

В.І. Кондратюк, к.т.н., доц.
Технологічний університет "Поділля" (м. Хмельницький)

ГЕОМІГРАЦІЯ, ДИНАМІКА ПЕРЕНЕСЕННЯ ТА НАКОПИЧЕННЯ ТРИТІЮ В МІНЕРАЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Розглянуті міграційні процеси тритію в геологічному середовищі, динаміка інфільтраційних тритієвих процесів, перенесення та накопичення тритію.

Постановка проблеми

Тритій являє собою радіонуклід, небезпечний для людини, входження якого до складу атмосферних, поверхневих та підземних вод і до структури мінералів дає змогу оцінювати умови обводнення родовищ корисних копалин, техногенні зміни стану геологічних структур а також захищеність підземних вод від забруднення. Тритій в геологічному середовищі й у кар'єрах як окремих його складових характеризується гідрогео- і атмогеоміграціями, які протікають досить інтенсивно, інфільтраційним перенесенням та особливостями динаміки накопичення тритію в мінеральному середовищі. Вивчення закономірностей і особливостей міграцій та накопичення тритію в геологічному середовищі є актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Останнім часом радіаційним дослідженням по таких ізотопах як тритій, дейтерій, радон приділяється велика увага і виконуються великі обсяги таких досліджень. Зокрема значна кількість досліджень присвячена тритієвій проблемі на пунктах складування радіоактивних відходів, тритієвим забрудненням ґрунтових водоносних горизонтів [4], [5], [7], [8], [11], нормуванню радіаційної безпеки [1], реабілітаційним процесам у водотоках зони відчуження [2], радіогідрогеологічним дослідженням [3], [6], [9], [12], ізотопній геохімії [6], [10], [13]. Переважаюча більшість робіт з тритієвої проблеми базується на основі інформації, накопиченої по Київському державному міжобласному спецкомбінату (КДМСК), Харківському пункту захоронення радіоактивних відходів (ХПЗРВ), Чорнобильській зоні відчуження, Чорнобильським могильникам з поховання радіоактивних відходів. Але тритієва радіаційна проблема має місце і на об'єктах гірничодобувної галузі, в шахтах, в кар'єрах, в підземних покладах питних, лікувальних та інших вод, а тому мета цієї статті полягає у з'ясуванні тритієвого накопичення на об'єктах гірничодобувного і гірничо-переробного комплексу та в геологічному середовищі, яке слугує об'єктом людської діяльності та проживання людей.

Викладення основного матеріалу досліджень

Для вирішення проблем із захисту людей і середовища від впливу тритієвої радіації потрібно перш за все з'ясувати види, особливості й закономірності міграції тритію в геологічному середовищі. Міграція тритію відбувається двома шляхами: гідрогеоміграцією і атмогеоміграцією. Важливим є з'ясування його розподілу в ґрунтово-рослинному комплексі поблизу радіаційних об'єктів, а також адсорбування тритію гірськими породами і його накопиченню в цих породах.

Поширення тритієвого забруднення в навколишньому середовищі відбувається головним чином інфільтраційним гідрогеоміграційним шляхом, а тому з'ясування динаміки міграції радіогідрохімічних контурів тритію з урахуванням інтегрального впливу процесів його надходження у потік ґрунтових та кар'єрних вод і адсорбції у ґрунтовому міграційному просторі є досить важливим і першочерговим завданням з позицій оцінки захисної здатності геологічного середовища.

Переважаюче надходження тритію у гідрогеофільтраційний потік у системі «зона ненасиченої фільтрації-ґрунтовий водоносний горизонт» в контурах запасів корисних копалин та на прилеглих територіях простежується часом на досить великих відстанях. Особливо велика область поширення тритієвих забруднень належить до місцевих вододілів, складених піщано-суглинистими високопористими ґрунтами, що є локальними областями живлення ґрунтових водоносних горизонтів. Характерною є плоскорадіальна (кругло-циліндрична) схема міграційних потоків тритію із закономірним зменшенням його концентрації в міру віддалення від джерела. Згідно з [7] цей процес описується рівнянням:

$$\lg C_{m,r} = f(\lg r), \quad (1)$$

де r – відстань від джерела техногенного тритію у напрямку переважаючої міграції;

$C_{m,r}$ – концентрація тритію в точці, віддаленій від джерела на відстань r .

На основі аналітичної оцінки розвитку тритієвого радіогідрогеохімічного потоку в ґрунтово-водоносному горизонті можна рівняння (1) трансформувати для вирішення зворотної задачі – за заданими величинами питомої активності тритію у воді визначити динаміку просторового переміщення контуру радіогідрогеохімічної аномалії у ґрунтово-водоносному горизонті. Як встановлено [7], ця залежність носить такий функціональний вираз:

$$y = \frac{x}{a} - b, \quad (2)$$

де $x = \lg r$; $y = \lg C_{m,r}$;

a, b – коефіцієнти рівнянь лінійної регресії.

Коефіцієнти рівнянь регресії a і b визначаються розрахунковим шляхом, їх значення змінюється: a – від 3,1 до 4,1; b – від 7,5 до 10,3.

Гідрогеоміграційний вихід тритію в навколишнє середовище відбувається переважно інфільтраційним шляхом у вигляді важкої води крізь порушення цілісності середовища тритієвого накопичення.

Вихід тритію з кар'єрів і шахт відбувається також атмогеоміграційним шляхом у вигляді газоаерозольної суміші; при цьому першочергово забруднення формується у вигляді атморадіогеохімічних аномалій, подальше існування і розвиток яких визначається метеорологічними чинниками – переважно напрямком і силою руху повітряних мас, типом та інтенсивністю атмосферних опадів.

Формування шлейфа тритієвого забруднення описується залежністю:

$$A_{\max} = \frac{2Q}{\pi e v h} \cdot \frac{\delta_z}{\delta_y}, \quad (3)$$

де A_{\max} – максимально можлива активність тритію у розрахунковому пункті;

Q – потужність джерела тритію (Бк/м³·с);

e – основа натуральних логарифмів;

v – середньорічна швидкість вітру, м/с;

h – висота джерела над земною поверхнею;

δ_z – вертикальна депресія шлейфа розсіювання;

δ_y – поперечна депресія шлейфа розсіювання.

Концентрація тритію в повітрі у кар'єрних осередках його формування становить 15–35 Бк/м³, що не перевищує норм НРБУ-97 і зменшується за рахунок інтенсивного розсіювання в атмосферному потоці й становить на відстані 1000 м приблизно 0,5–1,0 Бк/м³. Вплив же атморадіогеохімічного перенесення тритію на навколишнє середовище виражається головним чином у формуванні радіобіогеохімічних аномалій у рослинності за рахунок прямого поглинання нукліда листям і травою безпосередньо із забрудненого повітря рослинністю прилеглої до кар'єра території, а також радіогеохімічних аномалій у ґрунті – за рахунок дощового вимивання тритію з атмосферного потоку.

Якщо оцінювати динаміку інфільтраційного перенесення тритію в зоні аерації та ґрунтовому водоносному горизонті, то необхідно зазначити, що в зв'язку зі складним характером розподілу тритію в ґрунтах різного літологічного складу зони аерації та мінливістю їх водно-балансових характеристик достовірні балансові оцінки запасів тритію є досить складними. Одночасно необхідно зазначити, що реальні адсорбційні можливості ґрунтів зони аерації щодо тритію є досить вагомими. Якщо розглядати взаємодію з важкою водою головних поглиначів тритію у ґрунтах, то основними поглиначами слід вважати монтморилоніт, каолініт, палігорскіт та інші подібні їм мінерали. Так, кожний кілограм розкритих ґрунтових порід з вмістом глинистих мінералів 10 % має можливість міцно зв'язувати такі активності тритію: з участю каолініту – майже 50 Бк, глини та суглинків – 30–50 Бк, монтморилоніту – 400–650 Бк, що для об'єму 1 м³ буде дорівнювати відповідно 50, 30–50, 400–650 кБк. На кар'єрах з видобування булощебеневої сировини рихлі розкриті породи найбільшим чином представлені реальними суглинками з вмістом фізичної глини 20–30 %. Слід зазначити, що саме такі природні компаунди забезпечують шаровим філосилікатам можливість поглинати тритій за рахунок

забезпечення транзиту іонів тритію до обмінних протонних позицій. Для з'ясування адсорбційних властивостей рихлих ґрунтових розкривних порід необхідними є проведення випереджувальних досліджень властивостей геологічного середовища, його мінерального і гранулометричного складу, здатності покладів поглинати та закріплювати тритій у міцно зв'язаних формах, які забезпечують виведення тритію з біохімічного кругообігу на час, близький до його періоду напіврозпаду. Необхідно також заздалегідь визначати і здатність мінерального середовища утримувати поглинутий тритій. Ці дані складуть необхідну інформаційну базу для параметризації моделей міграції тритію в геологічному середовищі.

Надходження тритію у ґрунтово-водоносний горизонт відбувається з наступним його депресійним (атмодифузійним – у ґрунтах зони аерації та фільтраційним у зоні насиченої фільтрації) розподілом з локального джерела.

Тритієве забруднення має свою специфічну динаміку накопичення тритію в мінеральному середовищі. Як зазначалось вище головним можливим поглиначем тритію є глинисті мінерали. Реальне відображення процесу накопичення тритію в мінеральному середовищі можливо отримати за допомогою натурних досліджень у свердловинах, розміщених у місцях ймовірних геоінформаційних потоків, у зонах аерації та розвантаження підземних вод. Накопичення тритію залежить від структурної позиції водневої фази у глинистому мінералі, типу мінералів, часу взаємодії водної та мінеральної фаз, а також від питомої активності важкої води, що взаємодіяла з мінеральною фазою.

Загальна адсорбційна ємність глинистих мінералів складається з часткових ємностей, тобто:

$$C_a = C_m + C_v + C_c, \quad (3)$$

де C_a – загальна адсорбційна ємність;

C_{nn} – порово-поверхнева ємність;

C_m – міжшарова ємність;

C_c – структури ОН-груп адсорбційна ємність.

Висновки

1. Основними видами міграції тритію слугують гідрогеоміграція та атмогеоміграція.
2. Існують динамічні закономірності розвитку гідрогеоміграційного потоку забруднених тритієм вод у ґрунтовому водоносному горизонті та закономірності формування і поширення тритієвої радіогідрогеохімічної аномалії.
3. Атмогеоміграційні процеси спричиняють менше тритієве радіаційне забруднення довкілля, ніж гідрогеоміграційні процеси. Тритієве забруднення спричиняється за рахунок дощового вимивання тритію з атмосферного потоку та за рахунок поглинання тритію рослинністю.
4. Різні ґрунти мають різні реальні адсорбційні можливості щодо інфільтрації та накопичення тритію в геологічному середовищі, ґрунти зони аерації також мають різну захисну здатність, зв'язана волога ґрунтів зони аерації здатна накопичувати великі кількості тритію.
5. Акумуляція тритію залежить від: часового чинника, позиції і структури мінералу, типу мінералу; активності важкої води, що взаємодіє з мінералом.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-94). – К., 1996. – 72 с.
2. Шестопалов В.М., Шевченко О.Л. та ін. Ідентифікація автореабілітаційних процесів у водотоках зони відчуження та можливе спрямування реабілітаційної діяльності // Бюлетень екологічного стану зони відчуження та зони безумовного (обов'язкового) відселення. – № 16. – 2000. – С. 18–24.
3. Ольшеванская И.М. Обобщение радиогидрогеологических исследований на территории деятельности ПГО "Южукргеология" в период 1985–1995 гг.: Фонды КП "Южукргеология". – Днепропетровск, 1997.
4. Пушкарев А.В., Пушкарева Р.А., Литовченко А.С., Колтунов Б.Г. Буферные свойства геологической среды в местах размещения хранилищ тритийсодержащих радиоактивных отходов // Збірник наукових праць Державного наукового центру радіогеохімії навколишнього середовища / Техногенно-екологічна безпека навколишнього середовища. – Вип. 1. – К. – 2000. – С. 117–127.

5. *Пушкаръов О.В., Литовченко А.С., Пушкаръова Р.О., Яковлев Є.О.* Динаміка накопичення тритію в мінеральному середовищі // Мінеральні ресурси України. – № 3. – 2003. – С. 42–45.
6. IAEA. Radioactive waste management, Glossary, 1993.
7. *Пушкаръов О.В., Яковлев Є.О., Пушкаръова Р.О.* та ін. Гідрогеоміграція тритію в місцях розміщення сховищ радіоактивних відходів // Мінеральні ресурси України. – № 2. – 2003. – С. 38–40.
8. *Ильченко В.А.* К вопросу группирования радиоактивных аномалий, прошедших первоначальную оценку, в один радиоактивный объект. Инф. бюллетень по массовым поискам. – № 10. – К., 1985.
9. *Калиниченко А.Д.* Некоторые вопросы методики проведения радиогидрогеологических работ при массовых поисках урана // Инф. бюллетень по массовым поискам. – № 8. – К., 1979.
10. *Нефедов В.Д., Текстер Е.Н., Торопова М.А.* Радиохимия. – М.: Высшая школа, 1987.
11. *Яковлев Е.А.* Расчет объема депрессии подземных вод в радиальном потоке // Экспресс-информация Мингеологии СССР. – № 1. – 1977. – С. 1–7.
12. ISO-9000-1. Общее руководство качеством и стандарты по обеспечению качества: Руководящие указания по выбору и применению, 1994 (EN29000).
13. *Соботович Э.В., Бартницкий Е.И.* и др. Справочник по изотопной геохимии. – М.: Энергоиздат, 1983. – 240 с.

КОНДРАТЮК Віктор Іванович – кандидат технічних наук, доцент кафедри опору матеріалів Технологічного університету “Поділля” (м. Хмельницький).

Наукові інтереси:

- каменевидобування і каменеобробка;
- радіоекологія.

Подано 10.07.2004