

РАДІОЕКОЛОГІЯ РОДОВИЩ БАГАТИХ ЗАЛІЗНИХ РУД ПРИАЗОВСЬКОГО МЕГАБЛОКУ УКРАЇНСЬКОГО ЩИТА

О.В. Плотніков, В.В. Єфіменко, В.С. Стапай

Державний вищий навчальний заклад

«Криворізький національний університет»

50027, просп. Соборності України, 11, Кривий Ріг, Україна

E-mail: magnetit@meta.ua

Виконано комплексне радіоекологічне дослідження родовищ багатих залізних руд, які розробляє Запорізький залізорудний комбінат: Південно-Білозерського та Переверзівського. Детально закартовані показники природної радіоактивності різновидів руд і порід, розкриті підземними гірничими виробками. Визначений вплив розробки родовищ на радіоекологічний стан підземних вод і навколишнього середовища.

Ключові слова: природна радіоактивність, радіонукліди, багаті залізні руди.

Вступ. Родовища багатих залізних руд, розташовані в межах Приазовського мегаблоку Українського щита (УЩ), розробляють підземним способом. Вони є сировиною для металургійної промисловості України та закордонних підприємств. До такої сировини сформовано певні вимоги щодо її радіаційно-гігієнічних показників. Радіоекологічні дослідження під час розробки залізорудних родовищ є обов'язковими і передбачені угодами про користування надрами та є умовою отримання спеціальних дозволів на право користування надрами.

Мета дослідження – радіаційно-екологічний моніторинг Південно-Білозерського та Переверзівського родовищ багатих залізних руд, що розташовані в межах Приазовського мегаблоку УЩ, визначення класу радіоактивності, з'ясування можливостей і умов їх використання та складування.

Аналіз досліджень та публікацій. Радіологічні дослідження родовищ багатих залізних руд проводили переважно у ході пошукових робіт на уранові руди. Дані про природу багатих залізних руд висвітлені головним чином у виробничих звітах геологорозвідувальних та геофізичних партій і експедицій. Проте цілеспрямованих радіоекологічних досліджень і особливо робіт з моніторингу виконано порівняно мало.

У цій роботі висвітлено результати радіоекологічного моніторингу, виконаного у рамках робіт на замовлення ПрАТ «Запорізький залізорудний комбінат», що має спеціальні дозволи на промислову розробку Південно-Білозерського та Переверзівського родовищ багатих залізних руд.

Постановка завдання. Основні завдання роботи: детальний радіоекологічний моніторинг

Південно-Білозерського та Переверзівського родовищ за допомогою вимірювання природної радіоактивності порід і руд у підземних гірничих виробках; дослідження радіонуклідного складу порід і руд; з'ясування закономірностей поширення радіоактивних елементів по площі та на глибину; дослідження мінеральних та петрографічних особливостей порід і руд, які впливають на їх природну радіоактивність.

Методика досліджень. Роботи виконано відповідно до «Вимог по оцінці природної радіоактивності корисних копалин», затверджених наказом Державної комісії України по запасах корисних копалин від 15.12.1997 р. № 106.

Під час виконання робіт з оцінки природної радіоактивності враховано чинні нормативні документи [1–3].

Для дослідження природної радіоактивності порід застосовано такі методи: підземна радіометрична зйомка уступів кар'єру за допомогою дозиметра-радіометра МКС-08П «ДКС-96», оснащеного блоком детектування БДПГ-96 (заводський № 446); гамма-спектрометрія літохімічних проб за допомогою СЕГ-001 «АКП-С» БДЄГ(63); статистична обробка результатів гамма-каротажу експлуатаційних свердловин.

Результати та обговорення. Білозерський рудний район розташований у лівобережній частині Середнього Придніпров'я (рис. 1) і є південною частиною Конксько-Білозерської металогенічної підзони Оріхово-Білозірської металогенічної зони. В його геологічній будові беруть участь метаморфічні та інтрузивні породні комплекси палео- і мезоархею.

Палеоархею у регіоні репрезентований плагіогранітоїдами дніпропетровського комплексу з

ксенолітами порід аульської серії, складеними біотит-амфіболовими, піроксен-амфіболовими гнейсами та кристалічними сланцями.

Мезоархей представлений відкладами конкської та білозерської серій і парагенетично пов'язаними з ними у віковому і просторовому відношенні гранітоїдами сурського комплексу.

Конкська серія, загальна потужність розрізу якої сягає до 7 км, у межах Білозерської структури складена асоціацією метавулканітів від ультраосновного до кислого складу з підпорядкованим поширенням метаосадових порід. Традиційно розріз серії в межах Білозерської структури розділяють на три частини – нижню метабазитову, складену асоціацією амфіболітів, апостілітів і аподіабазів; середню залізисто-кременисто-метабазитову, представлену парагенезисом гранат-амфіболових, гранат-біотитових сланців, залізисто-силікатних кварцитів і порфіроїдів; верхню зеленосланцево-порфіритову, в будові якої беруть участь порфірити, кератофіри, амфіболіти, епідот-амфіболіти і епідот-хлоритові сланці. Згідно з чинною хроностратиграфічною кореляційною схемою докембрію УЩ, метабазитова і залізисто-кременисто-метабазитова частини розрізу відповідають сурській світі, а зеленосланцево-порфіритова – соло-

нянській, при цьому варто зазначити, що поширена вона тільки в межах північної частини району.

Білозерська серія залягає на різних горизонтах конкської з кутовим і стратиграфічним неузгодженням. Її складають три світи (знизу догори): михайлівська, запорізька і переверзівська.

Михайлівська світа залягає на розмитій поверхні метавулканогенно-осадового комплексу. Основу її розрізу становлять метапісковики, метаконгломерати, хлорит-кварцові і серицит-кварцові, серицит-кварцові сланці. Менше поширені метагравеліти, метаалевроліти і туфи кислого та середнього складу. Метаконгломерати, метапісковики та кварц-серицитові і хлорит-кварцові сланці складають трансресивні ритми потужністю від 1–2 до 20 м. Границі між деякими відмінами порід у середині ритмів поступові, між іншими – чіткі. У нижній частині розрізу переважають дво- та трикомпонентні ритми: метаконгломерат + метагравеліт, метагравеліт + метапісковик, метаконгломерат + метапісковик, або парагенезисами метагравеліт + метапісковик + сланець, метаконгломерат + метапісковик + сланець. Трикомпонентні ритми займають панівне положення у будові верхньої та середньої частини розрізу, що вказує на його трансресивний тип.



Рис. 1. Положення Білозерського рудного району в структурі Українського щита. Мегаблоки: I – Волинський, II – Дністровсько-Бузький, III – Росинсько-Тікицький, IV – Інгульський, V – Середньопридніпровський, VI – Приазовський. Міжблокові зони: 1 – Голованівська, 2 – Інгулецько-Криворізька, 3 – Оріхово-Павлоградська; 1 – гранулітові палеоархейські породні комплекси: а – метавулканогенно-осадові, б – гранітоїдні; 2 – амфіболітові палеоархейські породні комплекси: а – метавулканогенно-осадові, б – гранітоїдні; 3 – мезоархейські породні комплекси: а – метавулканогенно-осадові, б – гранітоїдні; 4 – палеопротерозойські породні комплекси: а – метавулканогенно-осадові, б – гранітоїдні; 5 – плутонічні породні комплекси мезопротерозою: а – діорити, габро-діорити, б – граніти рапаківі, анортозити, габро-анортозити, монзоніти; 6 – осадово-вулканогенні комплекси неопротерозою; 7 – межі мегаблоків; 8 – розломи; 9 – межі щита; 10 – положення Білозерського рудного району

Запорізька світа за структурно-речовинними особливостями і характером будови аналогічна саксаганській світі криворізької серії. Структурно-речовинні особливості її розрізу визначають кварц-хлоритові, карбонат-кварц-хлоритові, кварц-серицит-хлоритові та карбонат-кварц-серицитові сланці, силікат-магнетитові й безрудні кварцити. Менше поширені хлорит-кварц-флогопітові сланці, мартитові та гематитові відміни залістистих кварцитів, метапісковики. Сланцеві та залістисті породи утворюють закономірне перешарування сланцевих і залістистих горизонтів (парагенерацій), які складають своєрідні ритми. Нижні частини ритмів складені сланцевими, а верхні – залістистими горизонтами. Аналіз розрізу формації розкритого квершлагом «південний» свідчить, що кількість ритмів не більше шести (рис. 2). Потужність запорізької світи змінюється за простяганням Білозерської структури від 100 до 150 м.

Завершує розріз білозерської серії *переверзівська світа*, розділена на дві підсвіти – нижню та верхню. Нижня підсвіта складена асоціацією кварц-серицитових, кварц-карбонат-хлорит-серицитових сланців і кварцових, кварц-польовошпаттових метапісковиків. Ці породи – елементарний парагенезис формації, виражений через трансгресивні ритми. Потужність підсвіти досягає 340 м. Верхня підсвіта – асоціація кварц-серицитових, серицит-карбонат-кварцових, серицитових, вуглецево-серицитових сланців, метапісковиків і безрудних кварцитів. Характер порід за розрізом дає змогу виділити два типи парагенерацій. Загальна потужність підсвіти досягає 200 м.

Теплівська товща, яка завершує розріз докембрійських утворень Білозерської структури, незгідно залягає на породах білозерської серії. Розріз товщі складений перешаруванням метавулканітів ультраосновного, основного та середнього складу. Серед метаультрабазитів переважають сланці актинолітового (тремолітового) складу, іноді з домішками альбіту (метапикрити та метапикрито-базальти), в яких нерідко спостерігаються бластопорфірові структури. Потужність таких прошарків 1–14 м.

Метабазити представлені альбіт-хлоритовими, альбіт-амфіболовими метабазальтами та плагіоклаз-амфіболовими метадолеритами, а також хлорит-альбітовими, хлорит-біотит-альбітовими, іноді хлорит-амфібол-альбітовими різновидами метаандезитів та метаандезито-базальтів.

Загалом нижній частині розрізу товщі властива асоціація метабазитів і метапикритів з підпорядкованим поширенням метадолеритів, а у верх-

ній частині переважають метаандезити. Потужність товщі не перевищує 250 м.

Метаморфізовані породи в умовах низького ступеня зеленсланцевої фації метаморфізму. Породи комплексу містять рештки мікроорганізмів, аналогічні виявленим у розрізах гданцівської світи Криворізької структури і інгуло-інгулецької серії Інгульського мегаблоку.

Складчастий архейський комплекс порід на всій території району перекритий потужною товщею мезо-кайнозойських відкладів різної потужності (від 180 м у північній частині району, 350–500 м у південній, до 700 м у Веселівській аномалії), які характеризуються субгоризонтальним заляганням.

Результати підземної радіаційної зйомки Південно-Білозерського та Переверзівського родовищ. Радіоекологічний моніторинг виконано за допомогою дозиметра-радіометра МКС-08-02П «ДКС-96», оснащеного блоком детектування БДПГ-96 (заводський № 446). Просторову прив'язку маршрутів пішохідної зйомки здійснено за маркшейдерським планом, за наявними маркшейдерськими точками.

Природну радіоактивність гірських порід і руд у шахтних умовах визначено за допомогою інтегральної модифікації гамма-методу і уточнено за представницькими пробами гамма-спектрометром в лабораторних умовах із кількісним визначенням вмісту радю (^{226}Ra), торію (^{232}Th), калію (^{40}K).

Маршрутна гамма-зйомка виконана по стінках, забоях, та підшві виробок. Геофізичні вимірювання здійснено через кожні 20–40 м одним радіометром. Початкову та кожну десятку геофізичні точки профілю контролював інший оператор іншим радіометром. Таким чином, здійснено 10 % конт-

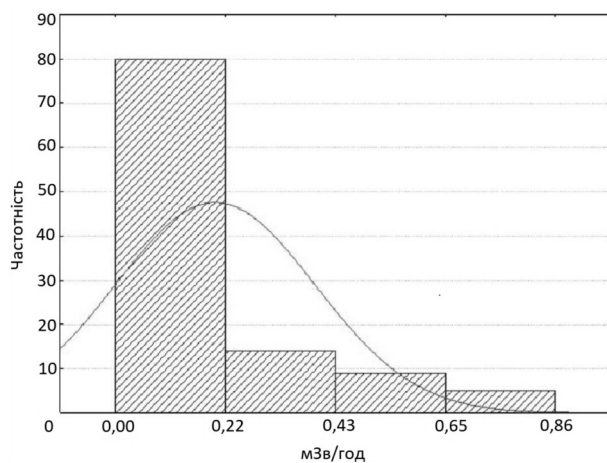


Рис. 2. Природна радіоактивність порід Південно-Білозерського та Переверзівського родовищ багатих залізних руд

роль досліджень. Виміри занесено в польовий журнал, де вказано зміни геологічної будови.

Результати радіаційно-гігієнічної зйомки Південно-Білозерського та Переверзівського родовищ. Радіоактивність порід вивчено за допомогою підземної інструментальної радіометричної зйомки в гірничих виробках. Дослідження виконано в межах робочих горизонтів 875, 910, 940 м. Визначено природну радіоактивність порід за допомогою дозиметра-радіометра МКС-08П «ДКС-96», оснащеного блоком детектування БДПГ-96. Перед початком вимірювань перевірено робочий стан апаратури шляхом реєстрації природного фону та виміру випромінювання від контрольного джерела. Для виключення впливу фону зовнішнього гамма-випромінювання застосовано свинцеві фільтри. Одиниці виміру приладу – мкЗв/год.

Результати зйомки наведено на рис. 2. Природна радіоактивність порід Південно-Білозерського та Переверзівського родовищ багатих залізних руд змінюється від 0,01 до 0,8 мЗв/год, складаючи в середньому 0,2 мЗв/год. Найбільші її значення зафіксовано в зонах розломів і на контактах сланцевих та залізистих горизонтів.

Породи мають загалом досить низькі природні значення гамма-випромінювання, які згідно з нормами радіаційної безпеки НРБУ-97 відповідають породам першого класу.

Гамма-спектрометрія. Для літохімічних аналізів контролю питомої активності природних різновидів та готової продукції (руда агломераційна А-1, руда мартенівська МК-1 та щебінь кварцито-сланцевий) були відібрані проби на гамма-спектрометричні дослідження. Гамма-спектрометричні дослідження літохімічних проб виконано за допомогою СЕГ-001 «АКП-С» БДЄГ(63).

У пробах у лабораторних умовах визначено питому активність радію (^{226}Ra), торію (^{232}Th), калію (^{40}K), потім розраховано сумарну питому

активність породи за формулою:

$$A_{\text{ef}} = A^{226}\text{Ra} + 1,31A^{232}\text{Th} + 0,085 A^{40}\text{K}$$

де $A^{226}\text{Ra}$, $A^{232}\text{Th}$ – питомі активності радію-226 та торію-232, що рівноважні з рештою членів уранового і торієвого сімейств (Бк/кг); $A^{40}\text{K}$ – питома активність ^{40}K (Бк/кг).

Отримані показники кожної проби порівняно з нормативними для кожного класу відповідно до НРБУ-97.

Висновки. Результати радіоекологічного моніторингу шахт ПрАТ «ЗЗРК» дають змогу зробити наступні висновки.

Потужність еквівалентної дози гамма-випромінювання порід шахт змінюється від 0,01 до 0,5 мЗв/годину. Відповідно до норм радіаційної безпеки, породи в межах шахт ПрАТ «ЗЗРК» за радіоактивністю відповідають породам першого класу.

За даними лабораторних досліджень проб методом гамма-спектрометрії за допомогою СЕГ-001 «АКП-С» № 27107, ефективна питома активність природних радіонуклідів у всіх різновидах порід не перевищує нормативних показників для першого класу мінеральної сировини (370 Бк/кг згідно з НРБУ-97 п. 8.6.1.6).

За результатами оцінювання природної радіоактивності порід Південно-Білозерського та Переверзівського родовищ визначено, що вони згідно з вимогами ДБН 1.4-0.01-97 і НРБУ-97, належать до першого класу радіоактивності і можуть бути використані для усіх видів будівництва.

Породи, що за радіоактивністю належать до першого класу, не загрожують навколишньому середовищу та здоров'ю людей.

Потужність еквівалентної дози гамма-випромінювання за виробками шахт та основними маршрутами підземного персоналу відповідає нормам першого класу радіоактивності та є цілком безпечною.

Список літератури

1. Вимоги до оцінки природної радіоактивності корисних копалин при проведенні геологорозвідувальних робіт на родовищах будівельної сировини / Державна комісія України по запасах корисних копалин. 1997. 46 с.
2. ДСТУ ISO 18589-3:2010. Вимірювання радіоактивності у доквілля. Грунт. Частина 3. Гамма-випромінювальні радіонукліди. Київ. 2007. 24 с.
3. Норми радіаційної безпеки України НРБУ-97. Київ, 1997. 84 с.

References

1. Vymohy do otsinky pryrodnoyi radioaktivnosti korysnykh kopalyn pry provedenni heolohorozvidualnykh robit na rodovyshche budivelnoyi syrovyny / Derzhavna komisiya Ukrayiny po zapasakh korysnykh kopalyn, 1997, 46 p. [in Ukrainian].
2. DSTU ISO 18589-3: 2010. Vymiryuvannya radioaktivnosti u dovkillya. Hrunt. Chastyna 3. Gamma-viprominyvalni radionuklidi [in Ukrainian].
3. Normy radiatsynoyi bezpeky Ukrayiny NRBU-97. Kyiv, 1997, 84 p. [in Ukrainian].

Плотников А.В., Ефименко В.В., Стапай В.С.

ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

Радиоэкология месторождений богатых железных руд Приазовского мегаблока Украинского щита

Выполнен комплекс радиоэкологических исследований богатых железных руд, которые разрабатывает Запорожский железорудный комбинат: Южно-Белозерского и Переверзевского. Детально закартированы показатели природной радиоактивности разновидностей руд, вскрытых подземными горными выработками. Изучено влияние разработки месторождений на радиоэкологическое состояние подземных вод и окружающей среды.

Ключевые слова: естественная радиоактивность, радионуклиды, богатые железные руды.

Plotnikov A.V., Efimenko V.V., Stapay V.S.

State Educational Institution «Krivoy Rog National University»

Radioecology of rich iron ores deposits of the Priazovsky megablock of the Ukrainian Shield

A complex of radioecological researches of rich iron ores deposits was carried out. Pyvdenno-Bilozirske and Pereverzivske deposits, which are exploited by Zaporizhzhia iron ore enterprise, were objects of study. There are special requirements concerning their radiation properties due to use as metallurgical raw materials in Ukraine and abroad. Detailed natural radioactivity varieties of ores and rocks, which are discovered by underground mining, were mapped. In accordance with the radiation safety standards, rock mines radioactivity within deposits corresponds to the first class rocks. The influence of deposits' mining on radioecological state of groundwater and the environment is determined.

Keywords: natural radioactivity, radionuclides, rich iron ores.

Надійшла 10.09.2018.