

УДК 553.495(477)

doi <https://doi.org/10.31996/mru.2019.1.11-17>

О. А. ЛИСЕНКО, канд. геол. наук, старший науковий співробітник (Український державний геологорозвідувальний інститут), alanlysenko@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-4848-9116>,

А. Х. БАКАРЖІЄВ, начальник геологічного відділу (Казенне підприємство "Кіровгеологія"), член експертної уранової групи МАГАТЕ/ОЕСР (IAEA/OECD)

O. A. LYSENKO, Candidate of geological Sciences, Senior Researcher (Ukrainian State Geological Research Institute), alanlysenko@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-4848-9116>,

A. Kh. BAKARZHYIEV, Head of the Geological Department (State enterprise "Kirovgeologiya"), Member of the expert uranium group IAEA/OECD

СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ СИРОВИННОЇ БАЗИ УРАНУ УКРАЇНИ

STATE AND PERSPECTIVES MINERAL AND RAW MATERIALS BASE OF URANIUM ORE OF UKRAINE

Охарактеризовано стан створеної бази уранової сировини, яка є основою ядерної енергетики України. Проаналізовано структуру запасів і ресурсів уранових руд вітчизняних об'єктів. Державним балансом ураховано 17 родовищ, більшість з яких представлена низькорентабельними рудами альбітитового типу. Розглянуто рівень промислового освоєння розвіданих урановорудних об'єктів. Наведено дані щодо запасів і виробництва урану в інших країнах світу. Показано місце України у світовому балансі.

Ключові слова: уранова сировина, ядерна енергетика, родовища урану України, запаси і ресурси урану, рентабельні руди, перспективи ураноносності, виробництво урану.

The state of the created uranium raw material base, which is the basis of nuclear energy of Ukraine, is characterized. The structure of reserves and resources of uranium ores of domestic objects is analyzed. The state balance accounts for 17 deposits, most of which are represented by low-yield albite-type ores. The level of industrial development of explored uranium-containing objects is considered.

At present, the mining industry exploits 4 objects of uranium-sodium formations, which provide only a share of the state's nuclear power needs. National plans and programs foresee an increase in annual extraction of uranium ores to 3520 thousand tons. Such pace of explored stocks will last for at least 50 years. To expand and strengthen the mineral-raw material base and to achieve the energy independence of the country, it is necessary to replenish it with rich highly profitable ores, the prerequisites of which detection are available within certain promising areas.

Provided data on mineral resources and production of uranium in other countries. Ukraine's place in the world's balance is shown.

Keywords: uranium raw materials, nuclear power engineering, uranium deposits of Ukraine, uranium resources and resources, cost-effective ores, prospects of uranium, uranium production.

Вступ

Уран серед енергетичних різновидів мінеральної сировини України посідає особливе місце – слугує основою для виробництва електричної енергії. Влітку 2015 року атомні електростанції країни виробляли половину електроенергії, а 2017 року їхня частка в загальному балансі становила вже 55 % [9] (фото 1). Найбільша серед країн світу частка ядерної енергії в балансі споживання електроенергії лише в Литві та Франції (перевищує 75 %), а в Бельгії сягає рівня 55 %.

Нині в Україні щорічно виробляється близько 14 ГВт електроенергії. Енергетичною стратегією держави до 2035 року [5] передбачено збільшення потужності атомних електростанцій до 18 ГВт, що потребує 3520 т урану на рік. Розвіданих запасів уранових руд, що враховані державним балансом України, за таких річних потреб вистачить більше ніж на 50 років. На сьогодні потреби атомної енергетики вітчизняною урановою сировиною задовольняються приблизно на 30–35 % завдяки розробці Ватутінського, Мічуринського, Центрального та Новокосятинівського родовищ у Кіровоградській області (фото 2). Іншу частину урану постачало здебільшого з Росії підприємство "Росатом" у вигляді "ТВЕЛів" (тепловиділювальних елементів). Починаючи з 2015 року, постачання ядерного палива з Росії скорочується і з 2017 року роль постачальника ядерного палива для українських АЕС відіграє американсько-японська компанія "Westinghouse".

В Україні з уранових руд виробляють проміжний напівпродукт під назвою "жовтий кек" з умістом урану 30–45 %,

який для подальшого перероблення постачають за кордон на заводи ізотопного збагачення й виробництва паливних (тепловиділювальних) елементів (ТВЕЛів) для АЕС. Витрати на закупівлю ядерного палива (ТВЕЛів) становлять приблизно 40 % ціни електроенергії, що виробляється на атомних електростанціях [8]. У майбутньому Україна планує поступово перейти на ядерне паливо від компанії "Westinghouse Electric Company" (Японія, США), а нині розглядає програму, згідно з якою 40 % атомних блоків України працюватимуть на паливі цієї компанії.



Фото 1. Запорізька атомна електростанція – найпотужніша в Європі



Фото 2. Панорама Смолінської шахти, яка розробляє Ватутінське родовище урану

Сировинна база урану України

Загальний стан уранової мінерально-сировинної бази в Загальнодержавній програмі розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року [6] оцінено як задовільний. Україна має чималі запаси уранових руд. За даними Державного науково-виробничого підприємства (ДНВП) “Геоінформ України” виявлено 46 родовищ у межах Українського щита (УЩ) і Дніпровсько-Донецької западини (ДДЗ). Державним балансом запасів корисних копалин ураховано 17 родовищ з промислово оціненими запасами, зокрема в Кіровоградській області – 12, у Миколаївській області – три, у Дніпропетровській і Луганській областях – по одному (рис. 1).

Сумарно промислові запаси урану є пристойними для держави, що використовує ядерну енергію. За ресурсами й



Рис. 1. Схематична карта родовищ урану України. (За матеріалами КП “Кіровгеологія” склав В. Ю. Третяков, 2005. Доповнив О. А. Лисенко, 2018)

Родовища: 1 – Ватутінське; 2 – Новокостянтинівське; 3 – Лісове; 4 – Докучайвське; 5 – Літнє; 6 – Апрельське; 7 – Мічуринське; 8 – Северинівське; 9 – Південноконоплянське; 10 – Західноконоплянське; 11 – Лелеківське; 12 – Підгайцівське; 13 – Щорсівське; 14 – Центральне; 15 – Юрївське; 16 – Жовторіченське; 17 – Первомайське; 18 – Лозоватське; 19 – Калинівське; 20 – Південне; 21 – Ніколомельське; 22 – Миколаївське; 23 – Берецьке; 24 – Червонооскільське; 25 – Адамівське; 26 – Садово-Костянтинівське; 27 – Братське; 28 – Сафонівське; 29 – Девладівське; 30 – Новогурівське; 31 – Сурське; 32 – Червоноярське

підтвердженими запасами металу Україна входить у першу десятку країн світу. Однак структура запасів вітчизняних уранових родовищ далека від оптимальної. Основу її становлять доволі великі, але рядові й бідні за якістю руди родовища, що пов’язані з натрієвими метасоматитами й зосереджені в межах Центральноукраїнського урановорудного району на території Кіровоградської області.

За даними міжнародного агентства з атомної енергії (МАГАТЕ або ІАЕА), до складу якого Україна входить з початку його створення, сировинна база нашої держави складається переважно із запасів і ресурсів вищезазначеної натрій-уранової формації, а також родовищ калій-уранової формації (15 тис. т), близько 16,5 тис. т зосереджено в урано-бітумних родовищах, 20 тис. т – родовищах пісковикового (гідрогенного) типу, 30 тис. т – гідротермального жильного типу, 20 тис. т – структурно-стратиграфічних незгідностей.

Рентабельні за собівартістю видобутку розвідані запаси урану України (40–80 доларів США за 1 кг) становлять незначну частину від загального балансу. За різними оцінками – від 60 до 70 тис. т (20–30 %).

Промислове значення мають родовища альбітитового типу в натрієвих метасоматитах і гідрогенного, що пов’язаний з піщаними відкладами бучацької серії палеогену.

Найбільшим за запасами і найліпшим за якістю руд серед родовищ урано-натрієвого типу є Новокостянтинівське, що локалізоване в однойменній тектонометасоматичній зоні. Ця рудоносна структура має субмеридіональне простягання й перетинає північну частину Новоукраїнського гранітного масиву Інгульського мегаблока УЩ. Новокостянтинівське родовище є також найбільшим у Європі серед об’єктів цього металу. Балансові запаси родовища трохи не досягають позначки 100 тис. т, що наближає його до розряду унікальних.

Великими за запасами (у ранзі від 50 до 100 тис. т) є Центральне й Докучайвське родовища. Інші урановорудні об’єкти, включно з Ватутінським і Мічуринським, які нині розробляють, підпадають до рангу 25–50 тис. т.

Розвідані сумарні запаси родовищ альбітитового типу перевищують 200 тис. т. Основну частину з них оцінюють як низькорентабельну (понад 80 доларів США за 1 кг урану). Уран, який видобувають нині на вітчизняних родовищах, має собівартість приблизно 100–120 доларів США за 1 кг, тому не може конкурувати на світовому ринку. Саме на рівні 120 доларів стабілізувалась останніми роками ціна на уран на світовому ринку.

Перспективні й прогностичні ресурси родовищ альбітитового типу Кіровоградського урановорудного району оцінено приблизно в 200 тис. т.

Видобування уранових руд альбітитового типу здійснюють тільки підземним способом, оскільки родовища перекриті потужним (40–80 м) чохлам осадових кайнозойських порід. Кристалічні утворення нижньопротерозойського віку, які містять урановорудні поклади, є зазвичай міцними й стійкими. Гідрогеологічні і гірничотехнічні умови загалом сприяють ефективному відпрацюванню корисної копалини шахтним способом (фото 3).

Під час вивчення й оцінки перших виявлених родовищ (Первомайського, Жовторіченського, Мічуринського, Ватутінського), а також найбільших за запасами, що були відкриті пізніше (Северинівського, Центрального, Новокостянтинівського), було застосовано гірничо-бурову систему розвідки. Водночас створили шахт і капітальні та розвідувальні гірничі виробки відразу проходили з промисловим поперечним



Фото 3. Відкочування відбитої руди

перерізом, зважаючи на використання їх під час експлуатації родовища. Інші урановорудні об'єкти розвідано системою бурових профілів.

За всі часи видобування уранових руд в Україні повністю відпрацьовано два корінні метасоматичні родовища залізо-уранової формації – Первомайське в м. Кривий Ріг та Жовторіченське в м. Жовті Води, з яких фактично починалась уранодобувна промисловість як України, так і Радянського Союзу загалом.

Друге місце за промисловим значенням в Україні посідають родовища гідрогенного типу в палеодолинах. Ці об'єкти зосереджені в межах Дніпровського буровугільного басейну (Дніпробасу) і пов'язані з вугленосними осадовими утвореннями бучацького ярусу палеогену, які розвинені на великій території в центральній частині країни від Житомирщини до Дніпропетровщини. Родовища хоча й невеликі за запасами (від 1 до 5 тис. т), але численні і їхні сумарні запаси та ресурси доволі великі (рис. 2).

До цього часу в Україні відпрацьовано лише два родовища цього типу – Девладівське (Дніпропетровська область) у 1964–1983 рр. і Братське (Миколаївська область) у 1972–1983 рр. Саме на Девладівському родовищі фахівці Кіровської експедиції (у подальшому ВГО “Кіровгеологія”, КП “Кіровгеологія”) уперше розробили й успішно застосували технологію підземного кислотного вилугування урану (метод ПВ) з руд на місці їхнього залягання, яка потім отримала широкий розвиток у практиці видобутку цього металу як у Радянському Союзі, так і у Світі [1, 3].

Усього в палеогенових бучацьких відкладах виявлено й вивчено 13 уранових родовищ, що є придатними для відпрацювання методом ПВ. На двох з них – Сафонівському в Мико-

лаївській області та Новогурівському в Дніпропетровській області раніше було проведено дослідно-промислові роботи, за якими отримано позитивні результати. Однак відпрацювання уранових руд до цього часу не розпочинали як з економічних причин через непросту економічно-політичну ситуацію в державі, так і з екологічних міркувань: об'єкти розміщені в густонаселеній місцевості; поблизу поверхні залягають водоносні горизонти, які активно використовують для водопостачання місцевого населення й підприємств; на площі виявлених родовищ розміщуються родючі чорноземи.

Альтернативою кислотному вилугуванню, яке звичайно застосовують, може бути безпечніше содово-кисневе, широко використовуване у світовій практиці.

Родовища калій-уранової формації (Південне, Калинівське й Лозоватське), які локалізуються в метасоматично змінених пегматитах і пегматоїдних гранітах Братського рудного поля, що на Побужжі (Миколаївська область), унесені до резерву. Ці об'єкти є невеликими за запасами, характеризуються контрастним умістом урану від перших сотих часток до 0,3–0,5 %. Руди зазвичай комплексні – крім урану, містять також торій, молібден і рідкісні землі.

Найвивченішим серед названих родовищ є Південне, яке відкрила Кіровська експедиція 1962 року (рис. 3). Тоді була кризова ситуація із забезпеченням запасами урану Східного гірничозбагачувального комбінату (СхідГЗК), що зумовило форсовану розвідку цього об'єкта, навіть із застосуванням гірничих робіт. Підземними виробками було встановлено дуже складну морфологію рудних тіл і доволі низький середній уміст урану, а техніко-економічними розрахунками доведено збитковість експлуатації родовища [1, 3]. Тому Південне та інші родовища району так і не було залучено до промислового освоєння.

Можливо, що майбутнє Південного й аналогічних йому родовищ і рудопроявів Братського рудного поля треба пов'язувати саме з наявністю супутньої мінералізації, насамперед рідкіснометалевої, яка останніми роками внаслідок стрімкого розвитку сучасних технологій викликає надзвичайний інтерес. Так само як і торій, який нині розглядають як потенційне джерело ядерного палива для нових типів енергетичних реакторів.

Уранобітумні родовища солянокупольного типу (Адамівське, Краснооскільське, Берецьке) виявлені в південно-східній частині ДДЗ у межах Слов'янської антиклиналі (рис. 4). Уранобітумне зруденіння пов'язано з відкладами дронівської світи й приурочено до палеорусел, що огинають Адамівський діалір [4]. Уран концентрується в бітумах, уміст його сягає від десятих часток відсотка до перших відсотків. Ураноносні бітуми містять також ванадій і молібден (до

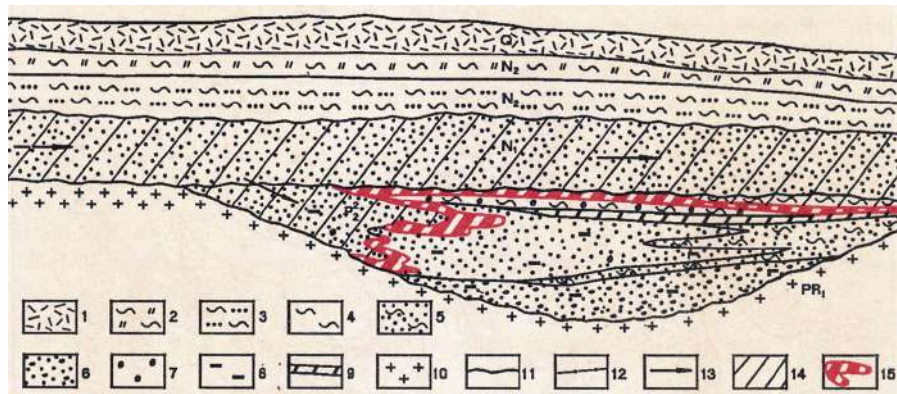


Рис. 2. Геологічний розріз Хуторського уранопрояву гідрогенного типу [4]

1 – бурі суглинки; 2 – горизонт червоно-бурих глин; 3 – товща строкатих глин з прошарками пісків; 4 – глини каолінітові з вуглефікованими рослинними залишками; 5 – пісковики по каолінітовому цементу; 6 – галечниково-гравійно-піщані відклади; 7 – вуглефікований рослинний детрит; 8 – вуглистий шлам; 9 – буре вугілля; 10 – породи фундаменту; 11 – ерозійна поверхня; 12 – літологічні границі; 13 – напрям руху ґрунтових вод; 14 – епігенетично окиснені породи; 15 – уранове зруденіння

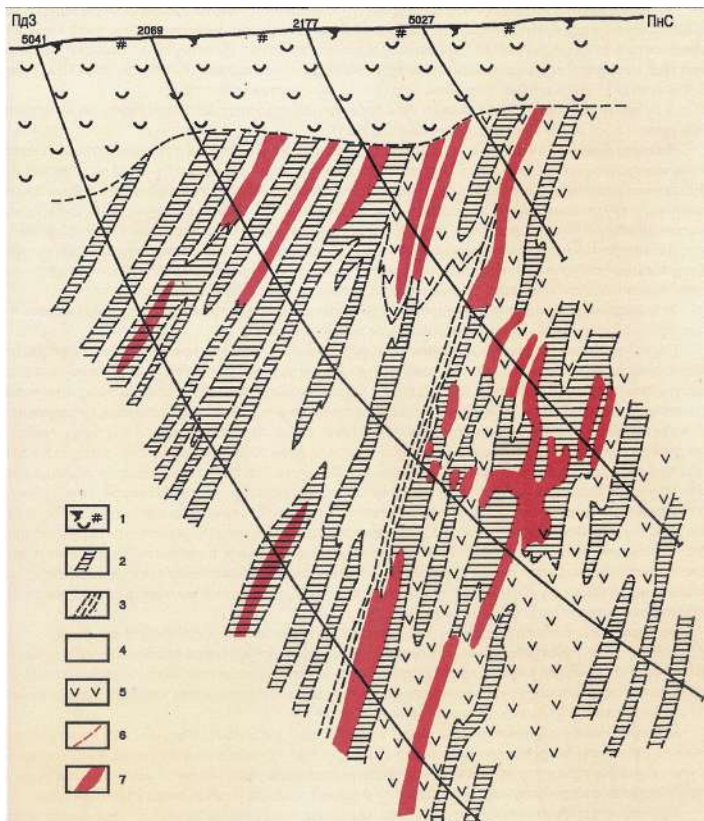


Рис. 3. Геологічний розріз Південного родовища [4]

1 – мезо-кайнозойські відклади і кора вивітрювання кристалічних порід; 2 – апліт-пегматоїдні граніти і мікроклініти; 3 – гнейси графітові і біотит-графітові; 4 – гнейси гранат-піроксен-біотитові; 5 – гнейси піроксен-біотитові; 6 – розривні порушення; 7 – мікроклініти урановорудні

1 %), асоціюють з кіновар'ю, супроводжуються сульфідами свинцю, цинку та іншими рудними мінералами. Унаслідок великих глибин залягання руд (1 км і більше) цей тип не розглядають як перспективний для відпрацювання.

У кристалічних породах УЩ виявлено також жильні прояви уранової мінералізації. Типовим рудопроявом є Червоношахтарський, що залягає серед метаморфічних і ультраметаморфічних утворень Західноінгулецької зони [4], які представлені магнетитовими кварцитами, гнейсами, сланцями, мігматитами й гранітами. Уранова, мідна й змішана мідно-уранова мінералізація утворює дрібні жили та гніздоподібні скупчення. Уміст урану становить десятки частки відсотка, міді – на рівні 0,1 %. Об'єкт за масштабами є непромисловим.

У 80-х роках ХХ століття тривали пошуки багатих руд типу “структурної незгідності” в рифейських відкладах на західному схилі УЩ за аналогією з провінцією Атабаска (Канада), де дуже поширені родовища цього типу [1, 4]. Унаслідок на північно-західному схилі встановлено Вербівський і Михалинський прояви урану, а на південно-західному – Сорокський, Кам'янський, Новосвітівський. У тектонізованих породах докембрію і венду зони незгідності виявлено чимало й інших невеликих проявів, але жодного перспективного скупчення багатих уранових руд. На основі прогнозних критеріїв і пошукових ознак уранового зруденіння в межах Волино-Поліського прогину виділено дві площі в ранзі потенційно рудних вузлів – Дубровицьку та Крилівсько-Хотинську (Гулій, Маківчук, 2005).

В Україні встановлено прояви й інших відомих у світі геолого-промислових типів уранових руд, які в нашій державі

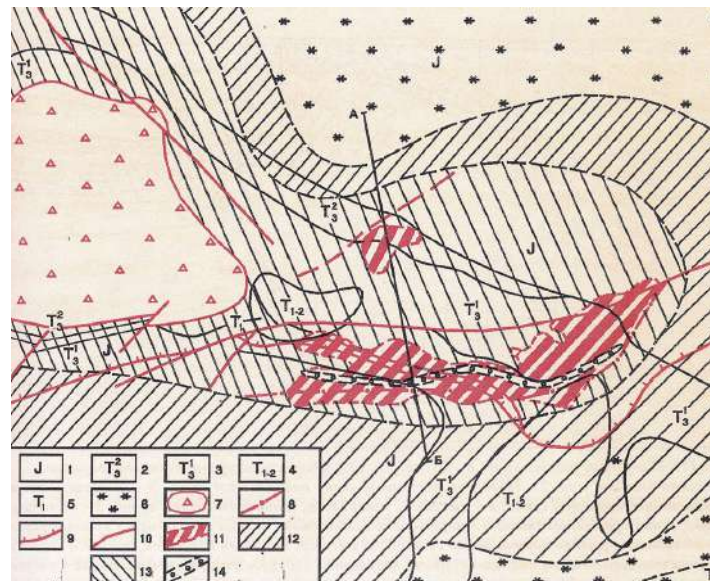


Рис. 4. Схематична геологічна карта Адамівського уранобітумного родовища [4]

1 – відклади юри; 2–5 – відклади тріасу, світи: 2 – новорайська, 3 – протопівська, 4 – срібнянська, 5 – дронівська; 6 – незмінні породи; 7 – діапірова брекчія; 8 – рудоконтролювальні розломи (по підшві срібнянської світи); 9 – Південний насув (по підшві протопівських відкладів); 10 – післярудні розривні порушення (по поверхні докайнозойського рельєфу); 11 – контур уранобітумних покладів – епігенетично змінених порід дронівської світи; 12 – зона чергування червоноколірних і епігенетично відновлених (сірих, сіро-зелених) порід; 13 – епігенетично відновлені (сірі) породи; 14 – зона окварцювання

розвинені обмежено й не беруть участі у формуванні сировинної бази урану.

У піщано-конгломератових утвореннях скелюватської світи криворізької серії в Кременчуцько-Криворізькій зоні виявлено непромислове за масштабами Микола-Козельське родовище, а також декілька рудопоявів [4]. Уміст урану невисокий – від перших сотих часток відсотка до 0,12 %.

В осадових формаціях Прип'ятсько-Дніпровсько-Донецького авлакогену й Причорноморської западини відомо декілька уранових рудопоявів і непромислових родовищ, що утворилися на ранніх стадіях літогенезу [4]. На Північному Донбасі до них належать уранові рудопояви вугленосного верхнього карбону, а в Причорноморській западині – декілька рудопоявів у базальних відкладах нижньої крейди.

Полігенне (екзогенно-гідротермальне) уранове зруденіння встановлено у вугільних шарах і карбонатних товщах Південного Донбасу, у зоні зчленування Донецької складчастої споруди й Приазовського мегаблока УЩ та в інших геолого-структурних позиціях.

Отже, створена сировинна база урану України ґрунтується на промислових запасах родовищ натрій-уранової формації та гідрогенних родовищ піщавикового типу. Інші геолого-промислові типи уранових родовищ, проявлені в Україні, мають на сьогодні підпорядковане значення.

Перспективи розвитку урановорудної бази

Головні найближчі перспективи ефективного використання сировинної бази пов'язані з повномасштабним промисловим освоєнням Новокостянтинівського родовища (фото 4), яке вирізняється з-поміж інших об'єктів набагато більшими запасами урану, вищою якістю руд – середній уміст



Фото 4. Початок промислового видобутку уранової руди на Новокосянтинівському родовищі (2011 р.)

металу в 1,5–2,0 рази більший, ніж у розроблюваних тепер Мічурінському й Ватутінському родовищах. Основні запаси Новокосянтинівського родовища зосереджені в декількох великих рудних покладах, що містять понад 10 тис. т урану, тому можливе застосування дуже продуктивних систем відпрацювання уранових руд.

Додатковим джерелом для отримання уранового концентрату з високим вмістом металу є хвости збагачення рядових уранових руд і позабалансові руди. Смолінська шахта Східного гірничозбагачувального комбінату (СхідГЗК), яка розробляє Ватутінське родовище, успішно реалізує купне вилуговування хвостів збагачення, що відповідають бідним рудам (фото 5). У процесі вилуговування штабелі подрібненої руди заввишки 6–7 м зрошують розчинами сірчаної кислоти концентрацією 10–50 мг/л упродовж трьох місяців. Уран з концентрованих розчинів вилучають і сорбують на сорбційних колонах. Порівняно низька собівартість готової продукції – уранового оксидного концентрату – сприяє збільшенню перероблення низькосортних руд цим методом. Завдяки проведенню купного вилуговування перероблено більшість відвалів хвостів збагачення і бідних руд Смолінської шахти, які були джерелом радіаційної небезпеки й забруднення довкілля. Хвости купного вилуговування також використовують для гідрозакладення відпрацьованого простору родовища.

СхідГЗК планує провести дослідні роботи з кислотного вилуговування позабалансових руд на місці їхнього заляган-



Фото 5. Полігон купного вилуговування Смолінської шахти. Формування нового штабеля

ня на Мічурінському й Ватутінському родовищах, на яких промислові балансові запаси майже вичерпано. Якщо ця технологія виявиться успішною, комбінат матиме великий резерв отримання урану, оскільки бідні й позабалансові уранові руди як на розроблюваних родовищах, так і на розвіданих, але ще не залучених до розроблення, мають великі обсяги.

Другий важливий напрям розвитку урановорудної бази країни – промислове освоєння рентабельних гідрогенних родовищ піщавикового типу. Однак для цього треба передбачити безпечнішу содово-кисневу технологію вилуговування урану для запобігання або зменшення негативного впливу на довкілля під час розроблення родовищ. Технології відпрацювання уранових родовищ методами підземного вилуговування (ПВ) через свердловини постійно вдосконалюються, тож варто застосовувати світовий досвід.

Для ефективного функціонування енергетичної галузі й позбавлення її від залежності імпорتنих енергоносіїв, насамперед урану, потрібна оптимізація структури запасів задля збільшення частки високорентабельних уранових руд. Це можливо завдяки проведенню геологорозвідувальних робіт для виявлення промислових об'єктів з багатим урановим зруденням. Передумови для цього в Україні є. Спільно проведеними науководослідними роботами казенного підприємства “Кіровгеологія” і Українського державного геологорозвідувального інституту (2001–2005 рр.) встановлено закономірності формування родовищ урану гідротермального жильно-штоковеркового типу в породах фундаменту УЩ, типу структурно-стратиграфічної незгідності й піщавикового типу у вугленосній формації палеогену Дніпробасу і розроблено прогностичні критерії та пошукові ознаки уранового зрудення цих типів.

Для виявлення уранового зрудення гідротермального жильно-штоковеркового типу на першочергову увагу в Інгульському мегаблоці заслуговують Північнолозоватський потенційно рудний вузол, західна й центральна частини Казанківсько-Жовторіченського рудного району та східна частина Кіровоградського рудного району; у Росинсько-Тікицькому – Сквирсько-Тетіївський потенційно рудний район і Гайворонський потенційно рудний вузол; у Приазовському – Васинівський (Оріхівсько-Павлоградська зона) і Вовчанський потенційно рудні вузли; у Середньопридніпровському – Солонівський потенційно рудний вузол в осадовому чохла на площі граніт-зеленокам'яної структури.

Рудна мінералізація рудопроявів жильно-штоковеркового типу має комплексний характер. Типовим є Червоношахтарський рудопрояв урану, що залягає в Західноінгулецькій зоні серед метаморфічних і ультраметаморфічних утворень нижнього протерозою. Мідно-уранові руди цього об'єкта характеризуються підвищеним вмістом свинцю, цинку, вісмуту, кобальту, молібдену й срібла [2, 4].

Для уранового зрудення типу структурно-стратиграфічної незгідності на західному схилі щита роботами КП “Кіровгеологія” і УкрДГРІ (2001–2005 рр.) визначено Крилівсько-Хотинський потенційно рудний вузол. Для проведення першочергових прогностичних робіт масштабу 1:50 000 і пошуків масштабу 1:25 000 з оцінкою найперспективніших рудопроявів урану в їхніх межах рекомендовано дев'ять перспективних площ.

Передумови виявлення багатих уранових руд зон незгідності за працею [2] є також на північно-східному схилі УЩ, де складчаста структура Донбасу межує з Приазовським мегаблоком. Тут уже відоме Миколаївське торій-уранове родовище, що приурочено до базальних горизонтів миколаївсь-

кої світи девону, а також низка уранопроявів Павливської та Кальчицької ділянок.

Серед рудних і потенційно рудних площ Дніпробасу насаперед варті уваги Братська рудна площа в Південнобузькому рудному районі, східна частина Криворізької рудної площі в Інгуло-Інгулецькому рудному районі та П'ятихатсько-Сурська рудна площа в Саксагансько-Сурському рудному районі. З огляду на те, що в межах Дніпробасу всі родовища й рудопрояви уранової мінералізації приурочені до широтної смуги завширшки 25 км, обмеженої з півдня Девладівським глибинним розломом у породах фундаменту, дальші роботи доцільно зосередити саме тут для вивчення передусім території, де не було спеціальних робіт масштабу 1:50000 і більше.

У межах указаних першочергових площ рекомендоване проведення прогностико-геологічних робіт масштабу 1:50000 з наступним переходом на пошуки масштабу 1:25000. Водночас головну увагу треба приділяти довивченню відомих покладів і рудопроявів, а також вивченню верхів'їв і прибортових частин палеодепресій, де можуть бути виявлені нові палеопитоки й відгалуження з розвиненими зонами пластового окиснення.

Уранове зруденіння вугленосної формації, пов'язаної з буцацькими відкладами Дніпробасу, часто супроводжується великими концентраціями селену, молібдену, ренію, талію, ванадію, свинцю, міді, цинку, кобальту, нікелю, рідкісних металів. Накопичення цих елементів відбувалося здебільшого внаслідок сорбцій [7], інші дослідники пов'язують аномальні вмісти супутніх металів із зонами сульфідизації вугленосних відкладів [2]. Результатами хіміко-технологічних досліджень, проведених у різних країнах світу, засвідчено можливість вилучення методом підземного вилуговування одночасно з ураном частини скандію, рідкісних земель. Це може збільшити економічну цінність руд цього типу та інноваційну привабливість родовищ.

Загальнодержавною програмою розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року [6] та її новою редакцією, що нині є на стадії узгодження, пошуки, розвідка й підготовка до промислового освоєння родовищ, придатних для відпрацювання методом підземного вилуговування, визначені як пріоритетний напрям розвитку уранодобувного виробництва для задоволення в повному обсязі потреби атомних електростанцій у природному урані. Для зменшення впливу на довкілля під час дослідно-промислових і добувних робіт треба застосовувати екологічно безпечні реагенти.

Концепцією розвитку атомно-промислового комплексу України на період до 2020 року [8] з метою збільшення обсягу виробництва концентрату природного урану для повного забезпечення виробництва ТВЕЛів для атомних електростанцій передбачено збільшення обсягу видобутку уранової руди внаслідок освоєння Новокосянтинівського, Сафонівського, Апрельського та інших родовищ урану.

Запаси і виробництво урану в інших країнах

Згідно з інформацією Всесвітньої ядерної асоціації (World Nuclear Association, WNA), основні запаси урану зосереджені в 15 країнах світу [10]. Розподіл розвіданих і добувних запасів станом на 2015 р. та виробництво урану станом на 2013 р. за даними WNA демонструють табл. 1 і 2.

Останніми роками, попри сумарне зростання ресурсів і запасів урану в світі, спостережено збільшення обсягів геологорозвідувальних робіт, зокрема в країнах, які є найбільшими виробниками цього металу – Канаді, Австралії, Росії

тощо. Насамперед ці роботи спрямовані на пошуки, розвідку й освоєння рентабельних і високорентабельних уранових руд цінної категорії до 80 доларів за 1 кг, оскільки розвідані запаси цієї категорії суттєво зменшились.

Поступово збільшується частка урану, який добувають методом підземного вилуговування. Видобування металу з родовищ цього типу нарощують у Казахстані, Узбекистані та інших країнах. Водночас широко застосовують міні-реагентну технологію, гідрокарбонатне вилуговування урану, особливо його окиснення в надрах стисненням повітря (безреагентний спосіб).

Досліджують й інші способи вилуговування урану з руд без застосування хімічних реагентів. В Узбекистані виконано лабораторні дослідження щодо біотехнологічного способу вилуговування за участі бактерій, які засвідчили ефективність упровадження цієї методики. Подібні роботи, які проведено на раніше відпрацьованих ділянках родовищ, дають позитивні результати.

Ядерна енергетика як основний споживач урану станом на 2012 р. з часткою в 15 % посідала четверте місце у світовому енергетичному балансі після вугільної (40 %), газової (21 %) і гідроенергетики (понад 16 %). Зважаючи на розвиток промисловості й збільшення населення планети, потреба в електроенергії теж зростатиме швидкими темпами. Традиційні викопні енергоресурси – нафта, газ, вугілля поступово виснажуються, тому розв'язанням цієї проблеми може стати активний розвиток ядерної енергетики.

Останніми роками намітилося пришвидшення темпів розвитку цього енергетичного сектору. Про наміри розвивати атомну енергетику й будувати нові енергоблоки заявили країни, де ядерної енергетики фактично не було: Алжир, В'єтнам, Македонія, Австралія. Як не дивно, але Австралія, на території якої локалізовані найбільші за запасами та найліпші за якістю руд родовища світу, не мала власної атомної енергетики.

Таблиця 1. Розподіл запасів урану станом на 2015 р.

Країна	Запаси урану, тис. т	% від запасів світу	Країна	Запаси урану, тис. т	% від запасів світу
Австралія	1 664,1	29	Монголія	141,5	2
Казахстан	745,3	13	Узбекистан	131,3	2
Канада	509,8	9	Україна	115,8	2
Росія	507,8	9	Ботсвана	73,5	1
ПАР	322,4	6	США	62,9	1
Нігер	291,5	5	Танзанія	58,1	1
Бразилія	276,8	5	Йорданія	47,7	1
Китай	272,5	5	Інші країни	232,4	4
Намібія	267,0	5	Усього	5 718,4	100

Таблиця 2. Виробництво урану в країнах світу станом на 2013 р.

Країна	Виробництво урану, т	% від виробництва у світі	Країна	Виробництво урану, т	% від виробництва у світі
Казахстан	22 574	37,85	Україна	1075	1,80
Канада	9 332	15,65	ПАР	540	0,91
Австралія	6 350	10,65	Індія	400	0,67
Нігер	4 528	7,59	Чехія	225	0,38
Намібія	4 315	7,24	Бразилія	198	0,33
Росія	3 135	5,26	Румунія	80	0,13
Узбекистан	2 400	4,02	Пакистан	41	0,07
США	1 835	3,08	Німеччина	27	0,05
Китай	1 450	2,43	Усього	59 637	100,0
Малаві	1 132	1,90			

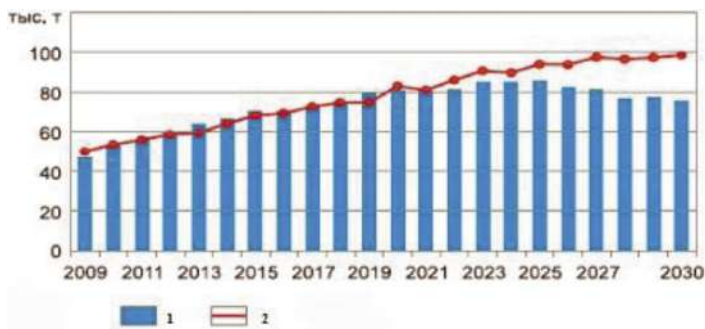


Рис. 5. Прогнозування видобутку й споживання урану на період до 2030 р. [11]

1 – прогнозування видобутку; 2 – прогнозування споживання урану

Відновлюють свої ядерно-енергетичні програми й країни, що відмовилися від розвитку ядерної енергетики після аварій на атомній станції в США та Чорнобильській АЕС – Італія, Швеція.

Як прогнозують учені, потреби атомних реакторів в урані до 2030 року зростуть у світі з 69 до 109 тис. т, а видобуток природного урану має збільшитися з теперішніх 46 до 99 тис. т (рис. 5) [11]. Тобто за 15 років може відбутися зростання видобутку більше ніж удвічі.

Висновки

Україна активно розвиває ядерну енергетику. Частка атомних електростанцій у виробництві електроенергії поступово зростає й досягла рівня приблизно 55 %. Енергетичною стратегією України на період до 2030 р. передбачено збільшення потужності атомних електростанцій до 18 ГВт, що потребує 3 520 т урану на рік. Розвідані запаси уранових руд можуть забезпечити атомну енергетику приблизно на 50 років.

У структурі запасів вітчизняних уранових родовищ переважають рядові й бідні руди альбітитового типу, які належать переважно до низькорентабельних. Передумови для збільшення частки високорентабельних уранових руд в Україні є. Насамперед це промислове освоєння рентабельних гідрогенних родовищ пісковикового типу, які вже виявлені й серед них є розвідані. Обов'язково під час промислового розроблення цих родовищ, з огляду на їхнє розміщення поблизу населених пунктів, потрібно застосовувати екологічно найбезпечніші реагенти. Перспективним на виявлення багатого уранового зруденіння є гідротермальний жильно-штокерковий тип у кристалічних породах УЩ. Певні перспективи пов'язані з урановим зруденінням типу структурно-стратиграфічних незгідностей на схилах щита.

За розвіданими запасами урану й виробництвом цього металу Україна наближається до першої десятки країн світу. Але потреби атомної енергетики завдяки власному видобутку задовольняються лише на 30–35 %. Головні перспективи нарощування видобутку уранових руд у найближчий час треба пов'язувати з повномасштабним промисловим освоєнням Новокосятинівського родовища, найбільшого у Європі, залученням до розроблення гідрогенних родовищ пісковикового типу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бакаржієв А. Х., Лисенко О. А. Історія створення сировинної бази урану України//Мінеральні ресурси України. – 2018. – № 1. – С. 4–14.
2. Верховцев В. Г., Лисиченко Г. В., Забулонов Ю. Л. та ін. Перспективи розвитку уранової сировинної бази ядерної енергетики України. – Київ: Наукова думка, 2014. – 356 с.

3. Вклад выпускников МГРИ-РГРУ в создание минерально-сырьевой базы урана Украины/А. Х. Бакаржиев, Б. В. Половинкин, А. Б. Туктарова. – Киев, 2015. – 337 с.

4. Гурський Д. С., Єсипчук К. Ю., Калінін В. І. та ін. Металічні і неметалічні корисні копалини України. У двох томах. Том 1. Металічні корисні копалини. – Київ – Львів: Вид-во “Центр Європи”, 2006. – 740 с.

5. Енергетична стратегія України на період до 2030 р., схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 № 1071.

6. Закон України “Про затвердження Загальнодержавної програми розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2030 року” від 21 квітня 2011 року № 3268-VI.

7. Калашник А. А. Оценка перспектив развития промышленного потенциала уранового оруденения экзогенно-инфильтрационного типа в Саксаганско-Сурском рудном районе Украинского щита//Збірник наукових праць УкрДГРІ. – 2015. – № 1. – С. 94–113.

8. Концепція державної цільової економічної програми розвитку атомно-промислового комплексу на період до 2020 року. Схвалено розпорядженням КМ України 9 листопада 2016 р. № 943-р.

9. https://ru.wikipedia.org/wiki/Атомная_энергетика_Украины

10. <https://uatom.org/index.php/ru/2015/08/14/uranodobyvayushhaya-y-uranopererabatyvayushhaya-promyshlennost>

11. <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=5795>

REFERENCES

1. Bakarzhiev A. Kh., Lysenko O. A. History of the creation of the raw material base of uranium of Ukraine//Mineralni resursy Ukrainy. – 2018. – № 1. – P. 4–14. (In Ukrainian).

2. Verkhovtsev V. H., Lisichenko H. V., Zabolonov Yu. L. et al. Prospects for development of uranium raw material base of nuclear power engineering in Ukraine. – Kyiv: Naukova dumka, 2014. – 356 p. (In Ukrainian).

3. Contribution of graduates MGRI-RSGRU in creation of uranium raw materials base of Ukraine/A. H. Bakarzhiev, B. V. Polovinkin, A. B. Tuktarova. – Kiev, 2015. – 337 p. (In Russian).

4. Hurskyi D. S., Yesypchuk K. Yu., Kalinin V. I. et al. Metal and non-metal minerals of Ukraine. In 2 volumes. Volume 1. Metal Minerals. – Kyiv – Lviv: Vyd-vo “Tsentr Yevropy”, 2006. – 739 p. (In Ukrainian).

5. Energy Strategy of Ukraine for the period till 2030, approved by order of the Cabinet of Ministers of Ukraine from 24.07.2013 № 1071. (In Ukrainian).

6. Law of Ukraine “On Approval of the National Program for the Development of the Ukrainian Mineral Resources Base for the period till 2030” from April 21, 2011 N 3268-VI. (In Ukrainian).

7. Kalashnyk A. A. Estimation of prospects for the development of the industrial potential of uranium mineralization of the exogenous-infiltration type in the Saksahansko-Sursky ore district of the Ukrainian shield//Zbirnyk naukovykh prats UkrDHRI. – 2015. – № 1. – P. 94–113. (In Russian).

8. The Concept of the State Target Economic Program for the Development of the Atomic Industry Complex for the period up to 2020. Approved by the order of the Cabinet of Ministers of Ukraine on November 9 2016. № 943-r. (In Ukrainian).

9. https://ru.wikipedia.org/wiki/Атомная_энергетика_Украины

10. <https://uatom.org/index.php/ru/2015/08/14/uranodobyvayushhaya-y-uranopererabatyvayushhaya-promyshlennost>

11. <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=5795>

Рукопис отримано 17.10.2018.