нм та з енергодисперсійним рентгеновським детектором. Дослідження шліфа ортштейну за допомогою сканувального електронного мікроскопа дало змогу виявити, що формування кілець чорного забарвлення в межах трубчастого ортштейну зумовлене збільшенням відсоткового вмісту мангану в 1,6–3,4, алюмінію в 1,4–2,3 та кальцію в 2,1–5,4 рази. Відсотковий вміст феруму в різних частинах ортштейну є приблизно однаковий, що визначає його іржаво-буре забарвлення.

Ключові слова: ортштейни, дерново-підзолисті поверхнево-оглесні ґрунти, Прибескидське Передкарпаття, коефіцієнт нагромадження, електронний сканувальний мікроскоп.

З моменту виявлення Fe–Mn новоутворень у морських [11], озерних відкладах [12], ґрунтах [18] вивченню їхньої морфології, приуроченості до генетичних типів ґрунтів, закономірностей поширення в межах генетичних горизонтів, хімічних, фізико-хімічних властивостей у наукових публікаціях приділяють значну увагу, оскільки вони є безпосереднім наслідком ґрунтоутворення та основою визначення педогенези [5, 6, 9]. Зазначимо,

що Fe–Mn новоутворення – це тверді дискретні тіла специфічного забарвлення, які утворюються внаслідок чергування окисно-відновних умов, у ході процесів редукції, транслокації, окиснення феруму та мангану [6]. Для означення Fe–Mn новоутворень останнім часом використовують терміни “ортштейни”, “конкреції”, “нодулі”. Оскільки термін “конкреція” є узагальнювальним, то такі новоутворення доцільно діагностувати як ортштейн чи нодуль. Сучасні дослідження дали змогу виявити чіткі діагностичні ознаки для Fe–Mn новоутворень: нодуль – новоутворення з порівняно рівномірним насиченням Fe і Mn у всьому перерізі, нечіткої форми та з дифузними контурами, а їхній хімічний склад не відрізняється від вмислового горизонту; ортштейн має чітку внутрішню структуру з добре вираженими концентричними кільцями акумуляції Fe і Mn, овальної, трубчастої форми з чіткими зовнішніми контурами, а їхній елементний склад відрізняється від вмислового горизонту. Різні редоксморфологічні особливості цих новоутворень відображають особливості педогенези [6, 13, 14].

У публікаціях, присвячених вивченню дерново-підзолистих поверхнево-оглеєних ґрунтів Передкарпаття, зазначено про наявність дрібних (0,25–1,0 см) Fe–Mn конкрецій (ортштейнів) овальної форми, вохристо-бурого забарвлення з концентричною будовою в наділювальної частині профілю [4, 7] та великих (1,0–5,0 см), овальної та трубчастої форми з системою концентричних кілець у межах перехідного до породи горизонту [7]. У відмитих ортштейнах та вмисній породі визначено валовий хімічний склад, а на їхній основі розраховано коефіцієнт нагромадження (Kx), який засвідчує акумуляцію в їхніх межах Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO, CaO [7, 8, 16].

Проте, ортштейни мають диференційовану концентричну будову, що свідчить про нерівномірну акумуляцію в їхніх межах хімічних елементів. Для визначення особливостей розподілу елементів у межах Fe–Mn новоутворень проводять сучасні дослідження з використанням сканувальної електронної мікроскопії (SEM) та атомно-адсорбційної спектроскопії (AAC) [13–16].

Для визначення хімічного складу, генези ортштейнів у дерново-підзолистих поверхнево-оглеєних ґрунтах Прибескидського Передкарпаття ми заклали ключову ділянку в межах Дрогобицької структурно-ерозійної височини (четверта надзаплавна тераса Дністра), в околицях с. Гірне та с. Довголука Стрийського р-ну Львівської обл., де проводили польові морфологічні дослідження ґрунтів. У процесі морфологічних досліджень діагностовано дрібні конкреційні новоутворення в наділювальної частині, з максимальною кількістю в елювіальному горизонті та великі в нижньому перехідному до породи горизонті. У польових умовах з генетичних горизонтів відібрано ґрунтові зразки для лабораторних досліджень. У лабораторії проведено відмивання ортштейнів на ситах і визначення їхнього вмісту та фракційного складу термостатно-ваговим методом [1].

У відібраних ортштейнах та дрібноземі вмисних горизонтів визначили валовий хімічний склад за методами Арінушкіної [1], а на його основі розраховали коефіцієнт нагромадження Kx [2].

З метою виявлення генези й елементного складу виготовили шліф трубчастого ортштейну діаметром 1,2 см, який відібрано з P₁g₁ горизонту (220–240 см). У різних частинах шліфа, що відрізняються за забарвленням, вибрано чотири точки розміром до 1 мкм (дві на світлому фоні та дві на темному), у межах яких методом мікрорентгеноспектрометрії визначали елементний склад [10]. Вимірювання проводилися на сканувальному електронному мікроскопі РЕМ-106 (Україна) з роздільною здатністю 5 нм та з енергодисперсійним рентгенівським детектором. Для фотографування поверхні зразків використовували

50–200-разове збільшення, а прискорювальна напруга становила 20 кВ. Як мікрозондовий прилад застосовували рентгенівський енергодисперсійний Si (Li) напівпровідниковий мікроаналізатор – приставка до мікроскопа фірми SELMI з діапазоном елементів Mg-U, роздільною здатністю 163 еВ. Для мікрозондового аналізу діаметр плями електронного променя становив 1 мкм, інтенсивність рентгенівського випромінювання – 2000 імп/с.

Наша мета визначення особливостей профільного розподілу, фракційного та хімічного складу, генези ортштейнів у дерново-підзолистих поверхнево-оглеєних ґрунтах Прибескидського Передкарпаття. *Основним завданням* є з'ясування відмінностей хімічного складу різних частин ортштейна та обґрунтування генези. *Об'єкт дослідження* – ортштейни дерново-підзолистих поверхнево-оглеєних ґрунтів Прибескидського Передкарпаття.

Дерново-підзолисті поверхнево-оглеєні ґрунти Прибескидського Передкарпаття переважають у межах височин (Дрогобицької, Моршинської, Стивігор–Болозівської), де вони займають давньотерасові вододіли третьої-п'ятої надзаплавних терас. Вони сформувалися на безкарбонатних давньоалювіальних, делювіальних, алювіально-делювіальних суглинкових породах за умов надлишкового зволоження, застійно-промивного типу водного режиму під широколистяними та мішаними лісами на основі сукупної дії процесів опідзолення, лесиважу, глее-елювіювання, що доповнені сегрегацією, внутрішньогрунтовим оглиненням [4, 5, 7].

У процесі сукупної дії чинників ґрунтоутворення та ґрунтоформувальних процесів сформувався різкодиференційований (S=4,5–6,1) елювіально-ілювіальний тип профілю з бідною на мул, півтораоксида та порівняно багатою на кремнезем верхньою елювіальною частиною і багатою на мул, оксиди Fe, Al, Mn, важчою за гранулометричним складом із призматичною структурою ілювіальною частиною [7]. Неоднозначність трактування морфологічних особливостей, недосконалість діагностичних критеріїв елементарних ґрунтоформувальних процесів зумовили проблеми на генетичному та класифікаційному рівні. У публікаціях, що присвячені дослідженню ґрунтів Передкарпаття, зазначено про наявність у межах профілю Fe–Mn новоутворень у формі вохристих плям, примазок, пунктацій, ортштейнів (конкрецій), нодулів [4–9]. Найбільш доступними для дослідження є конкреційні Fe–Mn новоутворення, для означення яких застосовують терміни “ортштейн”, “нодуль”.

На підставі морфологічного аналізу профілів у межах ключової ділянки діагностовано, що Fe–Mn новоутворення характерні для наділювіальної частини профілю та перехідного до породи горизонту. Овальна та трубчаста форма новоутворень, чіткі зовнішні контури й концентрична внутрішня будова дають змогу стверджувати, що в дерново-підзолистих поверхнево-оглеєних ґрунтах Прибескидського Передкарпаття переважають ортштейни. Відсотковий вміст та фракційний склад ортштейнів дерново-підзолистих поверхнево-оглеєних ґрунтів наведено в табл. 1.

Дані табл. 1 свідчать, що найбільший вміст ортштейнів (7,7 %) характерний для елювіального слабкогумусованого горизонту, у межах якого переважають дрібні фракції від 0,25 до 3,0 мм (51,3 %), а середні (3,1–10,0 мм) становлять 46,7 %. Найбільший вміст у межах Ehg1 горизонту (27,2 %) має фракція від 7,1 до 10,0 мм. У межах HEg1 горизонту вміст ортштейнів становить 2,8 %, домінують дрібні фракції (0,5–3,0 мм), а у фракційному складі переважає фракція від 2,1 до 3,0 мм (37,5 мм). В EIg1 горизонті вміст ортштейнів становить від 1,0 до 6,9 % та переважають середні фракції (3,1–10,0 мм), а максимальний вміст (35,1 %) має фракція від 3,1 до 5,0 мм.

У перехідному до породи горизонті діагностовано ортштейни крупної фракції (від 1,0 до 5,0 см) овальної та трубчастої форми з концентричною внутрішньою будовою. У

центрі трубчастих ортштейнів діагностовано рештки вологолюбної трав'яної рослинності, що свідчить про формування їх на ранніх етапах еволюції ґрунту. Вміст ортштейнів у межах P_igl горизонту становить 17,6 %.

Таблиця 1

Відсотковий вміст та фракційний склад ортштейнів
у дерново-підзолистих поверхнево-оглеєних ґрунтах Передкарпаття
Percentage and fractional composition of ortsteins
of the sod-podzolic pseudogleyed soils in the Beskydy Precarpathians

Генетичний горизонт та глибина відбору зразка	Відсотковий вміст, %	Розмір фракції	Вміст фракції, %
HEgl 6–26 см	$\frac{2,0-3,2}{2,8}$	0,5–1,0 мм	27,8
		1,1–2,0 мм	34,7
		2,1–3,0 мм	37,5
Ehgl 30–40 см	$\frac{6,3-8,9}{7,7}$	0,25–0,5 мм	17,1
		0,6–1,0 мм	10,4
		1,1–2,0 мм	16,1
		2,1–3,0 мм	7,7
		3,1–5,0 мм	9,2
		5,1–7,0 мм	12,3
		7,1–10,0 мм	27,2
E _i gl 40–50 см	$\frac{1,0-6,9}{3,1}$	0,5–1,0 мм	5,7
		1,1–2,0 мм	11,2
		2,1–3,0 мм	17,5
		3,1–5,0 мм	35,1
		5,1–7,0 мм	16,6
		7,1–10,0 мм	13,9
P _i gl 220–230 см	$\frac{16,0-19,0}{17,6}$	10,1–50,0 мм	17,6

За даними валового хімічного складу ортштейнів і вмісних горизонтів розраховали коефіцієнт нагромадження (K_x), який засвідчує акумуляцію в їхніх межах феруму, мангану, кальцію та алюмінію (табл. 2). Співвідношення Fe:Mn в ортштейнах коливається в межах 9,1–12,1 та є низьким, оскільки як опорний репер використовують співвідношення кларків цих елементів (45).

Таблиця 2

Коефіцієнт нагромадження елементів (K_x) у дерново-підзолистих
поверхнево-оглеєних ґрунтах Прибескидського Передкарпаття [7]
Coefficient of accumulation elements (K_x) of the sod-podzolic
pseudogleyed soils in the Beskydy Precarpathians [7]

Генетичний горизонт	Глибина, см	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Mn ₃ O ₄
HEgl	10–25	0,90	1,20	2,80	1,15	1,43	0,40	0,85	0,76	1,40
E(h)gl	25–35	0,88	1,90	2,74	1,04	1,73	0,47	0,91	0,86	1,61
E _i gl	35–50	0,89	1,09	2,70	1,02	1,2	0,76	0,81	0,82	1,45
P(i)gl	220–230	0,92	0,99	2,65	0,92	0,79	0,57	0,84	0,83	1,6

Сучасні дослідження доводять існування трьох концепцій формування мікроелементного складу Fe–Mn новоутворень: успадкування від морфологічних елементів, які є основою новоутворень; біогенна акумуляція внаслідок мікробіологічної діяльності; ізоморфного заміщення та сорбції в процесі фізико-хімічної взаємодії мінеральної частини і новоутворень, що є найбільш вірогідним [17]. Чіткі зовнішні контури орштейнів і відмінність їхнього хімічного складу від вмісного горизонту, що підтверджує Кх, свідчать про екзитну генезу.

Утворення орштейнів у дерново-підзолистих поверхнево-оглеєних ґрунтах Передкарпаття відбувається внаслідок чергування окисно-відновних умов, спорадично-пульсаційного водного режиму за участю специфічної, неспецифічної мікрофлори та глеєлювіального, сегрегаційного процесів ґрунтоутворення. Розмір орштейнів треба розглядати як функцію часу: чим більший розмір, тим більше часу потрібно на їхнє утворення [2, 3]. Отже, дрібні орштейни (0,25–1,0 см) в надліювальної частині профілю є наслідком сучасного ґрунтоутворення, а великі (1,0–5,0 см) у межах перехідного до породи горизонту є реліктовими та пов'язані з ранніми стадіями формування ґрунтів Передкарпаття.

Значення Кх засвідчує, що в межах орштейну порівняно з вмісним горизонтом акумулюються оксиди Fe, Al, Mn, Ca. Проте внутрішня структура орштейну складена системою концентричних кілець, що відрізняється забарвленням і, відповідно, в їхніх межах акумулюються різні хімічні елементи (рис. 1, 2).

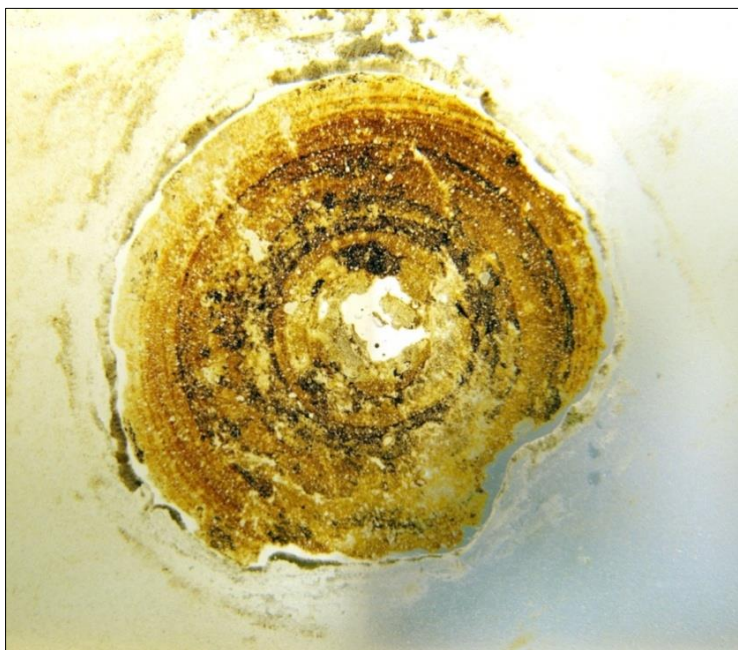


Рис. 1. Макрофотографія шліфа орштейну з P1g1 горизонту, $\times 8$
Fig. 1. Macrophoto of ortstein from P1g1 horizon, $\times 8$ magnification

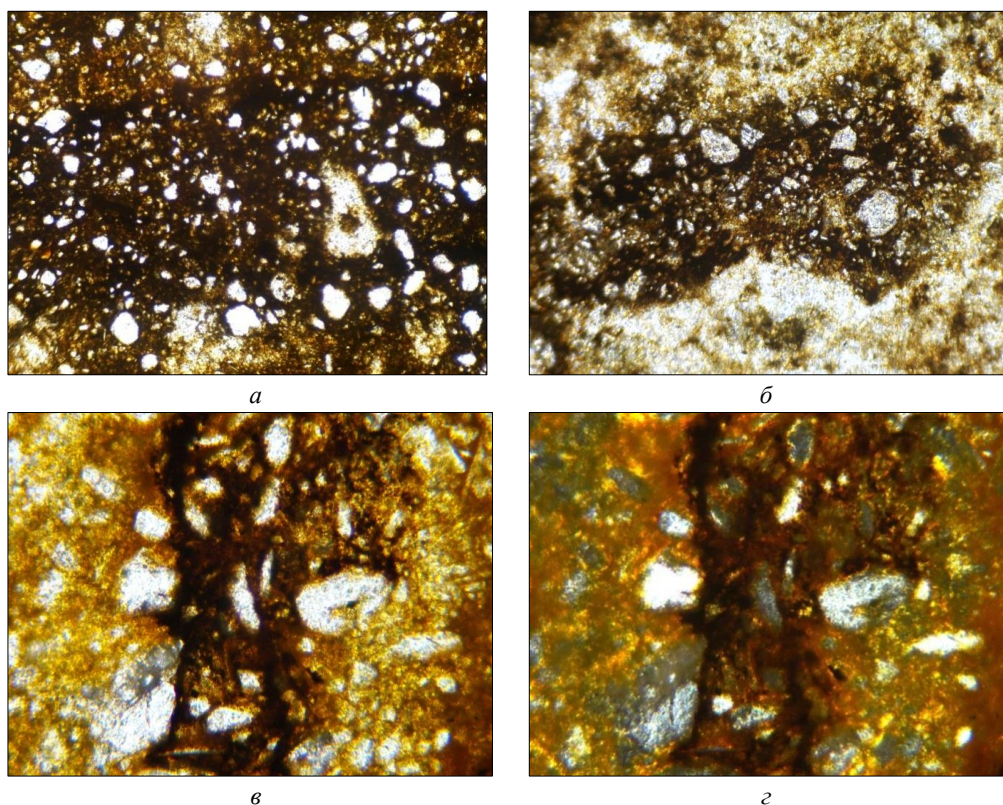


Рис. 2. Макрофотографія шліфа ортштейну при $\times 50$ (а, б) та $\times 200$ (в, з)
 Fig. 2. Macrophoto of ortstein at $\times 50$ (a, b) and $\times 200$ (v, z) magnification

Для визначення просторового розподілу хімічних елементів у межах ортштейну та їхньої генези ми використали мікрорентгеноспектрометричний метод, що дає змогу визначити елементний склад поверхні зразка розміром до 1 мкм. На 200-разовому збільшенні ортштейну вибрано чотири точки: дві на темних кільцях (1 та 2) і дві на світлих (3 та 4) (див. рис. 3), а в їхніх межах визначено елементний склад (табл. 3).

Таблиця 3

Елементний склад у межах точок дослідження ортштейну, %
 Elemental composition within the points of study of ortstein, %

Точка	O	Na ₂ O ₁	Mg ₁ O ₁	Al ₂ O ₃	Si ₁ O ₂	S ₁ O ₃	Cl	K ₂ O ₁	Ca ₁ O ₁	Ti ₁ O ₂	Mn ₁ O ₁	Fe ₁ O ₁
1	62,8795	1,1909	1,6396	4,5747	24,1786	0,1825	0,1767	0,8699	0,6669	0,1351	0,7083	2,7974
2	63,309	0,6295	1,5294	4,5431	24,8589	0,1098	0,0548	1,1884	0,7508	0,2317	0,9128	1,8818
3	61,2413	1,0871	1,6804	6,3726	20,1592	0,475	0,5602	1,6478	1,4685	0,115	2,3995	2,7934
4	60,2515	2,1774	2,8408	10,2946	16,1027	0,2725	0,428	0,5968	3,6079	0,5232	1,1123	1,7922

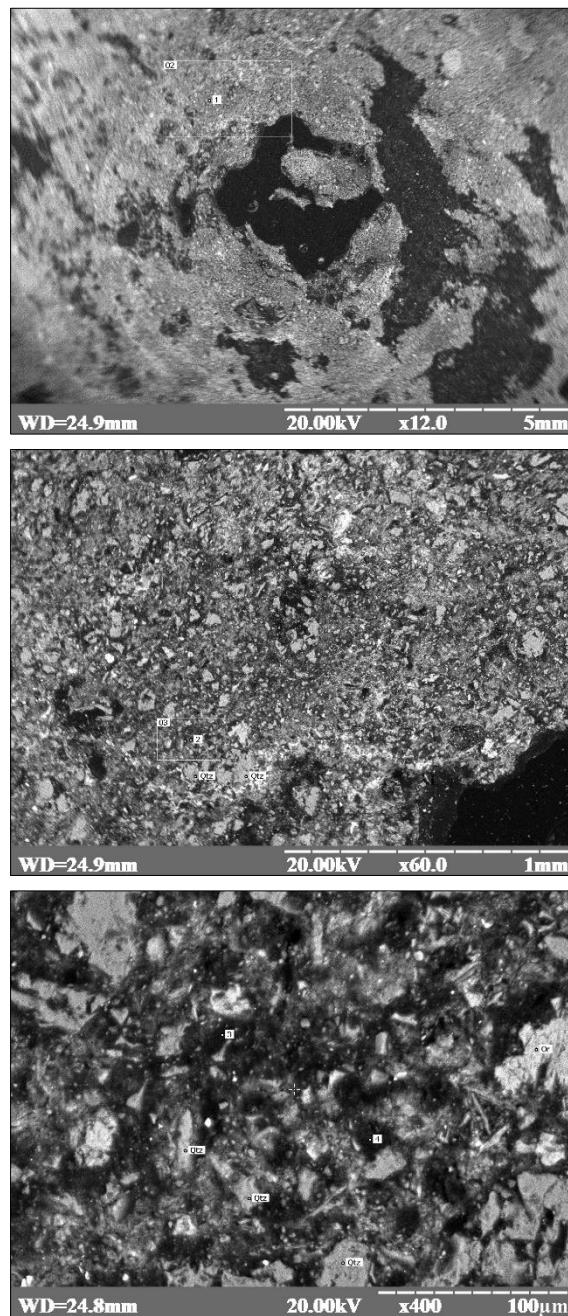


Рис. 3. Розміщення точок визначення елементного складу поверхні орштейну, відібраного з P_{ig1} горизонту

Fig. 3. Location of the points of determination of the elemental composition of the surface of ortstein from the P_{ig1} horizon

Елементний склад різних частин ортштейну дає підстави стверджувати, що зміна бурого забарвлення на чорне зумовлена збільшенням відсоткового вмісту мангану в 1,6–3,4, алюмінію в 1,4–2,3 та кальцію в 2,1–5,1 раза. Відсотковий вміст феруму є практично однаковий у різних частинах ортштейну (1,79–2,79 %) та визначає його іржаво-буре забарвлення. Збільшення вмісту мангану, алюмінію, кальцію в межах чорних кілець ортштейну зумовлене зміною геохімічної ситуації в різні геологічні періоди формування генетичного профілю ґрунтів Передкарпаття.

Отже, у дерново-підзолистих поверхнево-оглеєних ґрунтах Прибескидського Передкарпаття внаслідок чергування окисно-відновних умов за участю специфічної, неспецифічної мікрофлори та глее-елювіального, сегрегаційного процесів ґрунтоутворення сформувалися ортштейни, які мають чітку внутрішню структуру із добре вираженими концентричними кільцями акумуляції Fe і Mn, овальної трубчастої форми з чіткими зовнішніми контурами, а їхній елементний склад відрізняється від вмісного горизонту. У наділювіальній частині профілю досліджуваних ґрунтів формуються дрібні ортштейни (0,25–1,0 см) з максимумом в Ehg1 горизонті (7,7 %), що є наслідком сучасного ґрунтоутворення. У Rig1 горизонті діагностовано великі (1,0–5,0 см) ортштейни овальної та трубчастої форми з вмістом 17,7 %, які є реліктовими та сформувалися на ранніх етапах ґрунтоутворення. Співвідношення результатів валового хімічного складу ортштейнів і вмісних горизонтів свідчать про акумуляцію в їхніх межах феруму, мангану, кальцію, алюмінію. Співвідношення Fe:Mn в ортштейнах становить 9,1–12,1.

Дослідження ортштейну за допомогою електронного сканувального мікроскопа дало змогу визначити, що вміст феруму в різних його частинах є практично однаковий (1,79–2,79 %). Формування чорних кілець зумовлене акумуляцією в їхніх межах мангану в 1,6–3,4, алюмінію в 1,4–2,3, кальцію в 2,1–5,1 раза більше порівняно з іржаво-бурими кільцями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Агрохимические методы исследования почв / под ред. А. В. Соколова. М.: Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 1965. 645 с.
2. Зайдельман Ф. Р., Никифорова А. С. Генезис и диагностическое значение новообразованной почв лесной и лесостепной зон. М.: Изд-во МГУ, 2001. 216 с.
3. Зайдельман Ф. Р., Никифорова А. С. Ортштейны – марганцево-железистые конкреционные новообразования (итоги исследований) // Почвоведение 2010. № 3. С. 270–280.
4. Канівець В. І. Марганцево-залізисті конкреції в ґрунтах регіону Українських Карпат // Агрохімія і ґрунтознавство. 1975. № 28. С. 54–62.
5. Нікорич В. А., Польчина С. М. Особливості конкрецієутворення у ґрунтах Передкарпаття // Ґрунтознавство. 2003. Т. 4. № 1–2. С. 73–77.
6. Нікорич В., Шиманський В. Fe-Mn новоутворення в ґрунтах та їх геохімічна роль (аналітичний огляд) // Екологія і ноосферологія. 2014. Вип. 25. С. 109–120.
7. Паньків З. П., Ілясевич О. Р. Новоутворення заліза у дерново-підзолистих поверхнево-оглеєних ґрунтах (*Stagnic Retisols*) Прибескидського Передкарпаття // Фізична географія та геоморфологія. 2017. Вип. 3(87). С. 121–127.
8. Паньків З. П., Ілясевич О. Р., Малик С. З. Новоутворення заліза у ґрунтах Львівської області // Вісник Львів. ун-ту. Серія геогр. 2017. Вип. 51. С. 256–266. doi:10.30970/vgg.2017.51.8864

9. Паньків З. П., Малик С. З. Ґрунтові новоутворення – як діагностичні критерії ґрунто-творних процесів у буроземно-підзолистих ґрунтах Пригорганського Передкарпаття // Вісник Одеськ. ун-ту. Серія геогр. та геол. науки. 2019. Т. 24. Вип. 1(34). С. 108–119. doi:10.18524/2303-9914.2019.1(34).169715
10. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ: в 2 кн. Кн. 2 / Пер. с англ. Дж. Гоулдстейн, Д. Ньюбери, П. Эчлин и др. М.: Мир, 1984. 348 с.
11. Belzile, N., Chen, Y. W., Grenier, M. Freshwater metallic concretions from an acidic lake characterized by X-ray energy dispersive spectrometry // Canadian Journal of Analytical Sciences and Spectroscopy. 2001. Vol. 46. P. 145–151.
12. Brewer R. Classification of plasmic fabrics of soil materials // Soil Micromorphology / ed. by A. Jongerius. Amsterdam: Elsevier Publ. Co, 1964. P. 95–108.
13. Gasparatos D., Tarenidis D., Haidouti C., Oikonomou G. Microscopic structure of soil Fe-Mn nodules: environmental implication // Environmental Chemistry Letters. 2005. Vol. 2(4). P. 175–178.
14. Gasparatos D. Fe-Mn Concretions and Nodules to Sequester Heavy Metals in Soils // Environmental Chemistry for a Sustainable World. Springer Netherlands, 2012. P. 443–473.
15. Nikorych V., Szymański W., Skiba M. Redoximorphic Features in Albeluvisols from South-Western Ukraine // Soil Science Working for a Living / D. Dent, Y. Dmytruk (eds.). Springer, Cham, 2017. P. 9–28. doi:10.1007/978-3-319-45417-7_2
16. Szymański W., Skiba M., Błachowski A. Mineralogy of Fe-Mn nodules in Albeluvisols in the Carpathian Foothills, Poland // Geoderma. 2014. Vol. 217–218, P. 102–110. doi:10.1016/j.geoderma.2013.11.008
17. Timofeeva Y. O., Golov V. I. Accumulation of microelements in iron nodules in concretions in soils: A review // Eurasian Soil Science. 2010. Vol. 43(4). P. 401–407. doi:10.1134/s1064229310040058
18. Wheating L. C. Shot soils of western Washington State // Soil Science. 1936. Vol. 41(1). P. 35–45. doi:10.1097/00010694-193601000-00005
19. Vepraskas M. J. Redoximorphic features for identifying aquic conditions // Technical Bulletin 301. North Carolina Agricultural Research Service, NC State University. Raleigh, 1999.

REFERENCES

1. Sokolov, A. V. (1965). *Agrohimicheskie metody issledovaniya pochv*. Moscow: Pochvennyj institut im. V.V. Dokuchaeva, 645 pp. (in Russian).
2. Zajdel'man, F. R., & Nikiforova, A. S. (2001). *Genezis i diagnosticheskoe znachenie novoobrazovaniy pochv lesnoj i lesostepnoj zon*. Moscow: Izdatel'stvo MGU, 216 pp. (in Russian).
3. Zajdel'man, F. R., & Nikiforova, A. S. (2010). Ortshtejny – margancevo-zhelezistyje konkretionnye novoobrazovaniya (itogi issledovaniy). *Pochvovedenie*, 3, 270–280 (in Russian).
4. Kanivets, V. I. (1975). Marhantsevo-zalizysti konkretsii v gruntakh rehionu Ukrainskykh Karpat. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo*, 28, 54–62 (in Ukrainian).
5. Nikorych, V. A., & Polchyna, S. M. (2003). Osoblyvosti konkretsiieutvorennia u gruntakh Peredkarpattia. *Gruntoznavstvo*, 4(1–2), 73–77 (in Ukrainian).

6. Nikorych, V., & Shymanskyi, V. (2014). Fe-Mn novoutvorennia v gruntakh ta yikh heokhimichna rol (analytychnyi ohliad). *Ekolohiia i noosferolohiia*, 25, 109–120 (in Ukrainian).
7. Pankiv, Z. P., & Iliasevych, O. R. (2017). Novoutvorennia zaliza u dernovo-pidzolystykh poverkhnevo-ohleienykh gruntakh (*Stagnic Retisols*) Prybeskydskoho Peredkarpattia. *Fizychna heohrafiia ta heomorfolohiia*, 3(87), 121–127 (in Ukrainian).
8. Pankiv, Z., Iliasevych, O., & Malyk, S. (2017). Ferum concretions in the soils of the Lviv region. *Visnyk of the Lviv University. Series Geography*, 51, 256–266. doi:10.30970/vgg.2017.51.8864 (in Ukrainian).
9. Pankiv, Z., & Malyk, S. (2019). Soil neoplasms – as diagnostic criteria of soil formation processes in the brown earth-podzol loamy soils of Pre-Gorganian Pre-carpathian region. *Odesa National University Herald. Geography and Geology*, 24(1(34)), 108–118. doi:10.18524/2303-9914.2019.1(34).169715 (in Ukrainian).
10. Goldstein, J. I., Newbury, D. E., Echlin, P., Joy, D. C., Fiori Ch., & Lifshin, E. (1984). *Scanning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis* (in 2 vols., vol. 2). Moscow: Mir, 348 pp.
11. Belzile, N., Chen, Y. W., & Grenier, M. (2001). Freshwater metallic concretions from an acidic lake characterized by X-ray energy dispersive spectrometry. *Canadian Journal of Analytical Sciences and Spectroscopy*, 46, 145–151.
12. Brewer, R. (1964). Classification of plasmic fabrics of soil materials. In A. Jongerius (Ed.), *Soil Micromorphology* (pp. 95–108), Elsevier Publ. Co., Amsterdam.
13. Gasparatos, D., Tarenidis, D., Haidouti, C., & Oikonomou, G. (2005). Microscopic structure of soil Fe-Mn nodules: environmental implication. *Environmental Chemistry Letters*, 2(4), 175–178.
14. Gasparatos, D. (2012). Fe-Mn Concretions and Nodules to Sequester Heavy Metals in Soils. *Environmental Chemistry for a Sustainable World*, 443–473.
15. Nikorych, V., Szymański, W., & Skiba, M. (2017). Redoximorphic Features in Albeluvisols from South-Western Ukraine. *Soil Science Working for a Living*, 9–28. doi:10.1007/978-3-319-45417-7_2
16. Szymański, W., Skiba, M., & Błachowski, A. (2014). Mineralogy of Fe–Mn nodules in Albeluvisols in the Carpathian Foothills, Poland. *Geoderma*, 217-218, 102–110. doi:10.1016/j.geoderma.2013.11.008
17. Timofeeva, Y. O., & Golov, V. I. (2010). Accumulation of microelements in iron nodules in concretions in soils: A review. *Eurasian Soil Science*, 43(4), 401–407. doi:10.1134/s1064229310040058
18. Wheeting, L. C. (1936). Shot Soils of Western Washington. *Soil Science*, 41(1), 35–46. doi:10.1097/00010694-193601000-00005
19. Vepraskas, M. J. (1999). *Redoximorphic features for identifying aquic conditions. Technical Bulletin 301*. North Carolina Agricultural Research Service, NC State University. Raleigh.

*Стаття: надійшла до редакції 08.09.2019
доопрацьована 15.10.2019
прийнята до друку 29.10.2019*

ORTSTEINS IN THE SOD-PODZOLIC PSEUDOGLEYED SOILS OF THE BESKYDY PRECARPATHIANS

Zinoviy Pankiv, Olena Kalynych

*Ivan Franko National University of Lviv,
P. Doroshenko St., 41, UA – 79007 Lviv, Ukraine,
e-mail: zpankiv@gmail.com, olena2521995@gmail.com*

On the basis of morphological and laboratory-analytical researches it is established that in the profile of sod-podzolic pseudogleyed soils of the Beskydy Precarpathians are formed ortsteins that have clear outer contours, concentric inner structure with alternation of rust-red circles. Two ranges for the formation of ortsteins in the investigation soils were established: in the overiluvial part of the profile and the transition to the rock horizon. Within the HEgl horizon, the content of ortsteins is 2.8 %, and in the fractional composition, the fraction is from 2.1 to 3.0 mm (37.5 %). The highest content of ortsteins (7.7 %) is characteristic of the Ehgl horizon, within which the fraction from 7.1 to 10.0 mm (27.2 %) prevails. Within the Pigl horizon, large ortsteins of 1.0 to 5.0 cm in size are oval and tubular with a concentric inner structure, and their content is 17.6 %. Ortsteins in the sod-podzolic pseudogleyed soils were formed as a result of alternation of redox conditions with the participation of specific, nonspecific microflora and glesish-eluvial, segregation processes of soil formation. The small ortsteins in the overiluvial part of the profile are the result of modern soil formation, and the large ones within the Pigl horizon are relict and associated with the early stages of soil formation in the Precarpathians.

In order to identify the genesis and elemental composition, a plate of tubular ortstein with a diameter of 1.2 cm, which was selected from the Pigl horizon (220–240 cm), was made. In different parts of the plate, differing in colour, four points up to 1 µm in size (two against a light background and two against a dark one) were selected, within which elemental composition was determined by micro-X-ray spectrometry. The measurements were performed on a scanning electron microscope REM-106 (Ukraine) with a resolution of 5 nm and an energy-dispersive X-ray detector. The study of ortstein using a scanning electron microscope revealed that the formation of black rings within the tubular ortstein is due to an increase in the percentage of Manganese in 1.6–3.4, Aluminium in 1.4–2.3 and Calcium in 2.1–5.4 times. The percentage of Ferum in different parts of the ortstein is approximately the same, which determines its rusty-brown colour.

Key words: ortsteins, sod-podzolic pseudogleyed soils, Beskydy Precarpathians, the accumulation factor, electron-scanning microscope.