

**М.П.Семенюк<sup>1</sup>, В.Г. Верховцев<sup>1</sup>, В.І. Ніколаєнко<sup>1</sup>, Б.О.Ніколаєнко<sup>2</sup>,  
В.Д.Полянський<sup>1</sup>, О.І. Сорокотяга<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»

<sup>2</sup>ДНВП «Геоінформ»

## **РОЗЛОМНО-ТРИЩИННІ СТРУКТУРИ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ ЯК ПОТЕНЦІЙНІ ДІЛЯНКИ АНОМАЛЬНОЇ ВЕРТИКАЛЬНОЇ І ЛАТЕРАЛЬНОЇ МІГРАЦІЇ РАДІОНУКЛІДІВ**

*Визначений вплив розломно-тріщинних структур на аномальну, зафіксовану комплексом досліджень, вертикальну та латеральну міграції техногенних радіонуклідів у зоні відчуження ЧАЕС. Оцінена роль тектонічно розщільнених ділянок геологічного субстрату та особливостей літології верхніх шарів осадового чохла у процесі забруднення техногенними радіонуклідами підземних й поверхневих вод.*

### **Вступ**

У регіональному плані досліджувана територія охоплює північно-східну частину Українського щита (УЩ), власне, його схили у напрямку до Прип'ятського і Дніпровсько-Донецького авлакогенів.

У геологічному розрізі Чорнобильської зони відчуження (ЧЗВ) виділяються два структурних поверхи: нижній – це утворення кристалічного фундаменту, представлені складно дислокованими, глибоко метаморфізованими кристалічними породами докембрію, які інтенсивно розблоковані різнопорядковими та різноорієнтованими розломами; і верхній – складений осадовими слабодислокованими і залягаючими моноклінально відкладами мезокайнозою та малопотужної (15-20 м) пермської системи. Загальна потужність осадової товщі у межах ЧЗВ поступово збільшується у північному і північно-східному напрямках від 100-150 м до 500-550 м.

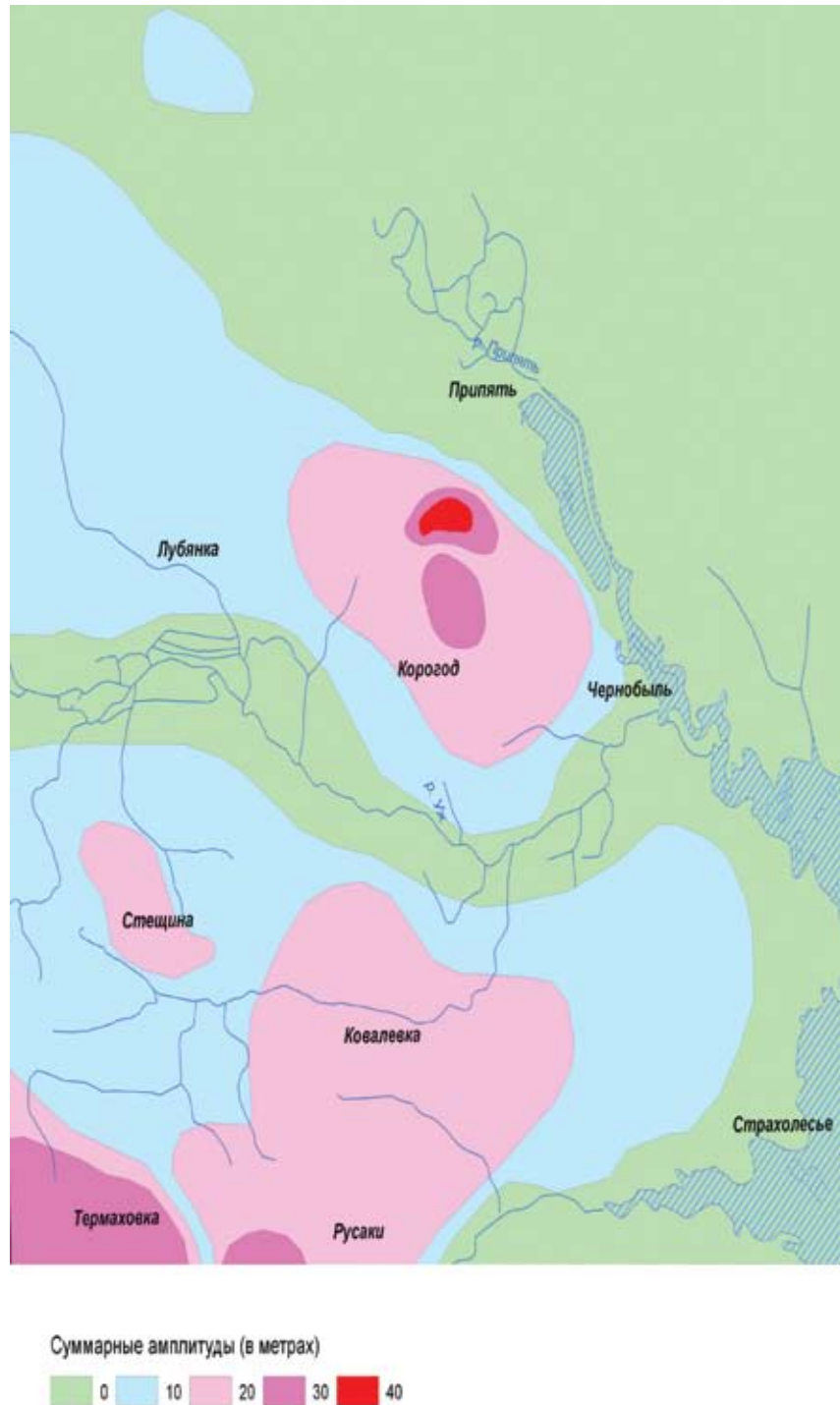
Сучасна геологічна структура ЧЗВ формувалася протягом рифею-фанерозою у процесі багатоактного розколу Сарматського щита й становлення діагонально орієнтованого з північного заходу на південний схід Дніпровсько-Донецького та субширотного Прип'ятського авлакогенів, які стикаються на ділянці Чернігівсько-Брагинської сідловини. Зазначені орієнтування є домінантними для переважної більшості розривних структур, встановлених за комплексом геолого-геофізичних робіт та результатами геолого-структурного дешифрування матеріалів дистанційних зйомок. За багатьма ознаками такі структури у залежності від своїх сучасних кінематичних стилів розвитку можуть впливати на проникність товщі осадових порід для техногенних радіонуклідів. Безсумнівно, що першочерговий інтерес у вказаному контексті являють собою розломно-тріщинні структури, які зазнали активізації протягом неотектонічного етапу (біля 30-ти останніх млн. років) розвитку цієї території. Адже саме в межах таких диз'юнктивів порушується щільність кристалічних комплексів докембрію і породних асоціацій осадового покриву внаслідок вертикальних та горизонтальних рухів земної кори, спричинених низкою полігенних факторів. Останні пов'язані як з внутрішніми процесами у земній корі та динамікою мантийної речовини (перерозподіл підкорової речовини, базифікація глибинних шарів кори, сейсмотектонічні розрядки напружень, тощо), так і з впливом на Землю інших космічних тіл.

Вплив розломно-тріщинних структур на підвищене заглиблення техногенних радіонуклідів у різних ландшафтних таксонах, головними компонентами яких є типи ґрунтів, опосередковано ілюструється таким фактом: протягом перших післяаварійних років у типових дерново-підзолистих і супіщаних ґрунтах ЧЗВ глибина міграції радіонуклідів складала  $0,6 \pm 1,2$  см і пробовідбір, відповідно, провадився сталевими кільцями висотою 5 см, а на початку 2000-х років для аналогічної процедури знадобились гільзи висотою 30 см, і це при тому, що у кінці 80-х років минулого століття радіоактивне забруднення на ділянках з

непорушеними ландшафтами в окремих шурфах, на площах з відносно низькими показниками щільності забруднення, фіксувалось на глибинах 0,5-1 м. Саме ці неспростовні факти спонукають до пошуку коректного пояснення реальної ситуації з нерівномірністю вертикальної міграції радіонуклідів, незалежної від ландшафтних умов тієї чи іншої ділянки ЧЗВ.

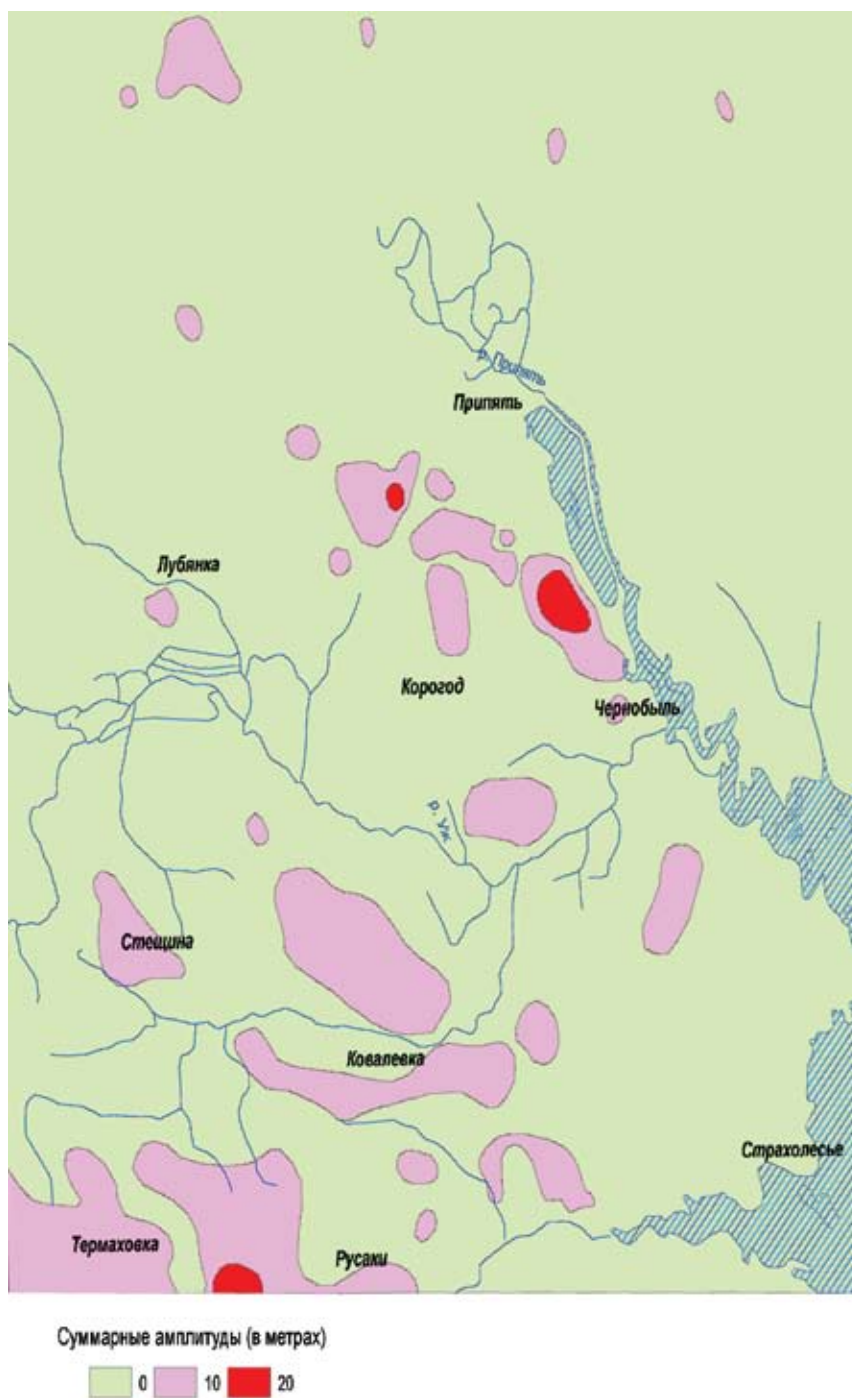
### Результати та їх обговорення

*Диференційовані неотектонічні рухи та розломно-тріщинні структури ЧЗВ.* Протягом неотектонічного етапу сумарні вертикальні рухи земної кори в межах ЧЗВ становили 100-150 м [1], у тому числі за четвертинний період 10-40 м (рис. 1).



**Рис. 1.** Карта сумарних амплітуд четвертинних вертикальних рухів земної кори ЧЗВ та прилеглих територій. Склад В.Г. Верховцев.

Протягом середньочетвертинного-голоценового часу сумарні амплітуди вертикальних рухів земної кори ЧЗВ та прилеглих територій становили 10-20 м (рис. 2).

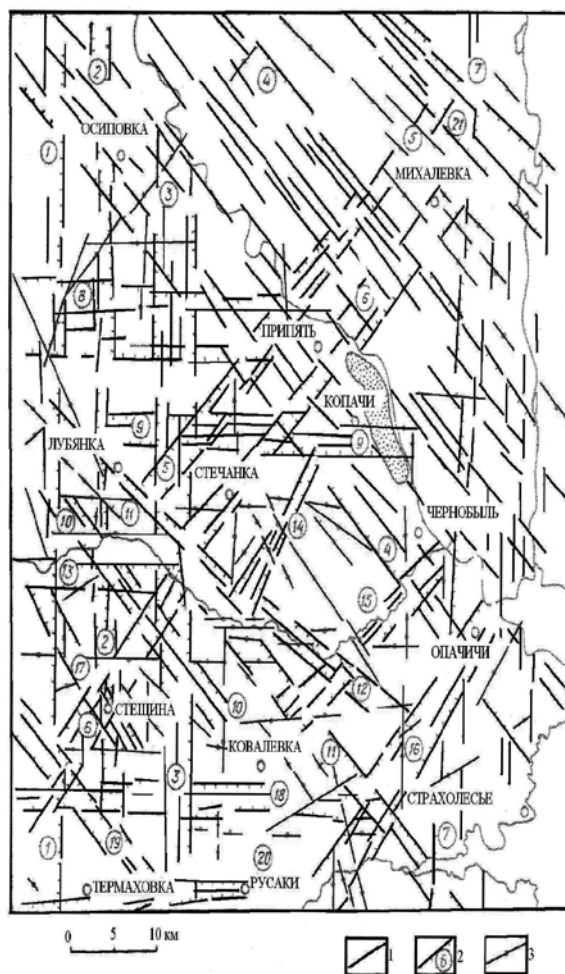


**Рис. 2.** Карта сумарних амплітуд середньочетвертинних-голоценових вертикальних рухів земної кори ЧЗВ та прилеглих територій. Склав В.Г. Верховцев.

Реалізувались ці здійснення через диференційовані рухи різновеликих блокових структур кристалічного фундаменту, обмежених різноорієнтованими та різнопорядковими системами розломно-тріщинних структур, як успадкованих з більш давніх епох, так і таких, які виникли саме на неотектонічному етапі розвитку.

Проявлені у сучасній орогідрографії диз'юнктиви виражені, з однієї сторони гребнями вододілів і уступами рельєфу, а з іншої – аномальною концентрацією у вузькій лінійно орієнтованій смузі спрямлених ділянок річкових долин та русел. Розломи, виражені уступами рельєфу, скоріше всього, за своєю кінематикою ідентифікуються з підкидами, а ті, що трасуються за аномальними сгушеннями спрямлених водотоків – зі скидами, розтягами чи скидо-здвидами. Амплітуди диференційованих вертикальних рухів по неотектонічним розривним порушенням можна опосередковано визначати за висотою уступів сучасного рельєфу, що виникли завдяки цим рухам. У більшості випадків висота уступів не перевищує 15-20 м, зрідка досягаючи 35-40 м. Беручи до уваги те, що вододіли в межах ЧЗВ, за рідкісним виключенням, покриті чохлом льодовикових відкладів, зафіксовані у рельєфі уступи можуть характеризувати переважно амплітуди рухів післяльодовикового часу.

Очевидно, що розломно-тріщинні структури, виражені орогідрографічними елементами сучасного рельєфу, неповною мірою визначають ступінь розчленування цієї території на блоки й, відповідно, проникність земної кори. Існує чисельна група розривних порушень, яка не фіксується в орогідрографії через слабконтрастність рухів сусідніх блоків по них, і їх ідентифікація можлива тільки завдяки ландшафтно-геоморфологічному дешифруванню матеріалів аерокосмічних зйомок земної поверхні. Таким чином, за сукупністю ознак прояву в орогідрографії та структурі ландшафту ЧЗВ, визначені чисельні розривні прямолінійні дислокації, згруповані в ортогональному (північ - південь і захід - схід) й діагональному (північний захід - південний схід та північний схід - південний захід) напрямках, які утворюють системи-концентрації розривів одного напрямку (рис.3).



**Рис. 3.** Карта активних на новітньому етапі розвитку лінійних геоструктур ЧЗВ та прилеглих територій. Склад В.Г. Верховцев. Умовні позначення: 1 – лінеamenti, що групуються у зони; 2 – лінеamenti, що обмежують лінеаментні зони (каркасні лінеamenti); 3 – одиночні лінеamenti.

Виявлена низка лінеаментних зон різних порядків, параметрів та азимутів простягань наведена у таблиці 1.

Неотектонічні розломи групуються за декількома основними напрямками. Найбільш чітко виражені широтні (80-900 і 270-2800), меридіональні (360-00), північно-східні (40-600) і північно-західні (290-3300). Розломи цих орієнтувань складають біля 75% всіх розривних порушень. Цей показник має високий рівень кореляції (0,96) з відповідними орієнтуваннями докембрійських розломів, встановлених за результатами геофізичних зйомок та свердловальних робіт, що свідчить про тривалий успадкований розвиток багатьох розривних структур.

**Таблиця 1.** Основні відомості про лінеаментні зони ЧЗВ та прилеглих територій

№ на рисунок/ ранг	Аз°	Д/Ш, км	К/Д <sub>1</sub> -Д <sub>2</sub> , км	К <sub>ер.</sub> /К <sub>вод.</sub>	Співпадання з розломами	Морфо- тип	Мінерагенічна спеціалізація
<i>Лінеаментні зони домінуючої системи 0 ± 90° ± 5°</i>							
1/1	0-2	103* <sup>2</sup> / 3-5,5	28 / 3 – 25	40 / 23	++	С	–
2/2	0-1	74* <sup>1</sup> / 0,8-2,5	34 / 1,5-10	22 / 16	++	С-3	–
3/2	0	63 / 2,8-4,5	22 / 1,5-22	25 / 16	++	С	ПВ
7/1	0-1	103* <sup>2</sup> / 12-17	70 / 2-39	63 / 40	+	С	Мо, Cu, W, Sn, ПВ
8/1	89-90	40* <sup>1</sup> / 5-6	21 / 1-30	12 / 20	–	П	ПВ
9/2	90	33 / 2,2-3,5	17 / 2,5-16	7 / 17	–	П	ПВ
13/2	90-91	25* <sup>1</sup> / 2,1-2,5	9 / 2-12	6 / П	+	П	ПВ
18/2	90-91	44 / 1,5-2	21 / 1-10,5	8 / 15	–	П	–
20/2	85-87	35 / 0,7-1,3	13 / 2-14	5 / 10	–	П	–
23/1	90	65 / 3,5- 5	32 / 1,5-22	14 / 23	+	П	ПВ
<i>Лінеаментні зони домінуючої системи 40-45° ± 310-315°</i>							
5/2	40	45 / 2-3	24 / 1,5-15	15 / 14	+	3	ПВ
6/1	40	80* <sup>1</sup> / 2-3,5	31 / 1,5-10	16 / 17	++	3	ПВ
15/2	45-50	22 / 2,5- 4	16 / 1,5-7	7 / 9	+	П-3	ПВ
16/1	40-43	62* <sup>1</sup> / 3- 5,5	32 / 2-21	18 / 15	++	3	Мо, Cu, Fe, Ti, Au, W, Sn
4/1	310-315	100* <sup>2</sup> / 19-20	90 / I-16	45 / 54	+	П-3	Мо, Cu, Fe, Ti, ПВ
10/2	315	26 / 2,5	13 / 1,5-12	7 / 7	–	3	–
П/1	310-315	80* <sup>1</sup> / 2,0-3,7	31 / 2-10	18 / 15	+	3	Мо, Cu, Au, W, Sn, ПВ
17/2	314-320	33* <sup>1</sup> / 2-2,7	11 / 2-13	9 / 8	+	3	ПВ
19/1	310	60* <sup>1</sup> / 2,5-3	25 / 2-15	15 / 13	–	3	ПВ
21/1	310-312	50* <sup>2</sup> / 4-5,5	21 / 1,5-13	13 / 12	+	3	ПВ
22/2	310-312	38* <sup>2</sup> / 2-3	17 / 2-9	12 / 8	–	С- 3	–
<i>Лінеаментні зони пригніченої системи 30-35° ± 300-305°</i>							
14/2	33-35	15 / 1,2-2,7	8 / 1-6	4 / 5	–	3	–
12/2	300-302	19 / 2	10 / 1,5 – 8	5 / 7	–	3	ПВ

Аз<sup>0</sup> – генеральний напрямок простягання (в градусах); Д – довжина; Ш – ширина лінеаментних зон; К – кількість елементарних лінеаментів, що входять до складу лінеаментних зон; Д<sub>1</sub> – мінімальна; Д<sub>2</sub> – максимальна довжина цих лінеаментів; К<sub>ер.</sub> – кількість ерозійних; К<sub>вод.</sub> – кількість вододільних ландшафтних індикаторів лінеаментів; х<sup>1</sup> – лінеаментна зона виходить за межі досліджуваного району в одному напрямку; х<sup>2</sup> – те ж в обох напрямках; ++ – повне (чітке), + – фрагментарне відображення зони в показниках, що аналізуються; С – скид; з – здвиг; П – підкид, ПВ – підземні води тріщинного типу.

Перетини систем різних напрямків утворюють вузли, які виступають у якості потенційних ділянок підвищеної міграції радіонуклідів у водних розчинах. Такі вузли

встановлені у районах м. Прип'ять, селищ Бенівка, Бураківка, Стара Красниця, Стечанка, Чистогалівка, Новосілки, Плютовище, Опачичі та ін.

Додаткову інформацію стосовно активізації у кайнозої тієї чи іншої розломної структури нами було отримано за результатами аналізу змін потужностей і фацій відкладів київської світи еоцену. За цими критеріями прослідкована меридіональна зона, яка простягається від с. Бенівка на півночі до с. Карпилівка на півдні; в аналогічний спосіб простежені також три широтні зони довжиною 20-40 км, розташовані на віддалі 5-6 км одна від іншої у центральній частині ЧЗВ на межиріччі Ужа і Прип'яті. Діагональна система утворена трьома зонами розломів північно-східного простягання й двома зонами північно-західного простягання. Перші розташовані на віддалі 11-17 км одна від іншої, другі – 10-12 км. Вірогідно існує й третя зона північно-західного простягання, яка просторова тяжіє до долини р. Прип'ять і з якою пов'язані зміни фацій й потужностей відкладів київської світи, а саме зменшення потужності мергелів у північно-східному напрямку від долини р. Прип'ять до їх повного заміщення піщано-глинистими відкладами (алеврити, піски).

Сучасна активізація розломно-тріщинних зон вивчалась із застосуванням деяких структурно-геодинамічних та геохімічних методів (еманаційна зйомка СДГК-3 і газова зйомка по  $\text{CO}_2$ , а також літо-геохімічне опробування осадових порід в розломно-тріщинних зонах на наявність у них різних форм ртуті).

Еманаційна зйомка виконана із застосуванням еманометра «Радон» з реєстрацією радіоактивних газів за сцинтиляційним ефектом від  $\alpha$ -випромінювання радону й торону. Концентрації радіоактивних газів і  $\text{CO}_2$  визначались одночасно з однієї і тієї ж проби підгрунтового повітря, для чого еманометр й прилад для вимірювання  $\text{CO}_2$  підключались паралельно у циркуляційну систему за допомогою трубчатих трійників.

Дослідження, виконані за 5 профілями різної протяжності, показали наявність ділянок із низкою контрастних аномалій радону (при фонових 34-52 Бк/м<sup>3</sup> на аномальних ділянках ці значення сягали 85-116 Бк/м<sup>3</sup>) і несуттєвим зростанням  $\text{CO}_2$ . Якщо аномалії радону підтверджують сучасну проникність різноорієнтованих розломно-тріщинних структур та вузлів їх перетину, то незначне зростання  $\text{CO}_2$  може бути зумовленим протіканням ранньої стадії вуглефікації органічної складової у підстиляючій буцацькій світі палеоцену.

Як зазначалось вище, активність або проникність розломно-тріщинних структур вивчалась також аналітичними дослідженнями валового вмісту ртуті, сорбованої на різних мінералах, та її накладених складових, пов'язаних з фізичною адсорбцією (визначалась з продуванням) й хемосорбцією (виявлялась шляхом озонування проб). Опробування проводилось за профілями вхрест простягання лінеаментів з кроком 150-200 м. Задля уникнення впливу техногенного забруднення проб радіонуклідами відбір виконувався з шурфів глибиною 50-60 см з обов'язковим дозиметричним контролем радіоактивності.

Оцінюючи загалом результативність цих аналізів, варто зазначити, що накладених аномалій ртуті, пов'язаних з фізичною адсорбцією (визначених методом продування) в межах опробуваної території немає. Є тільки сліди  $[(0,1-0,3) \times 10^{-7}\%]$ , які дозволяють припускати незначну тектонічну активність структур на сучасному етапі. Поряд з цим, часто не співпадаючі аномалії валової ртуті (з нижніми обмеженнями  $8 \times 10^{-7}\%$ ) з аномаліями накладеної ртуті (значення  $30 \times 10^{-10}\%$ ), визначених озонуванням проб (хемосорбція), свідчать на користь інтенсивної дегазації по розломно-тріщинним структурам, яка відбувалась вже після накопичення осадових відкладів за умов активних тектонічних рухів.

Таким чином, можна констатувати, що опробувані розломно-тріщинні структури протягом антропогенного періоду являли собою активні геодинамічні системи, які впливали на процес осадонакопичення, формування геолого-геоморфологічних компонентів ландшафтів і на функціонування гідралічних зв'язків між різнорівневими водоносними горизонтами.

Виконаний аналіз свідчить також про відносно близькі показники активності розломно-тріщинних структур протягом антропогену за дещо більш значної активності

тих структур, які простежені південніше центральної частини 30-км зони в межах терас рік Прип'ять та Уж.

Складна будова розломно-тріщинних структур спонукала до вивчення такого показника, як сумарна протяжність їх складових лінійних елементів на одиницю площі ( $\text{км}/\text{км}^2$ ) із наступним дослідженням впливу аномальних у цьому відношенні ділянок на заглиблення радіонукліду  $^{137}\text{Cs}$  (результати цих досліджень наводяться у таблиці 2).

**Таблиця 2.** Забрудненість приповерхневого шару антропогенових відкладів цезієм-137 у залежності від ступеню прояву розломно-тріщинних структур

Забрудненість території ( $\text{Кі}/\text{км}^2$ )	Геоморфологічна позиція ділянки	Порода	Щільність тріщин ( $\text{км}/\text{км}^2$ )	Максимальне визначене заглиблення $^{137}\text{Cs}$ у шурфі	$\gamma$ -активність ( $\text{п} \times 10^{-11} \text{ Кі}/\text{кг}$ )
15	Заплава р. Прип'ять	пісок	3,0-3,5	90 см	$^{137}\text{Cs}=7,9$
40	Висока рівнина	пісок	3,5-4,0	105 см	$^{137}\text{Cs}=42$
500	Висока рівнина	пісок	4,0	125 см	$^{137}\text{Cs}=12$

***Вплив розривної тектоніки на особливості міграції радіонуклідів у підземних водах.***

З метою дослідження впливу розривної тектоніки на міграцію радіонуклідів у підземних водах виконана автоматизована обробка рядів даних з вмісту радіонуклідів у пробах підземних вод з гідросвердловин режимної мережі, розгорнутої у 5-км зоні ЧАЕС і розташованої в межах заплавної й першої надзаплавної терас р. Прип'ять. Сама долина Прип'яті коритоподібної форми, з шириною правобережних заплавної і надзаплавної терас  $\sim 6-8$  км. Фрагмент русла ріки у межах водойми-охолоджувача ЧАЕС відчленований від природної руслової системи Прип'яті глухою дамбою, а натомість в обхід водойми-охолоджувача зі сходу споруджений канал-русло довжиною біля 11,5 км для пропуску річкового стоку. Канал-русло проходить у 40-350 м від зовнішнього підніжжя дамби обвалування водойми-охолоджувача. Вздовж підніжжя дамби створений обвідний канал. Водойма-охолоджувач, русло-канал і обвідний канал розміщуються на заплавної терасі р. Прип'ять.

Заплава складена сучасними алювіальними пісками, переважно дрібно- і середньозернистими з включеннями гравію, гальки та прошарків супісків і суглинків. Загальна потужність алювіальних відкладів заплавної тераси сягає 20 м. Водопровідність цього водоносного горизонту ( $\text{КМ}$ )=  $430 \text{ м}^2/\text{добу}$ .

Відклади першої надзаплавної тераси представлені верхньо- і середньоантропогеновими алювіальними дрібнозернистими пісками, місцями пілуватими, глинистими й заторфованими, з прошарками супісків і суглинків. У нижній частині розрізу цієї тераси є шар середньозернистих пісків середньоантропогенового віку потужністю від 7 до 14 м [2]. Сумарна потужність верхньоантропогенових і середньоантропогенових відкладів становить 24-36 м,  $\text{КМ}=180 \text{ м}^2/\text{добу}$ . У підшві антропогенових алювіальних відкладів залягають верхньопалеогенові мергелісті глини, які вгору по розрізу переходять у глинисті мергелі з окремими лінзами піску (київський мергель). Потужність цих глин від 6 до 12 м. Антропогенові алювіальні піски обводнені і утворюють горизонт ґрунтових вод (перший від поверхні водоносний горизонт). Потужність цього горизонту на заплаві коливається від 13 до 20 м і від 26 до 32 м – у межах першої надзаплавної тераси. Водоносний горизонт безнапірний. Глибина залягання його рівня коливається від 0,4 до 6-8 м, при тому, що живиться він, головним чином, за рахунок атмосферних опадів, а дренається руслом р. Прип'ять. Сезонні коливання рівня ґрунтових вод – у межах 1,5 м. Цей водоносний горизонт відкритий з поверхні, внаслідок чого зазнає забруднення різного походження.

При зазначеній вище відкритості цього водоносного горизонту ізотопним датуванням віку підземних вод на основі методу «третій-гелій-3» встановлено [3], що у досліджених 15 пробах води, взятих з інтервалу 1-27 м нижче рівня ґрунтових вод (РГВ), у діапазоні глибин від 1,3 до 2,1 м нижче РГВ, вік води оцінюється у  $(3,3-6,4) \pm 1$  рік від моменту надходження у водоносний горизонт. У інтервалі 4,7-5,6 м нижче РГВ він складає

(6,2-10,6)  $\pm$  1,5 року. На глибині 15,7 м нижче РГВ оцінюється вже у  $33,7 \pm 1,5$  року і на 27 м нижче РГВ знаходиться вода з віком  $55,5 \pm 5$  років. Таким чином, можна вважати, що перший від поверхні водоносний горизонт поки що не являє собою істотної загрози в якості джерела надходження техногенних радіонуклідів у поверхневі води навіть на ділянках з аномально високими фільтраційними показниками, викликаними розломно-тріщинною тектонікою.

Мергелі кийівської світи підстеляються відкладами бучацької світи, представленої горизонтом дрібнозернистих пісків, місцями глинистих, простежених на глибинах 50-70 м; цей горизонт підстеляється 5-метровим шаром щільної пластичної глини, нижче якої залягають дрібнозернисті піски пілуваті, глинисті канівської світи, подошва яких знаходиться на глибинах 80-85 м.

Бучацько-канівський водоносний горизонт широко використовується для господарсько-питного водозабезпечення ЧАЕС і функціонуючих структурних підрозділів різного підпорядкування у м. Прип'ять. Водоносний горизонт є напірним; висоту напору над покрівлею досягає 55 м; глибина установлених рівнів підземних вод від 0,4 до 17 м;  $KM = 70-180 \text{ м}^2/\text{добу}$ .

Нижче палеогенових відкладів залягають відносно водотривкі мергельно-крейдяні породи сантон-туронського ярусу верхньої крейди потужністю 56-85 м, під якими знаходиться сеноман-нижньокрейдний водоносний горизонт, представлений, дрібно-середньозернистими пісками з прошарками пісковиків і мергелів загальною потужністю 25-30 м. Глибина залягання цього горизонту 150-220 м, а висота напору над покрівлею досягає 150-189 м,  $KM = 35,8 \text{ м}^2/\text{добу}$ . Води сеноман-нижньокрейдного горизонту використовуються для господарсько-питного забезпечення м. Чорнобиль та селища Зелений Мис.

Нижче сеноман-нижньокрейдного водоносного горизонту залягають теригенні мезозойські і малопотужні палеозойські відклади (пермська система), подошва яких знаходиться на глибинах 450-550 м. Підстеляються вони корою звітрювання докембрійських кристалічних порід.

Варто зазначити, що охарактеризовані вище водоносні горизонти і комплекси гідралічно тісно пов'язані. Загалом рух підземних вод спрямований у бік р. Прип'ять, яка виконує функцію регіональної дрени. Водообмін між водоносними горизонтами відбувається через розділюючі слабопроникні відклади, по ослабленим зонам, приуроченим до розривних порушень і значною мірою залежить від співвідношень рівнів й напорів у них. На ділянках з непорушеним (слабопорушеним) режимом фільтрації перетікання відбувається знизу вгору. В контурах дії гідрогеологічних депресій, сформованих внаслідок тривалої експлуатації Янівського та Новошепелицького водозаборів, – зверху вниз.

Регулярні визначення вмісту радіонуклідів у підземних водах, започатковані з березня 1987 р., дозволили на основі отриманих рядів спостережень по багатьом свердловинам застосувати для вивчення змін вмісту радіонуклідів один з методів математичної статистики – тренд-гармонійний аналіз.

У якості головного об'єкту досліджень впливу розривної тектоніки на міграцію радіонуклідів був обраний антропогеновий водоносний комплекс, як найбільш забезпечений пробуреними спостережними свердловинами. Для порівняння інтенсивності змін вмісту радіонуклідів в підземних водах антропогенового водоносного горизонту в межах ділянок впливу розривних порушень і поза ними був використаний один із параметрів тренд-гармонійного аналізу – коефіцієнт «В», який характеризує кут нахилу тренду графіків змін вмісту  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$  у підземних водах. Чим більше абсолютне значення цього коефіцієнта, тим інтенсивніше відбувається зміна вмісту радіонуклідів у підземних водах. Для співставлення використовувались пари свердловин, розташованих на ділянках впливу розривних порушень й поза ними і, в той же час, віддалених одна від другої на незначну відстань задля дотримання однаковості інших умов, які могли впливати на швидкість змін вмісту радіонуклідів у підземних водах. Інформація стосовно просторової позиції того чи іншого розривного порушення базувалась на даних дешифрування космо- та аерознімків земної поверхні.



## Висновки

Вирахувані дійсні швидкості міграції  $^{90}\text{Sr}$  показують, що у першому від поверхні водоносному горизонті вони у 5-7 разів вищі в межах впливу розривних порушень у порівнянні з прилеглою територією. Це підтверджує вже відомі у інших регіонах України ще з початку 70-х років минулого століття результати досліджень впливу неотектонічно активізованих розривних порушень на зміну фізико-механічних властивостей як кристалічних, так і осадових порід й формування у смугах впливу цих порушень зон з аномально підвищеною вертикальною і горизонтальною проникністю.

В межах ЧЗВ такі зони прослідковуються по усьому розрізу осадових відкладів, включно з водотривкими горизонтами, від денної поверхні до порід кристалічного фундаменту. Саме ігноруванням цієї обставини пояснюється попередній вельми оптимістичний прогноз проникнення радіонуклідів у бучацький й сеноманський водоносні горизонти, за яким при самих несприятливих гідрогеологічних параметрах (мала потужність водоупорів, високі коефіцієнти фільтрації тощо) радіоактивне забруднення мусило досягнути бучацького водоносного горизонту в районах Янівського і Новошепелицького водозаборів не раніше 2,5 років після аварії на ЧАЕС. Насправді ж, за фактичними даними свердловин, пробурених на бучацький водоносний горизонт (св. №№ 9, 16, 24), вже через рік після аварії вміст  $^{137}\text{Cs}$  у воді цього горизонту складав від  $2 \times 10^{-11}$  до  $2,1 \times 10^{-10}$  кюрі/л, а  $^{90}\text{Sr}$  від  $1 \times 10^{-12}$  до  $4 \times 10^{-12}$  кюрі/л.

Оскільки результати досліджень показали, що в межах зон впливу розривних порушень інтенсивність змін вмісту радіонуклідів у 5-7 разів вища, ніж це спостерігається поза зонами, то можна припустити, що й швидкості вертикальної фільтрації у межах зон у стільки ж разів вищі. Беручи до уваги таке припущення, можна вважати, що результати отриманих аналізів вмісту радіонуклідів не будуть протирічати прогнозованому терміну досягнення забруднення алювіального і бучацько-канівського водоносних горизонтів, обрахованому з поправкою на вплив розривних порушень, хоча наявність техногенних радіонуклідів у сеноманському водоносному горизонті дає підставу оцінювати реальні швидкості вертикальної фільтрації у межах зон впливу розривних порушень дещо більшими від наведених вище.

Підсумовуючи результати виконаних досліджень впливу розривних порушень на зміни вмісту техногенних радіонуклідів у антропогеновому і залягаючих нижче водоносних горизонтах, можна констатувати, що ці зони є основними каналами як горизонтальної, так і вертикальної міграції техногенних радіонуклідів та забруднювачів іншого походження у геологічному середовищі ЧЗВ.

1. Соколовский И.Л., Волков Н.Г. Методика поэтапного изучения неотектоники.- Киев: Наук. думка, 1965. – 178 с.
2. Бухарев В.П., Семенюк М.П., Шабалин Б.Г. та ін. Літоморфні фактори фільтрації з водойми-охолоджувача Чорнобильської АЕС у зв'язку з припиненням її експлуатації. – Зб. наук. праць ІГНС НАН та МНС України. Вип.3/4. – К., 2001. – С. 164-172.
3. Бугай Д.А., Фуррэ Э., Жан-Баптист П. и др. Оценка водообмена подземных вод в ближней зоне ЧАЭС на основе данных изотопного датирования и гидрогеологического моделирования // Геол. журн. – 2010. – №4. – С. 119-124.

## **Семенюк Н.П., Верховцев В.Г., Николаенко В.И., Николаенко Б.А., Полянский В.Д., Сорокотяга О.И. РАЗЛОМНО-ТРЕЩИННЫЕ СТРУКТУРЫ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ ЗОНЫ ОТЧУЖДЕНИЯ КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ УЧАСТКИ АНОМАЛЬНОЙ ВЕРТИКАЛЬНОЙ И ЛАТЕРАЛЬНОЙ МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ**

*Определено влияние разломно-трещинных структур на аномальную, зафиксированную комплексом исследований, вертикальную и латеральную миграцию техногенных радионуклидов в зоне отчуждения ЧАЭС. Оценена роль тектонически разуплотненных участков геологического субстрата и особенностей литологии верхних слоев осадочного чехла в процессе загрязнения техногенными радионуклидами подземных и поверхностных вод.*

**Semeniuk M.P., Verkhovtsev V.G., Nikolaenko V.I., Nikolaenko B.A., Polianskyi V.D., Sorokotiaga O.I. FAULT AND SPLIT STRUCTURES OF THE CHORNOBYL EXCLUSION ZONE AS POTENTIAL AREAS OF ANOMALOUS VERTICAL AND LATERAL RADIONUCLIDE MIGRATION**

*The impact of fault and split structures on the anomalous vertical and lateral migration of technogenic radionuclides in the Chornobyl Exclusion zone is determined. The role of tectonic areas with lower density of geological substratum and lithological features of upper layer of sedimentary strata in the process of surface and ground water technogenic radionuclides contamination is estimated.*