

## Геохімічні аспекти рекультивації (на прикладі розробки титанових родовищ Житомирського Полісся)

Язвинська М.В.,  
ВД "Академперіодика" НАН України

Досліджено вміст мікроелементів у рекультивованих землях після розробки титанових родовищ. Встановлено, що після рекультивації повсюдно поширені ерозійні процеси, значна кількість мікроелементів з ґрунтовірних порід виноситься на поверхню, формуючи поверхнєве забруднення ґрунтів. Водночас, внаслідок видобутку корисних копалин, порушення структури ґрунту, активізації ерозійних процесів та змиву ґрунтів, загальний вміст мікроелементів у рекультивованих землях та розвиненій на них рослинності зменшується.

Значна частина земель описаної раніше у роботах [4–6] території Південного (Житомирського) Полісся тривалий час, починаючи з 1950 рр., підлягає рекультивації у процесі розробки залишкових титаново-апатитових родовищ. Внаслідок цього порушується структурована протягом століть будова ландшафтів досліджуваного району, а саме найважливіших їх компонентів – ґрунтів.

Рекультивація земель – штучне відтворення родючості ґрунту і рослинного покриву, порушене внаслідок гірських розробок, будівництва доріг і каналів, дамб і т. д. Рекультивація земель включає відновлення рельєфу: засипку ярів, кар'єрів, знищення відвалів гірських порід і т. д.; відновлення ґрунтів і рослинності; лісовідновлення; створення нових ландшафтів [7].

Метою даного дослідження було вивчення антропогенних процесів та антропогенних форм рельєфу внаслідок рекультивації після розробки титан-апатитових родовищ та оцінка ступеня зміни властивостей ґрунту після рекультивації за даними вмісту мікроелементів у ґрунтах та деяких найбільш розповсюджених типах рослин.

За геоморфологічним районуванням територія належить до Житомирської акумулятивно-денудаційної рівнини на докембрійських породах та кайнозойських відкладах, Коростенської моренної, горбисто-хвилястої, слаборозчленованої рівнини.

Дана територія відноситься до агроґрунтової зони Українського Полісся [2], Правобережної агроґрунтової провінції з дерново-підзолистими, переважно оглеєними, болотними, в т. ч. торфовими ґрунтами. Родючість цих ґрунтів низька (бали боніту агровиробничих груп ґрунтів 20–30). Вміст гумусу в ґрунтах ближче до низького, середні запаси гумусу на території 100–150 т/га (вміст гумусу в орному шарі ґрунтів глибиною до 30 см – до 1,0 %). Запаси гумусу в ґрунтах території досліджень – до 50 т/га, запаси гумусу в гумусовому профілі ґрунтів – 100–200 т/га. Забезпечення сільськогосподарських культур поживними речовинами в орному шарі ґрунту низьке (середній вміст рухомих сполук фосфору ( $P_2O_5$ ) – до 5,0 мг/100 г ґрунту, калію ( $K_2O$ ) – до 4,0). Середній валовий вміст мікроелементів у ґрунтах району досліджень становить, мг/кг: Cu – 6–12; Zn – 41–60; Co – 5–15; Mo – 2–3; Cr – 30–50; Mn – 400–900; Pb – 90–110; Ni – до 15.

Західна частина території представлена в основному дерново-середньопідзолистими оглеєними у комплексі з торфово-болотними ґрунтами та торфовищами. Центральна частина складена дерново-середньопідзолистими супіщаними у поєднанні з дерново-слабопідзолистими оглеєними ґрунтами. Південно-східна частина представлена дерново-слабопідзолистими піщаними і глинисто-піщаними ґрунтами разом з торфовоболотними та торфовищами. На всій території поряд з наведеними вище типами ґрунтів розвинуті також дернові переважно оглеєні піщані, глинисто-піщані та супіщані ґрунти в комплексі зі слабогумусованими пісками. Ґрунтоутворювальним горизонтом наведених типів ґрунтів є давньоалювіальні, воднольодовикові, моренні та делювіальні відклади.

Дерново-слабопідзолисті піщані і глинисто-піщані ґрунти подекуди також підстелені мореною, продуктами вивітрювання карбонатних та магматичних порід [2]. Піщані відміни пов'язані з кучугурними підвищеннями еолового походження. Ці ґрунти мають малопотужний гумусовий горизонт, малий вміст гумусу (0,6–0,9 %), низьку здатність вбирати і вологоємність, ненасичені основами, бідні на поживні елементи, у зв'язку з чим і відрізняються низькою родючістю. Дерново-середньопідзолисті супіщані ґрунти відрізняються чіткішою диференціацією профілю, в якому добре помітні елювіальний та ілювіальний горизонти, з дещо вищим вмістом гумусу (0,8–1,3 %) та кращими водно-фізичними властивостями. Дерново-слабо- та середньопідзолисті оглеєні ґрунти поширені на знижених елементах рельєфу при близькому заляганні підземних вод. Характерною їх рисою є ґрунтове оглеєння, при чому зі збільшенням інтенсивності оглеєння і розповсюдження по ґрунтовому профілі знижуються агрономічні характеристики цих ґрунтів.

Торфові ґрунти на території дослідження зустрічаються в заплавах річок, на замкнених і поточних пониженнях. Ці ґрунти характеризуються зменшеним запасом біогенних елементів (за винятком вуглецю), хімічний склад їх визначений умовами водно-мінерального живлення. За умови переосушення й інтенсивного використання такі ґрунти здатні швидко деградувати. При цьому зменшується потужність і відбувається мінералізація торфового шару.

За геоботанічним районуванням досліджувана територія відноситься до Лісової геоботанічної зони, а саме Східнолісової (сарматської) провінції хвойно-широколистяних та широколистяних лісів, поліської підпровінції хвойно-широколистяних лісів та складає центральнополіський округ грабово-дубових, дубових, дубово-соснових лісів, заплавної луки та евтрофних боліт. Розповсюджена у межах району лісова рослинність – це змішані дубово-соснові (*Quercus-Pinetea*) ліси чорницеві, орлякові, конвалієві за участю сосново-дубових (*Pino-Quercetea*) та

Таблиця 1. Валовий вміст елементів у ґрунтах різних типів ландшафтів, мг/кг

Типи ландшафтів	Лісовий			Заплавний			Болотяний			Лісовий (у зоні тектонічного розлому)			С/г угіддя
	5–10	10–15	15–20	5–10	10–15	15–20	5–10	10–15	15–20	5–10	10–15	15–20	
Глибина відбору, см													
Mn	289	409	200	300	250	300	341,7	375	366,7	220	323	70	331,6
Ni	66,4	28,1	1000	28,4	21	20,3	75	31,2	360	29,6	30,2	10,5	29
Co	7,9	8,5	10	6,4	3,8	8	8,5	8,1	9,3	6,6	3,7	5,1	4,8
Ti	1056	1073	500	1257	1000	933	1063	1113	766,7	1086	1033	1050	1163
V	15	18	5	17,9	15	12	15,8	20,4	11,7	15,1	16,8	7,5	17
Cr	48,3	29,1	200	31,4	50	39,3	53,1	36,3	113,3	248,6	52,7	35	39
Zr	346	1,3	150	321,4	333	450	354	406	400	27,9	275	350	447
Nb	9,7	12	6	9,1	7	7	10,3	11,8	8,7	6,9	8	7,5	11,5
Cu	47	52	100	56,9	43,3	47,7	59,2	180	100	45,3	52,2	50	53,8
Pb	5	5	1	4,43	4,7	3,3	6	11,3	3	10,1	6,2	3	4
Zn	27	34	60	37,1	63,3	46,7	38,9	127,5	53,3	34,3	31,3	35	33
Sn	3	4	3	4	1,1	2,3	3,4	5	4	1,8	1,4	1,1	3,5
Sc	2,8	3,1	3	3	3	3	3,1	3,3	2,7	2,9	3,7	3	3
Y	20	21	10	15	18	23	22	25,4	20	22,3	15	10,5	21,1
Yb	2,2	2,9	1	2,1	2	2,3	2,6	3,25	2,3	1,6	1,5	1,5	2,5
P	1536	1818	100	1586	2500	2000	1613	1506	633	2000	3083	2500	1137
Ba	157	142	30	153	50	100	141	141	60	65,7	51,7	40	143
Li	21,3	24,1	20	20,8	21,7	23,3	21,9	24,4	20	21,4	13,7	20	22,1

основних лісів (*Pineta sylvestris*). Подекуди розвинуті агрофітоценози на місці цих лісів та дубових ацидофільних лісів. По долинах річок локалізуються дубові (*Quercus robur*) ліси ацидофільні в комплексі з дубово-сосновими (*Quercus-Pinetea*) крушиново- та ліщиново-волосисто-сокові, орлякові і квасеницеві. За типологією ліси свіжі та вологі, дубово-соснові субори, лісцями бори та вологі грабово-соснові судіброви. Незначну площу займають вторинні березові ліси, що формуються на місці вирубок сосняків.

Особливістю даної території є досить розвинена заболоченість, болота представлені різними типами на різних елементах рельєфу: фрагментарно на вододілах трапляються оліготрофні болота, на вододілах та других терасах річок зустрічаються мезотрофні болота, вздовж річок на великих площах поширені евтрофні болота.

**Об'єкти і методи дослідження.** Досліджено розподіл хімічних елементів у верхньому шарі ґрунтів (до 25 см) та рослинах на рекультивованих ділянках земель після розробки титанових родовищ північної частини Коростенського плутону, територія якого в центральній частині відрацьована на титан. Визначення валового вмісту елементів у ґрунтах та рослинності проводили спектральним, атомно-абсорбційним методами [3].

**Результати й обговорення.** Територія досліджень зазнає значного техногенного впливу. Гірничо-промислові ландшафти району представлені рекультивованими землями на місцях колишніх гірських виробок, кар'єрами та їх відвалами, дамбами, іригаційними системами та техногенно-зумовленими акумулятивно-ерозійними локальними формами. Через розробку родовищ на поверхню надходить велика кількість корінних, у тому числі й ґрунтоутвірних, порід, що істотно впливає на фізико-хімічні властивості ґрунтів та на екологічний стан прилеглих територій. Найбільші за розміром техногенні форми рельєфу кар'єрного походження (кар'єри діючі та рекультивовані, відвали), пов'язані переважно з видобутком ільменіту, розташовані на півдні території в долині р. Ірша, розміри їх сягають десятків квадратних метрів. Внаслідок побудови гірничо-технічних споруд, пов'язаних з видобутком родовищ та рекультивації земель, всюди на території поширені вітрова ерозія, суфозійно-просадкові процеси, гравітаційні процеси у вигляді мікросувів, осипищ, що спричиняють ерозію, підтоплення, заболочування, суфозію, дефляцію ґрунтів.

Таблиця 2. Валовий вміст мікроелементів у ґрунтах Житомирського Полісся, мг/кг

Типи ґрунтів	Mn	Ni	Co	Ti	V	Cr	Zr	Nb	Cu	Pb	Zn	Sn	Sc	Y	Yb	P	Ba	Li
Дерново-слабо- і середньопідзолисті піщані і глинисто-піщані	557	114	8,4	828	12	65,7	414	11	84,3	4,3	44,3	5,1	2,9	20	3	1800	88,6	22
Дерново-слабопідзолисті глеюваті супіщані і суглинкові	337	24	5,9	1025	16	27,5	381	12	39,1	6,5	35,8	2,8	3,4	21	2,4	1500	164	23
Дерново-середньо- і сильнопідзолисті глеюваті супіщані і суглинкові	343	24,4	4,6	1543	27	52,9	371	8,3	62,9	2,7	37,1	2,4	3,7	24	2,3	1471	146	21
Дерново-середньо- і сильнопідзолисті глейові супіщані і суглинкові	300	31	4	1288	16	30	463	11	53,4	3,9	41,3	2,8	2,6	19	2,9	1225	108	21
Дернові оглеєні супіщані і суглинкові	400	35	8	900	12	50	250	10	70	6	35	6,5	2,5	13	2,4	650	170	20
Лісові	323	27,3	5,6	933	16,3	30,3	325	10,4	43	6,5	29	3,7	2,8	18,3	2	1467	213	23
Торфувато-болотні	250	132	10	880	11	215	240	7,4	61	8,9	31,5	2,7	3	13	1,4	480	86	19
Загальний середній вміст	359	55,4	6,6	1057	15,8	67,3	349	10	59	5,5	36,3	3,9	3	18,3	2,3	1228	139,4	21,3

Таблиця 3. Валовий вміст мікроелементів у рекультивованих землях на місці різних типів ґрунтів Житомирського Полісся, мг/кг

Рекультивовані землі на місці ґрунтів	Mn	Ni	Co	Ti	V	Cr	Zr	Nb	Cu	Pb	Zn	Sn	Sc	Y	Yb	P	Ba	Li
Дерново-слабодізолисті супіщані і суглинкові	186,7	2,3	4,4	5200	40	10	250	7,3	5	1,7	66,7	0,73	2,3	17	1,7	2333	117	13,3
Дерново-слабодізолисті глеюваті супіщані і суглинкові	350	32,5	4,8	2750	32,5	22,5	535	16,3	37,5	4,3	50	3,3	4,5	30	3,3	1750	175	17,5
Дерново-середньо- і сильно підзолисті глейові супіщані і суглинкові	133,3	23,3	7,3	1667	14,3	11,7	633	10	53,3	3,7	30	1,7	3,3	11	1,3	1667	113	26,7
Дернові оглеєні супіщані і суглинкові	247	20	8,3	1967	20,1	46,2	246	8,4	43,1	2,7	30,8	2,7	3,6	14,7	2	1350	105	19,5
Лісові	517	1,5	2,7	7333	93	16,3	833	12	21,7	0,7	70	0,7	4	23,3	2,3	4000	53	8,3
Загальний середній вміст у ґрунтах	275	109	6,5	3088	32,6	30,3	410	0,2	36,3	2,9	42,8	2,4	3,6	18	2,1	1888	112	18

Таблиця 4. Валовий вміст металів у рослинах, мг/кг

Об'єкт	Mn	Ni	Co	Ti	V	Cr	Zr	Nb	Cu	Pb	Zn	Y	Yb	Li	P	Si	Al	Mg	Fe
Листя берези	7875	18	3	194	15,1	3,9	46,3	2	42,5	16,3	850	24,7	–	10	8286	9286	8857	57143	3286
Глистя сосни	5556	12	1,5	179	8	4,9	46,7	2	43,3	24,4	657	4,57	–	10	7750	13000	12500	39250	4875
Мох	933	37	6	1433	50	33	127	6	110	103	657	4,57	4	23,3	3333	60000	60000	3666,7	50000

За розподілом мікроелементів у ґрунтах на території досліджень можна виділити такі основні типи ландшафтів: лісовий, заплашний, болотяний, ландшафти сільськогосподарських угідь та лісовий у зоні тектонічного розлому (табл. 1). У ґрунтовому розрізі всіх наведених ландшафтів (від 5 до 20 см) спостерігається накопичення мікроелементів у ілювіальному горизонті, що пов'язано з глеєвою складовою ґрунтів. Природньо, що найбільший вміст елементів характерний для ґрунтів болотяних ландшафтів даної території.

Вміст мікроелементів у ґрунтах як у зоні тектонічних розломів, так і на переважній частині території з глибиною зменшується, що свідчить про здебільшого поверхневе забруднення території дослідження.

Джерелом поверхневого забруднення є пил, що утворюється внаслідок відкритої розробки родовищ корисних копалин, їх переробки та транспортування. На сьогодні на території досліджень, окрім розробки титанових родовищ, видобувають переважно облицювальне каміння та будівельні матеріали (наприклад, щебінь). Значна частина пилу, що утворюється при цьому, представлена залишками кристалічних порід (граніти-рапаківі та габро).

Водночас, істотне значення має те, що внаслідок рекультивації порушується структурна будова ґрунту. Це призводить до порушення природних геохімічних процесів, властивих ґрунтам даної території. Зокрема, більша кількість хімічних елементів залучається до міграції та виноситься за межі ландшафтів, накопичуючись, вірогідно, на геохімічних бар'єрах у межах природних (непорушених) ландшафтів. Таким чином відбувається збіднення на метали ґрунтових профілів рекультивованих територій.

Отже, геохімічні особливості рекультивованих ґрунтів формуються завдяки двом основним протилежним процесам: виносу хімічних елементів внаслідок вилучення та переміщення ґрунту, а також забруднення поверхневого горизонту ґрунту внаслідок осідання пилу.

У табл. 2 наведений вміст мікроелементів у основних типах ґрунтів району досліджень, які поширені у межах наведених ландшафтів, у табл. 3 – вміст мікроелементів у рекультивованих землях на місці розвитку цих типів ґрунтів. Оскільки титан, ванадій, скандій, фосфор та барій є супутніми елементами ільменіто-апатитових родовищ, їх кількість на поверхні підвищена на всій території досліджень. За винятком наведених елементів у рекультивованих землях вміст мікроелементів знижений порівняно з непорушеними типами ґрунтів, що може бути пояснено, як зазначено вище, тим, що у процесі рекультивації відбувається більше залучення елементів у природний кругообіг, внаслідок чого зменшується кількість рухомих та збільшується – нерухомих форм мікроелементів.

У табл. 4 наведений вміст мікроелементів у різних типах рослин, які виростили на рекультивованих ґрунтах. Загалом спостерігається помітне зменшення цього вмісту у порівнянні з дослідженнями, проведеними у 1960-х рр. працівниками Інституту геохімії, мінералогії та рудотворення ім. М.П. Семененка НАН України під керівництвом Б.Ф. Міцкевича [1]. Слід зазначити, що ці дослідження, проведені колективом науковців під керівництвом Б.Ф. Міцкевича, як найбільш повні та детальні серед ландшафтно-геохімічних досліджень території Українського Полісся, слугують основою для наступних моніторингових досліджень та своєрідною точкою відліку у вивченні геохімічних особливостей цієї території.

На підставі наведених у табл. 4 даних здійснено розрахунок кореляційних зв'язків між значеннями вмісту мікроелементів у рослинах та вмісту їх у рекультивованих ґрунтах, на яких вони виростили. Він показав, що кореляція значень вмісту переважно від'ємна і слабка (у середньому становить від  $-0,2$  до  $-0,5$ ). Наведені дані свідчать про необхідність проведення подальших більш детальних досліджень ступеня впливу процесу і наслідків рекультивації на мікроелементний склад рослин.

**Висновки.** Досліджено вміст мікроелементів у основних типах ґрунтів найбільш поширених ландшафтів та рекультивованих землях на їх місці.

Встановлено, що процес рекультивації значно змінює властивості ґрунтів, порушує їх структуру та мікроелементний склад. Будава ґрунтового розрізу не відповідає типовим розрізам ґрунтів, що поширені на даній території. Це основна причина того, що на території рекультивованих земель більш відчутний вплив ерозійних процесів, порівняно з територіями розповсюдження зональних ґрунтів.

Рекультивовані землі на місці ґрунтів території досліджень і, відповідно, рослинність, на цих ґрунтах загалом істотно збіднені на вміст мікроелементів порівняно з попередніми дослідженнями 1960-их рр. [1]. Це пов'язано з тим, що у процесі розробки титанових родовищ значна кількість досліджуваних елементів вилучається з геологічного середовища та, відповідно, природного кругообігу. Водночас розробка родовищ та рекультивація земель спричиняють надходження досліджуваних елементів на поверхню ґрунту переважно у вигляді пилу. Цей пил, залишаючись у приповерхневому шарі ґрунтів, формує поля аномального вмісту більшості мікроелементів.

Оскільки ґрунти району досліджень характеризуються зниженим вмістом гумусу, невеликою потужністю і низькою родючістю, вони мають низьку здатність до самовідновлення. Отже процес становлення рекультивованих земель даної території у якості повноцінних ґрунтів може зайняти досить тривалий час.

Усе вищевикладене дозволяє стверджувати, що території Житомирського Полісся, ґрунти яких підлягали рекультивації, потребують проведення постійних геохімічних моніторингових досліджень, під час яких особливу увагу слід приділяти вмісту та розподілу мікроелементів та їхніх рухомих форм у ґрунтах.

1. Міцкевич Б.Ф. Геохімічні методи розшуків та умови їх застосування на Україні і в Молдавії. – К. : Наук. думка, 1965. – 128 с.

2. Національний атлас України. – К. : ДНВП "Картографія", 2007. – 440 с., іл.

3. Обухов А.И., Плеханова И.О. Атомно-абсорбционный анализ в почвенно-биологических исследованиях. – М. : Изд-во Моск. гос. ун-та, 1991. – 184 с.

4. Язвинська М.В., Жук О.А. Важкі метали в ґрунтах техногенних ландшафтів Житомирського Полісся // Сучасні проблеми геологічної науки : Зб. наук. пр. ІГН НАН України / відп. ред. П.Ф. Гожик. – К., 2003. – С. 224–226.

5. Язвинська М.В. Оцінка ступеню забруднення ґрунтів на території розробки титанових родовищ // Зб. наук. пр. Ін-ту геохімії навколишнього середовища НАН України (Геохімія та екологія). – 2004. – Вип. 9. – С. 123–127.

6. Язвинська М.В. Рухомі форми важких металів у ґрунтах Житомирського Полісся (Коростенський район) // Пошукова та екологічна геохімія. – 2004. – № 4. – С. 44–47.

7. [http://www.glossary.ru/cgi-bin/gl\\_sch2.cgi?RQlqzr;yoig.o9!nlsir](http://www.glossary.ru/cgi-bin/gl_sch2.cgi?RQlqzr;yoig.o9!nlsir).

**РЕЗЮМЕ.** Исследовано содержание микроэлементов в рекультивированных землях после разработки титановых месторождений. Установлено, что после рекультивации повсеместно распространены эрозионные процессы, значительное количество микроэлементов из подстилающих пород выносятся на поверхность, формируя поверхностное загрязнение почв. В то же время, вследствие добычи полезных ископаемых, нарушения структуры почв, активизации эрозионных процессов и смыва почв, общее содержание микроэлементов в рекультивированных землях и развитой на них растительности уменьшается.

**SUMMARY.** The content of trace elements in recultivation soils after the development of titanium deposits was investigated. Found that after recultivation ubiquitous erosion process, a significant amount of trace elements from the underlying rocks out of the hole, forming a surface contamination of soil. At the same time, due to mining, violations of soil structure, increased erosion and soil erosion, the total content of trace elements in recultivation soils and the development of vegetation on them is reduced.