

УДК 550.4:574.3

КРАСНОВ Є.Б., СТУДЗІНСЬКА А.О., ВЕРХОВЦЕВ В.Г., ТИЩЕНКО О.Ю., КУЛІБАБА В.М.

ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», м. Київ

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ РАДІОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТЕРИТОРІЇ БІЛАНІВСЬКОГО ЗАЛІЗОРУДНОГО І КРЕМЕНЧУЦЬКОГО УРАНОВОГО РОДОВИЩ

Наведено результати польових комплексних інструментальних радіоекологічних досліджень території Біланівського залізорудного та Кременчуцького уранового родовищ. За результатами проведених досліджень визначено радіаційний стан досліджуваної території (потужність гамма-випромінювання, активність радону в ґрунтах зони аерації, потужність ефективної дози радіоактивного випромінювання), виділено зони підвищеного радіоекологічного ризику. Встановлено, що визначені показники не є критичними, проте виміряні рівні повинні розглядатися як підстава для подальших регулярних досліджень (радіоекологічного моніторингу).

Вступ

Біланівське родовище залізистих кварцитів розташоване за 4–5 км на захід від залізничної станції Галещина і за 25 км від м. Комсомольськ (Полтавська область), а Кременчуцьке родовище урану – в 1,5 км на захід.

Мета роботи: дослідження та оцінювання радіаційно–екологічного стану середовища Біланівського залізорудного і Кременчуцького уранового родовищ.

Об'єкт досліджень: радіаційно–екологічні показники середовища Біланівського залізорудного і Кременчуцького уранового родовищ (потужність радіоактивного вимірювання середовища – гамма-фон, потужність ефективної дози (ПЕД), активність еманції радону).

Основні завдання:

- вивчення можливого впливу Кременчуцького уранового родовища на розробку Біланівського залізорудного родовища;
- проведення натурних польових радіоекологічних досліджень;
- визначення радіаційного стану родовища (гамма-фон, активність радону в ґрунтах зони аерації, потужність ефективної дози);
- визначення зон підвищеного радіоекологічного ризику та картографування результатів досліджень.

Особливості геологічної будови. У геоструктурному відношенні район відноситься до північно-східного схилу УЩ, до зони його переходу в ДДЗ.

В геологічній будові Біланівського залізорудного (рис. 1) та Кременчуцького уранового (рис. 2) родовищ приймають участь кристалічні утворення докембрійського віку та товща осадових відкладів, потужність якої в межах родовища коливається від 82 до 105 м.

Основні результати радіоекологічних досліджень. Вивчення території виконувалось у дві стадії: 1) – польові роботи; 2) – камеральні роботи. Дана робота присвячена розгляду результатів лише польових інструментальних досліджень. Польові роботи виконувались у вересні 2013 року. Загальна кількість точок спостереження – 46 (рис. 3).

Для натурних комплексних радіоекологічних досліджень використано наведену на рис. 4 мобільну апаратуру польових експрес-досліджень радіоактивності середовища.

Експедиційні дослідження включали апаратурні вимірювання радіаційно-екологічних

показників середовища, попередню обробку результатів та координатну супутникову прив'язку на місцевості точок спостережень.

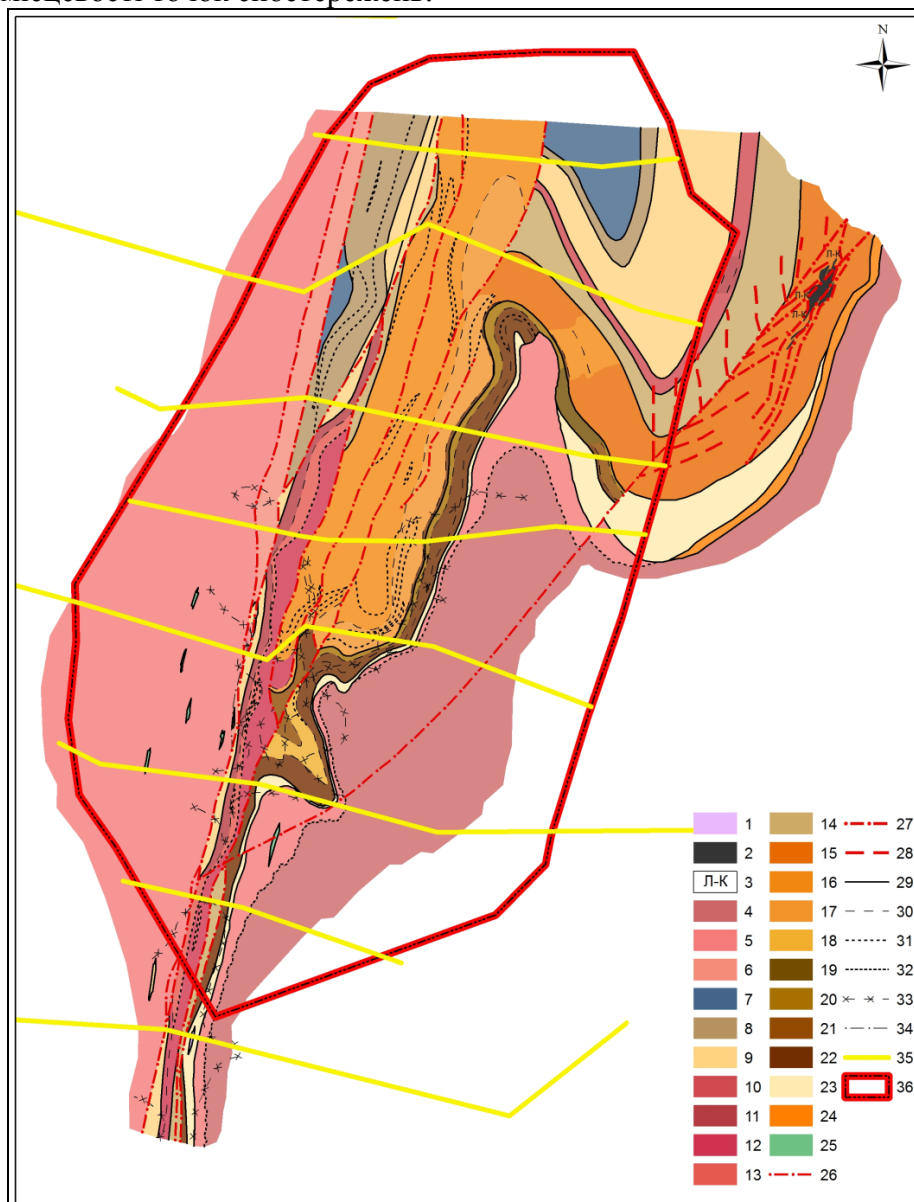


Рис. 1. Геологічна карта докембрію Біланівського залізрудного та Кременчуцького уранового родовищ та прилеглої території за даними Кременчуцької ГРЕ [2] (з доповненнями та змінами О.О. Крамара)

Умовні позначення до рис. 1.: 1 – $\beta_1 PR_1-PR_2$ – діабазі; 2 – уранове зруденіння; 3 – зони прояву лужного і карбонатного метасоматозу (Кременчуцьке уранове родовище); Кіровоградський гранітоїдний комплекс ($plutPR_k$); 4 – граніти плагіоклазові сірі різнозернисті; 5 – мігматити плагіоклазові сірі різнозернисті; 6 – катаклазити мігматитів; Саксаганська серія (нерозчленована): 7 – K_2^5 – сланці кварцово-біотитові, місцями хлоритизовані, з прошарками кварцових дрібнозернистих метапісковиків; 8 – K_2^7 – кварцити магнетитові, кумінгтоніто-магнетитові та біотито-магнетитові (1) з лінзами кварцово-магнетито-біотитових сланців (2); 9 – K_2^6 – сланці кварцово-біотитові філітовидні та метапісковики кварцово-польовошпатові, часто карбонатизовані, іноді з прошарками кумінгтоніто-магнетитових кварцитів; конгломерати, седиментаційні брекчії; 10 – K_2^4 – кварцити магнетитові та кумінгтоніто-магнетитові з прошарками кварцово-кумінгтонітових та кварцово-біотитових сланців, хлоритизованих, місцями з гранатом; 11 – K_2^3 – кварцити магнетитові червоносмужчасті з прошарками сіросмужчастих магнетитових та кумінгтоніто-магнетитових кварцитів; 12 – K_2^2 – кварцити магнетитові, кумінгтоніто-магнетитові з лінзами кварцово-біотитових сланців; 13 – K_2^1 – сланці кварцово-біотитові та кварцово-магнетито-кумінгтонітові з магнетитом, з прошарками магнетито-кумінгтонітових кварцитів; 14 – K_2^1 – сланці кварцово-біотитові філітовидні, кварцово-гранатобіотитові, іноді з прошарками магнетито-кумінгтонітових кварцитів, в основі зпластоподібними тілами

колчеданів; 15 – K_2^3 – кварцити кумінгстоніто-магнетитові з підлеглими прошарками кварцово-магнетито-кумінгстонітових та кварцово-магнетито-біотитових сланців; 16 – K_2^3 – кварцити кумінгстоніто-магнетитові та сланці кварцово-магнетито-кумінгстонітові з рідкими прошарками кварцово-кумінгстонітових з магнетитом сланців; 17 – K_2^2 – кварцити кумінгстоніто-магнетитові та сланці кварцово-магнетито-кумінгстонітові та кварцово-магнетито-біотитові; 18 – K_2^1 – кварцити кумінгстоніто-магнетитові та магнетитові з прошарками кварцово-магнетито-кумінгстонітових і кварцово-магнетито-біотитових сланців; 19 – K_2^3 – кварцити магнетитові та кумінгстоніто-магнетитові червоно- та сіроsmугасті; 20 – K_2^3 – кварцити магнетитові, переважно червоносмугасті, тонкошаруваті; 21 – K_2^2 – кварцити магнетитові, іноді з кумінгстонітом, сіроsmугасті, тонко- та середньо шаруваті, місцями з прошарками кварцово-магнетито-кумінгстонітових сланців; 22 – K_2^1 – кварцити магнетитові, переважно червоносмугасті, тонкошаруваті, в основі – кумінгстоніто-магнетитові з прошарками кварцово-магнетито-кумінгстонітових і кварцово-магнетито-біотитових сланців; 23 – K_2^1 – сланці кварцово-біотитові та кварцово-кумінгстонітові, часто хлоритизовані, з гранатом, з тонкими прошарками кварцових метанісковиків; 24 K_1 – аркозові пісковики, філіти; 25 – AR_{kv} – амфіболіти, сланці кварцово-біотито-амфіболові та кварцово-амфіболо-біотитові; 26 – тектонічні порушення: 27 – тектонічні порушення біля рудного тіла; 28 – опірюючі тектонічні порушення; Геологічні границі: 29 – між комплексами, серіями, світами та підсвітами; 30 – між пачками; 31 – між кондиційними та некондиційними рудами по вмісту заліза магнетитового в межах пачки; 32 – між мігматитами та гранітами-плагіогранітами; 33 – зона вивітрених, окиснених порід; 34 – границя між катаклазованими та «свіжими» породами; 35 – профілі комплексного обстеження; 36 – територія Біланівського ГЗК.

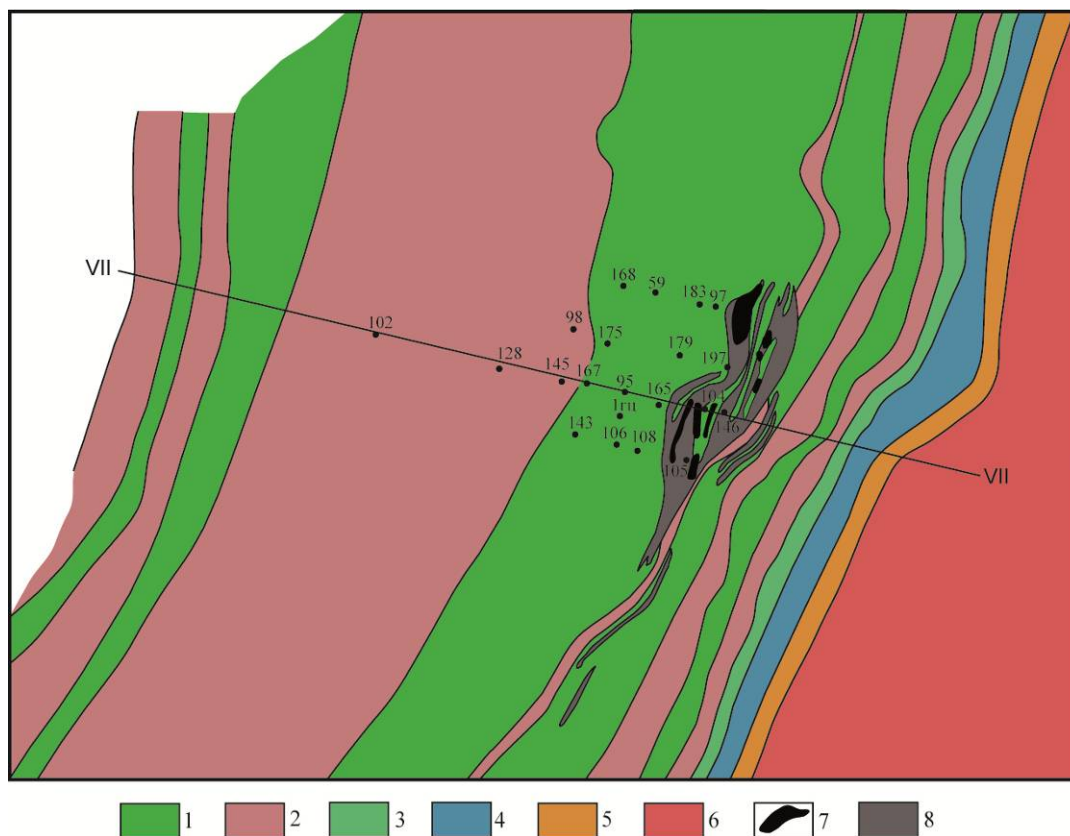


Рис. 2. Геологічна карта Кременчуцького уранового родовища [3]

Умовні позначення до рис. 2.: 1 – магнетитові роговики та джеспіліти з прошарками хлорито-амфіболо-біотитових сланців та магнетито-амфіболо-слюдистих сланців; 2 – сланці хлорито-амфіболо-біотитові, кварцово-хлорито-слюдисті, магнетито-амфіболо-слюдисті та інші; 3 – сланці хлорито-талькові, актиноліто-хлорито-талькові, карбонатно-хлорито-талькові; 4 – сланці філітовидні кварцово-слюдисті з прошарками аркозових пісковиків; 5 – аркозові пісковики та кварцито-пісковики; 6 – граніти та мігматити; 7 – уранові руди; 8 – зони уранового зруденіння.

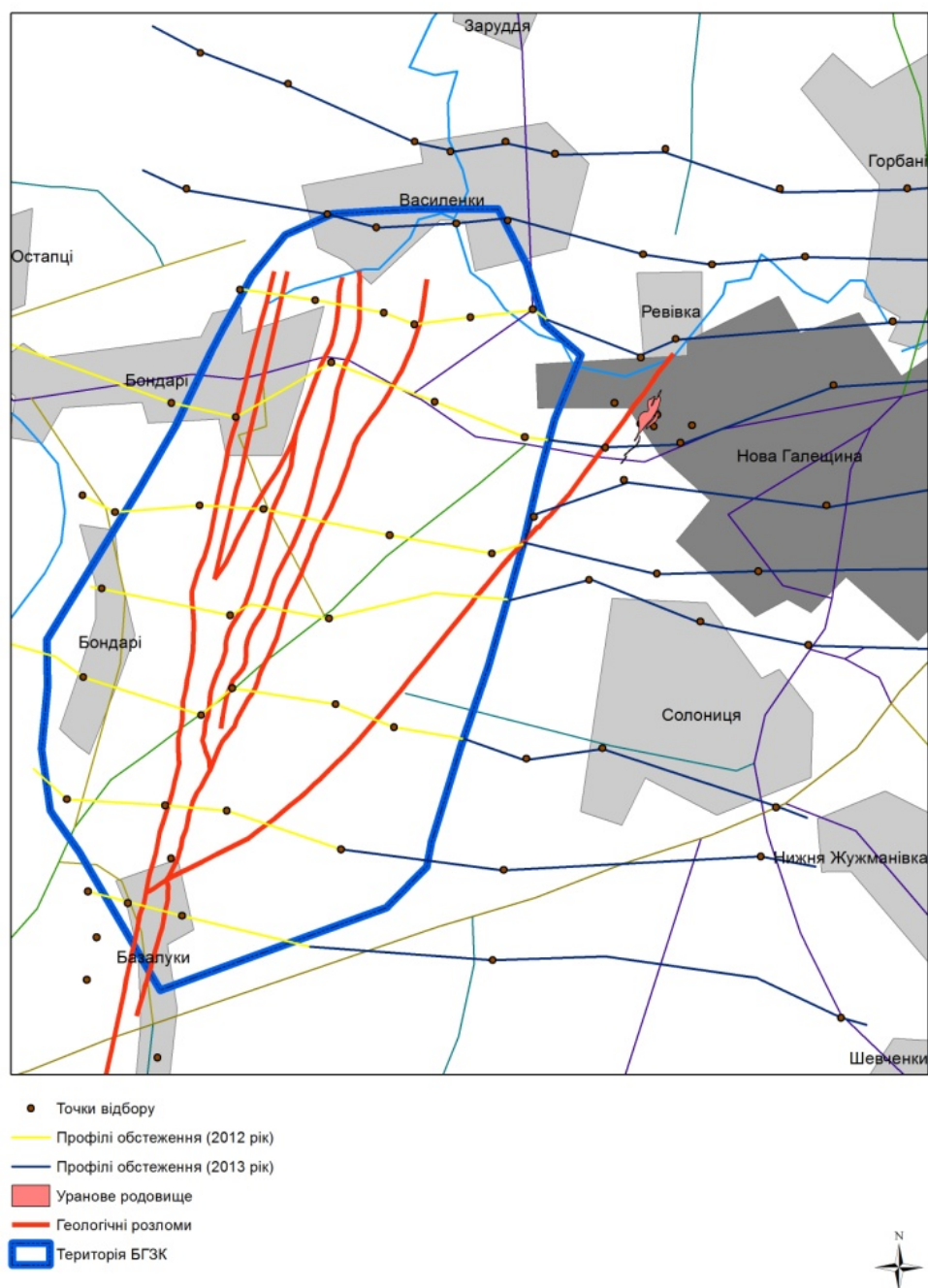


Рис. 3. Карта фактичного матеріалу обстеження території Біланівського ГЗК та прилеглих територій (інструментальні вимірювання)

Отримані результати досліджень наведені нижче з відображенням у вигляді таблиць мінімального, максимального і осередненого значення відповідного радіаційно-екологічного показника середовища та графічно – площового його розподілу.

Потужність радіоактивного випромінювання середовища (гамма-фон). Даний показник вимірювався приладом СРП-88Н1 на висоті 1 м від поверхні ґрунту і у ґрунті до глибини 1 м. Результати досліджень наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Результати вимірювань потужності радіоактивного випромінювання (СРП-88Н1)

Показник потужності радіоактивного випромінювання	0-1 м, у ґрунті, мкР/год.	1 м, у повітрі, мкР/год.
Мінімальний	14,25	9
Максимальний	24	13
Середній	20,75	10,75

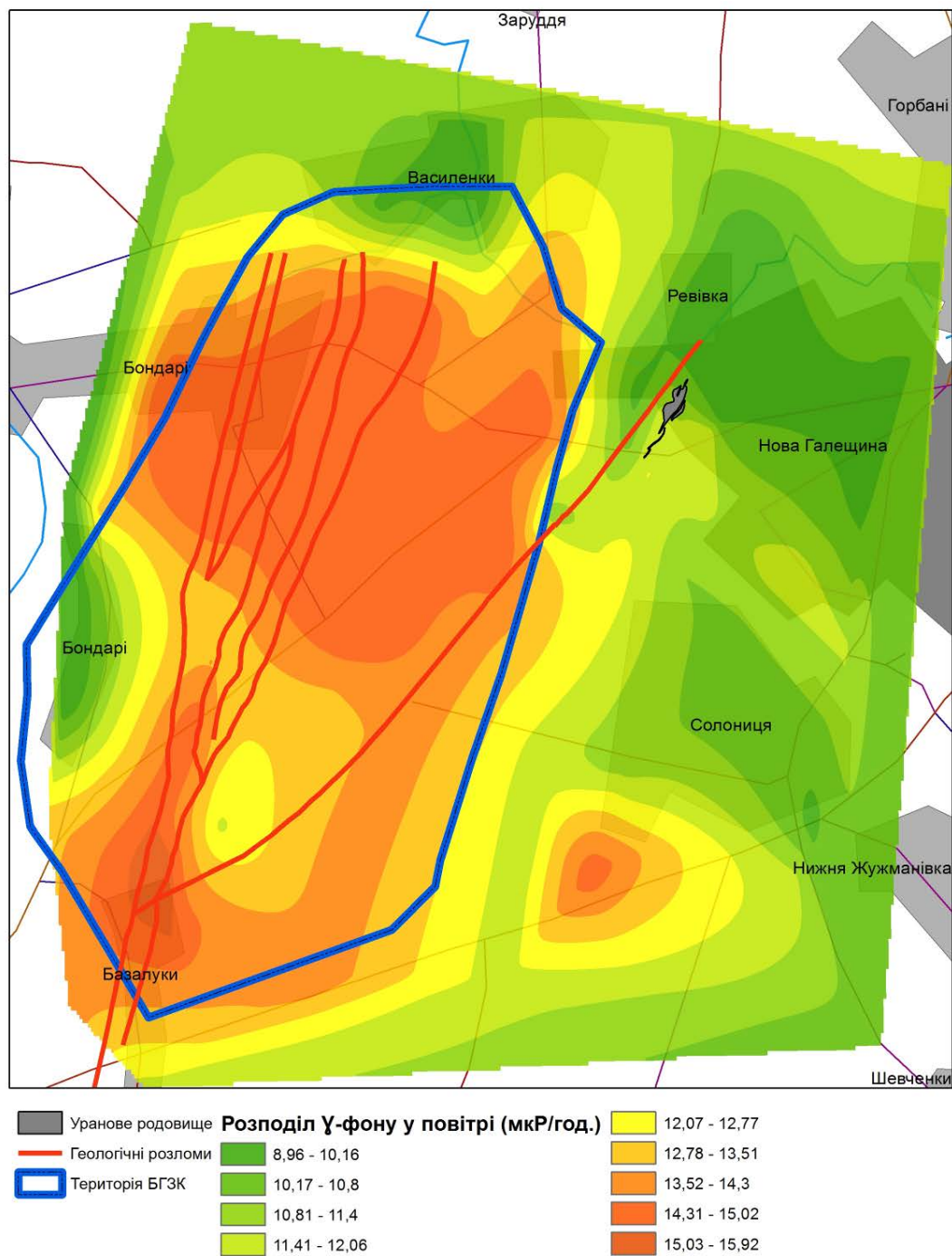


Рис. 4. Результати інструментальних вимірювань потужності радіоактивного випромінювання на території Біланівського ГЗК

Потужність ефективної дози (ПЕД) вимірювалась приладом СКМ «Вектор» інтегрально в повітрі і на поверхні ґрунту. Результати досліджень наведені в таблиці 2 та на рис. 5.

Таблиця 2. Результати вимірювання ПЕД приладом СКМ «Вектор»

Показник ПЕД	ПЕД, мкЗв/10 років
Мінімальний	6,263
Максимальний	14,892
Середній	8,985

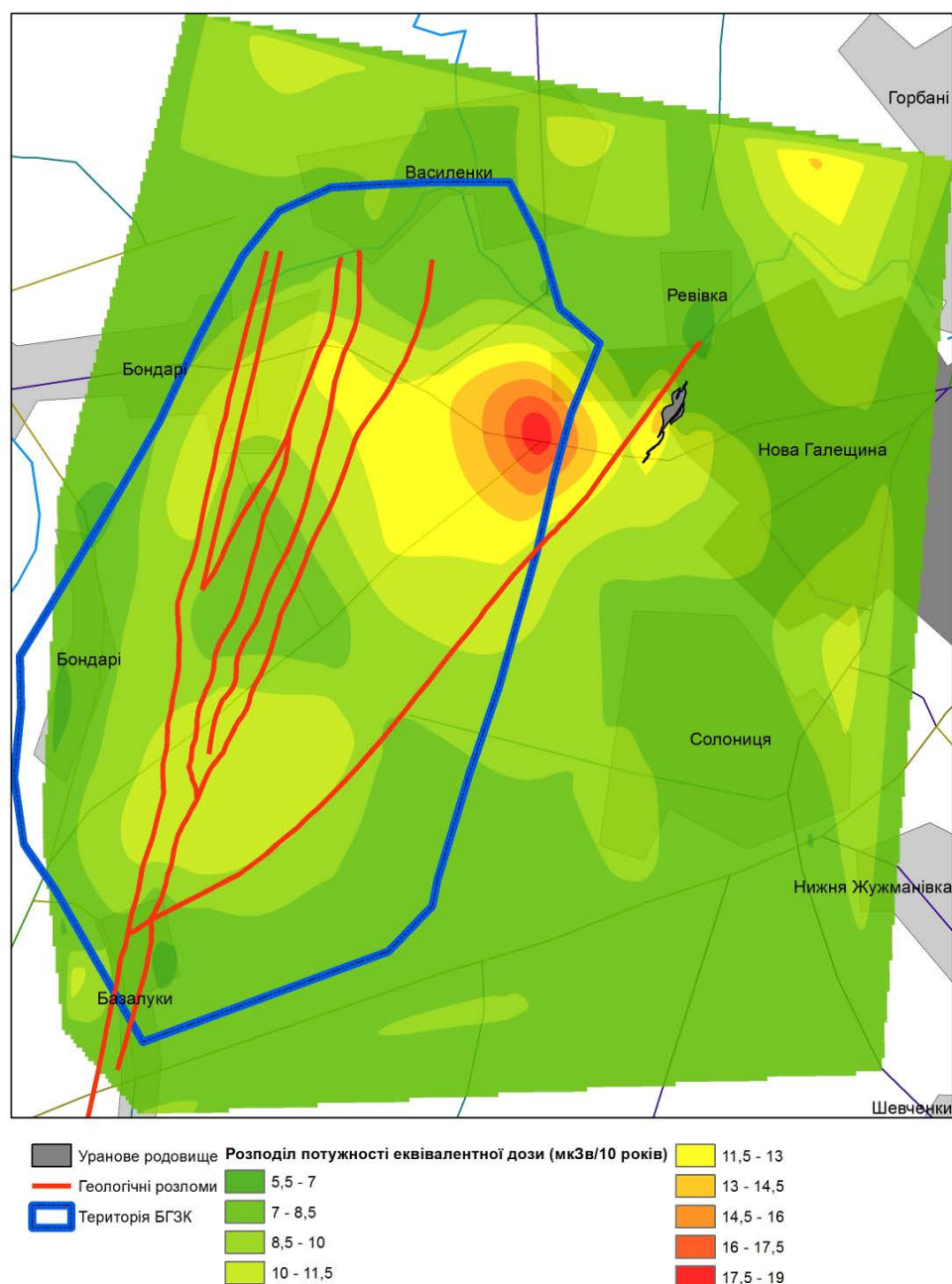


Рис. 5. Результат інструментальних вимірювань ПЕД на території Біланівського ГЗК

Активність еманції радону вимірювалась еманометром РРА-01М-01 «Альфарад» у ґрунті. Результати досліджень наведені в таблиці 3 та на рис. 6.

Таблиця 3. Результати вимірювань активності еманції радону еманометром РРА-01М-01 «Альфарад»

Показник активності радону	Бк/м ³
Мінімальний	24
Максимальний	217
Середній	76

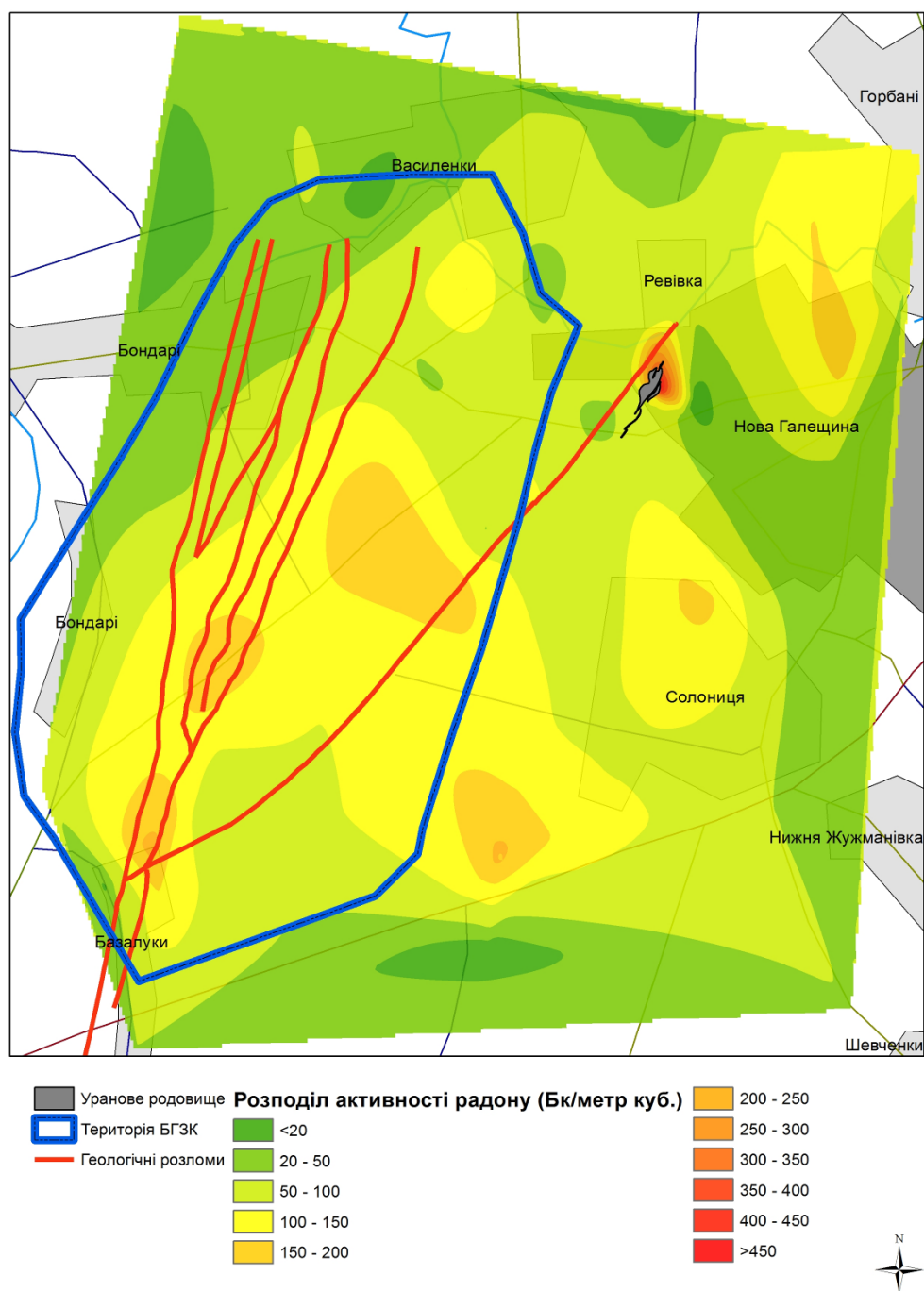


Рис. 6. Активність еманції радону з ґрунту на території Біланівського ГЗК

Оцінка рівнів радіаційної безпеки досліджуваної території

Нормування радіаційної безпеки

Питання радіаційної безпеки в Україні унормовуються державними актами у сфері санітарно-гігієнічного, екологічного контролю та правилами і нормами з радіаційної безпеки. Граничні рівні радіаційного впливу на організм людини встановлені Нормами радіаційної безпеки України - НРБУ-97/Д-2000 (ДГН 6.6.1-6.5.061-98, ДНАОП 0.03-3.24-97) та Основними санітарними правилами забезпечення радіаційної безпеки України (Наказ Міністерства охорони здоров'я №54 від 02.02.2005). Крім того, при оцінюванні радіаційної безпеки слід враховувати положення Міжнародних основних норм безпеки для захисту від іонізуючих випромінювань та безпеки джерел випромінювання (МАГАТЕ, серія «Безпека», 1994-1997). При розробці родовищ корисних копалин слід дотримуватись положень «Державних санітарних правил при добуванні, збагачуванні та переробці руд, які містять техногенно-підсилені джерела природного походження, на підприємствах промисловості рідкісних металів» ДСП 6.6.1.6.2-082-02.

Нормування у галузі радіаційної безпеки базується на встановленні граничних рівнів іонізуючого випромінювання (ІВ), а не граничних концентрацій хімічних речовин у компонентах навколишнього середовища (як у санітарному та екологічному нормуванні).

В основі сучасних концепцій нормування ІВ лежить принцип обмеження дози на людину, й оскільки радіочутливість людського організму – одна з найвищих у природі, вважається, що заходи радіаційної безпеки, які застосовуються для захисту персоналу, працівника з джерелами ІВ та населення, яке зазнає впливу ІВ, достатні, щоб одночасно захистити усі інші види живих організмів. Інакше кажучи, захист людини від опромінення гарантує захист для окремих біоценозів і біосфери в цілому. Такий принцип нормування радіаційного впливу називається радіаційно-гігієнічним.

Регламентація допустимих меж опромінення ґрунтується на концепції прийнятного ризику. МКРЗ рекомендує при нормуванні ІВ визначати прийнятний ризик шляхом порівняння з ризиком від інших видів виробничої діяльності. Рекомендована МКРЗ і прийнята у нашій країні дозова межа складає 5 бер на рік для персоналу.

В основу "Норм радіаційної безпеки України" (НРБУ) закладено принципи: неперевищення встановленої дозової межі; виключення будь-якого необґрунтованого опромінення; зниження дози опромінення до якомога нижчого рівня.

Нормами встановлено категорії осіб, що опромінюються: категорія А – персонал, який постійно чи тимчасово працює безпосередньо з джерелами ІВ; категорія Б – обмежена частина населення, що безпосередньо з джерелами ІВ не працює, але за умовами проживання чи розміщення робочих місць може зазнавати дії ІВ; категорія В – інше населення.

Оскільки радіочутливість окремих органів і тканин людини різна, вводиться поняття критичного органа. Критичним органом називається орган, тканина, частина тіла чи все тіло, опромінення якого в таких умовах нерівномірного опромінення організму завдає найбільшої шкоди здоров'ю певної особи чи її потомству.

Для категорії А встановлені річні гранично допустимі дози (ГДД), для категорії Б – річні граничні дози (ГД) (табл. 4).

Проведеними у рамках даної роботи радіоекологічними дослідженнями встановлено існуючі на даний час рівні дозового навантаження, які складають у середньому 0,9 мЗв/рік, тобто менше, ніж 0,2 ГД, максимальний виміряний показник – 1,3 мЗв/рік.

Дози опромінення від природних джерел радіоактивності

Оцінювання рівнів радіаційного впливу доцільно провести шляхом порівняння показників, встановлених проведеними дослідженнями, з існуючими даними про визначені усереднені глобальні параметри опромінення.

Доза опромінення є мірою впливу на людину радіаційного випромінювання від природних та техногенних (при їх наявності) джерел. Розрізняють зовнішнє та внутрішнє опромінення.

Таблиця 4. Дозові межі рівнів іонізуючого випромінювання

Критичні органи	ГДД ¹ , мЗв/рік, (бер/рік) (категорія А)	ГД, мЗв/рік, (бер/рік) (категорія Б)
Усе тіло, гонади, червоний кістковий мозок	50 (5)	5 (0,5)
Органи і тканини, які не ввійшли до пп. 1 ІЗ	150 (15)	15 (1,5)
Шкіра, кісткова тканина, кисті, передпліччя, гомілки, стопи	300 (30)	30 (3)

Дози опромінення визначаються переважно впливом джерел опромінення природного походження: космічне (сонячне) опромінення, радіонукліди у ґрунті, будівельних матеріалах, повітрі, продуктах харчування, воді. Основна частина ефективної дози внутрішнього опромінення пов'язана з надходженням в організм людини радіонуклідів радону дихальним шляхом.

Найбільший внесок у зовнішнє опромінення серед природних радіонуклідів належить калію-40, а також радіонуклідам сімейств урану-238 та торію-232 (табл. 5).

Таблиця 5. Середньосвітові показники активності радіонуклідів земного походження у ґрунтах

Радіонуклід	Середня глобальна питома активність, Бк/кг	Середня питома активність в межах досліджуваної території, Бк/кг
⁴⁰ K	400	410
²³⁸ U	33	348
²³² Th	30	166

Таблиця 6. Середня питома активність природних радіонуклідів у ґрунтах різних типів

Тип ґрунтів	Середня питома активність, Бк/кг		
	⁴⁰ K	²³⁸ U	²³² Th
Сіроземи	670	31	48
Бурі	700	28	41
Каштанові	550	27	37
Чорноземи	410	22	36
Сірі лісові	370	18	27
Дерново-підзолисті	300	15	22
Підзолисті	150	9	12
Торф'янисті	90	6	6
Середнє значення	400	33	30
Досліджувана територія	410	348	166

Аналіз отриманих даних щодо питомої активності природних гамма-випромінюючих радіонуклідів

Як видно з попередньої таблиці, не зважаючи на те, що встановлені проведеними дослідженнями дозові навантаження набагато нижчі дозволених рівнів, виміряні значення питомих активностей радіонуклідів уранового і торієвого рядів вищі за середньоземні показники.

Вміст радіонуклідів земного походження в ґрунті визначається як активністю

¹ГДД – найбільше значення індивідуальної еквівалентної дози за рік, що при рівномірному впливі протягом 50 років не викликає в стані здоров'я персоналу (категорії А) несприятливих змін, які виявляються сучасними методами.

материнських гірських порід, так і характером процесів ґрунтоутворення. В наступній таблиці наведені дані про середню питому активність основних природних радіонуклідів у ґрунтах різних типів.

Таким чином, проведеними дослідженнями встановлено підвищені рівні питомої активності радіонуклідів природного походження уранового і торієвого рядів у ґрунтах на території прилеглої до Кременчуцького уранового родовища (рудопрояву), які не можуть бути інтерпретовані інакше, як сформовані під впливом міграційних процесів, що супроводжують уранову мінералізацію. Ця обставина вимагає проведення постійного радіоекологічного моніторингу на всіх етапах земляних робіт при підготовці до розробки кар'єру та при його експлуатації.

Аналіз отриманих даних щодо активності радону

Публікаціями МКРЗ рекомендовано визначити радонебезпечні зони як пріоритетні в плануванні дій щодо зменшення опромінення в масштабах країни. До таких зон відносяться ті території, де більше 1% будівель мають вміст радону в 10 разів вищий від середнього національного значення.

З метою координації політики з питань протирадіаційного захисту в рекомендаціях Комісії Європейського Союзу (КЕС) пропонується стратегія захисту від радону:

- необхідність крупномасштабних досліджень, включаючи вимірювання радону інтегральними методами;
- інформування населення про рівні опромінення;
- неприпустимість застосування індивідуальних граничних доз опромінення, оскільки будь-які значення рівнів радону повинні спрямовуватись до мінімуму.

Рекомендовано два рівня дій: 400 Бк/м³ рівноважної об'ємної активності радону для існуючого житла і 200 Бк/м³ для житла, що будується.

В Публікації МКРЗ №103 (2007 р.) рекомендовані рівні дій для житлових приміщень – 600 Бк/м³ ЕРОА радону-222 та 1500 Бк/м³ – на робочих місцях.

Нашими дослідженнями в межах території зони впливу Кременчуцького родовища урану встановлено середній рівень активності радону 77 Бк/м³, максимальний показник – 507 Бк/м³ (див. табл. 3).

Таким чином, аналіз отриманих результатів інструментальних досліджень дозволив сформулювати наступні **висновки**.

1. Навколишнє середовище території Біланівського залізорудного та Кременчуцького уранового родовищ характеризується низьким рівнем радіоактивності у поверхневому шарі.

Встановлені рівні дозових навантажень від джерел зовнішнього опромінення, які регламентуються діючими вітчизняними та міжнародними нормами радіаційної безпеки, на території Біланівського родовища та прилеглих площах складають приблизно 0,2 від дозованих рівнів. При цьому питома активність ґрунтів за радіонуклідами уранового і торієвого рядів у 5-10 разів перевищує середньосвітові показники, що свідчать про вплив Кременчуцького уранового родовища.

2. На досліджуваній території виявлено незначні радіаційні аномалії локального характеру. Аномалія, що розташовується в північно-східній частині, обумовлена присутністю Кременчуцького уранового родовища. Інші аномалії також є результатом не лише сонячної радіоактивності, а й обумовлюються параметрами геологічного середовища. Аномальні радіаційні прояви формуються переважно ураном-238 та продуктами його розпаду (за даними лабораторних досліджень), а також радоном.

Простежений взаємозв'язок між розташуванням розломів на даній території, особливостями її геологічної будови та аномальними за проаналізованими показниками ділянками, дозволяє припустити, що міграція радіоактивних елементів направлена від Кременчуцького уранового родовища в бік Біланівського і розташованого поруч Галещинського залізорудних родовищ.

3. Геопозиційний аналіз результатів лабораторних гамма-спектрометричних

вимірювань та активності радону показує, що можуть бути виділені умовні зони підвищеної активності, як альфа-, так і гамма-випромінюючих радіонуклідів.

Отримані дані дозволяють спрогнозувати розташування умовних джерел підвищеної активності, асоційованих з розломними структурами досліджуваної території.

Взаємозв'язок розломних структур та виявлених локальних ділянок підвищеної активності радону простежується досить чітко.

4. Таким чином, встановлені показники не є критичними, проте виміряні рівні повинні розглядатися як підстава для подальших регулярних досліджень (моніторингу). Хоча саме Кременчуцьке родовище знаходиться за межами ліцензійної ділянки БГЗК, необхідно враховувати можливий потенційний вплив уранової мінералізації на радіаційну безпеку прилеглих до нього територій.

В перспективі всі роботи з розробки Біланівського родовища залізистих кварцитів повинні виконуватись з повним дотриманням положень «Державних санітарних правил при добуванні, збагачуванні та переробці руд, які містять техногенно-підсилені джерела природного походження, на підприємствах промисловості рідкісних металів» ДСП 6.6.1.6.2-082-02.

1. Звіт про НДР №63/1 «Натурні радіогеоекологічні дослідження та оцінка ризиків, пов'язаних з радіаційною небезпекою при розробці Біланівського залізрудного родовища, Полтавська область» (заклучний). – 2012. – 226 с.
2. «Звіт про детальну розвідку Біланівського родовища залізистих кварцитів, виконаної Кременчуцькою ГРЕ в 1975-1979 рр.». – в 23-х томах.
3. Закономерности образования и размещения урановых месторождений Украины/ Отв. редактор Я.Н. Белевцев. – Киев, 1968. – 763 с.

Краснов Е.Б., Студзинская А.О., Верховцев В.Г., Тищенко О.Ю., Кулибаба В.М.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕРРИТОРИИ БИЛАНОВСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО И КРЕМЕНЧУГСКОГО УРАНОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Приведены результаты полевых инструментальных радиоэкологических исследований территории Билановского железорудного и Кременчугского уранового месторождений, которые являются продолжением комплексных научно-исследовательских работ, выполненных нами ранее в рамках темы «Натурные радиогеоэкологические исследования и оценка рисков, связанных с радиационной опасностью при разработке Билановского железорудного месторождения, Полтавская область». Установлены основные радиационно-экологические показатели среды и графически отображено их площадное распределение.

Krasnov E.B., Studzinska A.O., Verkhovtsev V.G., Tishchenko O.Yu., Kulibaba V.M.

MAIN RESULTS OF INSTRUMENTAL RADIO GEO-ECOLOGICAL RESEARCH OF BILANIVSKE IRON ORE AND KREMENCHUG URANIUM DEPOSITS

The results of instrumental radioecological research of the area Bilanivske iron ore and Kremenchug uranium deposits, which is a continuation of comprehensive research work carried out earlier under the theme "Full-scale radio geo-ecological research and evaluation of the risks associated with radiation hazards in the development of Bilanivske iron ore deposit, Poltava region". The basic radiation protection and environmental indicators graphically displayed their areal distribution.