

УДК [631.413.2:631.433.1+550.4+628.388;628.4047+55p(477)]502.3

**Ю.Б.Козуб<sup>1</sup>, О.Б.Лисенко<sup>2</sup>, Н.Р.Меркульєва<sup>2</sup>, В.І.Овсейчик<sup>3</sup>,  
А.Ю.Сеньковський<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Львів. Національний університет імені Івана Франка;  
<sup>2</sup>Київ. ДНЦ РНС НАН та МНС України; <sup>3</sup>Київ. КДМСК УкрДО "Радон"

### **СУЧАСНИЙ СТАН СХОВИЩ ВІДХОДІВ ДЕЗАКТИВАЦІЇ У КИЇВСЬКІЙ ТА ЧЕРНІГІВСЬКІЙ ОБЛАСТЯХ ЗА ДАНИМИ ВИВЧЕННЯ СОРБЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТІВ ЗОНИ АЕРАЦІЇ**

З метою оцінки сучасного стану сховищ відходів дезактивації (СВД) ми вивчали вбирну здатність ґрунтів зони аерації на території сховищ "Поліське-1", "Поліське-2", "Поліське-3", "Нова Марківка-1", "Нова Марківка-2", "Володимирівка" та пункту складування відходів дезактивації (ПСВД) "Семенівський", які розташовані у Поліському районі Київської області та у Семенівському – Чернігівській.

Основними критеріями оцінки ґрунтів зони аерації [4] вивчених об'єктів є геоструктурне становище, тип водного режиму, мінеральний склад та геохімічні особливості.

СВД "Поліське-1", "-2" та "-3" розташовані на півночі Київської області, перше і третє – у 2-х км на захід від смт. Поліське, на правому березі р. Уж, 1.2 км від річки, на вододільній частині дрібних річок, СВД "Поліське-2" – у 2.5 км на північ від смт. Поліське, між рр. Уж і Грезля, на відстані від річок відповідно 2.0 та 0.7 км, на першій надзаплавній терасі р. Уж. Географічно територія, на якій розташовані СВД, належить до залісної та значною мірою заболоченої Поліської низини (Київське Полісся), геоструктурно – це південно-західний борт Дніпровсько-Донецької западини. Для цього району характерне гіпсометрично високе становище кристалічного фундаменту, який перекидає товща осадового чохла, складеного мезозойськими та кайнозойськими відкладами. Четвертинні відклади представлені середньочетвертинними льодовиковими та воднольодовиковими, сучасними алюві-альними та озерно-болотними утвореннями. Ґрунтові води на СВД "Поліське-1" та "-3" залягають нижче 4–5 м, на СВД "Поліське-2" – 1,8 м. Ґрунти останнього пері-одично підтоплюються в період повеней. Різна геоморфологічна будова (вододіл і надзаплавна тераса) описуваних СВД зумовлює відмінності геологічних розрізів четвертинних відкладів на кожному з них.

СВД "Нова Марківка-1" та "Нова Марківка-2" розташовані у Поліському районі на відстані 1,0–1,4 км на захід від р. Бобер. Це зона безумовного (обов'язкового) відселення. Сховища розташовані на відстані 0,5 км одне від одного, знаходяться у майже однакових природних, у тім числі геолого-гідрологічних умовах.

Розріз на розвідану глибину (15 м) складений верхньочетвертинними алювіальними відкладами (аQ<sub>III</sub>) р. Бобер, які залягають на нерозчленованих середньочетвертинних моренних і флювіогляціальних відкладах (gfQ<sub>II</sub>). Їх підстилає горизонт "строкатих" глин міоцен–пліоценового віку (N<sub>1ps</sub>).

Гідрогеологічні умови в межах СВД певною мірою зумовлені місцевими особливостями геолого-гідрогеологічного складу того чи іншого майданчика. Загальне розвантаження ґрунтових вод відбувається у долину р. Прип'ять, тому загальний напрям потоку – на північний схід. На окремих ділянках ґрунтові води дрениуються в долини менших річок – Ужа та його приток. Тут відбувається місцева зміна напрямку потоку ґрунтових вод. На моренно-зандровій рівнині глибина залягання рівня ґрунтових вод становить від декількох до 10 і понад метрів, залежно від гіпсо-метричного становища тієї чи іншої точки. Водовмісними є флювіогляціальні піски з прошарками глинистих ґрунтів. Потужність горизонту 5–20 м; нахил дзеркала – у бік русла ріки.

У вересні 1995 р. в районі СВД “Нова Марківка-1” ґрунтові води зафіксовано на глибині 1,9–2,2 м від поверхні (абсолютні відмітки рівня 146,2–146,6 м), “Нова Марківка-2” – 0,8–1,3 м (абсолютні відмітки рівня 147,6–148,5 м). Це алювіальний водоносний горизонт, гідравлічно пов'язаний із водами р. Бобер, русло якої каналізоване, а вся долина річки меліорована. Водовмісна товща представлена алювіальними пісками; потужність водоносного горизонту на цих СВД, відповідно, 1,0–3,0 та 1,7–2,4 м. Водотривкі породи представлені суглинками і глинами середньо-четвертинного та міоцен–пліоценового віку.

*СВД “Володимирівка”* розташоване у Поліському районі поблизу с. Володимирівка. Загальні фізико-географічні особливості аналогічні до таких СВД “Нова Марківка-1” та “-2”.

ґрунтові води у вересні 1995 р. тут зафіксовано на відносно невеликій глибині від поверхні – 0,5–0,8 м (абсолютні відмітки рівня 136,90–138,15 м). Величина гідравлічного нахилу в межах майданчика становить 0,025. Водовмісними є супіски з лінзами пісків, які залягають безпосередньо під ґрунтовим шаром. Локальним водотривом (роздільним шаром) є шар суглинків, який зумовлює існування так званої верховодки – горизонту підвищеної водоносності. Роздільний шар недосконалий, потужність його 4,6–6,4 м. Загальна потужність горизонту ґрунтових вод 2,0–4,2 м.

*ПСВД “Семенівський”* розташований у 1,5 км на північний захід від с. Червоні Лози Семенівського району Чернігівської області. Ця територія належить до зони стикування двох великих структур – Дніпровсько-Донецької западини та Воронезького кристалічного масиву. Географічно це заліснена й подекуди заболочена Поліська низина (Чернігівське Полісся). У будові рельєфу важливу роль відіграють долини річок Снов, Ракужі та мережа ярів і балок. У процесі розвитку рельєфу в післяльодовиковий час особливого значення набуло ерозійне розчленування поверхні, під впливом якого сформувалося три терасових рівні, у тім числі заплава.

Абсолютні відмітки поверхні ділянки ПСВД – від 158 до 162 м із загальним нахилом на північний захід у бік безіменного струмка, що впадає у р. Снов.

Четвертинні відклади представлені середньо-, верхньочетвертинними та сучасними утвореннями, під якими залягають відклади кампанського ярусу верхньої крейди. Середньочетвертинні відклади, поширені на всій території, крім заплав річок і, подекуди, річкових терас, представлені водно-льодовиковими та льодовико-вими утвореннями (піски, супіски, суглинки) загальною потужністю до 20 м. Верхньочетвертинні алювіальні відклади – дрібні піски, суглинки та супіски – складають першу і другу надзаплавні тераси р. Снов потужністю 5–15 м. Сучасні алюві-альні відклади поширені тільки в заплавах і руслах річок і представлені пісками й супісками потужністю від 2 до 14 м. Болотні відклади обмежено

розвинені на ділянках боліт, у заплавах річок і на річкових терасах; це торф'яно-мулісті супіски й торфовики потужністю 0,5–4,0 м. Зазначимо, що на майданчику ПСВД “Семенівський” верхньочетвертинні, сучасні алювіальні та болотні відклади відсутні.

На час проведення польових робіт рівень ґрунтових вод становив: на СВД “Нова Марківка-1” – від 1,5 до 2,2 м, “Нова Марківка-2” – 1,0–2,2 м, “Володимирівка” – 0,6–2,0 м. У зв'язку з високим рівнем ґрунтових вод ґрунти СВД “Володимирівка” періодично підтоплюються під час повеней, через що потужність зони аерації зменшується. Зволоженість ґрунтів усіх інших сховищ залежить від сезонних коливань кількості атмосферних опадів.

На території всіх досліджених сховищ існує мережа наглядових радіометричних і гідрогеологічних свердловин, з яких, залежно від особливостей ландшафтно-геохімічних умов і типу водного режиму, було пройдено 28 закопушок, 50 шурфів та 48 свердловин. Їх розмістили безпосередньо по периметру сховищ між огорожею та обвідною канавою. Кількість свердловин (4–6) та їхня глибина (6,0–6,4 м) залежали від розмірів СВД та потужності зони аерації.

Для лабораторних досліджень відібрано 56 проб із закопушок, близько 400 – із шурфів, 350 – із свердловин. Виконано гама-спектрометричний, радіохімічний (визначення  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$ ), гранулометричний, рентгенівський та мінералогічний аналізи, визначено коефіцієнт розподілу ( $K_d$ ) [7].

Результати досліджень засвідчили, що ґрунтам СВД “Поліське-1” та “-3” властивий незначний вміст органічного матеріалу, а на СВД “Поліське-2” ґрунтово-рослинний шар знято, тому сорбційні властивості ґрунтів визначаються головно мінеральним і гранулометричним складом частинок.

На СВД “Нова Марківка-1” та “-2” ґрунти переважно піщані з малопотужними (до 0,3–0,4 м) прошарками й лінзами супісків. Піски пухкі та зв'язні, вміст глинистої фракції в них становить від 2,2–4,8 до 5,1–9,1%. На глибині ~ 6 м залягають важкі суглинки (“Нова Марківка-1”) та глини (“Нова Марківка-2”), які містять до 65,9% глинистої фракції.

ґрунти зони аерації СВД “Володимирівка” до глибини 6 м представлені перешаруванням супісків та суглинків, зрідка – пісків. Загалом у ґрунтах наявна досить значна домішка глинистого матеріалу – від 9% у пісках до 46,8% у суглинках.

На ПСВД “Семенівський” ґрунти зони аерації належать до кварцових алевритопіщаних утворень. З глибиною в них закономірно зростає вміст пелітової фракції – від 5 до 15%. Подекуди зафіксовано підвищений вміст каолініту й монтморилоніту.

Вивчені ґрунти зони аерації на території всіх досліджених сховищ неоднорідні за розрізом. Це піщано-глинисті породи, серед яких переважають алевритові відміни. Представлені головно піски з прошарками супісків, суглинків, глин різної потужності, вміст яких у гірничих виробках становить від 15–20 до 70–80%. У породах часто наявні ділянки озалізнення, зрідка – оглеювання.

Мінеральний склад ґрунтів якісно одноманітний. Головний мінерал пісків та піщаних фракцій інших порід – кварц (до 90–98%), трапляються польові шпати.

Пелітові фракції майже на 100% складені монтморилонітом, каолінітом, ілітом, хлоритом і змішаношаруватими мінералами складу монтморилоніт–іліт, монтморилоніт–каолініт, тобто високовбирними мінералами. Кількість їх послідовно зростає у ряді пісок–супісок–суглинок–глина. Так само підвищується ступінь дисперсності частинок, які складають ґрунт, і, відповідно, сумарна поверхня, що сприяє збіль-

шенню вбирної здатності ґрунтів. Про це свідчать отримані значення коефіцієнта розподілу радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$ . У глинах він становить відповідно  $-390,23$  та  $1004,8$ . Вбирання  $^{90}\text{Sr}$  знижується від 96% у глинах до 35% у пухких пісках, а  $^{137}\text{Cs}$ , відповідно, від 99,8 до 78,0%. Такий коефіцієнт розподілу цезію-137 свідчить про високу сорбційну здатність ґрунтів, яка зумовлена їхніми механічними та мінералогічними властивостями. Вірогідно, цезій вбирається як поверхнею тонкодисперсних частинок ґрунтів, так і безпосередньо глинистими мінералами. Цим пояснюється його локалізація у приповерхневому (0–6 см) шарі ґрунтів. Коефіцієнт розподілу  $^{90}\text{Sr}$  в усіх літологічних відмінах порід нижчий, ніж  $^{137}\text{Cs}$ . Стронцій більшою мірою здатний до утворення розчинних рухливих форм, однак завдяки участі в іонно-обмінній сорбції він теж концентрується у приповерхневому шарі.

За сорбційною здатністю щодо  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  досліджені ґрунти можна скомпонувати у такий ряд: пісок пухкий < пісок зв'язний < супісок < суглинок < глина. Середній вміст фізичної глини, %: пісок пухкий – 1,1–3,5; пісок зв'язний – 6,4–9,2; супісок – 14,6–16,5; суглинок – 31,2–34,5; глина – 57,2.

З метою оцінки сучасного стану СВД ми застосували також метод статистичної обробки даних – кореляційний аналіз, який дає змогу виявити кореляції між перемінними та визначити закономірності їхнього розподілу. В якості перемінних обрано різні за розмірністю фракції та окремі мінерали (за результатами гранулометричного й мінералогічного аналізів). Для всіх різновидів ґрунтів виявлена позитивна або негативна кореляція між породотворними мінералами (за відсутності нульової залежності), вона збільшується від крупних до дрібніших фракцій; найвищі коефіцієнти кореляції виявлено у фракції < 0,001 мм.

Проведені дослідження засвідчили, що за своїми фізико-хімічними характеристиками ґрунти описуваної території можуть виконувати захисну функцію, тобто слугувати природним інженерно-геохімічним екраном.

Ми також вивчали поведінку техногенних радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  на поверхні ґрунтів і на глибину до 6,0 м на всіх СВД.

Виявилося, що на СВД “Поліське-1”, “-2” та “-3” пошаровий розподіл  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  однаковий. Основний запас нуклідів зосереджений у верхніх шарах (0–5 см), з глибиною їхня кількість зменшується. Виділяється лише шурф № 4 на СВД “Поліське-2”, де підвищений вміст нуклідів наявний до глибини 18–20 см. Це можна пояснити відсутністю ґрунтово-рослинного шару, який міг би бути бар'єром на шляху проникнення нуклідів углиб, або періодичним підтопленням території, що сприяло збільшенню рухомості нуклідів. У шурфі № 5 на СВД “Поліське-3” виявлено високу активність обох нуклідів до глибини 6–8 см.

Максимальний вміст  $^{137}\text{Cs}$  (1530 Бк/кг) на території СВД “Нова Марківка-1” зафіксовано лише в шурфі № 13 у поверхневому шарі (0–2 см). В інших шурфах вміст  $^{137}\text{Cs}$  на поверхні не перевищує 725 Бк/кг, а з глибини 4–6 см він різко знижується. У свердловинах він становить десятки Бк/кг із загальною тенденцією до зменшення з глибиною. Активність  $^{90}\text{Sr}$  у шурфах низька, лише в шурфі № 13 у шарі 0–2 см вона досягає максимального значення (34,2 Бк/кг). Глибше 4–6 см та у свердловинах величина активності  $^{90}\text{Sr}$  менша 1 Бк/кг. Згідно існуючих даних для дерново-підзолистих ґрунтів, такий розподіл радіонуклідів на глибину є закономірним.

Активність  $^{137}\text{Cs}$  на СВД “Нова Марківка-2” значно вища, ніж на попередній ділянці. У шурфах розподіл  $^{137}\text{Cs}$  на поверхні нерівномірний – від десятків і сотень Бк/кг в окремих шурфах до тисяч і десятків тисяч у шурфі № 28. Цезій-137 лока-

лізується головно у верхніх горизонтах (до 10 см). У шурфах №№ 25, 27, 28 поширення його на глибину відповідає такому в дерново-підзолистих ґрунтах. У шурфах №№ 23–26 вміст  $^{137}\text{Cs}$  зростає до глибини 14 см, а потім знову зменшується. Очевидно, це результат механічного порушення та перемішування верхніх горизонтів ґрунту, що могло статися під час спорудження сховища та обвідної канами. У всіх свердловинах вміст  $^{137}\text{Cs}$  зменшується з глибиною від перших сотень до десятків і одиниць Бк/кг. Вміст  $^{90}\text{Sr}$  у шурфах №№ 23–27 не перевищує 58,4 Бк/кг, а у шурфі № 28 досягає 149 Бк/кг. Отже, стронцій-90 теж концентрується у приповерхневому шарі. Ні в одній із свердловин на СВД “Нова Марківка-2” підвищеного вмісту цього радіонукліду не виявлено.

Загальний рівень активності на ділянці СВД “Володимирівка” найвищий порівняно з іншими досліджуваними об’єктами. В усіх шурфах величина активності цезію-137 становить від перших до 26,5 тисяч Бк/кг.  $^{137}\text{Cs}$  поширений до глибини 22 см, що, напевно, пов’язано з несприятливими гідрогеологічними умовами на території сховища: ділянка періодично підтоплюється під час повеней, а це сприяє рухливості нуклідів, причому теж виявлено різкі флуктуації величини активності. Найвищу активність  $^{90}\text{Sr}$  (1030 Бк/кг) зафіксовано в шурфі № 47 у поверхневому шарі (0–2 см), у шурфі № 43 вміст стронцію-90 у ньому досягає 113 Бк/кг. В інших шурфах активність мінімальна – значення  $> 10$  Бк/кг трапляються дуже рідко. У шурфах №№ 46 і 47 виявлено нерівномірний розподіл  $^{90}\text{Sr}$  з глибиною. Незважаючи на це, значного вмісту стронцію на глибині нижче 10–12 см у шурфах не зафіксовано, а у свердловинах до глибини 6 м він не досягає навіть 1 Бк/кг.

Радіологічна ситуація на ПСВД “Семенівський” задовільна. Результати гамма-спектрометричних вимірювань свідчать про достатньо низьке забруднення території [8, 11, 12].

Результати виконаних польових і лабораторних досліджень засвідчили, що загальна радіоекологічна ситуація на території всіх вивчених СВД є незагрозованою. Гамма-спектрометричні та радіохімічні дослідження дали змогу виявити, що радіонукліди  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  локалізовані головно у приповерхневому (до 6 см) шарі ґрунту. Лише в окремих виробках на СВД “Нова Марківка-2” та “Володимирівка” радіонукліди виявлено на глибині 14–22 см.

ґрунти на території досліджених СВД завдяки своїм механічним, літологічним та мінералогічним особливостям можуть слугувати захисним шаром від проникнення радіонуклідів на глибину. Їхня вбирна здатність визначається поверхнею тонкодисперсних частинок і наявністю значної кількості глинистих мінералів (монт-морилоніт, каолініт та ін.) [1, 3, 9, 10]. Важливо, що на всіх досліджених ділянках горизонти суглинків і глин знаходяться на глибині  $\sim 6,0$  м.

Можна прогнозувати, що ґрунти зони аерації на вивчених територіях слугуватимуть природним захисним геохімічним екраном ще протягом 10–15 років. Цей висновок впливає з таких фактів: 1) дерново-підзолисті ґрунти є несприятливими для процесів міграції, які, своєю чергою, з часом уповільнюються; 2) у ґрунтах з глибиною збільшується кількість тонкодисперсних (глинистих) частинок [2, 6, 9].

У зв’язку зі створенням у природних умовах нових пунктів складування відходів дезактивації відбувається подальше забруднення ґрунтів і водоносних горизонтів. Тому постає проблема створення штучного геохімічного екрана на шляху міграції радіонуклідів у ґрунтах у водоносні горизонти й біогеохімічної міграції в рослини (і далі по трофічному ланцюгу).

Одним із способів створення такого екрана є внесення у забруднені ґрунти природних мінеральних сорбентів – радіопротекторів. Співробітники Львівського університету проводили дослідження [5] з вивчення можливостей використання глауконіту Карачівецького родовища як сорбенту радіонуклідів. Виявилось, що регулярне внесення глауконіту в ґрунти сприяє переведенню радіонуклідів ґрунтових розчинів у нерухому форму. З урахуванням дуже незначної десорбції, це дає змогу створити бар'єр на шляху біогеохімічної міграції  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  та дезактивувати радіаційно забруднені території.

1. *Глины, их минералогия, свойства и практическое значение.* М., 1970.
2. *Горбунов Н.И.* Высокодисперсные минералы и методы их изучения. М., 1963.
3. *Джонс М.П.* Прикладная минералогия. М., 1991.
4. *Добровольский В.В.* Практикум по географии почв с основами почвоведения. М., 1991.
5. *Козуб Ю.Б., Матковський О.І., Сеньковський А.Ю., Федоришин Ю.І.* Глауконіти Поділля – сорбенти радіонуклідів // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геол. 1998. Вип. 13. С. 139–142.
6. *Кононова М.М.* Органическое вещество. Его природа, свойства и методы изучения. М., 1963.
7. *Методы минералогических исследований : Справочник / Под ред. А.И.Гинзбурга.* М., 1985.
8. *Наука.* Чернобыль-96 : Матеріали науково-практ. конф. Київ, 1997.
9. *Орлов Д.С.* Современные физические и химические методы исследования почв. М., 1987.
10. *Павлоцкая Ф.И.* Миграция радиоактивных продуктов глобальных выпадений в почвах. М., 1973.
11. *Технико-экономическое обоснование инженерных решений по приведению в безопасное состояние существующих пунктов сбора радиоактивных отходов (ПСРО) в Иванковском и Полесском районах Киевской области : Поясн. зап. НТЦ КОРО.* Арх. № А-554Н, кн. 1, т. 1. Желтые Воды, 1994.
12. *Чернобыльская катастрофа : Сб науч. ст.* Киев, 1995.

Yu.B.Kozoub<sup>1</sup>, O.B.Lysenko<sup>2</sup>, N.R.Merkouljeva<sup>2</sup>, V.I.Ovsejchik<sup>3</sup>, A.Yu.Sen'kovsky<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Lviv. Ivan Franko National University;

<sup>2</sup>Kyiv. SSC RE NAN and MES of Ukraine; <sup>3</sup>Kyiv. UrkSU "Radon"

**MODERN CONDITION OF REPOSITORIES IN THE KYIV AND TCHERNIGIV  
AREAS ON THE DATA OF AERATION ZONE SOILS  
SORPTIVE PROPERTIES STUDY**

The results of research works on study of absorbing ability of soils from aeration zone in territory of existing repositories in the Kyiv and Tchernigiv areas are stated. The works have been carried out for estimation of a modern condition of the given objects. Lithological, granulometric and mineral content of the soils have been studied, gamma-spectrometer, radiometric and radiochemical soil analysis have been carried out. The factors of radionuclides distribution in all lithological soil varieties have been determined with which are mainly determined the sorption ability of soils. The forecast of a radio-ecological condition of the investigated objects on 10–15 of years is given.

*Стаття надійшла до редколегії 03.04.2000*