

небезпеки i -ої речовини для води (ум. т/т), що розраховується подібно до виразу (2) з урахуванням заміни ГДК повітря на ГДК води.

Один з напрямів удосконалювання підходів до визначення економічного збитку пов'язаний зі спробами врахувати диференціацію об'єктів за рівнем збитку від «одиниці» забруднення, тобто здійснювати оцінку економічного збитку від забруднення атмосфери для забруднювальних речовин різних типів:

$$X_i = \sum_r \sigma_{ir} y_{ir} R_{ir} \sum_j A_{ij} m_{jr}, \quad (5)$$

де X_i – збиток від забруднення атмосфери i -ою речовиною; y_{ir} – питомий економічний збиток від базового інгредієнту на одиницю чисельності i -го забруднювача в r -й зоні, (ум.од./рік); m_{jr} – маса j -го забруднювача, викинутого в атмосферу в r -м районі; A_{ij} – показник відносної агресивності j -го забруднювача для i -ої речовини; R_{ir} – розмір чисельності i -го забруднювача r -ої зоні; σ_{ir} – безрозмірний регіональний поправковий коефіцієнт для i -го забруднювача.

При цьому якість навколишнього середовища, характер впливу забруднення на об'єкт, склад і розмір втрат об'єкта від цього впливу до уваги безпосередньо не приймаються. Передбачається, що особливості можуть бути враховані величиною нормативного показника γ .

Список літератури

1. Качинський А., Наконечний О. Стійкість екосистем та проблема нормування в екологічній безпеці України. Київ : НІСД, 1996. 52 с.
2. Будзьяк В. М., Будзьяк О. С. Напрями оцінювання стану земель. *Агросвіт*. 2019. № 4. С. 3–9.
3. Кузін Н. В. Екологічний моніторинг деградованих і малопродуктивних земель як основа оцінки рівня деградаційних процесів у сільськогосподарському землекористуванні. *Ефективна економіка*. 2017. № 1. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5563>.

УДК 504.75+316.334.5(075.8)

Козловська Т.Ф., к.х.н., доцент

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6106-5524>

Сиволожська В.М., викладач-методист

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8307-3421>

Панченко В.І., викладач-методист

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4729-4435>

Кременчуцький льотний коледж Харківського національного університету внутрішніх справ, м. Кременчук, Україна

ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД ІОНАМИ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ПРИ ПОВОДЖЕННІ З ПАЛЬНО-МАСТИЛЬНИМИ МАТЕРІАЛАМИ

Значне місце серед забруднювальних речовин посідають важкі метали, які

посідають одне з провідних місць серед забруднювачів природних поверхневих і підземних водоносних горизонтів. Найбільш часто зустрічаються ртуть, свинець, цинк, хром, кадмій, мідь. Їх накопичення в підземних водах має місце там, де вони інтенсивно забруднюють зовнішнє природне середовище, а також як супутні забруднювальні речовини у місцях поводження з пально-мастильними матеріалами при їх потраплянні до ґрунту. Аналіз хімічного складу підземних вод зазначених вище території показав, що вміст низки іонів важких металів перевищує ГДК. Найбільше перевищення ГДК спостерігається за вмістом заліза, кадмію, ртуті, кобальту та хрому.

Багаторічні дослідження було показали зростання концентрацій низки компонентів (табл. 1, 2).

Таблиця 1 – Концентрація іонів важких металів у підземних водах території впливу ПММ

Речовина	ГДК	Концентрація (мг/дм ³)		Максимальна кратність перевищення ГДК
		від	до	
Залізо загальне	0,3	0,2	93	310
Свинець	0,03	0,005	0,44	15
Молібден	0,25	0,03	0,74	3
Кадмій	0,001	0,001	0,027	27

Таблиця 2 – Динаміка зміни вмісту іонів важких металів (мг/дм³)

Значення концентрацій	Показник							
	Fe	Pb	Mo	Cd	Cr	Hg	Co	Ni
	5,2–2500	н/в	н/в	0–0,004	<0,05	н/в	н/в	н/в
0,088–7,9	0–0,94	0,054	н/в	0–0,4	н/в	н/в	0–0,088	
н/в	0,003–0,024	0,005–0,035	0,007–0,034	0,204–0,896	0,0006–0,025	0,068–0,589	0,002–0,75	
ГДК	1,0	0,03	0,25	0,001	0,05	0,0005	0,1	0,1

Дослідження вмісту іонів важких металів в підземних водах в зоні впливу місць зберігання пально-мастильних матеріалів показали, що їх концентрації мають тенденції до збільшення.

Забруднюючі компоненти можуть не тільки потрапляти в підземні води зі стоками та атмосферними осадами, але і утворюватись в процесі їх метаморфізації та змішування з природними підземними водами. На процеси забруднення підземних вод впливає також здатність до утворення важко розчинних комплексів іонів металів зі складовими пально-мастильних матеріалів. Ступінь метаморфізації стічних вод в підземному горизонті визначається їх хімічним складом, вмістом легко- та важкорозчинних сполук в породах, складом поглинених катіонів, сорбційною здатністю порід стосовно відповідних інгредієнтів. Серед фізико-хімічних процесів, що відбуваються у забруднених підземних водах, слід відзначити в якості переважаючих комплексоутворення, різні види сорбції, осадження та розчинення. При цьому посилюються процеси обміну центральних іонів, оскільки набір їх істотно розширюється за рахунок підземних вод. На якісний і кількісний склад

грунтових вод впливає, по-перше, хімічний склад порід, по-друге, рН стічних і підземних вод, наявність органічного забруднення.

У процесах фільтрації забруднених вод у водоносному горизонті продовжується руйнування металоорганічних комплексів, яке перебігає сумісно з дисоціацією значної частини сульфатних комплексів. Результати хімічних аналізів відібраних проб води свідчать, що в свердловинах, що знаходяться безпосередньо на території забруднення або поблизу неї, концентрація іонів важких металів значно вища, ніж у віддалених колодязях, і знаходяться вони у вигляді сульфатних (SO_4^{2-}) і гідрокарбонатних (HCO_3^-) комплексів.

Вважається, що органічна речовина ґрунту поруч із рН відіграє неабияку роль у вимиванні важких металів у ґрунтові води. Зокрема, важкі метали залежно від рН і наявності органічних речовин – гумінових і фульвокислот – утворюють розчинні чи нерозчинні комплекси. Окрім того, підвищують небезпеку потрапляння іонів важких металів у підземні води кислотні дощі і відходи виробництв, що мають кислу реакцію, а пально-мастильні матеріали мають саме $\text{pH} < 7$.

Одночасно, отримані дані дозволяють припустити, що ґрунти зони аерації слугують геохімічним бар'єром на шляху міграції важких металів: більше всього в ґрунтах концентрується заліза – до 7000 мг/кг, що пов'язано з осадженням гідроксидів заліза на лужному бар'єрі. Баланс $\text{Fe}^{2+} \rightleftharpoons \text{Fe}^{3+}$ залежить від рН середовища. Кислотність досліджуваних ґрунтових вод, що містять високий відсоток іонів заліза, коливається від 3,34 до 7,58, причому найбільший вміст заліза спостерігається у воді з рН від 3,34 до 5,00. У процесі міграції, іони заліза беруть участь у окисно-відновних процесах. У лужному середовищі міститься недисоційований гідроксид заліза (III), а іони з'являються лише у кислому середовищі. Отже, у свердловинах з рН води 3,34–5,00 збільшується вміст вільних іонів Fe^{2+} і Fe^{3+} , у середовищах з інтервалом рН 5,00–9,70 гідроліз іонів Fe^{2+} і Fe^{3+} закінчується осадженням гідроксиду заліза (II) і (III), які є активним сорбентом важких металів. При низьких значеннях рН підземних вод Fe^{2+} вибірково утворює комплекси з іонами SO_4^{2-} та Cl^- . У цілому серед процесів комплексоутворення з участю Fe^{2+} переважають процеси дисоціації комплексів вищих порядків на комплекси нижчих порядків і вільні іони. З числа нітратних комплексів можна виділити FeNO_3^{2+} , утворення їх починається у водах при вмісті нітрат-іону більше 13 мг/дм³. Комплекси Fe^{3+} в основному представлені у виді гідроксокомплексів $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$, $\text{Fe}(\text{OH})_2^{4+}$, FeOH^+ .

У значній кількості накопичується у породах цинк, нікель, хром. Наступними за ступенем накопичення йдуть мідь, свинець, кобальт та кадмій.

Важливу роль в осадженні важких металів відіграє вміст двооксиду вуглецю (CO_2) у ґрунті. Адсорбція іонів металів ґрунтом пов'язана з утворенням поруч з карбонатами (CO_3^{2-}) і сульфідів (HS^- , S^{2-}), оскільки ґрунти більш насичені продуктами життєдіяльності організмів: вуглекислим газом і водень сульфідом. У міру віддалення від джерела забруднення спостерігається підвищення рН ґрунтових вод, що призводить до утворення гідроксидів важких металів, які практично нерозчинні у воді.

Нікель і кадмій осаджуються у вигляді гідроксидів і деяких нікель- і

кадмій органічних сполук – складових пально-мастильних матеріалів. За наявності у фонових підземних водах гумінових кислот у певних умовах можливо утворення золів їх гуматів. Гідроксиди кадмію і кобальту мають більшу розчинність, ніж гідроксиди нікелю, тому в зоні осадження концентрація іонів нікелю буде меншою. Утворення гідроксиду кадмію починається у водах з рН 8,5, а для нікелю осадження гідроксиду характерно при рН 7,0. Переважні форми міграції кадмію і нікелю – це Cd^{2+} і Ni^{2+} .

Серед важких металів свинець найменш рухливий. Значна частина свинцю надходить у оточуюче середовище у вигляді металоорганічних сполук. Перенесення свинцю у забруднених підземних водах здійснюється у вигляді вільних іонів і комплексів з органічними лігандами, а також SO_4^{2-} , Cl^- та OH^- . Поряд з джерелами забруднення переважають органічні комплекси, а у процесі міграції спостерігається їх дисоціація. Руйнування органічних комплексів відбувається через утворення сульфатних комплексів.

У забруднених підземних водах ртуть мігрує у вигляді сульфатних і хлоридних комплексів з неорганічними лігандами. Сорбція ртуті досягає максимальної величини при рН 4–5. У підземних водах кобальт знаходиться переважно в складі комплексів з органічними лігандами, а також у вигляді вільних іонів Co^{2+} , сульфатних і карбонатних комплексів. Тверді фази представлені його гідроксидами, сульфідами, карбонатами, гуматами.

Отже, розташування джерела забруднення в екологічному відношенні становить серйозну загрозу для оточуючого середовища, особливо для підземних вод, а відсутність надійного водоупору і високі ухили сприяють розтіканню забрудненого потоку до селітебної зони.

УДК 504:621.6

Реута А.В., викладач вищої категорії

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6495-6560>

Дрогомерецька Г.В., викладач вищої категорії

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8296-9816>

Нальотова Н.І., викладач першої категорії

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3243-202X>

Кременчуцький льотний коледж Харківського національного університету внутрішніх справ, м. Кременчук, Україна

ПРОГНОСТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВИНИКНЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ НЕБЕЗПЕК ТА ВТАТ ПАЛИВА В ПРОЦЕСІ ЙОГО «ДИХАННЯ» В РЕЗЕРВУАРАХ РОЗТАШОВАНИХ НА СКЛАДАХ ТА СХОВИЩАХ ПАЛЬНО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Упродовж тривалого часу стикаємось з проблематикою нестабільності ринку пального, що створює значні складнощі для паливно-енергетичної сфери, яка відіграє важливу роль для стратегічного значення та економіки нашої держави. Тому перед галуззю паливно-енергетичної сфери тривалий період стоїть завдання