

УДК 577.41/577.391: 631.36: 550.424.4

О. Шевченко, канд. техн. наук, доц.

ПОРУШЕНІ РЕЖИМИ РІВНІВ ҐРУНТОВИХ ВОД ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ ЗОНИ ВІДЧУЖЕННЯ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ФОРМУВАННЯ ОБ'ЄМНОЇ АКТИВНОСТІ ^{90}Sr

(Рекомендовано членом редакційної колегії канд. геол.-мінералог. наук, доц. О.Є. Кошляковим)

Результати розрахунків балансу ґрунтових вод, виконаних за даними гідрогеологічних спостережень, та їх статистичний аналіз дозволяють оцінити участь режимоформуючих факторів і елементів балансу у коливаннях об'ємної активності ^{90}Sr в ґрунтових водах.

Results of water-balance and radiation-balance calculations, carried out by the data of hydro-geological observations enabled to evaluate the participation of regime factors and elements of balance in change concentration of ^{90}Sr in groundwater and surface water.

Вступ. У свій час досить активно обговорювалась і вирішувалась проблема радіоактивного забруднення відкритих водних джерел, як в Чорнобильській зоні відчуження, так і поза її межами. На сьогодні ця проблема пов'язана вже не стільки з радіаційною безпекою населення, скільки з темпами автореабілітаційних процесів на найбільш забруднених територіях, питаннями поведінки із природними, в першу чергу водними і земельними ресурсами Зони відчуження, а також методичними питаннями, пов'язаними із регламентом та способами інтерпретації результатів моніторингових досліджень. Найбільш забрудненими стронцієм-90 та показовими за набором різних типів гідродинамічних умов, що виникли у зв'язку із діяльністю людини, як до, так і після аварії на ЧАЕС, є площі осушувальних систем на лівому березі Прип'яті та Чистоголівська система – на правому.

Метою досліджень, представлених в даній роботі, було встановлення природних джерел забруднення ґрунтових вод на основі кількісної оцінки прибуткових складових їх балансу та аналізу режиму. При цьому, ділянки досліджень виділялись згідно типізації за умовами водообміну між поверхневими і ґрунтовими водами [4; 5], що давало змогу оцінити роль ґрунтових вод у забрудненні водоприймачів (переважно меліоративних каналів). В підсумку визначався вплив типу порушень гідродинамічних умов та характеристик режиму ґрунтових вод на інтенсивність забруднення радіонуклідами, як ґрунтових вод, так і водоприймачів.

Методи досліджень. Вперше в практиці радіологічних досліджень було застосовано методичний підхід, який поєднував режимні радіологічні спостереження з методом розрахунку гідродинамічного балансу. Після виділення на території ділянок з різними типами режиму та водообміну, була застосована така послідовність операцій:

- спостереження за рівневим режимом та вмістом радіонуклідів в ґрунтових і поверхневих водах каналів;
 - первинна графоаналітична обробка та інтерпретація зібраної інформації;
 - аналіз рівневого та радіохімічного режиму з визначенням основних характеристик режиму: мінімумів, максимумів, тривалості підйомів і спадів рівня, амплітуд коливань рівня, їх закономірностей; співставлення показників режиму по роках різної забезпеченості опадами та по різних ділянках; виділення аномалій; статистична обробка та кореляційний аналіз зв'язків між значеннями показників, характеристиками режиму і режимоформуючими факторами;
 - розрахунки балансу і виділення основних складових живлення ґрунтових вод по типових ділянках;
 - співставлення та кореляційний аналіз зв'язку між кількісними значеннями прибуткових та витратних статей балансу і вмістом стронцію-90 в ґрунтових водах; графічна та математична апроксимація цих зв'язків.
- Розрахунки балансу ґрунтових вод виконувались на основі припущень про провідну роль на колишніх осушуваних площах таких складових балансу, як бічний приток з верхньої частини водозбору, приток з каналу, інфільтраційне живлення, відтік до каналу та випаровування.

Зміна запасів ґрунтових вод за розрахунковий проміжок часу Δt розраховувалась з рівняння:

$$A = \mu \cdot \Delta H \cdot 10^3; \quad (1)$$

при тому, що

$$A = \Delta Q + \Delta w, \text{ або } A = Q_{np} + (-Q_e) + w - e, \quad (2)$$

де Δw – інфільтраційне живлення (різниця між поповненням ґрунтових вод за рахунок інфільтрації (w) і їх витратою на випаровування (e) за проміжок часу Δt), мм; ΔQ – різниця між бічним притоком і відтоком на верхній і нижній за потоком границях балансового майданчика за час Δt , мм; для трьох пунктів спостережень вона визначається з рівняння:

$$\Delta Q = 2K_{\phi} \frac{h\Delta t}{l_1 + l_2} \cdot \left(\frac{H_1 - H_2}{l_1} - \frac{H_2 - H_3}{l_2} \right) \cdot 10^3, \quad (3)$$

де μ – коефіцієнт браку насичення або водовіддачі; ΔH – різниця рівнів ґрунтових вод на початковий і кінцевий моменти розрахункового проміжку часу Δt у середньому за потоком перетині балансового майданчика, м; K_{ϕ} – коефіцієнт фільтрації ґрунтового водоносного горизонту, м/добу; h – середня для балансового майданчика потужність ґрунтового водоносного горизонту, м; H_1 , H_2 , H_3 – середні за Δt рівні ґрунтових вод у пунктах спостережень, м; l_1 , l_2 – відстані між пунктами спостережень, м; 10^3 – коефіцієнт переходу в мм шару води. За наявності двох пунктів спостережень використовувалось рівняння наведене в роботі [2].

Після визначення ΔQ з рівняння (3) і A з рівняння (1) визначалась величина поповнення ґрунтових вод за рахунок інфільтрації або випаровування з рівня ґрунтових вод за період Δt з рівняння (2).

Значення поверхневого стоку з укосів каналів (Y , мм) визначалось експериментально за допомогою спеціальних водозбірних лотків. Спочатку було визначено коефіцієнти поверхневого стоку за характерні періоди – з різною інтенсивністю дощових опадів і для талого стоку, потім за коефіцієнтами розраховані значення стоку по відомій величині атмосферних опадів. Сумарна евапотранспірація (E) з ґрунту та ґрунтових вод (мм) визначена із співвідношення:

$$E = P - \Delta w - Y, \quad (4)$$

де P – кількість опадів, мм.

Типові гідрогеологічні ділянки було виділено на основі геофільтраційної схематизації, тобто за граничними умовами та характером водообміну. Всього виділено чотири основних типи гідродинамічних умов, відповідно до яких обладнано балансові ділянки:

1) з відкритою дренажною мережею (без закритого матеріального дренажу) з постійною неусталеною протягом року фільтрацією ґрунтових вод в бік каналу;

2) діючого закритого дренажу з переважно сезонним припливом дренажних вод в канал;

3) з відтоком поверхневих вод з каналу на поповнення запасів ґрунтових вод (зони підпору);

4) перемінного (двостороннього) протягом року руху ґрунтових вод.

Результати досліджень. Режимні дослідження, а також, виконаний на основі гідродинамічних і балансових розрахунків, якісний та кількісний аналіз водообміну першого від поверхні водоносного горизонту з поверхневими водами, виявили особливості впливу різних типів умов формування режиму та балансу ґрунтових вод на їх вторинне забруднення стронцієм-90. У свій час [3] за співвідношенням вмісту цього радіонукліду в ґрунтових і поверхневих водах було зроблено висновки про участь ґрунтових вод у вторинному забрудненні дренажних каналів.

Умови **першого типу** характерні для дренажних зон, що прилягають до незарегульованих, глибоко врізаних, здебільшого магістральних або ловчих каналів огорожувальної мережі. Осушувальний канал схематизується у вигляді внутрішньої гідродинамічної граничної умови 1 роду із змінним в часі напором.

З аналізу даних режимних спостережень за 1997–2002 рр. встановлено, що формування балансу та стоку ґрунтових вод в канали на таких ділянках відбувається за рахунок інфільтраційного живлення атмосферними опадами, бічного притоку із суміжних підтоплених водозборів (приплив з боку відкритих водних об'єктів відсутній), бічного відтоку і випаровування. Дзеркало ґрунтових вод залягає тут звичайно на 0,5–1,5 м нижче, ніж на інших типологічних ділянках. Завдяки достатній потужності та регулюючому впливу зони аерації, не спостері-

гається строгої залежності коливань рівня ґрунтових вод від атмосферних опадів.

У типові за річним розподілом опадів роки високої та середньої водності (1996–1998) мінімальні літньо-осінні рівні фіксувались в середині або наприкінці липня. Зимовий мінімум становить 2,5–2,8 м від поверхні. Залежно від температури, весняний підйом рівня починається наприкінці лютого – на початку березня і триває до середини третьої декади березня-середини квітня. 1999 рік видався аномальним за характером весняної повені, під час якої весняний підйом рівнів ґрунтових вод тривав аж до середини травня (в значній мірі це пов'язано із підпором, що створився від Красненського старику у зв'язку із утрудненим розвантаженням поверхневих вод через водопропускні споруди в дамбах).

Аналіз амплітуд коливань рівня по роках підтверджує залежність режиму від техногенних факторів. Так в аномальний за співвідношенням амплітуд у свердловинах №№ 5 і 6 1999 р. (табл. 1) весняне поширення підпору від лівобережної дамби та Красненського старику вплинуло, в першу чергу, на прилеглі до відкритих водних об'єктів ділянки шириною до 200 м (свердловина 5). Мінімальні зимові та літні рівні обумовлені в першу чергу значним бічним відтоком до відкритої дрени, інтенсивність якого в літній період найбільша – 0,96 мм/добу, в жовтні – 0,95 мм/добу, взимку – 0,94 мм/добу, а весною (березень-травень) найменша – 0,9 мм/добу. Очевидно, що найбільша серед типових ділянок амплітуда коливань рівня ґрунтових вод обумовлена високим весняним підйомом рівня, завдяки кращим умовам інфільтраційного живлення (піщаний склад зони аерації і лісовий покрив) та відносному уповільненню відтоку, а також значним зниженням рівня взимку та наприкінці літа, пов'язаним із потужним бічним розвантаженням водоносного горизонту.

Таблиця 1

Амплітуди коливань рівнів ґрунтових вод на ділянках транзиту (сверд. 5) та вододілу (сверд. 6)

№ свердловини	Рік спостережень				
	1998	1999	2000	2001	2002
5	0,61	1,25	недостатньо даних	0,78	0,67
6	0,64	1,23		0,87	0,79

Для уточнення величини інфільтраційного живлення та бічного притоку визначалась інтенсивність інфільтрації за даними режимних спостережень по трьох свердловинах, розташованих за напрямком фільтраційного потоку, за інтервал часу, коли підйом рівня ґрунтових вод був рівномірним, тобто інфільтрація – постійною. Інфільтраційне живлення при водопровідності потоку (T , м²/добу) на час t оцінювалось за залежністю:

$$\omega = \mu \frac{H_i^{t+1} + H_i^{t-1}}{\Delta t} - \frac{T}{\Delta l^2} (H_{i-1}^t - 2H_i^t + H_{i+1}^t), \quad (5)$$

де H_i^{t-1} , H_i^t , H_i^{t+1} – абсолютні відмітки рівня ГВ в центральній свердловині відповідно на початковий, середній і кінцевий періоди спостережень, м; H_{i-1}^t , H_{i+1}^t – абсолютні відмітки рівня ґрунтових вод у свердловинах, розташованих відносно центральної відповідно нижче і вище за потоком в середній період спостережень, м; Δt – період спостережень, доби; Δl – відстань між спостережними свердловинами, м.

Для прикладу наведено результати розрахунків прибуткових та від'ємних складових балансу ґрунтових вод за формулами (1)–(3) і (5) за 2002 р. (табл. 2).

Таблиця 2

Результати розрахунків елементів балансу ґрунтових вод за 2002 р.

Дата та період між вимірами, доби	Опади, мм	Прибуткові складові		Видаткові складові		Зміна запасів (баланс) (А), мм
		Інфільтраційне живлення (w), мм	Боковий приток (Q _{пр}), мм	Боковий відтік (Q _в), мм	Випаровування (е), мм	
13.03.02 (132)	187,3	135,91	59,16	-144,66	-	50,40
11.04.02 (29)	21,6	16,12	23,0	-26,92	-	12,20
14.08.02 (154)	225,5	68,62	-	-137,82	-	-69,20
11.09.02 (27)	15,2	16,11	-	-22,31	-	-6,20
24.09.02 (13)	39,8	9,74	-	-10,74	-	-1,00
23.10.02 (29)	47,7	26,21	-	-23,41	-	2,80
Всього	537,1	272,71	82,16	-365,87	-	-11,0

При неусталеному гідродинамічному режимі витрата підземного потоку на границі коливається в досить ву-

зьких межах, зміна запасів ґрунтових вод в рівній мірі залежить від бічного відтоку та інфільтрації, дещо мен-

ше – від величини випаровування, яка змінюється в широких межах. Величина інфільтраційного живлення в першу чергу визначається величиною атмосферних опадів ($K_{\text{кор}} = 0,99$) і в другу – випаровуванням ($K_{\text{кор}} = 0,96$). Але найбільш показовим параметром, що характеризує певний тип гідродинамічних умов, є середньозважений за рік коефіцієнт інфільтраційного живлення. За п'ять років спостережень він змінювався в межах від 0,40 до 0,55 при значній мінливості річної кількості опадів (537–726 мм) та величини інфільтраційного живлення (223,4–358,2 мм).

Статистичний аналіз результатів розрахунку балансу та радіологічних спостережень дозволив зробити висновки про природні чинники коливань концентрації ^{90}Sr в ґрунтових водах. При тому, що по інтервалах часу (між замірами рівня) впродовж всього періоду спостережень чіткої залежності між величиною інфільтраційного живлення та концентрацією ^{90}Sr не відмічається, істотна позитивна залежність простежується між річною сумою інфільтраційного живлення та середньою концентрацією цього радіонукліду ($K_{\text{кор}} = 0,58$); ще більша залежність концентрації ^{90}Sr – від сумарного річного живлення ($K_{\text{кор}} = 0,66$). Помітна пряма залежність простежується також між інфільтраційним живленням достатньо тривалого зимово-весняного періоду та концентрацією ^{90}Sr . Те, що кореляційний зв'язок спостерігається лише по тривалих інтервалах часу може свідчити про значний вплив стримуючих чинників (фактора затримки) на вертикальне перенесення ^{90}Sr з потоками вологі.

Суттєва ступінь залежності вмісту ^{90}Sr в ґрунтових водах, відмічається і від бокового відтоку з балансової ділянки, але вона носить обернений характер ($K_{\text{кор}} = 0,59$), що свідчить про вагомий вплив інтенсивності дренажування, як функції самоочищення, на зменшення радіоактивного забруднення водоносного горизонту. Однак, оскільки пряма залежність вмісту ^{90}Sr від сумарного живлення проявляється у більш значущих коефіцієнтах зв'язку, до того ж, його залежність від зміни запасів за рік також носить прямий характер ($K_{\text{кор}} = 0,58$), можна стверджувати, що за період спостережень динаміка концентрації ^{90}Sr підпорядковувалась більшою мірою процесу вторинного забруднення, головним чином – шляхом інфільтрації.

За результатами водобалансових оцінок, виконаних методом розчленування гідрографу, підземний стік на характерній ділянці **другого типу** складає більше 50 % загального стоку з водозбору. Така значна частка підземного стоку в загальному водному балансі характерна для ділянок діючого закритого дренажу у верхів'ях осушувальних систем. Винесення власне ґрунтовими водами, з урахуванням дренажного стоку, в 1999–2001 рр. складало лише 10–12 % від загального річного виносу радіонукліду сумарним поверхневим стоком каналу. При цьому дренажні ґрунтові води значно переважали серед складових живлення і забезпечення стоку каналу (76–84 %) [1].

Найбільший вплив на показники режиму ґрунтових вод мають техногенно-природні чинники, а саме – штучний дренаж та наявність підпірних споруд. Режим ґрунтових вод на цих ділянках можна було б віднести до промивного (осушувального), якби не значно утруднене розвантаження сумарного поверхневого стоку по відкритих дренах. Звідси, особливістю режиму ґрунтових вод є не настільки значна амплітуда коливань їх рівня, як це властиво режиму на діючих осушувально-зволожуючих системах. Зниження рівнів наприкінці весни та влітку стримується підпорами в каналах від бобрових гребель, зачинених регулюючих споруд та ін. Під-

триманню високих рівнів ґрунтових вод сприяє також заболочення водозбору, що поширилось у зв'язку з деградацією осушувальної мережі.

Для ділянок другого типу характерний не тільки неусталений рух ґрунтових вод до системи недосконалих горизонтальних дренажів, а й заповнення закритого дренажу водами каналу при підйомах рівня в останньому. При цьому в горизонт ґрунтових вод надходять забруднені поверхневі води, що при спаді рівня в каналі повертаються у вигляді забрудненого дренажного стоку. ґрунтові води, які надходять в канал, набувають в ньому значної об'ємної активності за рахунок вилугування радіонуклідів із паливних частинок, що містяться в донних відкладах. Процеси мобілізації ^{90}Sr суттєво поступаються його ремобілізації з адсорбованих (фіксованих) форм. Додають активності і стоки з прируслових заболочених ділянок в періоди сходження талого стоку та літніх паводків. Таким чином, завдяки промивному режиму, за переважання підземної складової над поверхневою в сумарному балансі стоку, ґрунтові води у вологі періоди можуть забезпечувати радіоактивне забруднення поверхневих вод. Швидкість горизонтальних потоків масоперенесення в періоди дії закритого дренажу значно перевищує швидкість вертикальних інфільтраційних токів. Але й остання помітно прискорюється. Тобто, якщо в звичайних умовах, при швидкостях латеральної міграції ^{90}Sr близько 1 м/рік зона суттєвого впливу на стан поверхневих вод обмежується шириною 15–30 м вздовж каналу, то за умов діючого дренажу до джерел забруднення поверхневих вод долучаються фільтраційні потоки із забруднених ділянок вздовж закритих дренажних ліній на відстані 100 і більше метрів від каналу. На площі між дренами, або вище ділянок закритого дренажу, там де промивний режим не настільки інтенсивний, концентрації ^{90}Sr в ґрунтових водах завжди менші.

Особливістю формування балансу ґрунтових вод в межах ділянок **третього типу** є їх приуроченість до зон живлення і транзиту ґрунтового потоку. На балансовому майданчику у верхньому б'єфі фільтруючої перемички на бічному каналі Прип'ятської осушувальної системи (лівий берег р. Прип'ять) дзеркало ґрунтових вод залягає на глибинах 0,6–1,3 м. Рівні води в каналі практично постійно вищі, ніж рівні ґрунтових вод на прилеглій площі. Це перевищення рівнів складає 20–46 см. На ділянках третього типу практично відсутній бічний відтік ґрунтових вод, що обумовлено їх підпором. Величини бічного припливу й випаровування з поверхні горизонту максимальні серед всіх описуваних типів ділянок.

Виявлена тісна обернена залежність концентрації ^{90}Sr в ґрунтових водах прилеглих до каналів ділянок (до 45 м) з інфільтраційним живленням: $K_{\text{кор}} = -0,7$. Для ґрунтових вод найближчої до каналу свердловини характерний також позитивний зв'язок між об'ємною активністю ^{90}Sr та величиною бічного притоку з каналу: $K_{\text{кор}} = 0,67$ (рис. 1 а). Проте, взнаки невеликого ряду спостережень, після визначення "виправленого коефіцієнту кореляції" ($K_{\text{вип}}$), не вдалось встановити значущість $K_{\text{вип}}$ за допомогою Z-критерію Фішера. Для найбільш віддаленої від каналу свердловини (172 м) зафіксовано тісний зв'язок концентрації ^{90}Sr із зміною запасів ґрунтових вод ($K_{\text{кор}} = 0,95$; $K_{\text{вип}} = 0,96$), який апроксимується лінійною залежністю (рис. 1 б). В даному випадку доведена значущість $K_{\text{вип}}$ за Z-критерієм Фішера. Це свідчить про безперечну обумовленість збільшення концентрації ^{90}Sr в ґрунтових водах при переважанні бічного притоку та інфільтраційного живлення над сумою випаровування і відтоку. Для ґрунтових вод у свердловині, що лежить в межах впливу двох каналів, чітких залежностей від елементів балансу не спостерігається.

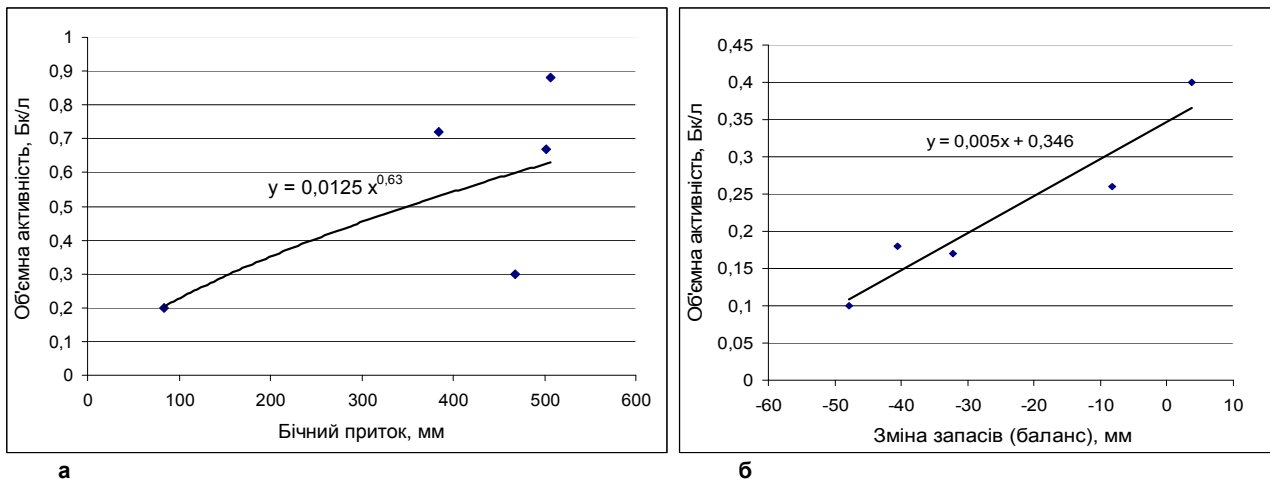


Рис. 1. Графічна і математична апроксимація залежностей концентрації ^{90}Sr в ґрунтових водах прилеглої до каналу ділянки, в умовах 3-го типу, від бічного притоку забруднених вод з каналу (а), та на вододільній ділянці – від зміни запасів ґрунтових вод (б)

На ділянках **4-го типу**, що характерні для міжканальних площ в середній частині замулених і зарослих каналів з великою водозбірною площею, поперемінно відбувається відтік і приплив ґрунтових вод з боку каналу. Абсолютні рівні поверхневих та ґрунтових вод поперемінно відносно вищі впродовж року. Поверхневий стік каналу виконує не стільки дренажні функції, скільки транзитні. Це підтверджується характером підживлення ґрунтового водоносного горизонту з боку каналу, яке відбувається переважно в літньо-осінній період, коли рівні ґрунтових вод знижуються за рахунок евапотранспірації. Канал працює як дрена на скид весняної повені і зимою, коли він має мінімальний збір з вищерозташованої частини водозбірної площі. Стік ґрунтових вод в канал за річний період спостережень (1997–1998 рр.) дорівнював $4,34 \text{ м}^3$ на 1 погонний метр ширини потоку. Зворотне надходження, відповідно,

$1,54 \text{ м}^3$. Амплітуда річних коливань рівня ґрунтових вод складає $0,63\text{--}0,81 \text{ м}$. Значення річних змін запасів ґрунтових вод тут звичайно найнижчі.

Ділянки 4-го типу характеризуються також (як і попередні) високим ступенем прямої залежності вмісту ^{90}Sr в ґрунтових водах від бокового притоку ($K_{\text{кор}} = 0,6 \dots 0,64$) (рис. 2 а) та від'ємними коефіцієнтами кореляції з інфільтраційним живленням ($-0,74$) (рис. 2 б) і бічним відтоком ($-0,65$). Як бачимо, тут ступінь оберненої залежності концентрації ^{90}Sr від інтенсивності відтоку навіть більший, ніж на ділянках першого типу, оскільки більша і ступінь зворотного гідравлічного зв'язку з поверхневими водами, що підтверджується найвищими значущими коефіцієнтами кореляції між концентрацією ^{90}Sr в ґрунтових водах водозбору і поверхневих водах каналу ($K_{\text{кор}} = 0,52$, $K_{\text{вип}} = 0,53$, $Z = 0,59$; $\sigma_z = 0,243$) (рис. 3).

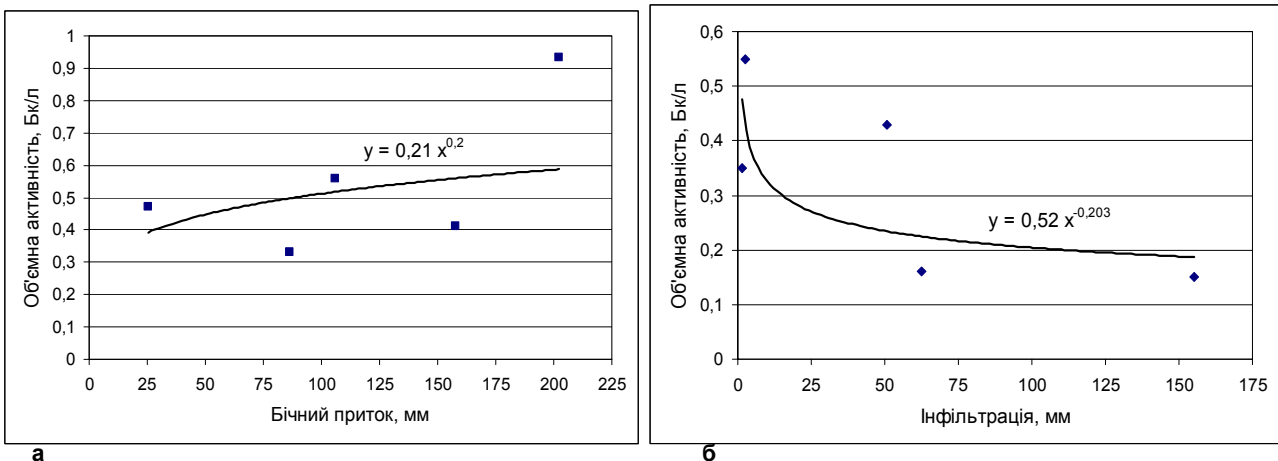


Рис. 2. Графічна і математична апроксимація залежностей концентрації ^{90}Sr в ґрунтових водах, в умовах 4-го типу, від інфільтрації (а) та бічного притоку (б)

З розрахунків балансу зроблено висновок, що ґрунтові води на ділянках 1, 3 і 4 типів відіграють несуттєву роль у радіаційному балансі сумарного поверхневого стоку. Частка винесення ^{90}Sr ґрунтовими водами в загальному винесенні каналом в умовах першого типу не перевищувала 15 % і зазвичай складала 0,3–5 %. Відповідно до розрахованих об'ємів притоку ґрунтових вод на ділянці 4-го типу, отримана частка виносу ^{90}Sr ґрун-

товим стоком за період 1997–2001 рр. коливалась в межах від 1 (1998) до 16 % (1997) [3]. На ділянках діючого закритого дренажу (умови другого типу) фіксуються концентрації порівняні або іноді більш високі, ніж у поверхневих водах. Тут частка виносу ^{90}Sr більша і в основному змінюється в межах 10–35 %. Пояснюється це тим, що ділянки закритого гончарного дренажу відрізняються більш інтенсивним промивним режимом.

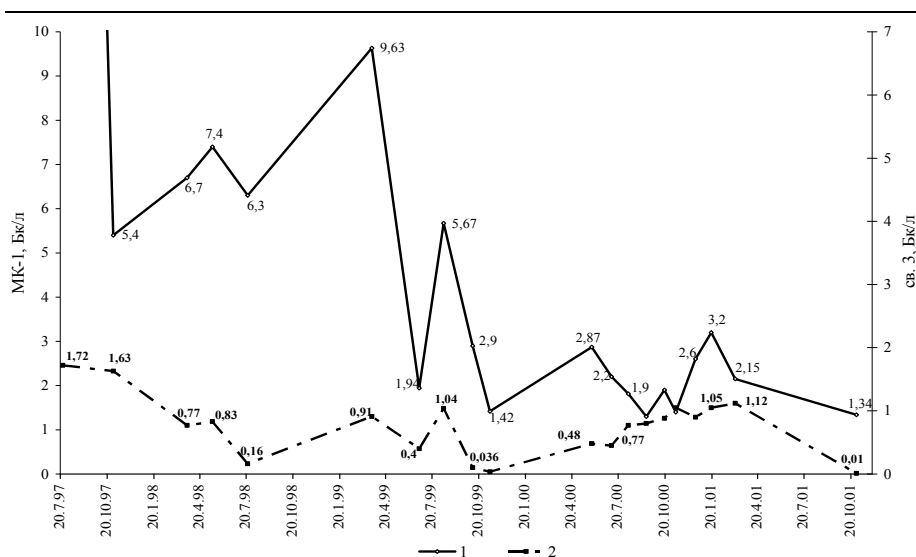


Рис. 3. Хронологічний графік коливань об'ємних активностей ^{90}Sr в поверхневих водах каналу (1) і ґрунтових водах свердловини (2) на площі його водозбору в гідродинамічних умовах 4-го типу

Висновки. В результаті застосування методичного підходу, який поєднує режимні гідрогеологічні та радіологічні спостереження з розрахунками гідродинамічного балансу, виділено складові балансу, що впливають на забруднення та самоочищення ґрунтових вод. За умов значної невтриманості в часі значень об'ємної активності ^{90}Sr , кореляційний аналіз даних спостережень та балансових розрахунків дозволяє виділити провідні тенденції цих змін та головні чинники, що за них відповідають. Так було визначено, що в умовах слабкопорушених режимів з переважанням інфільтраційного живлення та бічного відтоку (1-й тип) домінує вторинне забруднення ґрунтових вод за рахунок інфільтрації та бічного притоку із прилеглих підтоплених територій. В роки, коли бічний відтік переважає над сумарним живленням ґрунтових вод на 47–70 мм (1999, 2001, 2002), відмічається помітне зменшення середньорічних концентрацій ^{90}Sr в ґрунтових водах, а в роки з рівномірним розподілом опадів (2001 і 2002) – зменшуються його концентрації і в поверхневих водах каналів. Головними чинниками вторинного радіоактивного забруднення ґрунтових та поверхневих вод в умовах 2-го типу є техногенний (наявність закритого дренажу і підпірних споруд) і метеорологічний (кількість опадів) фактори. Це визначає більш прискорені темпи автореабілітації, але, при цьому, і більш інтенсивне виведення ^{90}Sr ґрунтовими водами в канали. Для приканальних ділянок у верхніх б'єфах перегороджуваних споруд (3-й тип) головним чинником змін концентрації радіонуклідів є бічний притік поверхневих вод з каналу. На фоні значного впливу цього чинника, інфільтрація опадів відіграє позитивну роль в про-

цесах самоочищення ґрунтових вод прируслових ділянок. Для більш віддалених від каналів ділянок (>50 м) самоочищення пропорційно зростає по мірі збільшення переваги витратних складових балансу над прибутковими. На міжканальних ділянках з перемінним напрямком ґрунтового потоку (4-й тип) на динаміку змін концентрацій ^{90}Sr в ґрунтових водах в рівній мірі впливають бічний приток (пряма залежність) та відтік (обернена залежність). Якщо термін режимних спостережень досягає 8 і більше років, це дозволяє використовувати викладену методику та отримані залежності для достовірного прогнозування ступеня радіоактивного забруднення ґрунтових вод. При цьому слід враховувати константи трансформації паливних частинок та періоди напіврозпаду радіонуклідів.

1. Бугай Д.О., Джепо С.П., Курило С.М. Результати досліджень процесів водної міграції стронцію-90 на малому експериментальному водозборі "Борщі" в ближній зоні ЧАЕС // Бюлетень екологічного стану зони відчуження і зони безумовного (обов'язкового) відселення. – 2005. – № 25. – С. 57–67. 2. Шевченко О.Л., Наседкін І.Ю. Водно-радіаційно-балансові дослідження для обґрунтування водоохоронних заходів у Чорнобильській зоні відчуження. // Меліорація і водне господарство. – 2003. – Вип. 89. – С. 157–170. 3. Шевченко А.Л., Наседкін І.Ю. Естественно-антропогенные особенности формирования водообмена и распространения радиоактивных веществ на мелиоративных системах гумидной зоны // Водообмен в гидрогеологических структурах и Чернобыльская катастрофа. Ч. 1. – К., 2001. – С. 162–232. 4. Shevchenko A., Gudzenko V., Nasedkin I., Panasevitch E. Strontium-90 in surface and ground waters of the reclamation systems at the Chernobyl Exclusion zone // Environmental Geology. – 2001. – Vol. 40, I. 10. – P. 1177–1184. 5. Shevchenko A. Distribution and Migration of Radionuclides in Meliorated Areas // Chernobyl disaster and groundwater/ Ed. V. Shestopalov. – Tokyo, 2002. – P. 133–186.

Надійшла до редакції 28.05.09

УДК 550.42:546

І. Кураєва, д-р геол. наук, Е. Локтіонова, мол. наук. співроб.
В. Манічев, канд. геол.-мінералог. наук, Е. Гущина, асп.

ГЕОХІМІЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ҐРУНТІВ ПРИРОДООХОРОННИХ ОБ'ЄКТІВ СХІДНОЇ ЧАСТИНИ ПІВДЕННОГО БЕРЕГА КРИМУ

(Рекомендовано членом редакційної колегії чл.-кор. НАН України, д-ром геол.-мінералог. наук, проф. О.Ю. Митропольським)

Наведено дані про закономірність розподілу хімічних елементів в ґрунтотворних породах, ґрунтах та рослинності територій заповідних зон східної частини Південного берега Криму.

Data of the regularity distribution of the chemical elements in the soilforming rocks, soils and plants of the reserved zones of eastern part of south coast Crimea were putting.

Вступ. Вивчення геохімії ґрунтів в заповідних зонах України в даний час є актуальною задачею, оскільки без

знання закономірностей накопичення мікроелементів і розподілу їх в ґрунті складно проводити моніторинг в