

Beryllium mining and environmental protection: prospects for the creation of the Polissia Beryllium Reserve

Sergiy Zhyla

Chornobyl Radiation and Ecological Biosphere Reserve (Ivankiv, Ukraine);
Polissia Nature Reserve (Selezivka, Ukraine)

article info

key words

beryllium mining, environmental safety, Perzhanske ore field, Polissia Nature Reserve, Ukraine.

correspondence to

Sergiy Zhyla; Chornobyl Radiation and Ecological Biosphere Reserve; 28 Tolochyna Street, Ivankiv, Kyiv Oblast, 07201 Ukraine;
Email: dreva1694@gmail.com
orcid: 0000-0002-3471-6790

article history

Submitted: 04.05.2025. Revised: 31.05.2025. Accepted: 30.06.2025

cite as

Zhyla, S. Beryllium mining and environmental protection: prospects for the creation of the Polissia Beryllium Reserve. *GEO&BIO*, 27: 3–13. [Ukrainian, with English summary]

abstract

In the near future, beryllium mining may begin near and within the Polissia Nature Reserve, and there are grounds for establishing the Polissia Beryllium Reserve, following the example of the Chornobyl Radiation and Ecological Reserve. The State Service of Geology and Subsoil of Ukraine has already granted a special permit for 20 years of beryllium ore mining (No. 6383 issued on 01.11.2019). The extraction of beryllium by open-pit mining and zirconium by underground and open-pit mining in the Polissia Reserve area could lead to a range of problems, from a reduction in groundwater levels and pollution from mine effluents to beryllium contamination, disease and mortality among workers and local residents. Based on the scientific literature, as well as the characteristics of the landscape structure in the area of the planned mine and quarry, it can be concluded that there will be a variety of negative impacts on the environment. The proximity and territorial overlap of the Perzhanske ore field was known at the time of the creation of the Polissia Reserve, and for unknown reasons, after almost 10 years of opposition, the reserve was created here. The probability of ore development within the Perzhanske ore field after the signing of the agreement on mineral resources between Ukraine and the United States is very high. There is no information in scientific literature about the environmental risks of ore mining in the Perzhanske ore field. The environmental risks of pollution to the environment, the Perva and Ubort rivers, and part of the Polissia Nature Reserve could be catastrophic. The existing protected area of the Polissia Reserve falls within the mining zone and will not be able to avoid the negative impact of ore mining. The width of the protection zone between the reserve and the mine and quarry in the eastern direction, taking into account the intensive transfer of pollutants with acid rain, should be about 10 km, and in the northern direction, with less intensity of pollutants, about 5 km. In the eastern and north-eastern directions, there will be less acid precipitation, but more intense long-distance dust spread is predicted, with subsequent dust settling on the ground. To reduce river pollution, it is advisable to redirect the Perva River upstream from the ore extraction site to the Ubort River through a newly created canal.

© 2025 The Author(s); Published by the National Museum of Natural History, NAS of Ukraine on behalf of GEO&BIO. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY-SA 4.0), which permits unrestricted reuse, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Добування берилію та охорона довкілля: про перспективи появи Поліського берилієвого заповідника

Сергій Жила

Резюме. Найближчим часом може розпочатись добування берилію поряд і в межах Поліського заповідника і є підстави отримати Поліський берилієвий заповідник за прикладом Чорнобильського радіаційно-екологічного. Державна служба геології та надр України вже надала спеціальний дозвіл на 20-річне видобування берилієвих руд № 6383 від 01.11.2019. Видобуток берилію кар'єрним способом, цирконію шахтним і кар'єрним способами в районі Поліського заповідника може призвести до комплексу проблем від зниження ґрунтових вод, забруднення шахтними стоками до берилієвого забруднення, хвороб, смертності серед працівників та місцевих жителів. Виходячи з наведеної наукової літератури і особливостей ландшафтної структури в районі проєктованих шахти і кар'єру можна стверджувати про різноманітний негативний вплив на довкілля. Близьке розміщення і територіальне перекривання Пержанського рудного поля та Поліського природного заповідника було відоме ще на момент створення заповідника і з незрозумілих причин через майже 10 років протистояння його тут було створено. Ймовірність розробки руд в межах Пержанського рудного поля після підписання угоди про корисні копалини між Україною і США є дуже високою. Інформація в науковій літературі про екологічні ризики від добування руд в Пержанському рудному полі відсутня. Екологічні ризики щодо забруднення довкілля, річок Перга, Уборть і частини Поліського заповідника можуть бути катастрофічними. Існуюча охоронна зона Поліського заповідника потрапляє в зону добування і не здатна буде забезпечити негативний вплив від добування руд. Ширина охоронної зони між заповідником і шахтою та кар'єром в східному напрямі, враховуючи інтенсивне перенесення забруднюючих речовин з кислотними дощами, має складати біля 10 км, в північному напрямі з меншою інтенсивністю забруднюючих речовин біля 5 км. В східному і північно-східному напрямках спостерігатиметься менша інтенсивність кислотних опадів опадів, але тут прогнозується більш інтенсивне поширення пилу на далекі відстані з наступним його осіданням на поверхню землі. Для зменшення річкового забруднення доцільно русло р. Перга вище по течії від місця добування руд перенаправити в р. Уборть через новостворений канал.

Ключові слова: добування берилію, екологічна безпека, Пержанське рудне поле, Поліський природний заповідник, Україна.

Адреса для зв'язку: Сергій Жила; Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник; вулиця Толочина, 28, м. Іванків, Київська область, 07201 Україна; Email: dreval694@gmail.com

Вступ

Найближчим часом може розпочатись добування берилію поряд і в межах Поліського заповідника і є підстави отримати Поліський берилієвий заповідник за прикладом Чорнобильського радіаційно-екологічного. Державна служба геології та надр України вже давно надала спеціальний дозвіл на 20-річне видобування берилієвих руд №6383 від 01.11.2019. Під час конфліктів і воєн економічні інтереси зазвичай переважають над екологічними міркуваннями. Поспіх щодо розробки критично важливих родовищ корисних копалин викликає побоювання, що в результаті цього можуть постраждати екосистеми країни [Watson & Babanina 2024].

Берилій є відносно рідкісним елементом і зустрічається в природі в земній корі, вугіллі та різних мінералах. Його використовують переважно у сплавах з іншими металами в аерокосмічній, електронній та машинобудівній промисловості. Основними джерелами викидів в атмосферу є спалювання вугілля, викопного палива та твердих побутових відходів [Bolan *et al.* 2023]. У ґрунтах і природних водах більша частина берилію сорбується частинками ґрунту та осадами. Більшість забруднення відбувається через атмосферне осадження берилію на надземних частинах рослин. Цей метал і його сполуки токсичні для людини і віднесені до категорії канцерогенів. На людину берилій впливає через органи дихання, споживання забрудненої берилієм їжі та питної води [Bolan *et al.* 2023].

Мета роботи — огляд наукової літератури щодо середовищних впливів берилію та його видобутку, обґрунтування і прогноз наслідків від добування берилію.

Поліський заповідник як «мішень» у берилієвих промислах

Достовірна інформація про вплив берилію на довкілля і людину є важливою складовою для розробки заходів щодо обмеження екологічної токсичності берилію. Комунікація з громадськістю та підвищення обізнаності щодо впливу проєктованого добування берилію в районі Поліського заповідника на довкілля та необхідності залучення всіх зацікавлених сторін до прийняття рішення щодо видобутку берилію. Оцінка впливу на довкілля щодо добування берилію в Поліському заповіднику і його охоронній зоні на даний час не доступна.

В справі протистояння щодо добування берилію є багато інформації і в т. ч. недостовірної. Так, Київський еколого-культурний центр (далі КЕКЦ) від 28.06.2023. повідомив, що Пержанська Рудна Кампанія (далі ПРК) запропонувала вирішувати справу без суду. КЕКЦ висунув ПРК умову відмовитися від намірів добування берилію в Поліському заповіднику, а добувати берилій поза його територією. ПРК пообіцяла це зробити. ПРК подала нові документи до Міндовкілля на проведення «ОВД» (Оцінки впливу на довкілля) та без розробки берилію в Поліському заповіднику. Це підтвердили в Міндовкілля України [за вебсайтом: ecoethics.com.ua]¹. Але інформація від КЕКЦ не відповідає дійсності, бо спецдозвіл на видобування берилієвих руд ділянки «Північна» та «Крушинка» Пержанського родовища № 6383 від 01.11.2019, в т. ч. в Поліському природному заповіднику, не відкликаний [за вебсайтом geo.gov.ua]².

Огляд літератури щодо впливу берилію на довкілля і людину

В Поліському заповіднику і його охоронній зоні може з'явиться різноманітні забруднення в т. ч. берилію в ґрунті, воді та на рослинності з різними характеристиками мобільності та токсичності. Берилій та його сполуки мають високу токсичність для довкілля, ссавців, водних організмів і в ґрунтах, але з часом він може стати менш біодоступним. Висока концентрація може накопичуватися у водних і заболочених середовищах [Watson & Babanina 2024].

Шахтні води — це окремий тип підземних вод, котрий утворюється в місцях добування різних родовищ корисних копалин — вугіллі, кольорових металів, солях. Це переважно суміш підземних і поверхневих вод, що надходять в гірничі виробки і зазнають суттєвих змін в результаті гірничих робіт [Dontala *et al.* 2015]. Формування шахтних вод відбувається в процесі змішування вод різних горизонтів. Ці води мають негативний вплив на підземні води, взаємодіють з шахтною атмосферою, з породами від гірничих виробок. Шахтні води, що відкачуються з виробок, звичайно забруднені механічними домішками, небезпечні в бактеріологічному відношенні і часто з причин підвищеної кислотності стають агресивними до довкілля і обладнання. Води шахт, як правило, мають високу мінералізацію. Хімічний склад і загальна мінералізація шахтних вод відрізняються від вод, що оточують гірничі виробки [Dontala *et al.* 2015].

Вплив берилію на тварин і людей відбувається через контакт зі шкірою, вдихання аерозолів, споживання харчових продуктів і питної води, що містять цей елемент [Bolan *et al.* 2023]. Берилій викидається з різних джерел, включаючи вугільні електростанції, промислове виробництво та операції з утилізації ядерної зброї. Ідентифікація джерел викидів берилію та його вилучення лишається проблемою. Осідання пилу на надземних частинах рослин зумовлює потрапляння берилію в ланцюги живлення тварин. Зменшення рівня забруднення берилію є складним. В минулому огляди наукової літератури стосувались переважно атмосферних і наземних типів забруднення берилію. При цьому вивчали переважно радіоактивність берилієвих руд та його вплив на стан здоров'я людини [Bolan *et al.* 2023]. Стратегії, які практикуються для відновлення середовищ, забруднених іншими небезпечними токсичними металами, можуть бути застосовані для видалення берилію та його сполук з ґрунту та водного середовища.

¹ Стаття: «КЕКЦ захистив Поліський заповідник від видобутку там берилію», 28.06.2023, URL

² Стаття: «», <https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/2020/12/УКН-6383-від-01.11.2019.pdf>

Оскільки хімічні властивості цього металу нагадують властивості Al і Mg, заходи з відновлення, які застосовуються до Al і Mg, можуть бути ефективними і до берилію [Bolan *et al.* 2023].

Гірничодобувна діяльність, включаючи пошук, розвідку, будівництво, експлуатацію, технічне обслуговування, розширення, залишення, виведення з експлуатації та перепрофілювання шахти, може впливати на соціальні показники та екосистеми різними способами. Розвідка, будівництво, експлуатація та технічне обслуговування шахт можуть призвести до зміни землекористування та мати негативний вплив на довкілля в т. ч. знищення лісів, ерозію, забруднення та зміну ґрунтових профілів, підвищення рівня шуму, пилу та викидів [Appleton *et al.* 2006; Sonter *et al.* 2014; Navarro *et al.* 2008].

Гірничодобувна промисловість впливає на традиційні практики корінних народів [Gibson & Klinck 2005], що може створювати конфлікти, соціальні проблеми, погіршувати стан здоров'я та добробут людей [Nakazawa *et al.* 2016]. Видобуток корисних копалин може створювати робочі місця та сприяти місцевій економіці [Fleming & Measham 2014]. Усунення потенційного впливу на навколишнє середовище, наприклад, шляхом очищення води та екологічного відновлення, може мати позитивний вплив на відновлення природи [Jain *et al.* 2016]. Берилій був визнаний у виробничих процесах небезпечним для легеневих хвороб у Європі в 1930-х рр. [Gelman 1936]. Але тільки в 1940-х р. в США визнали берилій винним у легеневих хворобах при виробництві люмінесцентних ламп [Kreiss *et al.* 2007].

Берилій потрапляє у водні шляхи внаслідок природного розпаду і ерозії гірських порід і ґрунту [Agency ... 2008]. Спалювання вугілля та нафти призводять до його накопичення в навколишньому середовищі. Сполуки берилію існують переважно у вигляді дрібних частинок пилу в повітря, яке зрештою осідає над сушею та водою [Agency ... 2008]. Надзвичайно малі частинки берилію можуть залишатися в повітрі протягом десяти днів [ibid.]. Опади і сніг видаляють берилій з повітря. Зазвичай він осідає у водотоках, водоймах, може накопичуватись в риби і потрапляти через їжу в організм людини і рибоїдних хижаків [Cooper & Harrison 2009]. Тому для регіону Поліського природного заповідника потенційно вразливими видами можуть стати видри (*Lutra lutra*) і чорні лелеки (*Ciconia nigra*).

Сполуки берилію можуть залишатися в ґрунті тисячі років. Утилізація вугільної золи, попелу можуть зменшити кількість берилію в ґрунті [Agency ... 2008]. У людей, які живуть поблизу небезпечних звалищ, що містять берилій, може розвинути отруєння берилієм. Рівень берилію в ґрунті може збільшитись поблизу звалищ промислових відходів. Але у більшості випадків, малоімовірно, що метал вимиватиметься у ґрунтові води. Берилій часто вступає в реакцію з розчиненими хімічними речовинами, утворюючи менш токсичну, нерозчинну форму, яка менше впливає на водні організми [Lenntech 2008]. Проте нерозчинні у воді сполуки берилію можуть повернутися до розчинних форм із подальшою більшою загрозою для здоров'я людини [Agency ... 2008]. Ймовірно, що ризики для здоров'я людини від берилію будуть стосуватися і ссавців у дикій природі.

Берилій може бути канцерогенним при вдиханні або споживанні в їжу [Beyersmann & Hartwig 2008]. Бериліоз є легеневою хворобою, яка має гіперчутливість IV типу [Stearney *et al.* 2023]. Радіонукліди у великій кількості містяться в гранітах та в породах, що містять берилій. Багато захворювань можуть виникнути внаслідок вдихання газу радону, який є продуктом радію, що може викликати гостру лейкемію та рак кісток. Оцінити в цілому екологічний ризик берилію та супутніх з ним елементів складно [Khaleal *et al.* 2023]. При шахтному видобутку берилію у минулому мала місце смертність працівників. Відбір породи здійснювався руками з використанням окулярів за ознаками свічення матеріалу. У деяких копачів бурштину були ознаки враження кісток, схожі на рак (усні повідомлення місцевого жителя М. Ренкаса).

Токсичність берилію є складною проблемою, оскільки берилій має як гостру, так і хронічну токсичність, а також тому, що Be0 і Be2+ є токсичними, хоча токсичність Be0, ймовірно, пов'язана з його окисненням до Be2+ [Hashimoto *et al.* 1990]. Здавна використовували такий

термін, як «об'єднаний вплив берилію» [Thomas & Aldridge 1966], що викликало плутанину. Дослідження токсичності берилію та хронічної берилієвої хвороби є численними і тривали понад 60 років [Bruce & Odin 2001; Scott *et al.* 2008]. Берилій є найбільш токсичним нерадіоактивним елементом у періодичній таблиці [Mederos *et al.* 2001]. У науковій літературі трапляються окремі публікації, котрі стверджують про невисоку токсичність берилію, котрі, на думку автора, можливо, варто віднести до замовних. Наприклад, наводиться інформація про те, що іони берилію не перевищують негативний вплив інших токсичних катіонів, таких як Cd 2+, Ba 2+, Hg 2+ або As 3+ [Buchner 2019].

У дискусіях щодо токсичності берилію чи її відсутності найбільш важливою є заява Американського товариства лікарів щодо визнання токсичності берилію, діагностики та лікування чутливості до нього та хронічних захворювань, що виникають при виробництві берилію, виявлення осіб з групи ризику [Balmes *et al.* 2014]. Українські публікації про підвищені концентрації певних металів у берилієвих породах часто мають інформаційно-рекламний характер, не містять результати досліджень чи інформацію про порушення законодавства України і розміщення родовища берилію в заповіднику [Dubyna *et al.* 2020].

Про екологічні наслідки добування берилію і вплив на рослинність в районі заповідника

Виходячи з наведеної наукової літератури і особливостей ландшафтної структури в районі проєктованих шахти і кар'єру, можна говорити про різноманітний негативний вплив на довкілля. Вентилятори викидатимуть великі об'єми повітря і пилу, насоси відкачуватимуть забруднену шахтну воду. Утримати необхідні показники безпечними для людини по концентрації пилу в лаві, де добуватиметься берилій, навряд чи буде можливо. Невідомо, де саме буде збудований збагачувальний комбінат і чи буде він мати вплив на забруднення річок та заповідника. На жаль, у матеріалах «Оцінки впливу на довкілля» були наведені технології робіт без конкретної інформації про викиди в атмосферу, об'єми хвостосховищ, поширення пилу. На даний час, можливо, розробляється новий текст Оцінки впливу на довкілля, але цей документ не доступний для ознайомлення.

Необхідно брати до уваги, що Пержанське рудне поле з часом буде розроблятися, будуть добуватися руди інших металів і в т. ч. кар'єрним способом. Тому матиме місце додаткове забруднення Поліського заповідника пилом, знижуватиметься рівень ґрунтових вод при експлуатації кар'єру, при вибухових роботах в ньому, від проїзду транспорту на дорогах, які не мають твердого покриття. Розповсюдження газоподібних продуктів і їх розсіювання буде відбуватися на великі відстані. Струмінь шкідливих газів, зважаючи на шкідливість берилію і високі вимоги до чистоти повітря в шахті, буде інтенсивним і пил буде викидатись на значну висоту (до 200–300 м) і поширюватись далеко в залежності від напрямку вітру. Особливо великі перенесення пилу будуть в ясну вітряну погоду. З причини потепління клімату і зменшення протяжності дощової погоди площі забруднення від пилу будуть великими. В дощову погоду багато проблем будуть створювати кислотні дощі, до яких чутливі велика кількість видів рослин. Особливо великі всихання рослинності очікуються в чутливої до кислотних опадів чорниці (*Vaccinium myrtillus* L). Зміна клімату суттєво впливатиме на урожайність чорниці, оскільки підвищення температури та підвищення рівня азоту в атмосфері можуть покращувати трофність ґрунтів і посилити вразливість рослинних угруповань бореальних видів. Це може змінити конкуренцію між видами і видове різноманіття [Zeidler & Banaš 2024]. В Поліському заповіднику є велика кількість бореальних видів рослин, лісів боліт, котрі стануть більш вразливими до змін клімату через зміну рівня ґрунтових вод після початку добування берилію. Останнім часом спостерігались куртинні всихання чорниці при тривалій дощовій погоді переважно у формі «мряки». Чорниця в наш час є важливою частиною отримання додаткових заробітків місцевого населення і навіть важливою складовою родинного бюджету. Кошти,

отримані місцевим населенням від збору чорниці, в подальшому пожвавляють торгівлю і покращують соціально-економічні показники в регіоні Поліського заповідника. Збір грибів з причини змін клімату і призупинення випасу великої рогатої худоби в лісі дуже зменшився. Єдиним винятком є білий гриб, котрий в окремі роки ще приносить деякі доходи місцевим жителям.

Джерелом забруднень повітря і вод можуть бути відвали порід, де відбуватимуться процеси ерозії, окислення. Навантаження сухої гірської маси екскаватором, транспортування гірничої маси в кар'єрі чи від шахти на зовнішні відвали супроводжуватиметься теж значним пиловиділенням, особливо при використанні автосамоскидів. Автомобільні дороги очевидно будуть мати щебенево-гравійне покриття і стати додатковими джерелами пилоутворення, особливо у кар'єрах та на відвалах. Інтенсивність осадження пилу на рослинність і надґрунтовий покрив буде інтенсивним. Відвали і пил будуть накопичуватись на поверхні і з дощами потрапляти у водойми, річки і ґрунтові води. Ці процеси будуть інтенсивними з причини промивного режиму ґрунтів, що спричинятиме хвороби риб, накопичення забруднювачів в мікроорганізмах, накопичення токсинів в рослинах і далі буде відбуватись їх перехід до трав'юдних тварин і хижаків. Проходитимуть незворотні сукцесії рослинності.

Забруднення повітря, ґрунтів, рослин, тварин буде особливо інтенсивним, і тому відстань від шахти до річок має складати 3–5 км. Прогнозовані забруднювачі — берилій і інші металеві руди, котрі є в переліках рудних копалин, діоксиди сірки, оксиди азоту, які поєднуючись з водою, будуть утворювати складну суміш токсинів і в т. ч. сірчану та азотну кислоти. Це буде викликати кислотні опади. Кислоти, потрапляючи на листя, будуть порушувати інтенсивність фотосинтезу і зменшувати приріст фітомаси і в т. ч. приріст деревини. Додатково пил та інші забруднювачі у рослин будуть закупорювати породици і порушувати біохімічні реакції, що теж ослаблюватиме фотосинтез. Дихання рослин навпаки буде інтенсивним з надмірною втратою накопичених енергетичних речовин.

Постійне проживання місцевих жителів у с. Перга і с. Рудня Перганська буде проблемним через високі ризики легеневих хвороб і ракових захворювань. Пік таких захворювань ймовірно почнеться через 10 років після початку розробки берилію. Громадськість і місцевих жителів цікавлять не тільки негативні екологічні наслідки, але і питання про те, чи не зросте смертність в місцевого населення, чи будуть проводитись природоохоронні заходи для стабілізації рівня ґрунтових вод, рекультивация земель після добування та що планується для збереження рослинності? Чи збережуться р. Перга і Уборть та яка в них буде вода по якості?

Україна підписала зі США угоду про спільний видобуток корисних копалин [за вебсайтом: bbc.com]³. Знакова публікація [Muggah & Rohozinski 2025] під заголовком «Мінеральні війни — як критично важливі корисні копалини України підживлюватимуть майбутні геополітичні суперництва» з картою родовищ критичних мінералів і природоохоронних територій в Україні (рис. 1). Контроль над ресурсами України, від вуглеводнів до рідкісноземельних елементів, має вирішальне значення для економічного відновлення України, для зеленого майбутнього Європи та енергетичного домінування Росії. У новому геополітичному порядку той, хто контролює ресурси України, матиме на неї значний вплив [Muggah & Rohozinski 2025]. Тому ймовірність розробки берилію в Поліському заповіднику зростає. Незважаючи на важливість рудних копалин Пержанського рудного поля, має бути верховенство права.

Про приховування інформації

Через стратегічну важливість і секретність, що оточує метал берилій, відкритий доступ до інформації про берилій тривалий час був обмежений. Технології видобутку, ресурси металу, переробка, відновлення фториду та оксиду берилію з отриманням металу та сплаву, рафінування металу, технології порошкової металургії, підготовки фольги та кераміки для оцінки

³ Стаття: «Україна і США підписали угоду про ресурси. Що вона передбачає», 30.04.2025, URL

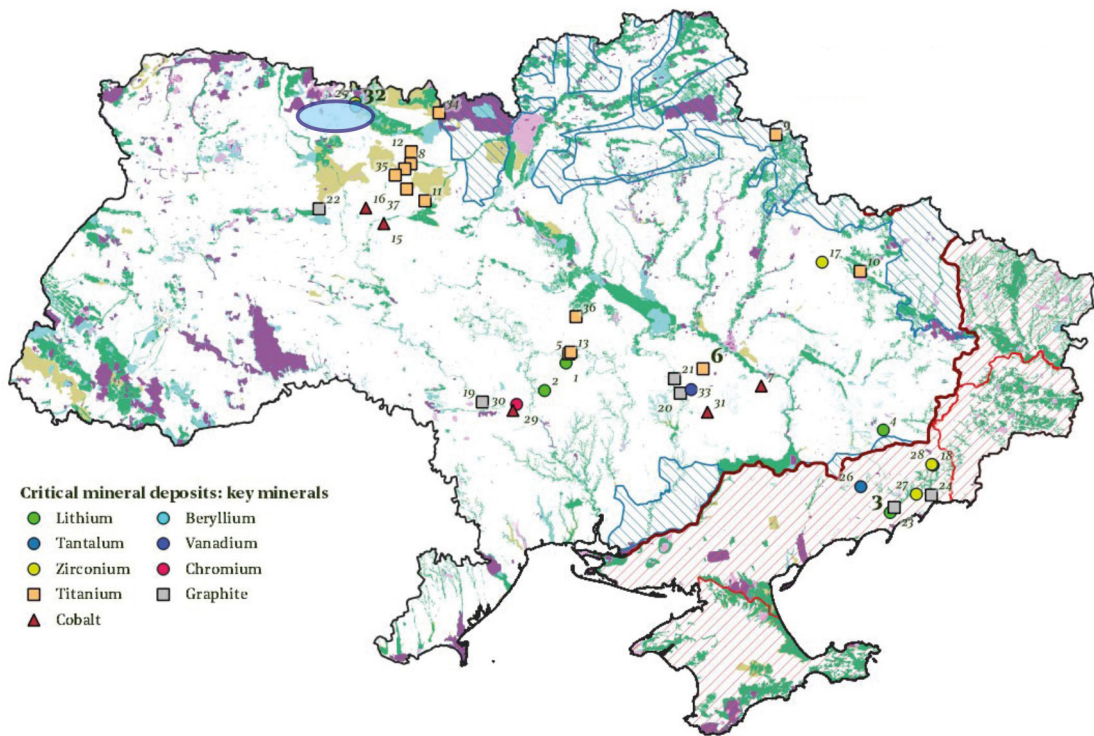


Рис. 1. Карта родовищ критичних мінеральних ресурсів і природоохоронних територій в Україні згідно даних [Watson & Babanina 2024]. Кольорові заливки — різного типу «екологічно важливі території». Штриховка — окуповані території різного часу. Синій еліпс — Пержанське Рудне Поле, найбільш проблемна локація рудних копалин на мапі України, де природоохоронні території співпадають з проєктованим добуванням руд.

Fig. 1. Map of critically important mineral resources deposits and nature conservation areas in Ukraine according to data from [Watson & Babanina 2024]. Coloured fills represent various types of 'ecologically important areas'. The hatching indicates occupied territories at different times. The blue ellipse marks the Perzhan'ske Ore Field, the most problematic location of ore deposits on the map of Ukraine, where nature conservation areas coincide with places of planned ore extraction.

впливу на берилій має подаватись не в технологічному процесі, а з наголосом на темі токсикології та контролю забруднення [Gupta & Saha 2001]. Приховування інформації в оцінках впливу на довкілля берилієвого родовища поблизу Поліського заповідника є незаперечним фактом при порівнянні публікації [ibid.] та матеріалів оцінки впливу на довкілля (нині матеріали ОВД відсутні в Інтернеті). Оцінка впливу на довкілля має виходити з принципів сталого розвитку, щоби задовольнити сьгоднішні потреби без шкоди для майбутніх поколінь.

Директор Пержанської рудної компанії Віктор Танай в інтерв'ю розвінчував міфи про потенційну шкоду екології від берилію і наміри про створення повного циклу з виробництва [за сайтом rubryka.com]⁴. Феномен комерційного приховування призводить до негативних економічних, безпекових і соціальних наслідків. Є побоювання того, що добування берилію, цирконію в заповіднику чи поряд з ним буде відбуватись за відомими сценаріями бурштинового бізнесу в Поліссі. В світовій практиці в багатьох країнах бізнес на корисних копалинах пов'язаний з відмиванням грошей і порушенням законодавства. Приховування інформації про токсичність берилію і добування берилію в Поліському заповіднику завдяки діям громадських активістів, ЗМІ було спростовано. В деяких країнах науковці, медики, влада часто проводять просвітницьку роботу для населення щодо токсичності берилію [Агенсу... 2008]. Г. Буткевич власник фірми BGV Group, котра має ліцензію на добування берилію в Поліському

⁴ Стаття «Не потрібно їхати до Польщі: на Житомирщині запуснуть підприємство на 700 робочих місць», 05.04.2021, URL

заповіднику, в своїх інтерв'ю традиційно не торкається екологічної тематики [за вебсайтом: forbes.ua]⁵.

Приховування та фальшування інформації про берилій це не тільки порушення законодавства про природно-заповідний фонд передбачена відповідальність в т. ч. кримінальна (ст. 64 Закону України «Про природно-заповідний фонд»)⁶, але і приховування інформації щодо екологічної безпеки, відомостей про екологічний стан, захворюваність населення (ст. 238 Закону України «Кримінальний кодекс України»)⁷. Але ці вимоги не діють навіть у випадках з берилієм чи наданням дозволу на його добування в заповіднику. Світова практика у спірних випадках рекомендує створювати Робочу групу з залученням всіх зацікавлених сторін, експертів, громадських активістів [Haddaway *et al.* 2019].

Видобуток критично важливих корисних копалин та його негативний вплив на довкілля, порушення прав людини відомі на Глобальному Півдні і це розглядається як виклик для сталого розвитку. В злочинному бізнесі на сировині є мережа легальних і нелегальних учасників, в т. ч. компанії, політичні діячі, найманці, злочинні організації, збройні групи, як місцеві так і європейсько-американські. Хтось порушує закон, хтось на це закриває очі. Але навіть міжнародна спільнота не бажає припинити незаконні добування, торгівлю і хабарництво. Примушування, підкуп, залякування, звільнення посадових осіб звичне явище [Darnal *et al.* 2023]. Отриманню дозволу на добування берилію активно протидіяли громадські організації, Житомирська обласна прокуратура, місцеві громади, але медики, науковці зберігали мовчанку. Міндовкілля і Поліський заповідник дали згоду на добування берилію.

Тема корупційної складової берилієвого проекту в Поліському заповіднику лишається не описаною в науковій літературі. Екологічна спадщина гірничодобувної промисловості в Україні є непростою. В наш час зростають ризики виникнення катастроф в екологічно чутливих регіонах, у т.ч. на природоохоронних територіях. У 37 критично важливих родовищах корисних копалин в Україні:

- 19 родовищ знаходяться в межах 1 км від природоохоронної території;
- 18 родовищ знаходяться в межах 1 км від водойми [за вебсайтом: ceobs.org]⁸.

В Україні правоохоронні структури продовжують ігнорувати факт розміщення родовищ цирконію, берилію і інших рудних копалин поблизу або в межах Поліського заповідника, р. Перга та Уборть. Щодо берилієвого родовища мали місце судові розгляди і публікації з заголовками «Оточення Авакова (міністр внутрішніх справ, прим авт.) знову пробує отримати дозвіл на видобуток берилію під заповідником» [за: <https://nashigroshi.org>]⁹.

Випадки добування корисних копалин на природоохоронних територіях мають місце в деяких країнах [Dubyna *et al.* 2020], але це відбувається не в такій кричущій формі порушення чинного законодавства і не для природоохоронних територій національного рівня. Поліський заповідник і Пержанське рудне поле навіть на думку іноземних експертів [Watson & Babanina 2024] є винятком навіть для України (див. рис. 1). Близьке розміщення і територіальне перекривання Пержанського рудного поля і Поліського заповідника було відоме ще на момент створення цієї установи і з незрозумілих причин через майже 10 років протистояння заповідник тут було створено (рис. 2).

Тривалий час у заповіднику продовжували проводити геологорозвідувальні роботи. У подальшому, щоби якось зняти цю проблему було запропоновано вилучення південної частини

⁵ Стаття ««Продав яхту заради футболу». Інтерв'ю співвласника АТБ і засновника BGV Group Геннадія Буткевича: про видобуток графіту та урану, мрію будувати в Україні ядерні реактори та як вивести «Полісся» в чемпіони», 22 квітня (без року), URL

⁶ Закон України Про природно-заповідний фонд України, 16 червня 1992 р. N 2457-ХІІ.

⁷ Кримінальний кодекс України. Відомості Верховної Ради України, 2001, № 25–26, ст. 131.

⁸ Стаття «The environmental risks from a critical minerals rush in Ukraine», May, 2024, URL

⁹ Наші гроші, 03.10.2019: «Оточення Авакова знову пробує отримати дозвіл на видобуток берилію під заповідником». URL



Рис. 2. Картохема розміщення природоохоронних територій і родовищ берилію (Пержанське родовище) та цирконію (ділянка «Ястребецька») (межі за вебсайтом: pryroda.in.ua).

Fig. 2. Location map of protected areas and deposits of beryllium (Perzhanske field) and zirconium (Yastrebetzka field) (limits according to the website: pryroda.in.ua).

заповідника і в т. ч. всієї території нинішнього Пержанського відділення Поліського заповідника взамін на створення ряду нових філій [Andrienko & Porovych 1986]. Нині видається помилковим створення Поліського заповідника в межах території, де проводились геолого-розвідувальні роботи і існували плани добування руд в майбутньому.

Висновки

Ймовірність розробки руд в межах Пержанського рудного поля після підписання угоди про корисні копалини між Україною і США є дуже високою. Екологічні ризики щодо забруднення довкілля, річок Перга, Уборть і фактичній втраті південної частини Поліського заповідника, як природоохоронної території, після початку добування берилієвих і інших руд можуть бути катастрофічними. Інформація в науковій літературі про екологічні ризики від добування руд в Пержанському рудному полі відсутня. При розробці Оцінки впливу на довкілля для добування руд в Пержанському рудному полі необхідно дотримуватись чинного законодавства України і використовувати сучасну наукову літературу щодо екологічного впливу на довкілля від видобутку і переробки руд.

Існуюча охоронна зона Поліського заповідника потрапляє в зону добування і не здатна буде убезпечити негативний вплив від добування руд на територію заповідника. Ширина охоронної зони між заповідником, шахтою та майбутнім кар'єром з добування цирконієвих руд в східному напрямі, враховуючи інтенсивне перенесення забруднюючих речовин з кислотними дощами, має складати 10 км, в північному напрямі з меншою інтенсивністю забруднюючих речовин — 5 км. В східному і північно-східному напрямках від берилієвої шахти очікується менша інтенсивність кислотних опадів, але більш інтенсивне поширення пилу на далекі відстані з наступним його осіданням на поверхню землі.

Доцільно русло р. Перга вгору за течією від берилієвої шахти перегородити греблею, перенаправити стік води в р. Уборть і не допустити водопілля поблизу розміщення шахти і хвостосховищ. Для недопущення переміщення забруднюючих речовин з водою по р. Уборть та збереження відповідного рівня ґрунтових вод, протидії осушувальному впливу шахти і кар'єра створити греблю на р. Уборть в місці колишнього млина в с. Рудня Хочинська. На більшій частині території Пержанського відділення Поліського заповідника можуть відбутись додаткове зниження рівня ґрунтових вод, пересихання і заліснення боліт, хімічне забруднення повітря і ґрунтів, токсичний вплив на рослинний і тваринний світ та ін.

Декларації

Фінансування. Дослідження проведено в рамках виконання програми Літопису природи Поліського природного заповідника за рахунок бюджетних коштів.

Конфлікт інтересів. Автор не має жодних конфліктів інтересів, які могли вплинути на зміст статті.

References

- Agency... 2008. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Public health statement. Beryllium. Cas# 7440-41-7. *Buford Highway, Atlanta, Georgia, USA*, 1–7.
- Andrienko, T. L., S. Y. Popovich. 1986. *Polissian State Reserve*. Naukova Dumka, Kyiv, 1–202. [Russian]
- Appleton J., J. Weeks, J. Calvez, C. Beinhoff. 2006. Impacts of mercury contaminated mining waste on soil quality, crops, bivalves, and fish in the Naboc River area, Mindanao, Philippines. *Science of The Total Environment*, **354**: 198–211. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.01.042>
- Balmes, J. R., J. L. Abraham, R.A. Dweik, E. Fireman, A. P. Fontenot, [et al.]. 2014. ATS Ad Hoc Committee on Beryllium Sensitivity and Chronic Beryllium Disease. An official American Thoracic Society statement: diagnosis and management of beryllium sensitivity and chronic beryllium disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, **190** (10): e34–59. <https://doi.org/10.1164/rccm.201409-1722ST>
- Beyersmann, D., A. Hartwig. 2008. Carcinogenic metal compounds, recent insight into molecular and cellular mechanisms. *Archives of Toxicology*, **82**: 493–512. <https://doi.org/10.1007/s00204-008-0313-y>
- Bolan, S., H. Wijesekara, M. Tanveer, V. Boschi, L. P. Padhye, [et al.]. 2023. *Environmental Pollution*, **320**: 121077. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121077>
- Bruce, R. M., M. Odin. 2001. Beryllium and beryllium compounds. *Concise International Chemical Assessment Document*. WHO, Geneva.
- Buchner, M. R. 2019. Recent contributions to the coordination chemistry of beryllium. *Chemistry — A European Journal*, **25**: 12018–12036. <https://doi.org/10.1002/chem.201901766>
- Cooper, R. G., A. P. Harrison. 2009. The uses and adverse effects of beryllium on health. *Indian Journal Occupational and Environmental Medicine*, **13** (2): 65–76. <https://doi.org/10.4103/0019-5278.55122>
- Darnal, A., P. Marchegiani, H. Slingbaum, G. Soto-Mayor, F. Tumiwa. 2023. Critical Minerals: The Not-So-Green Side of the Green Transition. Global South Experts Turn the Tables. *Stimson Center*. [stimson.org](https://www.stimson.org)
- Dontala, P. S., T. B. Reddy, R. Vadde. 2015. Environmental aspects and impacts its mitigation measures of corporate coal mining. *Procedia Earth and Planetary Science*, **11**: 2–7. <https://doi.org/10.1016/j.proeps.2015.06.002>
- Dubyna, O., S. G. Kryvdik, V. Belskyy, O. Vyshnevskiy. 2020. Features of Beryllium and rare metal mineralization in syenite of the Perga Deposit (Ukrainian Shield). *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, **1**(88): 91–97. <https://doi.org/10.17721/1728-2713.88.13>
- Fleming, D. A., T. G. Measham. 2014. Local job multipliers of mining. *Resources Policy*, **41**: 9–15. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2014.02.005>
- Gibson, G., J. Klinck. 2005. Canada's resilient north: the impact of mining on aboriginal communities. Pimatisiwin. *Pimatisiwin: A Journal of Aboriginal and Indigenous Community Health*, **3**: 116–139.
- Haddaway, N. R., S. J. Cooke, P. Lesser, [et al.]. 2019. Evidence of the impacts of metal mining and the effectiveness of mining mitigation measures on social-ecological systems in Arctic and boreal regions: a systematic map protocol. *Environmental Evidence*, **8** (9): 1–11. <https://doi.org/10.1186/s13750-019-0152-8>
- Hashimoto, K., N. Yoda, Y. Osamura, S. Iwata. 1990. Molecular orbital study on the mechanism of oxidation of a beryllium atom in acidic solution. *Journal of the American Chemical Society*, **112**: 7189–7196. <https://doi.org/10.1021/ja00176a017>
- Hilson, G. 2002. An overview of land use conflicts in mining communities. *Land Use Policy*, **19**: 65–73. [https://doi.org/10.1016/S0264-8377\(01\)00043-6](https://doi.org/10.1016/S0264-8377(01)00043-6)
- Jain, R., Z. Cui, J. Domen, 2016. Environmental impacts of mining. In: Jain, R., Z. Cui, J. Domen (eds). *Environmental impact of mining and mineral processing: management, monitoring, and auditing strategies*. Amsterdam, Elsevier, 53–157. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804040-9.00004-8>
- Khaleal, F. M., M. Z. El-Bialy, G. M. Saleh, [et al.] 2023. Assessing environmental and radiological impacts and lithological mapping of beryl-bearing rocks in Egypt using high-resolution sentinel-2 remote sensing images. *Scientific Reports*, **13**: 11497. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38298-0>
- Lenntech. 2008. Beryllium-Be. *Lenntech (website)*, 3/10/2008. On-line: <https://www.lenntech.com>
- Mederos, A., S. Domínguez, E. Chinae, F. Brito, F. Cecon. 2001. Review: new advances in the coordination chemistry of the beryllium (II). *Journal of Coordination Chemistry*, **53**: 191–222. <https://doi.org/10.1080/00958970108022906>
- Muggah, R., R. Rohozinski, 2025. The mineral wars — how Ukraine's critical minerals will fuel future geopolitical rivalries. <https://www.cirsd.org>
- Nakazawa, K., O. Nagafuchi, T. Kawakami, T. Inoue, K. Yokota, [et al.]. 2016. Human health risk assessment of mercury vapor around artisanal small-scale gold mining area, Palu city, Central Sulawesi, Indonesia. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **124**: 155–162. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.09.042>
- Navarro, M., C. Pérez-Sirvent, M. Martínez-Sánchez, J. Vidal, P. Tovar, J. Bech. 2008. Abandoned mine sites as a source of contamination by heavy metals: a case study in a semi-arid zone. *Journal of Geochemical Exploration*, **96**: 183–193. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2007.04.011>
- Scott, B. L., T. M. Mc Cleskey, A. Chaudhary, E. Hong-Geller, S. Gnanakaran. 2008. The bioinorganic chemistry and associated immunology of chronic beryllium disease. *Chemical Communications*. **25**: 2837–2847. <https://doi.org/10.1039/b718746g>
- Sonter, L. J., C. J. Moran, D. J. Barrett, B. S. Soares-Filho. 2014. Processes of land use change in mining regions. *Journal of Cleaner Production*, **84**: 494–501. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.03.084>

- Stearney, E. R., J. A. Jakubowski, A. C. Regina. 2024. Beryllium Toxicity. 2023 Aug 21. In: *StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024.*
- Thomas, M., W. N. Aldridge. 1966. The inhibition of enzymes by beryllium. *Biochemical Journal*, **98**: 94–99. <https://doi.org/10.1042/bj0980094>
- Uhlig, D., T. Goldberg, D. A. Frick, F. von Blanckenburg. 2020. Quantifying beryllium concentrations in plant shoots from forest ecosystems using cation-exchange chromatography and quadrupole ICP-MS. *Analytical Science Advances*. <https://doi.org/10.1002/ansa.202000036>
- Watson, R., I. Babanina. 2024. The environmental risks from a critical minerals rush in Ukraine. Conflict and Environment Observatory. *Charity*, 1174115. <https://ceobs.org>
- Zeidler, M., M. Banaš. 2024. Bilberry expansion in the changing subalpine belt. *Plants*, **13**: 2633. <https://doi.org/10.3390/plants13182633>