

**Верховцев В.Г.<sup>1</sup>, Лисиченко Г.В.<sup>2</sup>, Юськів Ю.В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Інститут геологічних наук НАН України

<sup>2</sup>Інститут геохімії навколишнього середовища

## **ОЦІНКА БЕЗПЕКИ ЗА НЕОТЕКТОНІЧНИМИ КРИТЕРІЯМИ РАЙОНУ РОЗТАШУВАННЯ ХВОСТОСХОВИЩ РАДІОАКТИВНИХ ВІДХОДІВ ДНІПРОДЗЕРЖИНСЬКОГО ПРОМИСЛОВОГО ВУЗЛА**

*Наведено результати великомасштабного (1:25 000) картування новітньої тектоніки регіону, яке здійснене на основі морфографічних, морфометричних та аерокосмічних методів дослідження. Виділено й охарактеризовано активні на новітньому етапі розвитку лінійні структури, а також сумарні амплітуди вертикальних рухів в четвертинному періоді. Оцінено безпеку району розташування хвостосховищ радіоактивних відходів Дніпродзержинського промислового вузла за неотектонічними критеріями*

### **Вступ**

Досліджена територія є одним з найстаріших геолого-промислових районів з високорозвиненою гірничодобувною, металургійною і хімічною промисловістю. Такий промисловий комплекс визначає значний вплив антропогенного фактора на навколишнє середовище, що проявляється в забрудненні високотоксичними відходами, зміні природних умов та ін. Одним з найбільш небезпечних екологічних наслідків техногенної діяльності людини є надходження токсичних сполук у підземні водоносні горизонти і гірничі виробки. Це обумовлює необхідність проведення спеціальних робіт з виділення активних на новітньому етапі розвитку лінійних структур, визначення зон підвищеного взаємозв'язку поверхневих і підземних вод як можливих шляхів міграції високотоксичних елементів і проникнення їх у підземні водоносні горизонти і гірничі виробки.

Численними дослідженнями доведено значне збільшення проникності водоносних і поділяючих шарів у межах річкових долин, хоча представлення про природу цього явища поки залишаються дискусійними. Зазначене явище, на думку більшості дослідників, знаходить пояснення у взаємодії й однаково спрямованому впливі таких природних факторів: тектонічних і неотектонічних (приуроченість долин до тектонічно порушених і ослаблених зон), морфоструктурних і фаціальних (річкові долини як прояв коливально-хвильових тектонічних рухів з відповідними умовами осадконакопичення і геодинаміки на глибині), гідрогеодинамічних і гідромеханічних (висхідні потоки в даних структурах у геологічному часі їхнього існуванні самі по собі збільшують проникність порід). У цих структурах не виключена також можливість прояву гідророзривів слабопрониклих шарів на значних глибинах, що розріджують напруження від гідростатичних тисків, спрямованих нагору. Виходячи їх усього сказаного ясно, що окремою складовою частиною різнопланових робіт, в тому числі й по виявленню зон поглинання забруднених поверхневих вод, повинне бути картування активних на нетектонічному етапі лінійних і кільцевих структур, вивчення їхньої внутрішньої будови і виявлення сумарних амплітуд новітніх рухів земної кори (як найважливішої їхньої характеристики).

### **Стан проблеми**

Виробниче об'єднання «Придніпровський хімічний завод» (ВО «ПХЗ») почало переробку уранової сировини у 1949 р. З 1949 по 1991 рр. ВО «ПХЗ» переробляло доменний шлак, концентрати та руду, що вміщують уран. За цей період утворено дев'ять сховищ РАВ, у яких знаходиться близько 42 млн. т відходів із загальною активністю 86 тис. Ки. На даний час ці хвостосховища є джерелом радіоактивного забруднення: ґрунтів, ґрунтових вод та атмосферного повітря (пил, радіоактивні аерозолі, радон та продукти його розпаду).

Хвостосховище «Західне» експлуатувалось у 1949–1954 рр. (площа — 40 тис. м<sup>2</sup>), складовано 0,77 млн. т відходів-хвостів загальною активністю  $1,8 \cdot 10^{14}$  Бк. Сховище розміщене

в, обгородженому насипними ґрунтовими дамбами, кар'єрі глин. У результаті проведення в 2000 р. першочергових протиаварійних робіт сховище було перекрите суглинком, щебенем, родючим шаром ґрунту, споруджено підпірну стінку і водозбірні лотки.

Хвостосховище «Центральний Яр» експлуатувалося у 1950–1954 рр. (площа — 24 тис. м<sup>2</sup>): накопичено 0,22 млн. т радіоактивних відходів-хвостів об'ємом 0,13 млн. м<sup>3</sup>, що мають загальну активність  $1,04 \cdot 10^{14}$  Бк. Сховище розміщене в яру, що перегорожене дамбою. Поверхня РАВ перекрита шаром насипних ґрунтів, окультурена і частково забудована.

Хвостосховище «Південно-східне» розташовано в природному яру і з 1956 по 1990 р. слугувало місцем складування промислових відходів-хвостів, представлених дресвою і щебенем уранових руд, металобрухтом, деревиною і будівельним сміттям. У сховищі складовано 0,33 млн. т відходів загальною активністю  $6,7 \cdot 10^{13}$  Бк (об'єм — 195 тис. м<sup>3</sup>, площа — 36 тис. м<sup>2</sup>).

Хвостосховище «Дніпровське» («Д») заповнювалось радіоактивними відходами з 1954 по 1968 рр. Розташовано в заплаві Дніпра. Сховище рівнинно-наливного типу. Дамби виконані із суглинково-супіщаних ґрунтів і відходів коксохімзаводу; протифільтраційні елементи як у тілі дамби, так і в підґрунті лежать відсутні. Накопичено 12 млн. т відходів-хвостів (об'єм — 5,84 млн. м<sup>3</sup>, площа — 730 тис. м<sup>2</sup>), загальна активність близько  $1,4 \cdot 10^{15}$  Бк. Сховище перекрите шаром фосфогіпсу потужністю 0,5–13,5 м.

Хвостосховище «Сухачівське» («С») експлуатується з 1968 року. Складається з двох секцій, що розміщені послідовно одна за одною. Перша експлуатувалася в 1968–1983 рр. (площа — близько 907 тис. м<sup>2</sup>), заповнена до проектних відміток, вміщує 19 млн. т відходів-хвостів загальною активністю  $7,1 \cdot 10^{14}$  Бк (об'єм відходів — 8,6 млн. м<sup>3</sup>). Сховище не законсервоване. Друга секція експлуатується з 1983 року (площа — близько 700 тис. м<sup>2</sup>). Чашу сховища та захисні дамби обладнано протифільтраційними елементами. У ньому накопичено 5,6 млн. т відходів-хвостів загальною активністю  $2,7 \cdot 10^{14}$  Бк, які утворюють нижню частину товщі. Поверхневий шар (завтовшки 4–5 м) складається з низькоактивних шламів, фосфогіпсу. Радіонуклідний склад шламових вод секції I характеризується вмістом урану до 37,7 Бк/л, радію-226 — від 0,05 до 1,4 Бк/л, торію-230 — від 0,05 до 4,4 Бк/л, свинцю-210 — від 0,3 до 6,44 Бк/л, полонію-210 — від 0,07 до 1,62 Бк/л. Сховище «С» є джерелом забруднення підземних вод. Ореол забруднення поширюється на 370–860 м від контуру сховища.

Хвостосховище «Лантанова фракція» експлуатувалося з 1965 по 1988 рр. (площа — 0,6 тис. м<sup>2</sup>). Воно розміщене на території першої секції сховища «С». У ньому накопичено до 6,6 тис. т відходів-хвостів загальною активністю  $8,6 \cdot 10^{11}$  Бк. На цей час сховище законсервоване.

Сховище відходів уранового виробництва «База С» експлуатувалося у 1960–1990 рр. (площа — 250 тис. м<sup>2</sup>), є складом уранової сировини. Накопичено 0,15 млн. т відходів (напівзруйновані конструкції бункерів уранової сировини, радіоактивно забруднені залізничні шляхи, ґрунти). Загальна активність відходів уранового виробництва  $4,4 \cdot 10^{14}$  Бк (загальний об'єм — 150 тис. м<sup>3</sup>). Сховище не законсервоване. Потужність експозиційної дози гамма-випромінювання на поверхні становить 60–10782 мкР/рік. Щільність потоку радону з поверхні складає 1,25–7,26 Бк/(м<sup>2</sup>·с), місцями — до 21,2 Бк/(м<sup>2</sup>·с).

Сховище «ДП-6» (площа — 2 тис. м<sup>2</sup>) створено у 1982 р. У ньому зберігаються демонтовані конструкції домни № 6 Дніпровського металургійного комбінату, а також складовано 0,04 млн. т відходів уранового виробництва загальною активністю  $1,3 \cdot 10^{12}$  Бк (об'ємом 15 тис. м<sup>3</sup>).

Будівля №103 використовувалася для отримання закису-окису урану. Тут розміщувалися склади реагентів та технологічні дільниці: екстракції, реекстракції, фільтрації, прокалювання і затарювання готової продукції. Технологічні розчини, що містять уран, надходили до будівлі трубопроводами. Після припинення переробки уранової сировини будівельні конструкції, обладнання та трубопроводи не були дезактивовані. Потужність експозиційної дози (ПЕД) гамма-випромінювання на поверхні будівельних конструкцій

становить 300–8000 мкР/рік, основного технологічного обладнання (екстрактори, фільтри, печі) — 1600–60000 мкР/рік, трубопроводів на естакадах — 100–19000 мкР/рік.

У 1950–1960 рр. виробничі стоки уранового виробництва ВО «ПХЗ» перероблялися комбінатом «ДніпроАзот» на рідкі добрива, який утворив хвостосховище в межах вул. Сергія Лазо. Для оцінки потужності експозиційної дози гамма-випромінювання на поверхні цього сховища необхідне додаткове вивчення.

Актуальною екологічною проблемою є радіоактивне забруднення південної виробничої площадки ВО «ПХЗ», на якій розташовані сховища «Західне», «Центральний Яр», «Південно-східне»; не дезактивовані цехи, комунікації транспортування радіоактивних матеріалів (довжина естакад — 8 км).

**РАДІАЦІЙНИЙ СТАН РІЗНИХ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД ВО «ПХЗ» ХАРАКТЕРИЗУЄТЬСЯ ТАКИМИ ДАНИМИ:** підвищений вміст радону (більше 200 Бк/м<sup>3</sup>) — у 38 будинках; підвищені значення потужності експозиційної дози гамма-випромінювання (100–10000 мкР/рік) — у цехах, що не дезактивовані; підвищені значення потужності експозиційної дози гамма-випромінювання (більше 30 мкР/рік) — уздовж траси пульпопроводу (довжина траси 18 км).

Площа забруднення території заводу з потужністю експозиційної дози більше 100 мкР/рік дорівнює приблизно 250 тис. м<sup>2</sup>. Об'єм радіоактивно забрудненого ґрунту — близько 150 тис. м<sup>3</sup>. З забрудненої території активністю близько  $2,3 \cdot 10^{12}$  Бк річне надходження в атмосферу пилу, що містить радіонукліди, складає 5,3 т.

**ВИКИДИ ТА СКИДИ РАДІОАКТИВНИХ РЕЧОВИН ВО «ПХЗ».** З хвостосховищ в атмосферу щороку потрапляє  $4,3 \cdot 10^{13}$  Бк радону та 23,9 т радіоактивного пилу із середньою питомою активністю 3,7 кБк/кг, із сховищ відходів уранового виробництва —  $2,3 \cdot 10^{13}$  Бк радону та 8,9 т радіоактивного пилу із середньою питомою активністю 0,01 МБк/кг.

Хвостосховища є джерелом забруднення підземних вод на відстані 370–860 метрів від їх контуру.

Річний винос природних радіонуклідів з водами р. Коноплянка у р. Дніпро становить: уран-238 —  $5,5 \cdot 10^{10}$  Бк; радій-226 —  $1,9 \cdot 10^{10}$  Бк; свинець-210 —  $4,4 \cdot 10^{10}$  Бк; полоній-210 —  $8,8 \cdot 10^9$  Бк; торій-230 —  $5,5 \cdot 10^9$  Бк.

Річний винос природних радіонуклідів з підземними водами в р. Дніпро становить: уран-238 —  $1,6 \cdot 10^8$  Бк; радій-226 —  $2,5 \cdot 10^7$  Бк; свинець-210 —  $1,5 \cdot 10^6$  Бк; полоній-210 —  $1 \cdot 10^7$  Бк; торій-230 —  $2,5 \cdot 10^7$  Бк.

Хвостосховище «С» є джерелом забруднення підземних вод.

**ЗАБРУДНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД.** Радіонуклідний склад води в Дніпрі в прибережній смузі характеризується об'ємною активністю урану менш ніж 0,49 Бк/л, радію-226 — від 0,14 до 0,21 Бк/л, торію-230 — від 0,04 до 0,11 Бк/л, свинцю-210 — в межах 0,16–0,40 Бк/л, полонію-210 — в межах 0,06–0,16 Бк/л.

Сумарний показник забруднення змінюється від 0,80 вище створу хвостосховища «Д» до 1,56–1,90 в створі і за течією нижче створу сховища.

Основним джерелом надходження радіонуклідів в р. Дніпро в створі об'єктів, що досліджувались, є розвантаження забруднених підземних вод із зони розташування хвостосховищ, поверхневий стік із забрудненої території проммайданчика і річковий стік р. Коноплянка, де відзначаються найбільш високі концентрації радіонуклідів.

Радіонуклідний склад води в р. Коноплянка характеризується вмістом урану від 0,49 до 1,77 Бк/л, радію-226 — від 0,15 до 0,26 Бк/л, торію-230 — від 0,05 до 0,10 Бк/л, полонію-210 — в межах 0,07–0,14 Бк/л.

**ЗАБРУДНЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД.** У хвостосховищі «Д» спостерігаються обводнені РАВ, що мають хороший гідравлічний зв'язок з підземними водами.

Періодично тимчасовий характер обводнювання мають відходи сховища «Західне». Ця обводнена зона утворює техногенний водоносний шар, який забруднює водоносні горизонти, що лежать нижче, а саме горизонти: алювіальних відкладів; кристалічних порід; лесових відкладів.

**Техногенний водоносний горизонт.** Радіонуклідний склад техногенного водоносного горизонту визначений за основними довгоіснуючими радіонуклідами уранового ряду. За результатами вимірів техногенних вод об'ємна активність змінюється у межах: урану від 0,32 до 324,72 Бк/л;  $^{226}\text{Ra}$  — 0,08–17,09 Бк/л;  $^{230}\text{Th}$  — 0,06–1,58 Бк/л;  $^{210}\text{Pb}$  — 0,06–2,10 Бк/л;  $^{210}\text{Po}$  — 0,02–1,33 Бк/л.

**Радіаційний стан ґрунтів.** *Дніпродзержинський проммайданчик.* Техногенні ґрунти, які утворюють поверхневий шар на територіях прилеглих, до хвостосховищ «Західне», «Центральний Яр» і «Південно-східне», радіоактивно забруднені. На цих ділянках спостерігається потужність еквівалентної дози гамма-випромінювання від 1,2 до 4,83 мкЗв/рік, в локальних точках сягаючи значень до 45,6 мкЗв/рік (сховище «Південно-східне»).

Поверхневий шар ґрунтів на прилеглих до хвостосховища «Д» територіях характеризується фоновими значеннями потужності еквівалентної дози гамма-випромінювання від 0,08 до 0,15 мкЗв/рік. Ґрунтовий покрив на ділянках, які використовуються населенням, характеризується величиною ПЕД гамма-випромінювання 12–25 мкР/рік.

Концентрації природних радіонуклідів (ПРН) в ґрунтах на орних землях складають: для природного урану — 6–7 мг/кг (148–173 Бк/кг), природного торію — 19–21 мг/кг (78–86 Бк/кг), радію-226 — 14–49 Бк/кг, торію-230 — 40–109 Бк/кг, полонію-210 — 32–49 Бк/кг і свинцю-210 — 55–103 Бк/кг. Сумарна альфа-активність ґрунтів тут складає 759–958 Бк/кг, сумарна бета-активність — 396–662 Бк/кг.

*Хвостосховище «С».* Концентрації ПРН в поверхневому шарі ґрунтів в межах сховища «С» і його зони спостереження складають: для природного урану — 6–10 мг/кг (148–247 Бк/кг), природного торію — 4–29 мг/кг (16–119 Бк/кг), радію-226 — 13,7–48,5 Бк/кг, торію-230 — 25,2–112,1 Бк/кг, полонію-210 — 8,1–92,5 Бк/кг і свинцю-210 — 51,8–241,6 Бк/кг. Сумарна альфа-активність ґрунтів тут — 651–1594,7 Бк/кг, сумарна бета-активність — 355,2–769,6 Бк/кг. Найбільш високі концентрації радіонуклідів спостерігаються на бортах I секції сховища «С», де мали місце аварійні розливи пульпи, а також на прилеглих до огороження бази «С» ділянках, де відбувається осадження радіоактивного пилу.

Забруднені ґрунти характеризуються ПЕД гамма-випромінювання в основному діапазоні 30–500 мкР/рік, в локальних точках — до 4304 мкР/рік (Лисиченко Г.В., Верховцев В.Г., Ковалевський В.В. та інші, 2009).

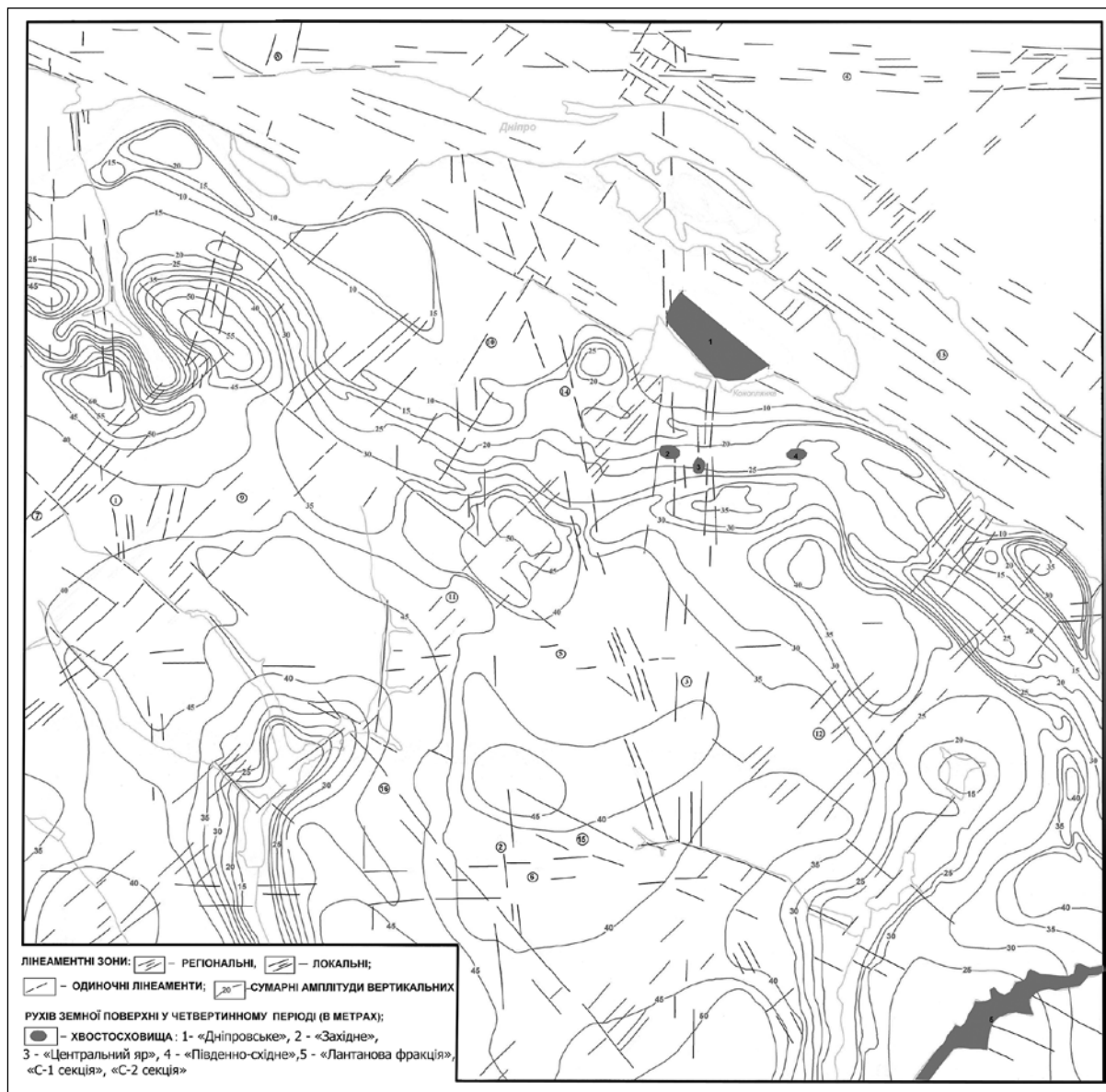
### **Основні результати неотектонічних досліджень**

Для вирішення поставлених задач нами були побудовані такі карти: порядків долин і вододілів; ландшафтних індикаторів лінійних структур масштабів 1:50 000 і 1:25 000; базисної та вершинної поверхонь 4-х порядків та різниці між ними масштабу 1:25 000; лінійних структур масштабу 1:50 000. Підсумкова карта активних на новітньому етапі розвитку лінійних структур та сумарних амплітуд вертикальних рухів земної поверхні у четвертинному періоді масштабу 1:25 000 наведена на рис. 1.

У межах території виявлені регіональні і локальні лінеamenti утворюють дві домінуючі системи, представлені прямолінійними сполученими і взаємно перпендикулярними лінеаментними зонами домінуючих напрямків ( $0^\circ \perp 90^\circ$ ,  $\pm 5^\circ$ ,  $40\text{--}45^\circ \perp 310\text{--}315^\circ$ ), одну проміжну ( $25\text{--}30^\circ \perp 295\text{--}300^\circ$ ) та два пригнічених напрямки ( $15\text{--}20^\circ$  та  $345\text{--}350^\circ$ ), кожен з яких має всього по одній лінеаментній зоні.

**Лінеаментні зони домінуючої ортогональної системи  $0^\circ \perp 90^\circ$ .** Представлені трьома субмеридіональними (всі — локальні) і трьома субширотними зонами (одна — регіональна, дві — локальні). Крім того, виявлений ряд одиночних лінеаментів цих же напрямків (рис. 1). Зближене між собою просторове розміщення субмеридіональних зон №2, 3 та зони №14 пригніченого напрямку  $345\text{--}350^\circ$  дозволяє припустити, що вони утворюють разом більш велику лінійну структуру (регіональну).

Відстань між субдовготними зонами 3–6 км, а субширотними — 4–10 км. Зони ортогональної системи строго витримані за напрямком (окрім зони №1). Для зон субмеридіонального напрямку характерна перевага ерозійних індикаторів, а для субширотних — вододільних, в наслідок чого всі субдовготні зони інтерпретовані як скиди або здвиги-скиди, а більшість субширотних — як підкиди (здвиги-підкиди).



**Рис. 1.** Карта активних на новітньому етапі розвитку лінійних структур та сумарних амплітуд вертикальних рухів земної поверхні у четвертинному періоді району розташування хвостосховищ колишнього Придніпровського хімічного заводу  
*Примітка: масштаб 1:25'000 (зменшено). Склад В.Г. Верховцев.*

Лінеаментні зони домінуючої системи  $40-45^\circ \perp 310-315^\circ$  представлені чотирма зонами північно-східного напрямку (дві — регіональні) і всього однією локальною зоною — північно-західного. Близько розташовані одна від одної зони №7, 9, 16, 11 можна розглядати як єдину регіональну 1-го порядку (а, можливо, й як трансрегіональну) лінійну систему, що за шириною сягає 7 км, перетинає всю ділянку і займає її центральну частину. Відстань між зонами північно-східного орієнтування складає 5–6 км (зменшуючись між зближеними зонами до 1,5–3 км), а для північно-західного її встановити неможливо, оскільки в межах території цей напрямок представлений всього однією зоною. Система характеризується достатньою витриманістю за напрямком. За своєю морфологією всі зони віднесені до здвигів (тобто вони дешифровані по приблизно рівній кількості ерозійних і вододільних індикаторів).

Лінеаментні зони проміжної діагональної системи  $45-55^\circ \perp 315-325^\circ$ . До системи відносяться одна локальна лінеаментна зона північно-східного напрямку та дві — північно-західного (одна з них — регіональна). Саме ця регіональна зона є самою крупною з

встановлених в межах дослідженої території. Вона є частиною трансрегіональної зони розломів, яка розділяє північно-східний схил Українського кристалічного щита та Південну прибортову частину Дніпровсько-Донецької западини. Зони системи мають задовільну витриманість за напрямком. За кінематичними характеристиками це — підкидо-здви́г, здви́г та скидо-здви́г.

**Пригнічений напрямок 15–20°** представлено всього однією локальною лінеаментною зоною (рис. 1). Лінеаментна зона №13 простежена протягом 10° км (у північно-східному напрямку іде за межі ділянки), має ширину 0,4–0,5° км і складається з 14 лінеаментів довжиною від 0,3° до 1° км, виражених у ландшафті у вигляді прямолінійних відрізків елементів гідромережі (6) і вісей вододілів (9).

**Пригнічений напрямок 345–350°** також складається тільки з однієї зони — локальної №14 на рис. 1. Зона має довжину 17° км при ширині 0,3–0,5° км, у її склад входять 28 елементарних лінеаментів довжиною 0,3–1,2° км, виражених на місцевості спрямленими відрізками елементів ерозійної мережі (12 випадків), осями вододілів і малоамплітудних уступів у рельєфі (всього 17 елементів).

У стислому виді відомості про виділені лінеаментні зони наведено в табл. 1 (включаючи їх номер на карті, ранг, довжину, ширину, азимут простягання, кількість елементарних лінеаментів, що входять до складу зон; мінімальну та максимальну довжину цих лінеаментів; кількість ерозійних та вододільних ландшафтних індикаторів лінеаментів, морфотип, співпадання з відомими розломами).

**Виявлення сумарних амплітуд вертикальних рухів земної кори в четвертинному періоді.** Для вирішення цієї задачі використана карта різниці між вершинною і базисною поверхнями 4-го порядку масштабу 1:25°000. Аналіз, складеної нами на її основі, карти сумарних амплітуд тектонічних вертикальних рухів земної поверхні у четвертинному періоді (рис. 1) показує, що останні в межах дослідженого району мають диференційований характер і досить значну інтенсивність (максимальні значення перевищують +60 м). При цьому найбільш загальні закономірності в площовому поширенні сумарних амплітуд погоджуються з контурами відомих та виявлених у регіоні порівняно великих структурних одиниць.

Підтвердженням сказаному може служити таке: практично повсюдно фіксується ув'язування підвищених значень ізобаз і замкнутих контурів (аномалій) з лінеаментними зонами. Так, уздовж північно-східної зони №7 є витягнуті в її напрямку ізолінії зі значеннями +45 м, а до вузлів її перетинів з зонами №7, 8 приурочені замкнуті аномалії зі значеннями ізобаз +45–55 та +45–60 м; на протязі зони №12 того ж орієнтування — витягнуті в її напрямку окремі відрізки ізобаз зі значеннями +40 м і аномалії (+20–25, 20–35, 30–40 м); до зони №15, орієнтованої на північний захід, також прив'язана аномалія підвищених значень ізобаз (+40–45 м), витягнута вздовж неї. У цілому ж її лінійна протяжність ізобаз з аномально високими значеннями сумарних амплітуд (у тому числі, і замкнутих) відмічається практично уздовж зон усіх напрямків (рис. 1).

Коротко охарактеризуємо загальний рисунок розподілу сумарних амплітуд вертикальних рухів земної поверхні у четвертинному періоді по ділянці.

Мінімальні сумарні амплітуди відмічаються в північній частині території та тяжіють до долини річки Дніпро, де значна площа має значення +10 м.

Наступні за величиною сумарні амплітуди (+15–25 м) виявлені на півдні району, де вони пов'язані головним чином з кількома балками без назв (див. рис. 1).

Максимальні значення сконцентровані на північному заході території. Тут є дві близько розташованих одна від одної локальні аномалії зі значеннями, що сягають +55, +60 м. Ще дві локальні аномалії з трохи меншими значеннями (+45, 50 м) розташовані в центрі, а одна (+50 м) на півдні. На всій іншій території панують ізобазы від +25 до +40 м.

**Таблиця 1.** Основні відомості про лінеаментні зони району розташування хвостосховищ радіоактивних відходів колишнього Придніпровського хімічного заводу

№ на рисунок	Ранг	Az°	Д	К	K <sub>ер</sub> *	Співпадання з відомим розломом	Перед- бачуваний морфотип
			Ш	D <sub>1</sub> -D <sub>2</sub>	K <sub>вод</sub> *		
<b>Лінеаментні зони домінуючої ортогональної системи 0±90 (±5)</b>							
1	Л	356–358	13* <sup>1</sup>	25	15	–	С
			0,25–0,3	0,25–1,3	10		
2	Л	358–0	15	15	10	–	З–С
			0,25–0,28	0,25–1,5	7		
3	Л	359–1	18* <sup>2</sup>	32	20	+	З–С
			0,26–0,7	0,25–1,5	15		
4	П	90–91	19* <sup>2</sup>	30	18	+	П
			0,75–1	0,4–2,8	30		
5	Л	88–90	19* <sup>2</sup>	14	6	–	З–П
			0,15–0,26	0,15–0,76	10		
6	Л	0–1	12	16	7	–	З–П
			0,15–0,6	0,26–1	11		
<b>Лінеаментні зони домінуючої діагональної системи 40–450°±310–315°</b>							
7	Л	40–45	13* <sup>2</sup>	29	15	–	З
			0,26–0,7	0,26–1,4	17		
9	Л	40–45	10* <sup>1</sup>	31	14	–	З
			0,6–1	0,3–1,4	18		
11	Р	40–45	24* <sup>2</sup>	88	44	+	З
			0,75–1,2	0,25–1,5	48		
12	Р	40–45	17* <sup>2</sup>	54	24	+	З
			1,2–2	0,3–1,8	32		
16	Л	310–315	15* <sup>2</sup>	14	8	–	З
			0,3–1,2	0,4–2	7		
<b>Лінеаментні зони проміжної діагональної системи 25–30°±295–300°</b>							
10	Л	25–30	10* <sup>1</sup>	26	11	–	П–З
			0,5–0,9	0,2–0,8	18		
13	Р	295–300	22* <sup>2</sup>	125	65	++	З
			4–5	0,25–3	70		
15	Л	295–300	15* <sup>1</sup>	20	12	–	С–З
			0,5–0,8	0,25–2,1	9		
<b>Лінеаментні зони пригніченого напрямку 15–20°</b>							
8	Л	15–20	10* <sup>1</sup>	14	6	–	П–З
			0,4–0,5	0,3–1	9		
<b>Лінеаментні зони пригніченого напрямку 345–350°</b>							
14	Л	345–350	17	28	12	+	П–З
			0,3–0,5	0,3–1,2	17		

*Примітка:* ранг лінеаментних зон: Р — регіональна, Л — локальна; Az — генеральний напрямок протягання (в градусах); Д — довжина; Ш — ширина лінеаментних зон; К — кількість елементарних лінеаментів, що входять до складу лінеаментних зон; D<sub>1</sub> — мінімальна; D<sub>2</sub> — максимальна довжина цих лінеаментів; Кер. — кількість ерозійних; K<sub>вод</sub>. — кількість вододільних ландшафтних індикаторів лінеаментів; С — скид; П — підкид; З — здвиг; (++) — лінеаментна зона повністю співпадає з відомим розломом; (+) — теж, але частково (фрагментарно); (–) — лінеаментна зона не фіксується в показниках, що аналізуються; \*<sup>1</sup> — лінеаментна зона виходить за межі досліджуваного району в одному напрямку; \*<sup>2</sup> — теж, але в обох напрямках.

**Визначення можливого впливу виявлених, активних на новітньому етапі розвитку, лінійних структур на безпеку хвостосховищ та передбачення місць активного поглинання забруднених поверхневих вод на основі неотектонічних даних.**

Виходячи з досвіду практичної роботи, набутого в результаті проведення аналогічних досліджень у різних районах України, Росії і Білорусії, найбільш небезпечні ділянки, в тому числі зони активного водообміну між поверхневими і підземними водами (а отже і зони поглинання поверхневих вод), розміщуються в місцях, у межах яких відмічається сполучення таких неотектонічних параметрів, як наявність лінеаментних зон (активних на новітньому етапі розвитку розломів). При цьому найбільш «сприятливі» ті з них, у складі яких виділяється найбільша кількість елементарних лінеаментів і відмічається перевага ерозійних ландшафтних індикаторів над вододільними (або хоча б приблизно рівна їхня кількість) — ділянка виділяється або в межах зони, або ж в області її безпосереднього впливу, а також у вузлах перетину зон; наявність локальних, як правило, позитивних КС — найбільш сприятливі структури успадкованого, неуспадкованого і похованого типів (розміщені по мірі убавання їхньої ролі для рішення поставленої задачі), значно рідше — проміжного, і вкрай рідко — безкореневі. «Перспективна» ділянка виділяється в периферійних частинах таких структур, що характеризуються підвищеною тріщинуватістю, або на незначному віддаленні (не більш 3–4 см у масштабі карти) від її зовнішнього контуру. Слід зазначити, що ці дві ознаки найчастіше дуже близькі за змістом, оскільки більшість КС інтерпретується нами як блоки ізометричної форми, що активно здіймаються на новітньому етапі; збіг з лінеаментними зонами та позитивними КС локальних аномалій підвищених значень сумарних амплітуд вертикальних новітніх тектонічних рухів земної поверхні (в даному випадку, — четвертинних), що сприяє гідрогеологічному розкриттю структур обох типів. Природною додатковою ознакою служить наявність сучасного водотоку в місцях, де відзначається збіг усіх трьох вищеописаних неотектонічних параметрів. На жаль до поставлених перед нами завдань не входило виявлення активних на новітньому етапі розвитку КС різних морфогенетичних типів (це може бути темою окремого дослідження), тому при вивченні даного аспекту проблеми ми обмежились аналізом тільки двох параметрів — активних на новітньому етапі розвитку лінійних структур та особливостей прояву вертикальних рухів земної поверхні у четвертинному періоді.

### **Основні результати та їх обговорення**

*Хвостосховище «Д»* — місце його розташування характеризується найбільш небезпечними з встановлених при дослідженні неотектонічними показниками: воно приурочено до вузла перетину трьох лінеаментних зон — локальної субмеридіональної №3 та регіональних північно-східної №11 і північно-західної №13. Особливо небезпечні зони №3 та №11 (див. рис. 1 та табл. 1 з їх параметрами) — саме по ним (на північ та північний схід) передбачається міграція забруднення. В той же час за проявом вертикальних тектонічних рухів земної поверхні у четвертинному періоді це місце відносно спокійне — характеризується сумарними амплітудами рухів менш 10 м (подаліша їх диференціація можлива лише при більш детальних дослідженнях).

*Хвостосховища «Західне», «Центральний яр»* — розташовані безпосередньо в межах локальної зони №3, з якою й можуть бути пов'язані шляхи посиленої міграції забруднення. Небезпечним також є виявлення трохи південніше сховищ локальної аномалії сумарних амплітуд вертикальних тектонічних рухів земної поверхні у четвертинному періоді зі значеннями ізобаз +30–35 м (рис. 1).

*Хвостосховище «Південно-східне»* — знаходиться у найбільш сприятливих з неотектонічної точки зору умовах. Активних на новітньому етапі розвитку лінійних структур тут не встановлено. Певну безпеку можна пов'язувати з виявленою в районі сховища аномальною затяжкою ізобаз зі значенням сумарних амплітуд вертикальних тектонічних рухів земної поверхні у четвертинному періоді +25 м.

*Хвостосховища «Лантанова фракція», «С-1 секція», «С-2 секція»* — посилена міграція забрудненої речовини, окрім ерозійної форми, до якої вони «прив'язані», може бути спричинена встановленою нами тут локальною північно-західною зоною №15. Виявлена



в цьому місці локальна аномалія сумарних амплітуд вертикальних тектонічних рухів земної поверхні у четвертинному періоді (+30–25 м) є від'ємною, тому вплив її не повинен бути значним.

### **Прогнозування ймовірних надзвичайних ситуацій**

Розташування сховищ «Західне», «Д», «Південно-східне» і «Центральний Яр» поблизу р. Дніпро у разі значного водонасичення внаслідок підтоплення ґрунтовими водами може призвести до їх сповзання по схилу і створення надзвичайної ситуації для користувачів річковою водою. Гребля сховища «Д» була засипана відходами порожньої породи коксохімічного виробництва, що і сьогодні складаються в безпосередній близькості від нього. Відсипання відходів коксохімічного виробництва на 10–12 м вище верхньої відмітки сховища «Д» (місцями вони контактують з поверхнею РАВ), створює загрозу видавлювання їх з об'єму сховища в р. Коноплянку, далі в р. Дніпро і Чорне море.

Під час функціонування сховищ є ймовірність несанкціонованого проникнення сторонніх осіб на їх територію для проведення земельних робіт. У результаті цього порушується цілісність рекультивованого шару і на поверхні сховища утворюється оголення радіоактивних матеріалів. Крім того, утвореними прорізами будуть порушені гідроізоляційні властивості рекультивованого шару сховищ, внаслідок чого атмосферні опади і повеневі води надійдуть до чаші, збільшуючи водонасиченість складованого матеріалу і міграцію радіонуклідів до ґрунтів, які підстилають відходи.

Якщо буде відповідний збіг обставин (надмірні атмосферні опади, розгерметизація ближчих водоводів, пошкодження гребель розташованих вище водосховищ, тощо) ймовірне руйнування опірних елементів сховищ і вихід хвостового матеріалу, що складований в чаші, на прилеглі території.

З південної та східної сторін хвостосховища «Західне», в безпосередній близькості від нього, на глибині 2–2,5 м прокладений колектор, по якому скидаються промислові стоки ВАТ «ДніпроАзот» в р. Коноплянка. Річний об'єм стоків — 1,4 млн. м<sup>3</sup>. Переріз колектору 900×900 мм. Він прокладений ще в сорокових роках минулого сторіччя і його капітальний ремонт не проводився. У зв'язку з цим колектор може бути причиною аварії на сховищі. У разі розгерметизації колектору з південної сторони води надходять безпосередньо до товщі хвостосховища. В результаті цього відбудеться насичення пульпового матеріалу, який складований в чаші сховища, промисловими стоками і, як наслідок, ймовірне руйнування дамби, що загороджує об'єкт з східного та північного боків. При такому розвитку аварії відбудеться винесення радіоактивних відходів переробки уранових руд до котловини біля відстійника ДП «Смоли». Ділянка залізної дороги Мінтрансв'язку, нижче сховища «Західне», буде замуленою хвостовою пульпою.

Хвостосховище «Центральний Яр» розташоване на косогорі з відмітками в нижній частині 79,4 м і в верхній — 106,6 м урочища колишнього яру. Через територію сховища прокладений колектор зливових вод, в який надходять стоки атмосферних опадів з промайданчиків ДП «ПГМЗ», ДП «Агрофон» і ДНВП «Цирконій». За умов замулення або порушення цілісності колектору, особливо в північній частині хвостосховища, зливі води надійдуть безпосередньо до товщі складованого в чаші хвостового матеріалу. За умов насичення хвостового матеріалу водами зростає його рухливість і, в наслідок цього, можливе руйнування північної ділянки дамби та винос складованої маси за межі хвостосховища на залізничну смугу.

Причиною потенційної аварії на хвостосховищі «Південно-східне» може стати порушення герметичності діючого пульпопроводу або колектора зливових вод. За такої аварії вода, яка надходить з зруйнованого пульпопроводу або колектору, в процесі прямування по поверхні сховища буде вимивати і транспортувати матеріал поверхневого шару, в тому числі і радіоактивний, до магістральної лінії водовідвідних лотків атмосферних опадів. За умов заповнення лотків грязьовий потік замулить інспекторську магістраль, смугу відчуження і залізничну смугу.

### **Першочергові рекомендації щодо зменшення радіаційного впливу хвостосховищ.**

- Найбільш ефективним заходом із підвищення екологічної безпеки сховищ є збереження недоторканості захисного шару, а також покриття неізольованих від навколишнього середовища відходів і радіоактивних матеріалів шаром ізолюючого матеріалу.
- Для отримання повної і достовірної картини забруднення ґрунтів, повітря та інших складових радіоактивного забруднення на території проммайданчика і міста, необхідне створення сучасної системи екологічного моніторингу, як об'єктів колишнього ВО «ПХЗ», так і регіону в цілому.
- Проведення НДР, у тому числі: обстеження сховища «База С»; вивчення характеристик потоків ґрунтових вод в районі хвостосховищ та дослідження впливу сховищ на ґрунтові води.
- Проведення засипання відкритих радіоактивно забруднених ділянок на території сховища «База С». Дезактивація і рекультивація сховища «База С».
- Демонтаж трубопроводів і корпусу №103.
- Проведення першочергових аварійно-вбудовних робіт на інженерних спорудах хвостосховища радіоактивних відходів «Західне».
- Проведення комплексу заходів щодо зменшення ймовірності надзвичайних ситуацій на сховищах.

### **Висновки**

1. Виявлені 16 лінеаментних зон утворюють дві домінуючі системи, представлені прямолінійними сполученими і взаємно перпендикулярними зонами домінуючих напрямків ( $0^\circ \perp 90^\circ$ ,  $\pm 5^\circ$ ,  $40-45^\circ \perp 310-315^\circ$ ), одну проміжну систему ( $25-30^\circ \perp 295-300^\circ$ ) та два пригнічених напрямки ( $15-20^\circ$  та  $345-350^\circ$ ), кожен з яких має всього по одній зоні. Більшість їх відноситься до розряду локальних, а в ряді випадків — особливо при зближеному розташуванні декількох субпаралельних зон — до регіональних, не виключено, що і до трансрегіональних. Однозначне вирішення цього питання можливе тільки при постановці дрібномасштабних досліджень з охопленням великих по площі територій. Проте уже зараз не підлягає сумніву, що ряд виявлених лінеаментів входить до складу лінійних структур більш старших порядків. По ступеню насиченості лінеаментними зонами територія нічим істотно не відрізняється від інших, раніше вивчених нами регіонів (Волино-Поділля, Український щит, Причорноморська западина, Прип'ятсько-Донецько-Дніпровська западина, Донбас). Це підтверджує, що дрібноблокова будова земної кори відноситься до глобальних явищ, а не є чимось аномальним. Лінеаментні зони, що входять в одну систему (грати), очевидно одновікові і характеризуються спільним розвитком (парагенезисом). Самі ж системи мають як різний час закладення, так і не співпадаючі в тимчасовому відношенні періоди активізацій (але час останньої з них укладається в неотектонічний етап).

2. Виявлені сумарні амплітуди вертикальних рухів земної поверхні у четвертинному періоді в межах району мають у цілому чітко виражену площову диференціацію і досить значну інтенсивність (максимальні сумарні амплітуди перевищують +60 м, мінімальні — +10 м). При цьому найбільш загальні закономірності в площовому поширенні сумарних амплітуд погоджуються з контурами порівняно великих структурних одиниць, а деталі підкреслюють дрібноблокову будову земної кори.

3. Оцінено ступінь впливу визначених неотектонічних параметрів на безпеку хвостосховищ колишнього ВО «ПХЗ» та визначено можливі шляхи посиленої міграції різноманітного забруднення, в тому числі радіоактивної речовини. Результати роботи підтверджено комплексними геохімічними дослідженнями, в тому числі на радон і гелій, Лисиченко Г.В., Верховцев В.Г., Ковалевський В.В. та інші, 2009).

**Верховцев В.Г., Лисиченко Г.В., Юськив Ю.В. ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ПО НЕОТЕКТОНИЧЕСКИМ КРИТЕРИЯМ РАЙОНА РАЗМЕЩЕНИЯ ХВОСТОХРАНИЛИЩ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ ДНЕПРОДЗЕРЖИНСКОГО ПРОМЫШЛЕННОГО УЗЛА**

*Изложены результаты крупномасштабного (1:25 000) картирования новейшей тектоники региона, выполненного на основе морфографических, морфометрических и аэрокосмических методов исследования. Выделены и охарактеризованы активные на новейшем этапе развития линейные структуры, а также суммарные амплитуды вертикальных движений в четвертичном периоде. Оценена безопасность района размещения хвостохранилищ радиоактивных отходов Днепродзержинского промышленного узла с точки зрения неотектонических критериев.*

**Verkhovtsev V.G., Lysychenko G.V., Yuskiv Yu.V. SAFETY ASSESSMENT OF THE RADIOACTIVE WASTE TAILING DUMPS AREA OF DNIPRODZERZHYSKYI INDUSTRIAL REGION BY NEOTECTONIC CRITERIA**

*The article presents results of large-scale (1:25 000) mapping of the new tectonics of the region by morphological, morphometric and aerospace methods. Active at the present stage of development linear structures as well as the total magnitudes of vertical movements in the Quaternary period were singled out and characterized. Safety of the area of tailing dumps of radioactive waste from Dniprodzerzhynskiy industrial region was assessed by neotectonic criteria.*