

**Рецензія на звіт
„Характеристика потенційних ризиків дії
радіаційного випромінювання, пов'язаних з
розробкою Біланівського залізорудного родовища“**



Свен Альфельдер¹
Аксель Хіллер²
Міхаель Поль²
Пітер Шмідт²
Юрген Вастерс²

¹Федеральний інститут геологічних наук і природних ресурсів (БГР), Стілленберг 2, D-30655 Ганновер

²Вісмут (Wismut GmbH), Ядшенкештрассе 29, D-09117 Кемніц

Ганновер, Кемніц, 23.07.2015

Зміст

1.	Вступ	4
2.	Якість радіологічних вимірювань і лабораторних аналізів	5
2.1	Прямі радіологічні вимірювання в польових умовах	5
2.2	Лабораторні дослідження	5
3.	Характеристика потенційних ризиків.....	8
3.1	Безпосередньо доступні різновиди навколишнього середовища	8
3.1.1	Доза гамма випромінювання в повітрі.....	8
3.1.2	Зразки щільних гірських порід	8
3.1.3	Пил.....	12
3.1.4	Вода	13
3.2	Аналіз історичних даних.....	17
3.2.1	Аналіз даних наведених в звіті Державного підприємства Укрпівденьгеологія.....	17
3.2.2	Аналіз даних, наведених в звітах Інституту геохімії навколишнього середовища НАН України.....	20
3.2.3	Кременчуцький рудопрояв уранової мінералізації	20
4.	Постійно діюча програма радіологічного моніторингу	22
5.	Остаточні висновки	24
6.	Посилання	26

1. Вступ

Підприємство Рогеза (ROGESA GmbH – постійний покупець залізорудних окатишів Феррекспо) звернулось до Федерального інституту і компанії Вісмут з проханням надати спеціальні консультаційні послуги щодо радіаційної безпеки запланованого будівництва Біланівського залізорудного комбінату (БГЗК), що розташований у Кременчуцькому районі України, 30 км на північ-схід від міста Кременчук.

Було виражено занепокоєння щодо наслідків розробки залізорудного родовища у зв'язку з наявністю радіоактивних матеріалів природного походження (НОРМ). В цьому відношенні, на доручення БГЗК, Центром моніторингових досліджень та природоохоронних технологій (Екомонітор) і Українським гідрометереологічним інститутом (УкрГМІ), м. Київ, Україна, був підготовлений технічний звіт “Характеристика потенційних ризиків дії радіаційного випромінювання, пов'язаних з розробкою Біланівського залізорудного родовища». Дане дослідження розпочинає наукову-прикладну програму, яка спеціально розроблена з метою перевірки проекту будівництва кар'єру і кінцевої фази розробки родовища на виявлення потенційних ризиків дії радіаційного випромінювання.

БГР/Вісмут (тут і далі “Консультант”) було доручено провести ретельну перевірку технічного звіту, вказаного вище, а також сучасної ситуації безпосередньо на промисловому майданчику БГЗК. Відповідно до робочого завдання ціллу перевірку є визначення обґрунтованості положень і висновків, зроблених в звіті Екомонітор [ЕсоМ-15] **стосовно повномасштабного висвітлення потенційних ризиків дії радіаційного випромінювання**, пов'язаних з розробкою Біланівського залізорудного родовища.

2. Якість радіологічних вимірювань і лабораторних аналізів

2.1 Прямі радіологічні вимірювання в польових умовах

Вимірювання дози гамма випромінювання в польових умовах проводились з використанням дозиметра-радіометра DSK-96 в комбінації з детектором BDSK-96. Відповідно до [ЕсоМ-15] на це обладнання є “сертифікати метрологічної атестації” (№ 26.04/0405 від 26 червня 2014).

2.2 Лабораторні дослідження

Аналіз зразків природного середовища виконувався в лабораторії Українського гідрометеорологічного інституту в Києві. В таблиці 1 наведені основні радіологічні параметри що вимірювались, застосовані методи вимірювань та основне аналітичне обладнання.

Можна стверджувати, що методи застосованих аналітичних досліджень повністю відповідають поняттю Передова Практика. Типи і виробники обладнання широко відомі. Консультант в своїй лабораторії використовує такі ж самі гамма спектрометри виробництва компаній CANBERRA Industries Inc. і ORTEC (США), а також програмні продукти, що поставляються виробником до обладнання. UMF 2000 представляє собою прилад, що виробляється компанією “ДОЗА”, Російська Федерація. Наведені прилади є стандартними інструментами, які застосовуються в рамках програми технічного співробітництва МАГАТЕ в багатьох країнах Східної Європи і Центральної Азії. Рідинно-сцинтиляційний спектрометр Triathler виробництва компанії HIDEX (Фінляндія) широко використовується в лабораторіях Європейського Союзу.

Таблиця 1: Параметри, методи та обладнання

Параметр	Метод лабораторного аналізу	Аналітичне обладнання
Загальна альфа і бета активність в зразках води	Рахування загальної альфа та бета активності (сумарна енергія). Перехресна перевірка результатів методом рідинно-сцинтиляційної спектрометрії	Лабораторний радіометр-спектрометр UMF 2000 Triathler Hidex рідинно-сцинтиляційний спектрометр
Питомі концентрації гамма-випромінюючих нуклідів (майже всі радіонукліди ряду розпаду урану, включаючи радон-222)	Гамма спектрометрії (застосовано до зразків ґрунту, води і пилу)	Низькофоновий високочистий гамма детектор GMX40 C (ORTEC) / пробний випуск програми GammaVision Низькофоновий високочистий гамма детектор BEGe BE 5030 (CANBERRA) / пробний випуск програми GENIE 2000
Питомі концентрації окремих альфа та бета випромінюючих радіонуклідів (в тому числі полоній-210 і свинець-210)	Електрохімічна підготовка зразків. Вимірювання методами альфа-спектрометрії та рідинно-сцинтиляційної спектрометрії (застосовано до зразків ґрунту, води і пилу)	Лабораторний радіометр-спектрометр UMF 2000 Triathler Hidex рідинно-сцинтиляційний спектрометр
Визначення концентрацій урану-238/234 у воді	Радіохімічна підготовка зразків з визначенням виходу з використанням ізотопу U-232 в якості ізотопного маркеру; альфа-спектрометрія	Лабораторний радіометр-спектрометр UMF 2000
Визначення концентрацій свинцю-210 і полонію-210 у воді	Радіохімічна підготовка зразків з визначенням виходу з використанням ізотопу Po-209 в якості ізотопного маркеру; бета- і альфа-спектрометрія	Лабораторний радіометр-спектрометр UMF 2000

Радіологічна лабораторія Українського гідрометеорологічного інституту в Києві є сертифікованим членом Асоціації аналітичних лабораторій Міжнародної агенції з атомної енергії (МАГАТЕ) для вимірювання радіоактивності в природному середовищі (ALMERA); відповідний сертифікат включено в звіт в якості додатку. Теж саме стосується українських сертифікатів (на українській мові), що були видані УкрГМІ, де сказано, що ця лабораторія є акредитованою для проведення вимірювань радіологічних параметрів природних зразків у межах зазначених погрішностей. Також до звіту додані резюме за стандартною формою, де вказано, що провідні фахівці лабораторії УкрГМІ є експертами

МАГАТЕ, і періодично запрошуються агенцією для виконання окремих проектів в якості експертів.

Зокрема, рівень проведення гамма спектрометричних досліджень лабораторією УкрГМІ є високим. Використання вискоефективних високо чистих гамма детекторів разом з передовими досягненнями в калібруванні спектрометрів в діапазоні низьких енергій фотонів (нижче 100 keV) дозволяє УкрГМІ проводити вимірювання практично всіх гамма-випромінюючих продуктів полурозпаду рядів U-238/U-235 та Th-232. Безпосереднім доказом цього положення є малюнок 1 Додатку ANNEX I: “Гама-спектрометричний аналіз” [ЕсоМ-15].

Проаналізовані дані є типовими для ґрунтів, котрі знаходяться в межах фонових значень для повітря. В деяких зразках води були визначені підвищені альфа концентрації.

З метою оцінки достовірності виміряних значень концентрацій радіонуклідів можливо застосування деяких індикаторів, наприклад:

- в хімічно непорушених щільних зразках радіонукліди трьох рядів полурозпаду (U-238, U-235 та Th-232) повинні знаходитись в радіаційній рівновазі з відповідними материнськими радіонуклідами;
- співвідношення активностей ізотопів U-235/U-238 повинно бути на рівні 0,05;
- у воді концентрація ізотопу U-234 повинна дещо перевищувати концентрацію ізотопу U-238 (ефект віддачі);
- загальні альфа/бета концентрації повинні бути вищими ніж сума індивідуальних концентрацій активностей відповідних довго живучих альфа-бета /бета випромінювачів.

Всі вказані індикатори підтверджені.

3. Характеристика потенційних ризиків

3.1 Безпосередньо доступні різновиди навколишнього середовища

3.1.1 Доза гамма випромінювання в повітрі

Під час виконання програми випробування, вимірювання еквівалентної активної дози навколишнього середовища (в звіті Екомонітор названої активної експозиційної дози гамма випромінювання EDR) виконувались співробітниками Екомонітор сумісно з експертами УкрГМІ.

Отриманні значення еквівалентної активної дози, що наведені в розділі 4.1 звіту [ЕсоМ-15] є типовими фоновими значеннями. Був підтверджений діапазон значень від 0,09 до 0,12 мікроЗіверт/годину¹. Ці значення представляють собою наземну радіацію, що поступає частково від природних радіонуклідів в геогенних ґрунтах та частково від космічної радіації на поверхні землі.

3.1.2 Зразки щільних гірських порід

Щільні зразки відбирались з ґрунтів, осадових утворень та кристалічних гірських порід, включаючи залізорудне тіло. Аналітичні дослідження щільних зразків виконувались в лабораторії УкрГМІ за допомогою гама спектрометрії, альфа спектрометрії і рідинно-сцинтилятивної спектрометрії. Дослідження були спрямовані на визначення питомих активностей (тобто активностей в перерахунку на одиницю маси в [Бк/кг]) таких радіонуклідів як U-238, Ra-226, Pb-210, Th-232 та K-40.

3.1.2.1 Відбір зразків ґрунту

Індивідуальні зразки ґрунтів відбирались на відстані від 2 до 5 метрів вздовж діагоналей попередньо визначеної області “конверту”. Індивідуальні зразки потім об'єднувались з метою формування композитних зразків, які є репрезентативними для визначеної області вивчення. В звіті Екомонітор наведені фотографії та надано детальний опис ґрунтоносів, що використовувались для відбору зразків. Такий метод відбору проб ґрунтів є репрезентативним.

¹В звіті [ЕсоМ-15] даний діапазон вказаний на рік, що є помилковим.

Додатково в декілька місцях були відібрані проби осадових утворень з дна ставка-випарника Кременчуцького нафтопереробного заводу на глибині від 0 до 20 см. З ціллю охарактеризувати вертикальний профіль можливої міграції радіонуклідів з однієї свердловини були відібрані три зразки на глибинах 0-5 см, 50 см та 100 см.

3.1.2.2 Відбір зразків гірських порід

Відбір зразків гірських порід виконувався з керну свердловин, що були пробурені під час недавньої програми інженерно-геологічних досліджень; на жаль історичний керн попередніх геологорозвідувальних робіт повністю втрачено. Загальна стратегія відбору зразків включала в себе два різні підходи. Спочатку 36 індивідуальних зразків були відібрані із всіх літологічних різновидів осадових утворень, кристалічних порід і залізних руд (партія 1). Місце відбору індивідуальної проби визначались критерієм максимального значення гама каротажу свердловини, в тому числі на границі між різними літологічними різновидами порід. Потім були відібрані композитні зразки із всіх літологічних різновидів родовища для визначення по ним репрезентативних середніх значень радіоактивності. Композитні проби склалися з серії випадково вибраних свердловин з метою отримання репрезентативного матеріалу (партія 2).

Консультант є впевненим, що застосована стратегія гарантує максимально можливу репрезентативність відбору проб з обмеженої кількості керна матеріалу.

3.1.2.3 Радіоактивність щільних гірських порід

Вимірювання ґрунтів і гірських порід характеризують сучасний стан геологічного середовища до початку запланованої розробки Біланівського родовища і будівництва комбінату. Отримані фонові значення служать в якості прерогативу, а також надають інформацію щодо подальшої оцінки радіаційної безпеки в процесі розробки Біланівського родовища. Проаналізовані дані знаходяться в типових межах фонових значень (таблиця 2).

Таблиця 2: Діапазони виміряних питомих активностей згідно з [ЕсоМ-15]

	Питома Активність [Бк/кг]				
	U-238	Ra-26	Pb-210	Th-232	K-40
Осадові утворення (партія 1)	14 - 41	16 - 46	14 - 42	15 - 56	345 - 1560
Метаморфічні утворення (партія 1)	6 - 33	6 - 20	5 - 20	8 - 183	198 - 2345

	Питома Активність [Бк/кг]				
	U-238	Ra-26	Pb-210	Th-232	K-40
Осадові утворення (партія 2)	17-69	18-59	18-61	10-31	192-978
Метаморфічні утворення (партія 2)	2-47	2-46	2-42	1-36	7-877
Ґрунти	20 - 36	20 - 37	26 - 90	21 - 39	368 - 607
Ставок-випарник Кременчуцького нафтопереробного заводу	34 - 41	28 - 126	29 - 472	16 - 28	283 - 541

В зразках щільних порід Екомонітор проаналізовані відповідні ключові радіонукліди по яким проводиться оцінка радіологічних ризиків на підприємствах з видобутку уранової руди. Перш за все, це U-238 та Ra-226 (у випадку реабілітаційного проекту Вісмут зазначені два ізотопи називаються ключовими радіонуклідами). До інших радіонуклідів, що формують дозу в щільних гірських породах відносяться U-234, Th-230, Pb-210, Po-210 та U-235, включаючи їх дочірні радіонукліди Ra-228, Ra-231 та Ac-227, за умов, що вони знаходяться в непорушеному геологічному середовищі та в рівновазі з їх материнськими радіонуклідами. Визначення концентрацій U-235 (проведено УкрГМІ) не було необхідним тому, що співвідношення природних ізотопів і співвідношення активностей між U-235 і U-238 є постійними величинами (тобто 0,007 для концентрацій ізотопів і 0,045 для їх активностей). Але перевірка цих співвідношень для гарантії якості досліджень є доцільною. Визначення питомих активностей ізотопів Pb-210, Th-232 і K-40 (проведено УкрГМІ) є також доцільним тому, що ці значення використовуються в якості вхідних параметрів для розрахунку ефективної активності A_{ef} , що є параметром оцінки потенціального використання матеріалів і мінеральної сировини.

В розділі 4 звіту [ЕсоМ-15] наводяться отримані значення радіоактивності в щільних зразках і їх аналіз. Аналіз проведено в дві стадії:

В першу стадію (розділ 4.1 – радіаційний фон), оцінена існуюча фонові ситуація, тобто ситуація при якій всі матеріали (ґрунти і матеріал, відібраний з різних геологічних формацій) є присутніми на своєму місці. Враховуючи діапазони питомих активностей для ключових радіонуклідів U-238 і Ra-226

(таблиця 2), не було отримано жодного значення, яке б перевищувало 0,1 Бк/кг. Це ж саме відноситься до активності концентрацій ізотопу Pb-210 і до переважної більшості ізотопу Th-232. Тільки в одному випадку питома активність Th-232 перевищила 0,1 Бк/г, але все одно залишається на рівні значно нижчим ніж 0,2 Бк/г.

Екомонітор зроблено висновок щодо вимірної радіоактивності в щільних зразках, що такі значення радіоактивності “є типовими для території Центральної України в цілому і Полтавської області зокрема”. На жаль реферативні значення, що підтверджують даний висновок, не наведено. Але, факт, що визначені значення активності є типовими фоновими значеннями однозначно підтверджується Консультантом з поглядом на опубліковані світові значення, які узагальнені в публікації Організації Об'єднаних Націй [UN-2000]. В цій публікації наводяться дані Наукового Комітету ООН з питань наслідків атомної радіації (UNSCEAR) щодо типових фонових значень території Східної Європи в діапазоні від 8 Бк/г до 130 Бк/г для U-238 і від 8 Бк/г до 210 Бк/г для Ra-226 (див. таблицю 4 Додатку В [UN-2000]). Значення, що отримані для території Біланівського родовища знаходяться в низових областях вказаних діапазонів.

В другу стадію, Екомонітор проведено оцінку потенційного впливу на навколишнє середовище від видобутку залізної руди Біланівського родовища (розділ 4.2: Якісне визначення НОРМ в гірських породах Біланівського родовища і оцінка можливих сценаріїв впливу на навколишнє середовище). Таким чином, визначається, що матеріал, який потенційно буде складатися при розробці родовища буде знаходитись в стані радіаційної рівноваги і штучна акумуляція урану та інших радіоактивних елементів не передбачається. Як наслідок, складені у відвали матеріали розкривних порід і залізних руд в своєму первинному стані, тобто не переробленому і не підданому збагаченню, будуть характеризуватись тими ж самими показниками питомої активності, що і до початку розробки.

На закінчення, підкреслимо, що всі виміряні питомі активності природних радіонуклідів в щільних зразках, відібраних з території Біланівського родовища, є значно нижчими рекомендованих міжнародних контрольних значень для індивідуальних радіонуклідів природних рядів полурозпаду (1 Бк/г), а також для переважної більшості зразків для K-40 (10 Бк/г; див. [IAEA-14]). Загалом, рівень радіоактивності, визначений для щільних зразків, є низьким, а стосовно складання та перевозки матеріалів під час побудови Біланівського кар'єру, наявність радіологічних ризиків не передбачається.

3.1.3 Пил

Відбір проб пилу виконувався за допомогою багато об'ємних проб повітря (втягування повітря в комбінації з осадженням пилу і аерозолу на фільтрах). Показано, що високі швидкості та об'єми накачування дають можливість проводити відбір пилу та аерозолу в достатній кількості, що забезпечує достовірність аналітичних досліджень. Вимірювання радіаційних концентрацій пилу та його похідних, а також радіоактивності аерозолу в повітрі були проведені в п'яти різних місцях території Біланівського родовища за короткий термін (2 дні). Однак, для визначення річних середніх концентрацій такий короткий термін є недостатнім.

3.1.3.1 Радіоактивність пилу

Стосовно визначення рівня радіоактивності в атмосферному повітрі дослідження були спрямовані на вимірювання Ra-226, Pb-210 та Be-7. В таблиці 3 наведені діапазони значень концентрацій радіоактивності пилу в повітрі (взято з таблиці 3.2 звіту [ЕсоМ-15]).

Не дивлячись на те, що дводенний період відбору пилу не дає достатніх даних щодо визначення репрезентативного річного рівня середньої концентрації радіонуклідів, отримані результати показують, що під час вимірювань пилу на території родовища не було виявлено ніяких відмітних особливостей від природного радіаційного фону. Проаналізовані дані знаходяться в межах значень, що є типовими для фонових рівнів.

Таблиця 3: Діапазони вимірювань пилу і концентрацій радіоактивності в повітрі згідно звіту [ЕсоМ-15]

Пил [мікрограм/м ³]	Концентрація радіоактивності в повітрі [міліБк/м ³]			Співвідношення Be-7 / Pb-210
	Ra-226	Pb-210	Be-7	
130 - 168	0,08 – 0,18	0,64 – 0,88	5,4 – 7,5	6,9 – 8,9

Загальна кількість зібраного пилу знаходиться на рівні 150 мікрограм/м³, що є достатньо високим показником (див. таблицю 3; можливо зразки пилу відбирались в суху погоду). Для порівняння, в Німеччині для цілей оцінки дози на гірничих підприємствах і збагачувальних фабриках [ВМУ-2012] рекомендований допустимий рівень концентрації пилу в повітрі дорівнює 50 мікрограм/м³.

Абсолютні значення концентрацій Ra-226 і Pb-210 в повітрі є також дещо підвищеними (див. таблицю 3) у порівнянні до фонових значень згідно публікації [ВМУ-2012] (0,01 міліБк/м³ для Ra-226 та 0,3 міліБк/м³ для Pb-210). Причиною цього може бути підвищені концентрації пилу та аерозолу в повітрі. Ти не менше, концентрації природних радіонуклідів нижче ніж 1 міліБк/м³ з радіологічної точки зору є незначними, що легко доказується при застосуванні розрахункової формули, наведеної в [ВМУ-2012]. Просторовий розподіл концентрацій ізотопів Be-7 і Pb-210 практично постійний, тобто відсутні індикатори присутності джерела випромінювання на поверхні землі, які могли би бути причиною вторинного підйому радіонуклідів в повітря.

Отримані фонові значення служать в якості прерогативу, а також надають інформацію щодо подальшої оцінки радіаційної безпеки в процесі розробки Біланівського родовища.

3.1.4 Вода

Загалом Екомонітор/УкрГМІ проаналізовано 15 зразків води, відібраних на території Біланівського родовища. Три зразки були відібрані з річок і чотири зразка з колодязів з першого водоносного горизонту (четвертинні поклади), сім зразків відбирались шляхом відкачок ґрунтових вод в свердловинах (четвертинний горизонт - 4 зразки, бучакський горизонт - 2 зразки, харківський горизонт - 1 зразок). Вода з тріщинуватого горизонту в кристалічних породах була відібрана, але її аналіз не є репрезентативним по причині аварії в свердловині. Проби води, відібрані з бучакського та харківського водоносних горизонтів також не є репрезентативними для цілей визначення їх якісних характеристик. Тим не менше, даний дефіцит компенсується шляхом переоцінки історичних даних стосовно вказаних водоносних горизонтів (див. наступний розділ). Один додатковий зразок води було відібрано із ставка-випарника Кременчуцького нафтопереробного заводу. Крім цього, було проаналізовано один зразок привозної питної води.

3.1.4.1 Радіоактивність в воді

В таблиці 4 приведені узагальнені дані стосовно діапазону виміряних концентрацій радіоактивності і їх максимальні значення (дані з таблиць 3.14 і 3.15 звіту [ЕсоМ-15]):

Завдяки різним показникам розчинності елементів та їх сполук у воді, природні радіонукліди в воді не знаходяться в стані радіаційної рівноваги. Таким чином, для визначення природної радіоактивності води (або аналізу дії), треба проаналізувати всі елементи, які вносять свій вклад у визначення дози. Такими радіонуклідами у воді є: U-238, U-234, Th-230, Ra-226, Rn-222, Pb-210, Po-210, U-235 (може бути перерахований з вмісту U-238), Pa-231, Ac-227, Th-230 і Ra-228.

Таблиця 4: Виміряні концентрації радіоактивності в воді території Біланівського родовища

Тип води	Діапазон вимірної концентрації активності [Бк/л];							
	Загальна альфа активність	Загальна бета активність	Макс. Rn-222	Макс. U-238	Макс. U* (мікромір на літр)	Макс. Ra-226	Макс. Pb-210	Макс. Po-210
Річна вода	0,09 – 0,21	0,12 – 0,29	9,6	0,042	3,4	0,056	0,050	0,010
Вода з колодязів	0,11 – 0,89	0,06 – 0,45	20,3	0,381	30,9	0,090	0,177	0,050
Вода із свердловин	0,08 – 0,79	0,15 – 0,73	8,9	0,084	6,8	0,090	0,052	0,040
Питна привозна вода	0,38	0,45	8,8	0,065	5,3	0,013	Немає даних	Немає даних
Вода із ставка-випарника	0,19	0,32	Немає даних	0,052	4,2	0,030	0,030	0,007

* Активності урану були визначені Консультантом по максимальним концентраціям U-238 шляхом застосування коефіцієнту: 1 мікрограм/л природного урану = 12,44 міліБк/л U-238.

В практичній роботі для оцінки якості води застосовується підхід, що розрізняє види активності та види радіонуклідів. Так, визначення у воді концентрацій ключових радіонуклідів (починаючи з загальної альфа та бета активності і продовжуючи визначенням концентрацій Rn-222, U-238, U-234, Ra-226, Ra-228, Pb-210 і Po-210) є достатнім. За виключенням Ra-228 (цей радіонуклід є важливим лише у випадку оцінки концентрації Th-232 та його дочірніх радіонуклідів у воді), всі зазначені радіонукліди були вивчені УкрГМІ.

В результаті порівняльного аналізу результатів досліджень представлених в таблиці 4 даної рецензії з рівнями/вимогами Всесвітньої Організації Охорони Здоров'я (ВООЗ) та Європейської Комісії (ЄК) до питної води (див. таблицю 5) виявляється, що:

а) Концентрації Rn-222 у всіх зразках (максимум 20,3 Бк/л) значно нижчі ніж визначеного ВООЗ і ЄК рівня в 100 Бк/м³.

б) В жодному зразку води не виявлено загальну бета активність, яка б перевищувала рівень скрінгової оцінки 1 Бк/л (максимальне значення дорівнює 0,73 Бк/л).

в) В деяких зразках загальна альфа активність дещо перевищує рівень скрінгової оцінки 0.1 Бк/л (максимальне значення: 0,89 Бк/г, що означає необхідність вимірювань концентрацій активності для U-238, U-234, Ra-226, Pb-210 і Po-210).

г) Визначені концентрації активностей для U-238, U-234, Ra-226 і Po-210 значно нижчі ніж відповідні рівні ВООЗ і ЄК. Як вказано ЄК, теж саме стосується при порівнянні концентрацій активностей з рівнями концентрацій вторинних продуктів полурозпаду [C(der)] (за винятком одного зразка, відібраного з свердловини W07 в населеному пункті Нова Галещина, в якому були визначені підвищені концентрації Pb-210 на рівні 0,177 Бк/г).

Таблиця 5: Оціночні рівні концентрацій радіонуклідів в питній воді за даними ВООЗ і ЄК:

Радіонуклід	Загальний рівень ВООЗ [Бк/л]	Похідна концентрація С(der) ЄК [Бк/л]
Rn-222	100	100
U-238	10	3
U-234	1	2.8
Ra-226	1	0.5
Ra-228	0.1	0.2
Pb-210	0.1	0.2
Po-210	0.1	0.1

Відповідно до даних визначених концентрацій природного урану (U-пр.) таблиці 4 (розраховані по максимальним концентраціям U-238), необхідно висвітлити хемотоксичний вплив урану на навколишнє середовище. Концентрація урану в питній воді обмежується перш за все хемотоксичними факторами, які виникають при споживанні цього елемента. Всесвітня Організація Охорони Здоров'я в своїй публікації [WHO-12] визначає, що рівень дії в 30 мікрограм/л не визиває ніякого побічного ефекту на здоров'я людини при постійному застосуванні води з такою концентрацією ("відсутність явних признаков ефекту"). Тим не менш, в багатьох країнах допустимий рівень концентрації урану в питній воді встановлено нижчим ніж рекомендований 30 мікрограм/л.

Отримані фонові значення служать в якості прерогативу, а також надають інформацію щодо подальшої оцінки радіаційної безпеки в процесі розробки Біланівського родовища.

3.2 Аналіз історичних даних

Аналіз історичних даних і зроблені висновки стосовно підвищених концентрацій природних радіонуклідів на території Біланівського родовища загалом і в межах запланованого кар'єру зокрема представлені в розділі 2 звіту [ЕсоМ-15]. Основний акцент зроблено на оцінку даних, зібраних в період детальної геологічної розвідки родовища за 1970-1978 роки Державним підприємством Укрпівденьгеологія (УкрПГ). Додатково наведені дані по концентраціям радіонуклідів в підземних і поверхневих водах, що були зібрані за період 2012-2014 Інститутом геохімії навколишнього середовища (ІГНС) НАН України. ІГНС також зібрані радіологічні дані для ґрунтів і повітря, але, як показано в звіті Екомонітор, ці дані не є достовірними і тому вони далі не розглядаються.

3.2.1 Аналіз даних наведених в звіті Державного підприємства Укрпівденьгеологія

В 70-80 роках минулого століття УкрПГ проводило геологічну розвідку Біланівського родовища де за весь час було пробурено 310 геологорозвідувальних свердловин. В 298 свердловинах був проведений гама каротаж з метою виявлення радіоактивних аномалій. Для перерахунку гамма активності в концентрацію еквівалента урану використовувався коефіцієнт $7.6 \cdot 10^{-5}\%$ еквіваленту урану на 1 мікроРентген/годину². Вказаний коефіцієнт дозволяє перевести вертикальний профіль гама активності вміщуючи порід в свердловині в локальні концентрації еквівалента урану, а також розрахувати питому активність U-238 (1 грам природного урану дорівнює $12,44 \cdot 10^3$ Бк U-238).

Результати гама каротажу можливо узагальнити в наступних положеннях:

1. Радіоактивні аномалії були виявлені в восьми свердловинах (2,6 % від загальної кількості свердловин); всі аномалії знаходяться поза межами часток залізорудних формацій, які плануються к видобутку згідно проекту першої стадії розробки Біланівського родовища.
2. В шести з восьми свердловинах видима потужність радіоактивних аномалій дорівнює 1 м або менше. В одній свердловині видима потужність аномалії сягає 3 м, в іншій – 6,4 м.
3. Радіоактивні аномалії були встановлені на різних глибинах (мінімум 115 м від гнівної поверхні, максимум – 486 м).

²В звіті [ЕсоМ-15] застосування даного коефіцієнту не роз'яснено; розрахований Консультантом.

4. В трьох з восьми свердловинах, в яких були ідентифіковані радіоактивні аномалії, локальна питома активність U-238 геологічних формацій знаходиться на рівні менше ніж 1 Бк/г. В інших трьох свердловинах питома активність U-238 в геологічних формаціях була визначена в межах від 1,24 Бк/г до 1,36 Бк/г. Одна радіоактивна аномалія ретельно не розглядалася, тому що ця свердловина знаходиться на великій відстані (312 м на південь) від границі ліцензійної ділянки і запланованого кар'єру. Лише в одній свердловині була встановлена радіоактивна аномалія, де розрахункова з даних гама каротажу питома активність U-238 досягає 10,3 Бк/г.

Під час буріння УкрПГ всі виявлені аномалії були завірені прямим вимірюванням зразків керну з відповідних інтервалів. Як очікувалось, активності, що були отримані за результатами гама каротажу, виявилися значно меншими. Ця різниця пояснюється різною геометрією вимірювань. Таким чином, використання переводного коефіцієнту, як зазначено вище ($7,6 \cdot 10^{-5} \%$ еквіваленту урану на 1 мікроРентген на годину), для розрахунку локальної концентрації еквіваленту урану і питомої активності U-238 кернавого матеріалу (як зроблено УкрПГ і відмічено Екомонітор) не є очевидним. Різна геометрія вимірювань гама активності потребує використання різних переводних коефіцієнтів. Таке суперечливе положення повинно бути вирішене або шляхом наведення доказів правомірності використання зазначеного коефіцієнту, або використанням різних переводних коефіцієнтів.

Результати гама каротажу були вивчені статистичним методом. Додатково, в главі 2 звіту [ЕсоМ-15] представлені дані по концентраціям урану (U-238) і радію (Ra-226) в різних горизонтах підземних вод: четвертинні поклади (4 зразки), харківська світа (3 зразки), київська світа (1 зразок), бучакська світа (18 зразків) і водонасичений горизонт в тріщинуватих породах кристалічних порід (30 зразків). Інформації, що наведена в ранніх звітах УкрПГ, недостатньо. Більшість значень щодо концентрації та активності природного урану в воді наведена як 0 мг/л і 0 Бк/л, відповідно. Ймовірно, результати лабораторних досліджень в цьому випадку показують чутливість використаних на той час лабораторних приладів і нульові концентрації відображують значення нижчі за рівень виявлення урану. В декількох зразках встановлені концентрації на рівні 0,006 Бк/л та 0,012 Бк/л U-238. Максимальні значення були виявлені на рівні 0,121 Бк/л U-238 в бучакському водонасиченому горизонті, що у першому наближенні дорівнює концентрації природного урану на рівні 10 мікрограм/л.

Концентрації Ra-226 в чотирьох водонасичених горизонтах (четвертинні поклади, харківська, київська та бучакська світи) знаходяться в діапазоні від 0,037 та 0,148 Бк/л. В сімох зразках, відібраних з водонасиченого горизонту тріщинуватих кристалічних порід, концентрації радію встановлені на рівні дещо вищим за 0,2 Бк/л. При цьому максимальна концентрація сягає значення 0,888 Бк/л Ra-226. Цікаво, що в чотирьох зразках з підвищеними концентраціями радію підвищених концентрацій природного урану не відмічено, або вони нижчі за рівень виявлення. Ґрунтуючись на своєму досвіді, Консультант вважає такий збіг результатів незвичайним і сумнівається в надійності історичних даних, наведених УкрПГ. Вирішення даного питання є завданням запланованої моніторингової програми (глава 4 звіту Екомонітор) промислового освоєння Біланівського родовища.

3.2.2 Аналіз даних, наведених в звітах Інституту геохімії навколишнього середовища НАН України

В главі 2 звіту [ЕсоМ-15] наводяться недавні дані, зібрані інститутом геохімії навколишнього середовища НАН України. Наприклад, для води з річки Рудька біля селища Бондарі відмічено концентрацію U-238 на рівні 0,006 Бк/л. Аналізом води з річки Псьол біля селища Залісся встановлено концентрацію U-238 на рівні 0,020 Бк/л.

Додатково до аналізів поверхневої води, 17 зразків було відібрано із гідрогеологічних свердловин, пробурених на різні горизонти підземних ґрунтових вод: вісім зразків з горизонту в четвертинних покладах, чотири – з харківського горизонту і п'ять – з бучакського горизонту. Сучасний стан радіоактивності підземних вод, виражений в діапазонах концентрацій U-238, за даними ІГНС є таким:

- Четвертинні поклади: 0,001 Бк/л (0,08 мікрограм/л) - 0,037 Бк/л (2,95 мікрограм/л)
- Харківська світа: 0,001 Бк/л (0,08 мікрограм/л) - 0,011 Бк/л (0,91 мікрограм/л)
- Бучакська світа: 0,001 Бк/л (0,08 мікрограм/л) - 0,012 Бк/л (0,94 мікрограм/л)

Розглядаючи наведені вище дані ІГНС в сукупності з результатами досліджень, проведених Екомонітор, Консультант вважає, що якісний склад цих даних і їх кількість разом з історичними даними УкрПГ, представляють собою достатню інформацію для детальної характеристики хімічного стану підземних і поверхневих вод території родовища.

3.2.3 Кременчуцький рудопрояв уранової мінералізації

Загалом широко відомо, що деякі геологічні структури Українського щита вміщують родовища і рудопрояви уранової мінералізації альбітитового типу, як наприклад Кременчуцький рудопрояв урану, розташований приблизно в 3 км на північ-схід від Біланівського родовища. За дорученням БГЗК вивчення можливого впливу уранової мінералізації Кременчуцького рудопрояву на загальний радіологічний стан промислового майданчика БГЗК проведено ІГНС НАН України. В результаті цих досліджень встановлено, що просторовий розмір уранового рудопрояву є невеликим, уранова мінералізація локалізована в зонах тріщинуватості в сланцях підсвіти K21, а фізичний стан мінералів урану є достатньо несприятливим для металургійної екстракції з них урану. Таким чином, вилучення і мобілізація урану з таких руд ґрунтовими водами навряд чи можлива. Тому, міграція радіонуклідів в напрямку промислового майданчика Біланівського ГЗК може розглядатися лише теоретично.

Отже, Консультант поділяє думку, що можливий вплив уранової мінералізації Кременчуцького рудопрояву на інфраструктуру Біланівського ГЗК не є такого масштабу, щоби про це турбуватися.

Не існує жодного факту, який би давав можливість ставити питання про занепокоєння радіологічними обставинами території родовища.

4. Постійно діюча програма радіологічного моніторингу

Феррекспо розроблено детально обґрунтовану і передову в цьому плані моніторингову програму, яка буде введена в дію до початку промислової розробки Біланівського родовища. Зокрема програма моніторингу спрямована на дослідження підозрілих матеріалів і шляхів можливого вивільнення радіоактивності в навколишнє середовище під час будівництва кар'єру. В даному зв'язку треба ще раз підкреслити, що треба розрізняти дві ситуації: ситуація, що виникне під час будівництва Біланівського кар'єру, і ситуація, що залишиться після відпрацювання родовища. Відповідно, програма моніторингу підрозділяється на три складові частини: до-експлуатаційний моніторинг (базова ситуація), експлуатаційний моніторинг і після-експлуатаційний моніторинг.

В розділі 5.2 звіту [ЕсоМ-15] Екомонітор запропоновано виконання програми моніторингу “на весь період функціонування Біланівського проекту” (Консультант трактує це положення як “під час підготовки, так і на весь термін існування Біланівського ГЗК”). Так, в розділі 5.2 є положення, що програма моніторингу почнеться до активної фази гірничого проекту (видобутку руди). Програмою моніторингу пропонується дослідження таких параметрів:

- Концентрації активностей радіонуклідів полурозпаду U-/Th рядів і К-40 в геологічних формаціях
- Концентрації активностей цих радіонуклідів в спускових кар'єрних водах
- Rn-222 в повітрі (буде продовжений після закінчення гірничого проекту) та
- Радіоактивність аерозолу в повітрі (U-238, Ra-226, Pb-210, Th-232 і Pb-210).

Екомонітор визначає, що незважаючи на те, що очікуваний радіологічний ризик від розробки родовища є низьким (або нікчемним) введення в дію програму моніторингу є необхідною умовою успішної реалізації проекту, перш за все, з точки зору розповсюдження інформації і спілкування з місцевими громадами. Цілком свідомо, що така програма радіологічного моніторингу знаходиться у відповідності до чинного законодавства. На закінчення, українські експерти

вказують на необхідність дослідження впливу на екологічний стан промислового майданчика підприємства ставка-випарника Кременчуцького нафтопереробного заводу.

Програма моніторингу передбачає вільну та необмежену передачу результатів спостережень місцевим громадам і акціонерам компанії.

5. Остаточні висновки

Потенційні радіаційні ризики охарактеризовані в звіті Екомонітор детально і в повній мірі. Взагалі проблема “ризиків радіаційної дії” та потенційна небезпека, що пов'язана з цими ризиками, представляє собою роботу в процесі виконання. Ясно, що дану роботу буде продовжено після закриття Біланівського кар'єру та рекультивації земель. В зв'язку з наведеним, Консультант має зробити наступні висновки:

1. Результати польових досліджень відповідають стандартам якості. Використання Екомонітор типів польового обладнання, інструментів і методика збору даних відповідають поняттю Передова Практика.
2. Лабораторія УкрГМІ здатна проводити дослідження радіоактивності в зразках, що характеризуються низькими рівнями природної радіоактивності. Ідентифіковані параметри є достовірними. Під час візиту в Київ в травні 2015 Консультант мав можливість ще раз переконатись у високому рівні робіт в лабораторії УкрГМІ.
3. Під час польових робіт на території Біланівського родовища не було знайдено ніяких відхилень від фонових концентрацій гама активності.
4. УкрГМІ для щільних порід всіх літологічних різновидів Біланівського родовища визначені параметри по яким треба проводити оцінку радіологічних ризиків.
5. Концентрації радіоактивності в щільних породах родовища відповідають фоновим значенням. Під час розробки Біланівського залізорудного родовища, тобто зняття ґрунтового шару, видобутку залізної руди і складання пустих розкривних порід у відвали серйозні радіологічні ризики не очікуються.
6. Консультант поділяє висновок Екомонітор, що не має необхідності в провадженні регуляторного радіаційного контролю за виконанням діяльності БГЗК.
7. Вилучення практики гірничих робіт та матеріалів, що пов'язані з даним видом діяльності, від регуляторного контролю повинне проводитись у складі дозвільної або діяльності, що підлягає реєстрації.

8. Дещо підвищені концентрації радіонуклідів в зразках пилу та аерозолі, що були відібрані в короткий дводенний термін, не дають підстав для занепокоєння радіологічною ситуацією.
9. В зразках води УкрГМІ визначені всі необхідні параметри для повноцінної оцінки радіологічних ризиків в комбінації з вивченням шляхів можливого надходження радіації в водоносні горизонти промислового майданчика Біланівського ГЗК.
10. З радіологічної точки зору, Консультант поділяє висновок українських експертів щодо некритичних концентрацій радіоактивності в матеріалах Біланівського родовища. Тим не менш, треба зазначити, що визначені концентрації радіонуклідів у воді відповідають тільки сучасному стану довкілля, тобто до активної фази розробки родовища.
11. Підкреслено, що уран у воді повинен вивчатись з точки зору його хемотоксичного впливу на здоров'я людини.
12. Результати аналізу історичних даних та інтерпретації поведінки природного урану та Ra-226 у воді та в щільних породах свідчать про те, що вони суттєво не відрізняються від результатів недавніх досліджень, виконаних Екомонітор/УкрГМІ. Іншими словами, висновки, що зроблені Екомонітор щодо природної радіоактивності не знаходяться в суперечності з історичними даними і результатами їх інтерпретації.
13. Консультант підтверджує правомірність застосування програми моніторингу, що запропонована в звіті [ЕсоМ-15]. На думку Консультанта пропозиція введення в дію програми моніторингу на об'єктах видобутку мінеральної сировини, що знаходяться недалеко від виявлених родовищ урану, є виправданою.
14. Треба підкреслити, що детальна програма моніторингу може ґрунтуватися тільки на ретельно розробленій програмі видобувних робіт і розвитку гірничого підприємства. Тому, в даному випадку, програма моніторингу має бути обмежена вивченням тільки радіологічних параметрів. Очевидно, що детальний проект оцінки впливу масштабного гірничого проекту на навколишнє середовище (ОВНС) повинен також включати в себе крім радіологічних, такі параметри, як хемотоксичний вплив на всі види середовища, пил, шум, вібрація і таке інше.

6. Посилання

1. [BMU-2012] German Guidelines for the Investigation and Assessment of Radioactivity in Drinking Water (in German); German Ministry for Environment, Nature Conservation and Reactor Safety (BMU), and other Organizations, Bonn, 10. July 2012.
2. [EcoM-15] Ecomonitor - Centre for Monitoring Studies and Environmental Technologies Ltd. / Ukrainian Hydro-Meteorological Institute; Characterization of potential radiation exposure hazards associated with the Belanovo iron ore project, Technical Report, Kiev, 2015.
3. [IAEA-14] International Atomic Energy Agency; Radiation Protection and Safety of Radiation Sources, IAEA General Safety Requirements Part 3, No. GSR Part 3, 2014
4. [UN-2000] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR Report 2000, Vol. 1 , Sources and Effects of Ionizing Radiation, Annex B, Exposure from Natural Radiation Sources, 2000.
5. [WHO-12] WHO – World Health Organization; Uranium in Drinking-water - Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality, Geneva 2012.