шихте, а также числовых значений коэффициента пропорциональности в формуле (1) удельной производительности окомкователей.

Список литературы

1. Савельев С.Г. Современное состояние и перспективы развития производства железорудных окатышей / С.Г. Савельев, Г.В. Губин, Я.А. Стойкова // Сталь – 2013. – № 8. – С. 2-7.
2. Иванова Т. Экспорт железорудного сырья из Украины обречен на падение / Т. Иванова // Деловое издание Hubs, 07.11.2016. Электронный ресурс : <http://hubs.ua/economy/eksport-zhelezorudnogo-sy-r-ya-iz-ukrainy-obrechen-na-padenie-94773.html>
3. Рубан С.А. Использование нечетких регуляторов для автоматизации технологического процесса обжига окатышей на конвейерных обжиговых машинах / С.А. Рубан, В.И. Любов // Разраб. рудн. месторожд. — Вып. 91. — Кривой Рог: КТУ, 2007. — С. 188-193.
4. Кузьменко А.С. Использование нейронной сети для управления чашевым окомкователем / А.С. Кузьменко, М.Л. Барановская // Вісник Криворізького національного університету. Зб. наук. праць – Вип. 40. – Кривий Ріг: КТУ, 2015. – С. 93-97.
5. Применение методологии ВНИИМТ для оптимизации теплотехнических схем обжиговых конвейерных машин / А.А. Буткарев, А.П. Буткарев, П.А. Жомирук и др. // ООО «ВНИИМТ», 2013. Электронный ресурс : http://www.vniimt.ru/pdf/pub/80_VNIIMT_Application_VNIIMT_methodology_for_optimizing_the_thermal_circuit_roasting_conveyor_machines.pdf
6. Савельев С.Г. Оценка интенсивности процесса окомкования / С.Г. Савельев // Университетская наука – 2013: тез. докладов Междунар. научно-технич. конф. – Мариуполь: ГВУЗ «ПГТУ», 2013. – Том I. – С. 84, 85.
7. Бережной Н.Н. Производство железорудных окатышей / Н.Н. Бережной, В.В. Булычев, А.И. Костин – М.: Недра, 1977. – 240 с.
8. Сырье для черной металлургии : справочное издание в 2 т. Т. 1. Сырьевая база и производство окискованного сырья (сырье, технологии, оборудование) / [Ладыгичев М.Г., Чижилова В.М., Лобанов В.И. и др.] ; под ред. В.М. Чижиловой. – М.: Машиностроение-1, 2001. – 896 с.
9. Вегман Е.Ф. Окискование руд и концентратов / Е.Ф. Вегман. – М.: Металлургия, 1984. – 256 с.
10. Коротич В.И. Основы теории и технологии подготовки сырья к доменной плавке / Коротич В.И. – М.: Металлургия, 1978. – 208 с.
11. Теоретические основы производства окискованного сырья / Д.А. Ковалев, Н.Д. Ваникова, В.П. Иващенко [и др.] – Днепропетровск: ИМА-пресс, 2011. – 476 с.
12. Окомкователи для производства железорудных окатышей / Н.Н. Бережной, Н.М. Флакс, В.И. Бессараб [и др.] // Экспресс-информация. Ин-т «Черметинформация». – 1980. – Сер. 3. – Вып. 2. – 15 с.
13. Производство агломерата и окатышей: справ. изд. / [Базилевич С.В., Астахов А.Г., Майзель Г.М. и др.] : под общ. ред. Ю.С. Юсфина. – М.: Металлургия, 1984. – 216 с.
14. Kobelco Pelletizing Process / Yamaguchi S., Fujii T., Yamamoto N., Nomura T. // Kobelco Technology Review. – Dec. 2010. – № 20. – P. 68–79.
15. Обобщение работы фабрик окискования Минчермета СССР за 1989 г. / Н.М. Панин, В.С. Галинский, Ю.П. Довгач [и др.] – Днепропетровск: Укргипромез, 1990. – 69 с.

Рукопись поступила в редакцию 08.02.2018

УДК 627.132:504.06

Є.З. МАЛАНЧУК, д-р техн. наук, проф., П.П. ВОЛК, канд. техн. наук, доц.,
О.Ю. ВАСИЛЬЧУК, В.В. ЗАСЦЬ, кандидати техн. наук, старші викладачі, В.В. СЕМЕНЮК,
асистент

Національний університет водного господарства та природокористування

ОЦІНКА РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ В МЕЖАХ ЗБЕРІГАННЯ ГІРНИЧИХ ВІДХОДІВ ФОСФОГІПСУ

Мета. Метою є оцінка рівня екологічної безпеки за рахунок дослідження забруднення токсичними відходами, що зберігаються у відвалах ПАТ «Рівнеазот», що призводить до забруднення ґрунтів, поверхневих і підземних вод, негативно впливає на здоров'я населення. Враховуючи масштаби і значимість проблеми промислових відходів в Україні, існує необхідність в обґрунтуванні параметрів локалізації забруднення підземних вод і розробці інженерних методів спрямованих на покращення екологічної ситуації, та зменшення захворюваності населення в межах впливу відвалів гірничого виробництва.

Методи дослідження. Для виконання досліджень використано комплексний метод досліджень, що включає наукове узагальнення та систематизацію. Експериментальний метод використовувався для виявлення забруднення шкідливими та токсичними речовинами в ґрунтовому масиві на ґрунтових водах. Методи регресійного та кореляційного аналізу – для встановлення залежностей між забрудненням і відстанню до джерела забруднення та глибиною накопичення шкідливих речовин.

Наукова новизна. Основним чинником, який спричиняє забруднення, є фільтрація ґрунтових вод з території

техногенних родовищ, про що свідчить забрудненість ґрунту вище рівня ґрунтових вод. Вміст забруднення в ґрунті залежить від рівноваги концентрації, залишкової сорбції та лінійної концентрації забруднення.

Практична значимість. Розроблена сучасна методика для встановлення вмісту шкідливих речовин в ґрунті та ґрунтових водах від зберігання відходів фосфогіпсу ПАТ «Рівнеазот».

Результати. Результатом роботи є залежності вмісту сухого залишку солей шкідливих речовин від довжини створу та від відстані створу до об'єкта за глибиною відбору зразка, та залежності вмісту фосфору, заліза, нітратів, марганцю, мікроелементів від довжини створу на глибинах до 6 м. Використання при обґрунтуванні параметрів технічних заходів екологізації підземних вод, дає підстави для подальшої розробки методик для розрахунку різних параметрів, так і для побудови нових підходів до вирішення проблем забруднення ґрунтових і поверхневих вод точковими об'єктами, які б враховували дифузійний переніс забруднення, сорбційну здатність порід.

Ключові слова: екологічна безпека, гірничі відходи, фосфогіпс, шкідливі речовини, токсичні речовини, ґрунт, ґрунтові води, проба ґрунту, свердловина.

doi: 10.31721/2306-5435-2018-1-103-109-114

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. При розробці родовищ корисних копалин, їх видобутку і переробці, як правило, утворюються відходи, які забруднюють навколишнє середовище, зокрема, ґрунти і ґрунтові води. За матеріалами Рівненської геологорозвідувальної експедиції в Рівненській області налічується майже 1200 стаціонарних джерел потенційного забруднення ґрунтів та ґрунтових вод. Зокрема, значну небезпеку здоров'ю населення Рівненщини представляють відвали фосфогіпсу ПАТ «Рівнеазот». Це відходи четвертого класу токсичності. Із загальної кількості відходів, які є в області (16,8 млн т), 15,3 млн т зберігається у відвалах фосфогіпсів. Вирішення проблеми промислових відходів в області значною мірою залежить від того, як успішно ця проблема буде вирішена саме на цьому об'єкті.

Враховуючи масштаби і значимість проблеми промислових відходів в Україні, існує необхідність в обґрунтуванні параметрів локалізації забруднення підземних вод і розробці інженерних методів, спрямованих на покращення екологічної ситуації та зменшення захворюваності населення в межах впливу відвалів гірничого виробництва.

Аналіз досліджень і публікацій. Антропогенні зміни, що відбуваються у світі торкнулися практично всієї екосистеми планети. Це відбувається в результаті щоденного збільшення звалищ твердих побутових відходів, полігонів відходів від виробництва органічних добрив [1, 2]. Саме тому вивчення можливих джерел та шляхів попадання забруднень в ґрунт, ґрунтові води, а також збереження якості води в підземних потоках, є предметом досліджень багатьох вітчизняних та закордонних вчених [3-8]. Найбільшу загрозу якості ґрунтових вод представляють ті органічні сполуки, які є відносно розчинними, не випаровуються і не розкладаються хімічно або біологічно. У воді органічні речовини під дією бактерій елімінують. Їх розклад приводить до зменшення концентрації у воді розчиненого кисню, і тим самим наражає на екологічну небезпеку рівноваги водойми [9]. Особливу загрозу для мешканців м. Рівне і навколишніх сіл, а також басейну річки Горинь представляють відвали фосфогіпсу, які знаходяться на території ПАТ «Рівнеазот», що на захід на відстані 20 км від м. Рівне [10].

Надходження забруднюючих речовин у підземні води залежить від їх природної захищеності, яка у свою чергу, залежить від багатьох факторів, які можна об'єднати у дві групи – природні та техногенні. Серед природних факторів, які впливають на проникнення забруднюючих речовин у підземні води і захищеність останніх, важливу роль відіграють геолого-гідрологічні умови, одним з яких є будова та властивості порід зони аерації (потужність, літологія, наявність у розрізі слабопроникних відкладів, фільтраційні та сорбційні властивості, режим вологості) [11].

Постановка задачі. Відвали фосфогіпсу ПАТ «Рівнеазот» є найбільш проблемним з точки зору екологічної ситуації. Вирішення проблеми утилізації промислових відходів в області залежить від того як успішно ця проблема буде вирішена саме на цьому підприємстві.

Відвали фосфогіпсу є типовим і для інших об'єктів, що представляють загрозу здоров'ю людей та забрудненню ґрунтів і ґрунтових вод, придатні для проведення натурних досліджень, та вирішення наукових задач, пов'язаних із зменшенням захворюваності людей та запобіганням забруднення ґрунтів і ґрунтових вод, і представляють окрему наукову проблему. Проте, для вирішення цих задач потребує визначення вмісту шкідливих речовин у ґрунті та ґрунтових водах.

Викладення матеріалу та результати. Значний внесок у збільшення екологічного індексу

вносить азот нітритний, який є для ПАТ «Рівнеазот» специфічними показниками роботи станції денітрифікації. Державним управлінням екологічної безпеки в Рівненській області проконтрольовано стан ґрунтів на землях ПАТ «Рівнеазот» навколо відвалів фосфогіпсу. Екстремально високого забруднення ґрунтів (> 50 ГДК (гранично допустимої концентрації)) не виявлено.

Дані спостереження Державного управління екологічної безпеки в Рівненській області по аналізу проб води в р. Горинь в створах біля відвалів фосфогіпсу свідчать про те, що вміст фосфору в створі, що на 0,8 км вище с. Рубче в середньому в 5,5 рази менший в ніж в створі, що на 0,8 км нижче с. Рубче. Проби дренажних вод з території відвалів фосфату гіпсу відібрані перед відвалами і після говорять про те, що вміст фосфору збільшується в 10 разів. Аналізуючи зразки ґрунту, відібрані біля відвалів фосфогіпсу можна говорити про тенденцію накопичення рухомого фосфору в ґрунті. Так в пробах відібраних на відстані 500 м на захід в 2000 році вміст рухомого фосфору в ґрунті становить 332 мг/кг, а в 2016 р. - 670 мг/кг.

У Рівненській області відмічені випадки високого забруднення – 32 ГДК по міді. В пробах відібраних на відстані 500 м навколо відвалів фосфогіпсу вміст рухомого фосфору значно перевищує допустимі норми в 15...30 разів, вміст свинцю в межах 5...10 ГДК, хрому в межах

1...5 ГДК.

В матеріалах Державної управління екологічної безпеки в Рівненській області вказується на необхідність термінового вирішення даної проблеми і недопустимість забруднення вод р. Горинь та ґрунтових вод, а також вказується на негативний вплив відвалів фосфогіпсу на навколишнє середовище.

Дослідна ділянка – відвали фосфогіпсу ПАТ «Рівнеазот» приведена на рис.1, а на рис.2 показаний повздовжній розріз створу №1.

Для перехоплення поверхневого стоку та попередження забруднення ґрунтів і ґрунтових вод по периметру об'єкта запроектовані ловчі канали, а для відкачки води з території об'єкта запроектована насосна станція. Вода відводиться на очисні споруди ПАТ «Рівнеазот». На даний час насосна станція знаходиться в неробочому стані.

Вода в каналах високомінералізована, про що свідчать результати досліджень та сухі дерева в руслі, напір води в каналах становить 0,5 м. Крім відвалів фосфогіпсу на дослідній ділянці розміщується сховище твердих токсичних відходів площею 1 га. До об'єкта з сторони с. Метків існує бетонована дорога, яка сполучає ПАТ «Рівнеазот» і техногенні відвали фосфогіпсу. На відстані 300 м по периметру об'єкту сільськогосподарські угіддя.

Водно-фізичні і агрохімічні властивості ґрунтів вивчалися по загальноприйнятій методиці [3]. Для визначення щільності відбір зразків ґрунту виконувався в шурфах при допомозі циліндра об'ємом

Рис. 1. Дослідна ділянка – відвали фосфогіпсу ПАТ «Рівнеазот»: 1 – відвали фосфогіпсу; 2 – накопичувач твердих токсичних речовин; 3 – насосна станція; 4 – населені пункти; 5 – система каналів для перехоплення поверхневого стоку; 6 – свердловини для відбору проб ґрунту; 7 – місця забору проб води з р. Горинь; 8 – очисні споруди; Св.1...Св.22 - свердловини для відбору проб ґрунту; I, II – створи для відбору проб води в р. Горинь

Рис. 2. Схема повздовжнього розрізу по створу №1: 1 – супісок; 2 – суглинок; 3 – водотривий

250 мм² в 3-ох кратній повторності. Коефіцієнт фільтрації визначався приладом ПВН-ОО.

Для взяття проб ґрунту дослідна ділянка розбивалась на п'ять створів, які проектувались по найнижчим точкам місцевості. Перші три створи на захід від сховища в сторону с. Рубче довжиною 1 км; четвертий на південь від об'єкту довжиною 1,5 км; п'ятий на схід від об'єкту в сторону лісу, довжиною 0,9 км. Загальна кількість свердловин 22 шт.

Свердловини для взяття проб бурились ручним буром, діаметром 50 мм на глибину до 6 м. Проби ґрунту брались через кожний метр, починаючи від поверхні з трьохразовим повтором кожної проби. Відстані між свердловинами в перших трьох створах відповідно 50, 250, 300, 400 м. Вздовж всіх трьох створів спостерігається пониження території в сторону річки Горинь. Відстані між свердловинами в четвертому створі відповідно 50, 250, 300, 400, 500 м. П'ятнадцята і шістнадцята свердловини розміщені на пагорбі, далі пішов спуск в сторону річки.

Згідно даних були побудовані графіки залежності вмісту сухого залишку солей від відстані створу до відвалів фосфогіпсу за кожною глибиною взяття проби (рис. 3) та вміст сухого залишку солей у ґрунті за кожною глибиною в свердловині (рис. 4).

Рис.3. Залежність вмісту сухого залишку солей в ґрунті від довжини створу за глибиною відбору зразка (а) та від відстані створу до об'єкта за глибиною відбору зразка (б): 1 – на поверхні ґрунту; 2 – на глибині 1 м; 3 – на глибині 2 м; 4 – на глибині 3 м; 5 – на глибині 4 м; 6 – на глибині 5 м; 7 – на глибині 6 м

Рис.4. Залежність вмісту сухого залишку солей в ґрунті від глибини відбору зразка, створ №1(а): 1 – свердловина №1; 2 – свердловина №2; 3 – свердловина №3; 4 – свердловина №4; створ №5 (б): 1 – свердловина №18; 2 – свердловина №19; 3 – свердловина №20; 4 – свердловина №21; 5 – свердловина №22

З яких даних залежностей можна зробити висновок, що відвали фосфогіпсу спричиняють забруднення ґрунтів і ґрунтових вод яке розповсюджується в сторону річки. Про це свідчить вміст солей в ґрунті - менше значення масової частки сухого залишку солей біля поверхні ґрунту і більше значення на рівні залягання ґрунтових вод. Тобто забруднення виникає за рахунок фільтрації вод з території відвалів. В результаті хімічного аналізу відібраних на території дослідної ділянки проб води та ґрунту, визначено вміст мікроелементів у дослідних зразках. Встановлено вміст нітратів NO₃, фтору F, рухомого фосфору P₂O₅, рухомої сірки S, цинку, заліза, кобальту, нікелю, свинцю, марганцю, міді і хрому в зразках ґрунту в мг/кг. Побудовані графічні залежності вмісту мікроелементів в ґрунті від довжини створу за кожною глибиною відбору зразка (рис. 5-7).

Рис.5. Залежність вмісту фосфору (а) та заліза (б) від довжини створу (створ №1):
1 – $h=1$ м; 2 – $h=2$ м; 3 – $h=3$ м; 4 – $h=4$ м; 5 – $h=5$ м; 6 – $h=6$ м

Рис.6. Залежність вмісту нітратів (а) та марганцю (б) від довжини створу (створ №1):
1 – $h=1$ м; 2 – $h=2$ м; 3 – $h=3$ м; 4 – $h=4$ м; 5 – $h=5$ м; 6 – $h=6$ м

Рис.7. Залежність вмісту мікроелементів від довжини створу на глибині 3 м (а) та 6 м (б) від поверхні ґрунту, мг/кг:
1 – фтор; 2 – сірка рухома; 3 – цинк; 4 – нікель

При порівнянні даних одержаних експериментальним шляхом, і даних Державного управління екології та природних ресурсів в Рівненській області. Вміст свинцю, цинку, міді, кадмію, нікелю, кобальту, нітритів, марганцю, фосфору перевищує гранично допустимі норми. Так в пробах відібраних на відстані 500 м на захід в 2000 році вміст рухомого фосфору в ґрунті становив 332 мг/кг, а в 2016 р. - 670 мг/кг) можна зробити висновок про необхідність реконструкції системи захисту ґрунтів і ґрунтових вод від забруднення шкідливими речовинами на території відвалів фосфогіпсу поблизу виробничого майданчика ПАТ «Рівнеазот», чи впровадження нових більш ефективніших методів, які забезпечать якісне перехоплення забруднюючих речовин на виході об'єкту і не допустять спричинення екологічно-несприятливого стану навколишнього середовища.

Висновки та напрямки подальших досліджень. Екологічна ситуація пов'язана з об'єктами гірничо-видобувного комплексу характеризується вкрай негативно, вона ще більш погіршується в зв'язку з накопиченням токсичних відходів в результаті розробки родовищ корисних копалин, їх видобутку і переробки.

Токсичні відходи зберігаються у відвалах, що призводить до забруднення ґрунтів, поверх-

невих і підземних вод, негативно впливає на здоров'я населення. Враховуючи масштаби і значимість проблеми промислових відходів в Україні, існує необхідність в обґрунтуванні параметрів локалізації забруднення підземних вод і розробці інженерних методів спрямованих на покращення екологічної ситуації, та зменшення захворюваності населення в межах впливу відвалів гірничого виробництва.

Основним чинником, який спричиняє забруднення ґрунту на території відвалів фосфогіпсу, є фільтрація забруднених вод. Про це свідчить забрудненість ґрунтів, яка нижче рівня залягання ґрунтових вод в 5...10 разів більша. І з часом це значення зростає. Так вміст фосфору в ґрунті на відстані 200 м від відвалів протягом контрольного періоду збільшився в 2 рази, свинцю – в 1,15, хрому – в 1,35.

Список літератури

1. **Мяновська М. Б.** Розробка алгоритму проведення моніторингу впливу звалищ твердих побутових відходів на довкілля / М. Б. Мяновська, М. С. Мальований // III Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю: зб. наук. статей. – 21-24 вересня 2011 р, Вінниця. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – Т. 1. – С. 119–122.
2. **Онищенко С. В.** Еколого - економічна оцінка забруднення навколишнього середовища в системі екологічно безпечного розвитку регіонів України / С. В. Онищенко, М. С. Самойлік. – Полтава: ПНТУ ім. Ю. Кондратюка, 2012. – 269 с.
3. **Рыкходко М. М.** Ekologichna bezpeka pryrodnykh i antropohenno modyfikovanykh heosystem : monohrafiia / М. М. Рыкходко. – К.: Tsentr ekologichnoi osvity ta informatsii, 2013. – 201 s.
3. **Трунова І.О.** Залежність вмісту важких металів у твердому відході виробництва фосфорних добрив від просочування середі перебування / І.О. Трунова, Л.Д. Пляцук // Матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів інженерного факультету СумДУ. – Суми: Вид-во СумДУ, 2006. – С. 64-65.
4. **Пляцук Л.Д.** Системный подход к экологическому мониторингу в районе размещения отвала фосфогипсовых отходов / Л. Д. Пляцук, Е. Ю. Черныш, Е. Н. Яхненко [та ін.] // Экологический вестник. – Минск, 2015. – № 4 (34). – С. 77–85.
5. **Лычева М. А.** Особенности инженерно- геологических условий формирования отвалов фосфогипса / М. А. Лычева // Научный вестник Московского Государственного Горного Университета. – 2011. – №3 (12). – С.53–58.
6. **Клименко М.О.,** Рокочинський А.М., Колодич П.Д., Жомирук Р.В., Громаченко С.Ю. Сучасний стан та шляхи вирішення проблеми утилізації сміттєзвалищ у Рівненській області - Зб. наук. пр. Вісник НУВГП.- Рівне: НУВГП. - 2008. - Вип.№3. (43) - С.84-91.
7. **Жомирук Р.В.** Дослідження процесу забруднення ґрунтів і ґрунтових вод відходами гірничого виробництва. Зб. наук. пр. "Геотехнічна механіка". - Дніпропетровськ: ІТТМ НАН України. - 2012.- Вип. №95. - С.133-140.
8. **Malanchuk Z.** Examining features of the process of heavy metals distribution in technogenic placers at hydraulic mining / Malanchuk Z., Malanchuk Ye., Korniyenko V., Ignatyuk I. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies ISSN 1729-3774, 2017, pp. 45-51 DOI:10.15587/1729-4061.2017.92638.
9. **Khomenko, O.Ye.** Principles of rock pressure energy usage during underground mining of deposits / Khomenko, O.Ye., Sudakov, A.K., Malanchuk, Z.R., Malanchuk, Ye.Z. / Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, National Mining University of Ukraine, ISBN: 2071-2227, 2017, pp 34–43.
10. **Naduty, V.** Research results proving the dependence of the copper concentrate amount recovered from basalt raw material on the electric separator field intensity / Naduty, V., Malanchuk, Z., Malanchuk, Y., Korniyenko, V. / Eastern-European Journal of Enterprise Technologies ISSN 1729-3774, 2016, pp. 19-24 DOI: 10.15587/1729-4061.2016.79524.
11. **Pospheh G.B.** The analysis of aggradational phosphogypsum engineering-geological properties/ G.B. Pospheh, Y.S. Koudashov // Scientific reports on resource issues. – 2013. – v. 1, part II. – p. 35-39.

Рукопис подано до редакції 19.04.2018

УДК 681.5:622.73

Д.В. ШВЕЦЬ, асистент, Криворізький національний університет

АВТОМАТИЗОВАНЕ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ПОДРІБНЕННЯ МАГНЕТИТОВИХ РУД НА ОСНОВІ ВИЗНАЧЕННЯ ЇХ МІЦНОСТІ

Мета. Розширення функціональних можливостей розробленої ТОВ "Рудпромгеофізика" (м. Кривий Ріг) інформаційно-вимірювальної системи ДЗМ-К, призначеної для контролю вмісту масової частки магнетиту в масі подрібненої руди на рухомій конвеєрній стрічці при її використанні для контролю вмісту магнітного заліза у вихідній руді рудозбагачувальних фабрик гірничо-збагачувальних комбінатів. Створення алгоритму керування процесом подрібнення залізної руди з попереднім автоматичним визначенням міцності вихідної руди.

Метод. Розширення функціональних можливостей інформаційно-вимірювальної системи ДЗМ-К пропонується здійснити шляхом доповнення системи датчиком вмісту загального заліза, що дозволить визначати вміст як магніт-