

<https://doi.org/10.15407/mineraljournal.42.02.074>
УДК 553.493 (477.62)

О.М. Пономаренко, д-р геол.-мін. наук, акад. НАН України, директор.
Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка (ІГМР) НАН України
03142, Київ, Україна, пр-т Акад. Палладіна, 34
E-mail: pan.igmof@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-5179-6091>

Є.М. Шеремет, д-р геол.-мін. наук, проф., зав. від.
ІГМР НАН України
E-mail: evgsherem53@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6097-0477>

М.А. Козар, канд. геол. наук, старш. наук. співроб.
ІГМР НАН України
<https://orcid.org/0000-0001-9988-4042>

Л.В. Шпильовий, канд. техн. наук, старш. наук. співроб.
ІГМР НАН України
E-mail: Mineraltech.azov@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4777-9464>

С.М. Стрекозов, пров. інженер.
ІГМР НАН України
E-mail: ssss21161@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1421-4910>

І.Ю. Ніколаєв, канд. геол. наук, старш. наук. співроб.
ІГМР НАН України
E-mail: oemidonetsk@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2208-0032>

С.Г. Кривдік, д-р геол.-мін. наук, проф., зав. від.
ІГМР НАН України
E-mail: kryvdik@ukr.net
<http://orcid.org/0000-0002-8356-1115>

Л.Д. Сетая, старш. наук. співроб.
ІГМР НАН України
E-mail: lasetaya@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2996-0289>

ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ ГІРНИЧОРУДНОГО ВУЗЛА В ПРИАЗОВ'І ЯК ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ТА РОЗВИТКУ РІДКІСНОМЕТАЛЕВО-РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

Наведено характеристику геологічної будови Мазуровського, Азовського та Анадольського родовищ (Український щит, Східне Приазов'я), з'ясовані структурно-тектонічні умови локалізації руд та їхня мінералого-геохімічна типізація. Розглянуто характер розподілу та концентрації рідкісних і рідкісноземельних елементів у рудних тілах. Підраховано

Цитування: Пономаренко О.М., Шеремет Є.М., Козар М.А., Шпильовий Л.В., Стрекозов С.М., Ніколаєв І.Ю., Кривдік С.Г., Сетая Л.Д. Передумови створення гірничорудного вузла в Приазов'ї як основи формування та розвитку рідкіснометалево-рідкісноземельної галузі України. *Мінерал. журн.* 2020. 42, № 2. С. 74–89. <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.42.02.074>

балансові запаси руд і прогнозні ресурси оксидів цирконію, рідкісноземельних елементів, ніобію і танталу у Мазуровському, Азовському та Анадольському родовищах. Розглянуто технологічні аспекти збагачення та переробки руд. Наведено результати розрахунку очікуваних техніко-економічних показників розробки родовищ у складі гірничорудного вузла. Економічно обґрунтовано доцільність та інвестиційну привабливість створення гірничорудного вузла в південно-східному Приазов'ї. На основі потужностей ДХМЗ (Донецький хіміко-металургійний завод, смт Донське Волноваського району) пропонується створити промисловий комплекс, що включає "Тантал-ніобієве підприємство" (переробка лежалих хвостів ДХМЗ і руд Мазуровського родовища) і "Рідкісноземельне видобувне підприємство" як структурний підрозділ першого (видобуток руд Азовського і Анадольського родовищ). Мета промислового комплексу — здійснення повного замкнутого циклу робіт на пропонувані родовищах, починаючи з геологорозвідувальних робіт, розробки, збагачення, випуску товарної продукції у вигляді концентратів і завершуючи глибокою переробкою їх з отриманням необхідної кінцевої продукції, а також її реалізацією на внутрішньому і зовнішньому ринках. Передбачається створення додаткових невеликих розвідувально-експлуатаційних підприємств з видобутку інших видів сировини, що забезпечать роботу технологічних процесів промислового комплексу. Гірничорудний вузол буде базовим підприємством для створення рідкіснометалево-рідкісноземельної галузі України, що забезпечить використання стратегічних видів мінеральної сировини (рідкісних і рідкісноземельних металів) — одного з важливих показників рівня розвитку економіки країни.

Ключові слова: Приазов'я, рідкісноземельно-рідкіснометалева сировина, інвестиції, гірничорудний вузол.

Вступ. Наявність стратегічних видів мінеральної сировини (рідкісних металів) і ступінь їх використання є важливими показниками рівня розвитку економіки країни. Насамперед це стосується Nb, Ta, рідкісноземельних елементів (REE), Zr, V, Mo, W, Ti у вигляді концентратів, оксидів або хімічних сполук, металевих порошків і сплавів.

Прогнози розвитку рідкіснометалевого ринку дуже сприятливі. Усі надмагнітні, надлегкі, надтверді, наджаростійкі і високоміцні матеріали створюються на основі або з використанням рідкісних металів. Найбільші споживачі рідкісних металів — США, країни Західної Європи, Японія, Китай. Найбільші темпи зростання — в Японії, яка не має власних рідкіснометалевих ресурсів. Україна істотно відстає від економічно розвинених країн у споживанні рідкісних металів. Так, споживання Nb на одну тону виплавленої сталі становить 6—8 г, в той час як у провідних країнах цей показник досягає 50—60 г [19].

Багаторічними геологічними дослідженнями встановлено, що Україна є унікальною рідкіснометалевою провінцією [2, 5, 9, 10, 14, 15]. Однак цей потужний потенціал розвитку економіки країни у повній мірі не використовується. Показники імпорту рідкіснометалевої продукції показують, що Україна, яка має значні запаси рідкісних і рідкісноземельних металів, змушена їх завозити. Це свідчить про нерозвиненість рідкіснометалевої галузі в державі [10].

В умовах істотного підвищення цін на деякі види мінеральних ресурсів виняткове значення має активізація інвестиційної та інноваційної діяльності у надрокористуванні. Залучення прямих інвестицій, у тому числі іноземних, в

проекти розвитку та освоєння мінерально-сировинної бази (МСБ) України збільшать прибуток держави і забезпечать зайнятість населення, підвищать конкурентоспроможність українських підприємств з огляду на нижчу ціну сировини власного видобутку, яка до того ж буде мати надійний ринок збуту.

У надрах України зосереджено величезний ресурсний потенціал для розвитку її національного господарства. У концепції розвитку гірничо-металургійного комплексу України пріоритетним є забезпечення металургії новими видами феросплавної продукції. Державною комплексною програмою розвитку кольорової металургії прогнозується внутрішній щорічний попит на Nb і Ta — 250 і 35 т, відповідно, а його забезпечення планується за рахунок імпорту. Водночас першочерговим завданням названо забезпечення власною мінеральною сировиною зі скороченням імпорту і одночасним зростанням експортного потенціалу [7].

Україна в СРСР була основним споживачем Ta (близько 40 % від загального обсягу споживання) і великим споживачем Nb (не менше 20 %). Донецький хіміко-металургійний завод (ДХМЗ) до кінця 1990-х років виробляв злитки Nb (30 т на рік), його роботу було припинено через відсутність Nb₂O₅. Завод виробляв концентрати Nb і Ta, оксиди, металеві порошки та хімічні сполуки Nb і Ta, переробляючи лопаритові концентрати Ловозерського родовища (Росія) [1], а українські родовища Nb і Ta тоді не розроблялись.

Забезпеченість галузі Zr у цілому задовільна. На сьогодні об'єктом світового рівня є Малишевське родовище Ti-Zr руд, яке розробляється з 1961 р. і задовольняє потребу промисловості. Однак необхідно шукати нові резерви.

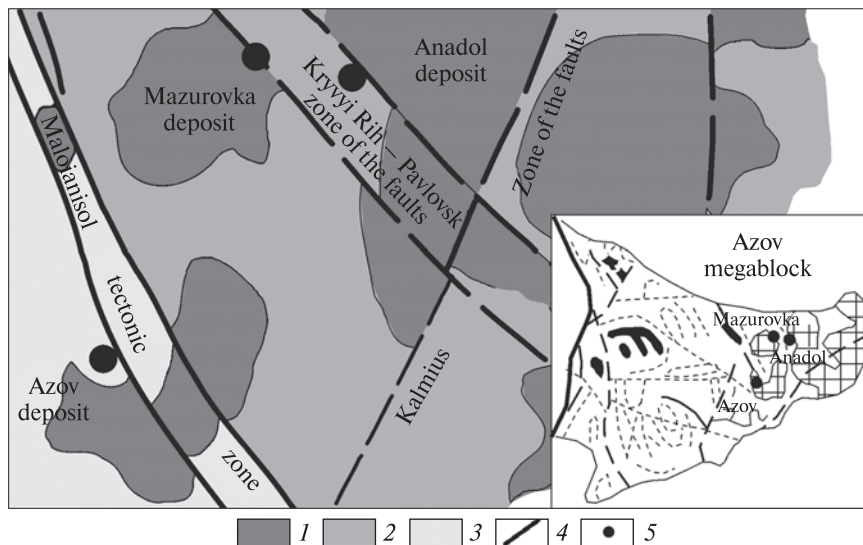


Рис. 1. Мазуровське, Азовське і Анадольське родовища на геологічній схемі Східного Приазов'я: 1 — сієніти, граносієніти, граніти; 2 — діорити, гранодіорити; 3 — гнейси, кристалосланці; 4 — розломи; 5 — родовища

Fig. 1. Mazurovka, Azov and Anadol deposits on the geological scheme of the East Azov: 1 — syenites, granosyenites, granites; 2 — diorites, granodiorites; 3 — gneisses, crystalline shists; 4 — faults; 5 — deposits

Зниження внутрішнього споживання сталі в Україні призвело до того, що понад 70 % металургійної продукції держава експортує. Очікується, що річне виробництво сталі скоротиться до 20 млн т [3]. Зберегти обсяг валової продукції та прибуток вітчизняної металургії можливо лише шляхом збільшення випуску якісних і дорожчих сталей або освоєнням нового виду господарської діяльності, тобто створенням диверсифікованих корпорацій [4], де виробництво сталі буде лише одним з основних напрямів.

Поліпшити властивості різних сталей і сплавів можна легуванням. Для цього застосовують феросплави і технічно чисті метали. Феросплавна промисловість використовує близько 25 елементів, особливе значення мають рідкісні і рідкісноземельні метали [6]. В Україні виробництво феросплавів на основі рідкісних тугоплавких металів (W, V, Mo, Nb) було розпочато 1993 року на ДХМЗ. Рідкіснометалеву сировину (за винятком Ti і Zr) завозять із Росії, Китаю та Бразилії [3].

Виробництво в Україні феросплавів малотоннажної групи не задовольняє внутрішні потреби, але українські сплави можуть стати конкурентоспроможними. Доступ до джерел дешевої сировини є однією з основних умов зниження собівартості виробництва, тобто конкурентоспроможності феросплавів. Зростання споживання рідкісних і рідкісноземельних металів прогнозується як у традиційних, так і в новітніх високих технологіях, для чого необхідний розвиток їх матеріально-сировинної бази.

Основними споживачами феросплавів на основі рідкісних металів (РМ) є Маріупольсь-

кий металургійний комбінат ім. Ілліча, "Азов-сталь", "Дніпроспецсталь", "Запоріжсталь" та ін. При тому, що феросплави виробляють із дорогої імпоротної сировини, їхнє виробництво є високорентабельним, а попит на продукцію досить стабільний. Виробництво високоякісних легованих сталей (переважно для нафтогазопроводів) зосереджено у Донецько-Придніпровському регіоні. Для цього металургійні підприємства щорічно закуповують сотні тонн Nb, V, Mo, силікокальцію, REE і витрачають мільйони доларів США.

Створення власної МСБ, зокрема таких стратегічно важливих видів сировини як рідкісні і рідкісноземельні метали, сьогодні набуває особливої актуальності. Позитивні результати геологорозвідувальних (ГРР) робіт у Східно-Приазовському регіоні (Мазуровське родовище комплексних польвошпат-нефелінциркон-тантал-ніобієвих руд, Азовське родовище комплексних циркон-рідкісноземельних руд і Анадольське рідкісноземельне родовище) та економічні розрахунки останніх років показали можливість істотного розширення вітчизняної рідкіснометалево-рідкісноземельної МСБ. При цьому сировинний потенціал може бути розширений за рахунок інших, різною мірою вивчених, перспективних об'єктів Східно-Приазовського регіону. Оскільки власну базу РМ і REE в Україні в повній мірі не реалізовано, необхідність розробки збалансованої та ефективною державної програми створення стратегічно важливої для економіки країни галузі, яка базується на комплексному підході до вивчення і освоєння їхніх родовищ з використанням сучасних технологій, не підлягає сумніву.

Тому метою дослідження є обґрунтування економічної доцільності створення гірничорудного вузла в південно-східному Приазов'ї та формування рідкіснометалево-рідкісноземельної галузі в Україні. Інвестиційна привабливість трьох найліпше підготовлених до експлуатації родовищ — Мазуровського комплексного тантал-ніобій-цирконій-нефелін-польовошпатового, Азовського цирконій-рідкісноземельного (РЗМ) і Анадольського рідкісноземельного — була нами розглянута раніше [11, 12, 16, 17]. У цій статті ми мали на меті показати, що створення гірничорудного вузла у південно-східному Приазов'ї дасть змогу сформувати рідкіснометалево-рідкісноземельну галузь в Україні.

Результати досліджень та їх обговорення. *Інноваційна привабливість родовищ, обраних для включення у рудний вузол.* Економічна доцільність та інвестиційна привабливість Азовського, Мазуровського і Анадольського рідкісноземельного (РЗМ) родовищ, розташованих поруч, дає підстави запропонувати проект створення на їх базі гірничорудного підприємства.

Сировинна база гірничорудного вузла. *Мазуровське рідкіснометалеве родовище* [2]. Розташоване у Волноваському районі Донецької області, в 0,5–2,0 км на захід від смт Донське (рис. 1). Родовище просторово і генетично пов'язано з породами Октябрського лужного масиву — протерозойського платформного прояву нефелінового магматизму на Українському щиті (УЩ). Масив знаходиться у північно-західній частині Східно-Приазовського блоку між балкою Валі-Тарама (на заході) і р. Кальчик (на сході).

У геолого-структурному плані Мазуровське родовище приурочено до північно-східної екзоконтактової частини Октябрського лужного масиву, до його найбільшого блоку основних-ультраосновних порід (рис. 2).

Зруденіння пов'язано з жильними магматичними породами (лужними сієнітами і маріуполітами), поширеними у найпотужнішій "оболонці" основних-ультраосновних порід першої фази Октябрського комплексу (габро, піроксеніти і перидотити).

На ділянці розвитку основних порід (переважно габро) виявлено чотири тіла маріуполітів і лужних пегматитів, які залягають полого і "поверхами" (рис. 3). Верхнє тіло розкрите кар'єром. Рудні тіла представлені маріуполітами, нефеліновими пегматитами (мікроклін-нефе-

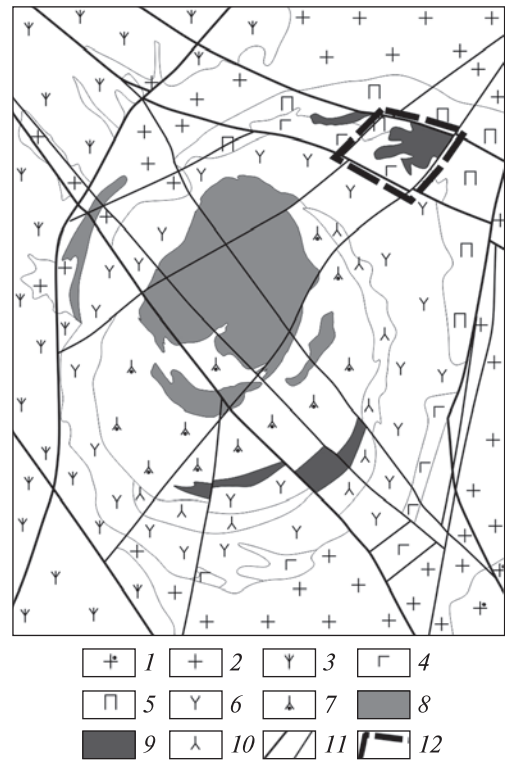


Рис. 2. Геологічна схема докембрійських утворень Октябрського рудного поля (за матеріалами КП "Південукргеологія", Приазовська КГП, 2003): 1 — анадольський комплекс: апліти, граніти мусковіт-біотитові; 2—10 — хлібодарівський комплекс (2 — граніти біотит-амфіболові, 3 — кварцові сієніти амфіболові; октябрський комплекс: 4 — габро; 5 — піроксеніти; 6 — лужні сієніти; 7 — фойяїти; 8 — пуласкіти; 9 — маріуполіти; 10 — біотитові нефелінові сієніти); 11 — розривні порушення; 12 — контур Мазуровського родовища

Fig. 2. Geological scheme of the precambrian formations of the Oktiabrsky ore field (according to "Pivdenukrgeologiya", Pryazov KGP, 2003): 1 — Anadol complex: aplites, muscovite-biotite granites; 2—10 — Hlibodarivka complex (2 — biotite-amphibole granites, 3 — amphibole-quartz syenites; Oktiabrsky complex: 4 — gabbro; 5 — pyroxenites; 6 — alkaline syenites; 7 — foyaites; 8 — pulascites; 9 — mariupolites; 10 — biotite-nepheline syenites); 11 — faults; 12 — outline of the Mazurovka deposit

ліновими і нефелін-мікрокліновими), польовошпатовими метасоматитами і ксенолітами перетворених вмісних порід. Усього на родовищі оконтурено 44 рудних тіла (десята частина — у межах проектного кар'єру). Довжина більшості рудних тіл понад 500 м (27 тіл, 61 %), деякі тіла (15 тіл, 34 %) безперервно тягнуться більш ніж на 1000 м. Потужність рудних тіл змінюється від перших десятків сантиметрів до 78,3 м.

Руди Мазуровського родовища належать до Та-Nb-Zr типу: за Nb і Та — з нерівномірним розподілом корисного компонента; за Zr — з

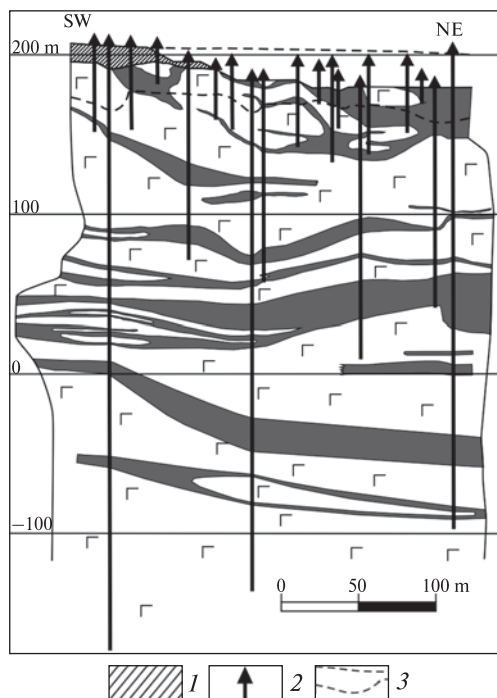


Рис. 3. Геологічний розріз Мазуровського родовища: 1 — четвертинні утворення; 2 — свердловини; 3 — межі розвитку кори вивітрювання

Fig. 3. Geological cross-section of the Mazurovka deposit: 1 — quaternary formation; 2 — boreholes; 3 — borders of the distribution of weathering crust

досить нерівномірним розподілом. Під час комплексного використання руд промислово цінними мінералами є пірохлор, циркон, нефелін, польові шпати, ільменіт і бритоліт.

Підрахунок запасів у рудних покладах 1–10 за глибиною обмежений контурами кар'єру, обґрунтованого ТЕО тимчасових кондицій. Середньозважена потужність рудних тіл у блоках — 4,1–30,4 м, в середньому — 12,7 м. Середній вміст Nb_2O_5 , Ta_2O_5 і ZrO_2 — відповідно, 0,135, 0,0045 і 0,60 %. Загальні балансові запаси руди становлять 4 486,1 тис. т, Nb_2O_5 — 6 038,3 т, Ta_2O_5 — 202,5 т, ZrO_2 — 26 762,2 т. Понад 93 % мінеральних ресурсів Nb, Zr і Ta зосереджено в першому і п'ятому рудних покладах.

Якщо видобуток становитиме 150 тис. т руди на рік, гірничодобувне підприємство буде забезпечено запасами сировини на 30 років.

Для реалізації продукції гірничозбагачувального виробництва (за наявності гідрометалургійного переділу) найбільшу частку (38,0 %) у річній загальній вартості товарної продукції становитиме нефелін-польовошпатовий концентрат; меншу — цирконовий та ільменітовий концентрати (22,0 і 2,9 % відповідно).

Частка оксидів ніобію, танталу і REE-продукту у загальній вартості — 20,0, 16,0 і 1,1 % відповідно.

Азовське рідкіснометалево-рідкісноземельне родовище [11, 16] розташоване у Володарському районі Донецької області в 1,5 км на захід від смт Володарське (див. рис. 1). У геологічному відношенні воно приурочене до вузла перетину тектонічних зон меридіонального, північно-західного і субширотного простягання (рис. 4).

У плані родовище являє собою еліпсоподібне тіло меридіонального простягання площею 3,8 км². У його будові беруть участь породи двох петрографічних типів — "плямисті" лужноземельні кварцвмісні піроксен-амфіболові, амфіболові і лужно-польовошпатові олівін-піроксенові та олівін-піроксен-амфіболові сієніти.

Рамою для них є породи близького петрографічного складу з одноріднішими текстурою і структурою і менш лужним складом темноколірних мінералів. Рудні тіла складені двома природними різновидами руд: олівін-піроксен-амфіболовими і амфіболовими сієнітами зі складним і незакономірним розподілом різновидів руд як за вертикаллю, так і по латералі. Основні рудні мінерали — бритоліт, циркон, ортит і псевдоморфози по бритоліту. У продуктивній зоні виявлено дев'ять рудних тіл. Головне рудне тіло характеризується максимальною потужністю, довжиною, площею розвитку і запасами руди (87 % від загальної кількості). Всі інші рудні тіла є апофізами головного рудного тіла.

Експлуатація Азовського цирконій-рідкісноземельного родовища з отриманням рідкісноземельного, цирконового та польовошпатового концентратів і переробкою рідкісноземельного концентрату гідрометалургійним методом на оксиди REE (85%-й концентрат) є економічно вигідною.

Азовське родовище можна відпрацьовувати відкритим або підземним способом, а також поєднанням цих способів. Найекономічнішим за рівнем рентабельності і чистого прибутку є комбінований (відкрито-підземний) спосіб розробки.

На рис. 5 показано структуру річної вартості товарної продукції у разі виробництва та реалізації REE-промпродукту з вмістом TR_2O_3 9,3 % (a) і REE-концентрату з розділенням на ітрієву та церієву групи (b).

У випадку реалізації продукції тільки збагачувального виробництва найбільшу частку

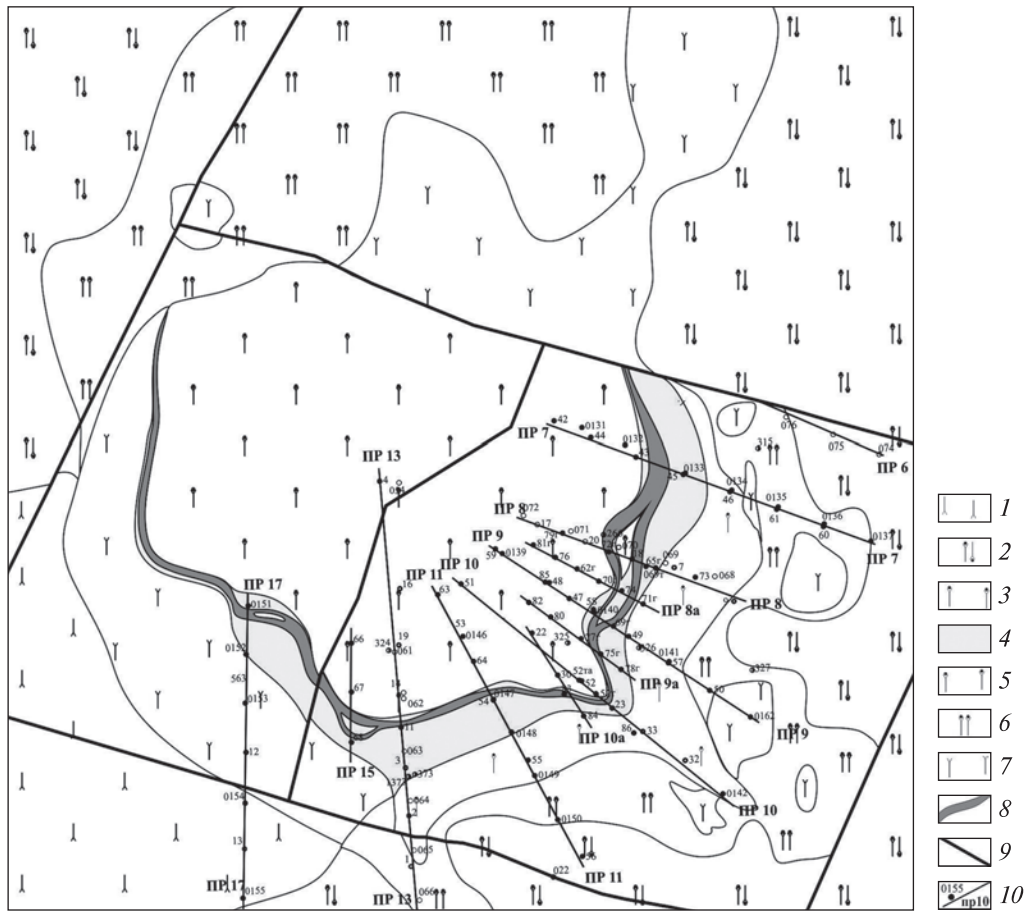


Рис. 4. Геологічна карта Азовського родовища: 1–7 — інтрузивні породи південнокальчицького комплексу (PR_{1pk}): сієніти (1) першої фази, "однорідні" сієніти другої фази (2), однопольовошпатові лейкокративи (3), такситові (4), такситові з кварцем (5) і двопольовошпатові (6, 7) сієніти третьої фази; 8 — пластові тіла рудних сієнітів з рудною мінералізацією; 9 — розривні порушення; 10 — геологорозвідувальний профіль, свердловина

Fig. 4. Geological map of the Azov deposit: 1–7 — intrusive rocks of the South Kalchik formation (PR_{1pk}): syenites (1) of the first phase, "homogeneous" syenites of the second phase (2), single-feldspar leucocrate (3), taxites (4), taxites with quartz (5) and two-feldspar (6, 7) syenites of the third phase; 8 — layered bodies of ore syenites with ore mineralization; 9 — faults; 10 — geological profiles, borehole

Таблиця 1. Вірогідні запаси руди і корисних компонентів у родовищах Приазов'я

Table 1. Probable reserves of ore and useful components in the Azov deposits

Показник	Родовище			
	Мазуровське	Мазуровське техногенне	Азовське	Анадольське
Балансові запаси руди, тис. т	4486,1	825,740	9995,0	207,34
Оксиди Zr, тис. т	26,76	0,857	550,0	—
Оксиди РЗМ, тис. т	—	—	361,0	14,23
Оксиди Nb, тис. т	6,04	0,713	—	—
Оксиди Ta, т	202,50	—	—	—
Польовошпатові сировина	2990,80	825,740	6685,0	—
Середній вміст ZrO_2 , %	0,60	0,11	2,33	—
Nb_2O_5	0,135	0,09	—	—
Ta_2O_5	0,0045	—	—	—
Сума TR_2O_3	—	—	1,48	6,86

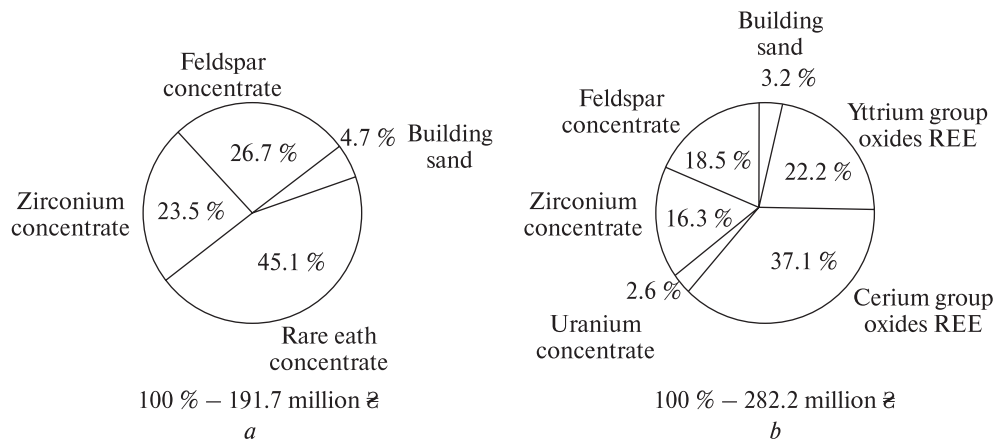


Рис. 5. Структура річної вартості продукції за базовим варіантом оцінки: *a* — кінцевий цикл виробництва — збагачення; *b* — кінцевий цикл виробництва — гідрометалургійний переділ
 Fig. 5. The structure of the annual cost of production under the basic variant of evaluation: *a* — final production cycle — enrichment; *b* — final production cycle — hydrometallurgical redistribution

(45,1 %) у загальній вартості має *REE*-продукт, меншу — польвошпатовий і цирконовий концентрати, відповідно, 26,7 і 23,5 %. Завдяки гідрометалургійному переділу, частка *REE*-складової у загальній вартості зростає до 59,3 %.

Анадольське рідкісноземельне родовище [18] розташоване в 2,0–2,5 км на північний схід від с. Анадоль (б. Тавла) Волноваського району Донецької області та в 5 км від смт Донське (див. рис. 1). У структурному плані родовище знаходиться у межах Приазовського блоку УЩ і приурочено до північно-східного флангу Криворізько-Павлівської металогенічної (Ce, La, Pr, Nd) зони (рис. 1).

У геологічній будові родовища беруть участь гранітоїди і мігматити анадольського комплексу з численними ксенолітами порід токмацького комплексу і темрюцької світи (рис. 6). Останні наявні іноді у вигляді лінз і смуг шириною 50–250 м і протяжністю 350–1500 м. У складі комплексу виділені двопольвошпатові гранітоїди, біотитові, лейкократові, масивні, гнейсоподібні та мігматити біотитові, амфібол-біотитові, тіньові порфіробластичні і смугасті. Всі різновиди ксенолітів різною мірою гранітизовані і розсічені жилами гранітів анадольського комплексу.

Породи кристалічного фундаменту, що містять рудне тіло і навколорудні метасоматити, перекриті четвертинними відкладами потужністю до 5 м. Розривні порушення представлені зонами мілонітизації та дроблення північно-східного і субмеридіонального простягання. Частина з них передбачено відповід-

но до результатів виконаних раніше геофізичних робіт.

У породах анадольського комплексу поширені зони метасоматитів із підвищеною основністю, низьким вмістом кремнію і глинозему, а також багатокомпонентним складом рудних елементів (титан, залізо, рідкісноземельні елементи, стронцій).

В одній зоні метасоматитів розташовано рудне ортитове тіло жильного типу. Протяжність зони зруденіння, що вміщує рудне тіло, становить близько 650 м, за падінням її простежено від 175 до 470 м (середня протяжність за падінням 325 м). Потужність рудного тіла коливається від 0,38 до 3,69 м (середня справжня потужність 1,70 м). Іноді у межах рудного тіла спостерігаються релікти вмісних порід потужністю від перших сантиметрів до 1 м. Простягання рудного тіла — 310–325°, на флангах напрям змінюється на субмеридіональний. Кут падіння тіла — 21–49° на південний захід. Ортит і бритоліт як головні рудні мінерали концентрують близько 97 % суми *REE*. За технологією гравітаційно-магнітного збагачення був отриманий концентрат із вмістом ΣTR_2O_3 до 19 %.

Перспективні ресурси *REE* Анадольського рудопрояву складають 207 339 т руди (середній вміст компоненту в руді — 6,863 %) і ΣTR_2O_3 — 14 230 т.

У табл. 1 вказано вірогідні запаси корисних компонентів (потребуть уточнення в процесі оцінки об'єктів) у розглянутих родовищах рідкісноземельних і рідкіснометальних руд Приазов'я.

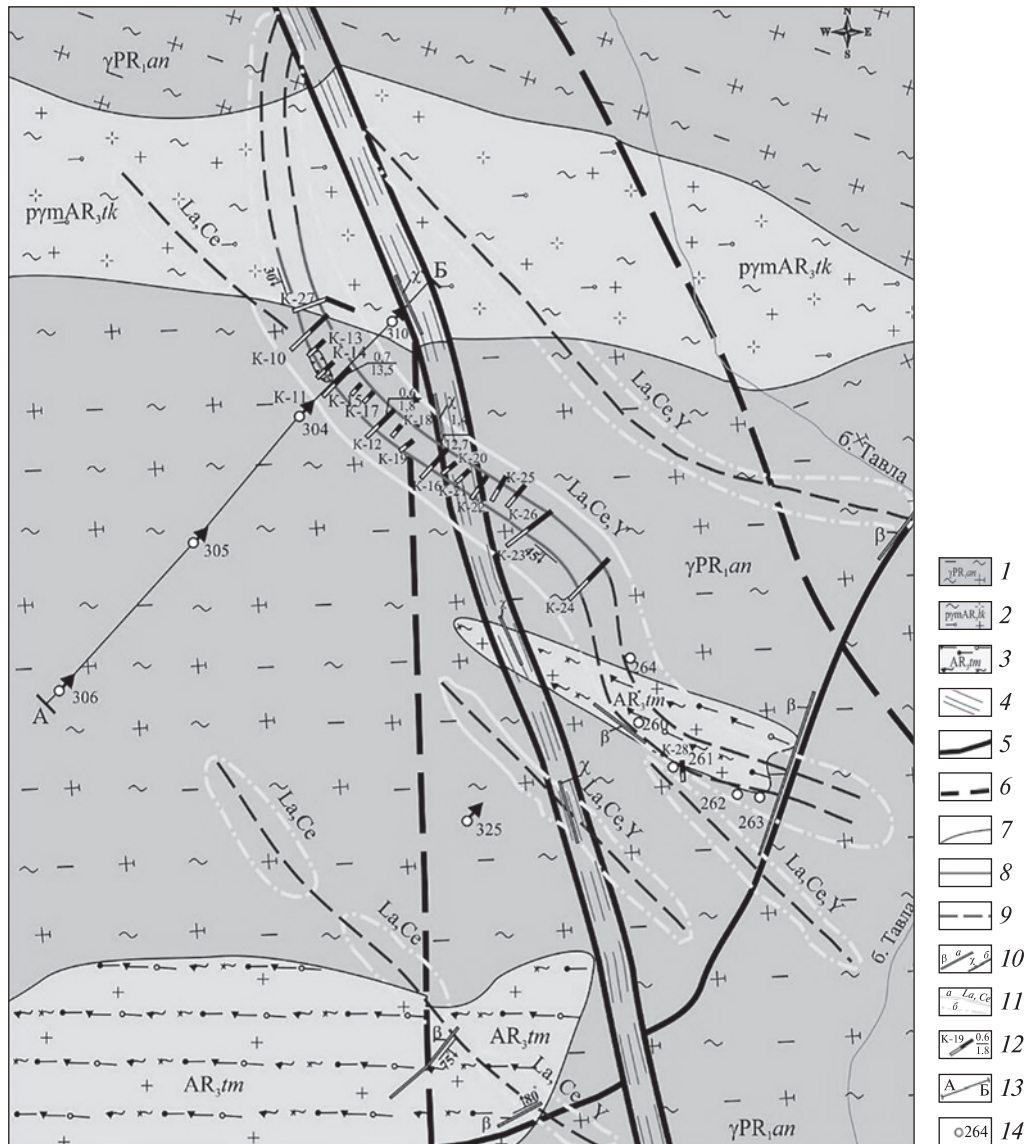


Рис. 6. Схематична геологічна карта Анадольського родовища: 1 – граніти протерозойського анадольського комплексу, 2 – плагіомігматити архейського токмацького комплексу, 3 – гнейси і кристалосланці темрюцької світи архею, 4 – тектоніти нерозчленовані (зони мілонітизації, дроблення, катаклазу), 5 – розривні порушення, передбачувані за геофізичними даними, 6 – передбачувані розривні порушення, 7 – геологічні границі стратифікованих підрозділів, 8 – установлені контури рудного тіла, 9 – контури рудного тіла, передбачувані за геохімічними даними, 10 – дайковий комплекс (а – діабаз, б – лампрофіри біотитові та амфіболові), 11 – площові геохімічні аномалії (а – у корінних породах, б – у ґрунтово-рослинному шарі), 12 – канава та її номер (у чисельнику – потужність рудного тіла, метрів; у знаменнику – середній вміст TR_2O_3 (за даними хімічного аналізу, %)), 13 – лінія розрізу, 14 – свердловина

Fig. 6. Geological scheme of the Anadol deposit: 1 – granites of the Proterozoic Anadol complex; 2 – plagiomigmatites of Archean Tokmak complex; 3 – gneisses and crystalline shists of Archean Temriuk complex; 4 – indiscriminate tectonites (zones of milonitization, crushing, cataclasis), 5 – faults, inferred by geophysical data; 6 – inferred faults; 7 – geological boundaries of the stratified subdivisions; 8 – established ore body contours; 9 – ore body contours, inferred by by geochemical data; 10 – dyke complex (a – diabase, b – biotite and amphibole lamprophyres); 11 – areal geochemical anomalies (a – in the bedrock, b – in the soil); 12 – trench and its number (numerator – ore body thickness, m, denominator – average TR_2O_3 content (by chemical analysis, %)); 13 – cross-section line; 14 – borehole

Порівняння запасів розглянутих вище рідкіснометалево-рідкісноземельних родовищ Східного Приазов'я і запасів REE з Баян-Обо,

Китай (Bayan Obo) і Маунтін-Пас, США (Mountain Pass) свідчить про їх повністю прийнятний для відпрацювання потенціал (рис. 7).

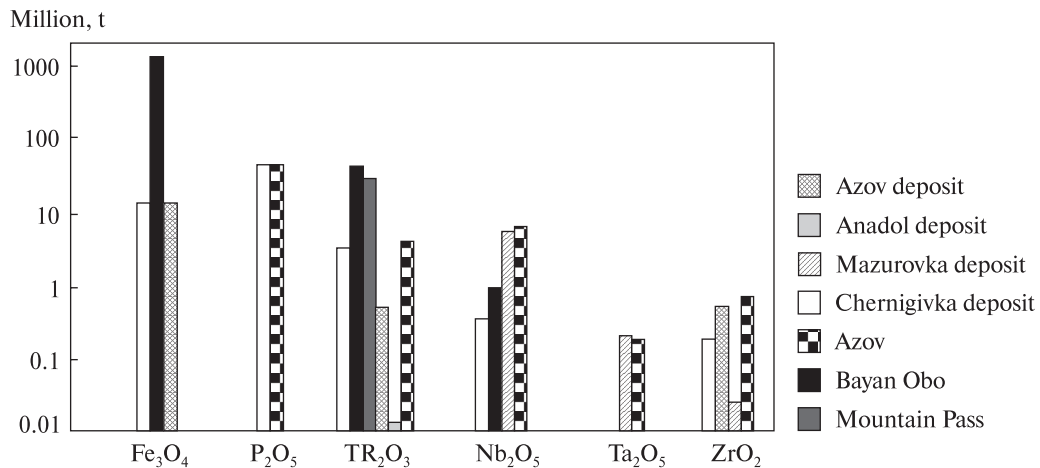


Рис. 7. Зіставлення запасів родовищ України із закордонними аналогами

Fig. 7. Reserves of Ukraine deposits in comparison with foreign analogues

Технологічні аспекти збагачення і переробки руд рідкісних і рідкісноземельних металів. Як показав світовий досвід (детально це розглянуто у звіті про попередню геолого-економічну оцінку Мазуровського родовища, 2017 р., автор Л.В. Шпильовий), для збагачення руд рідкісних і рідкісноземельних металів, звичайно бідних і тонковкраплених, застосовуються переважно складні технологічні схеми переробки, які включають методи гравітації, флотації, магнітної й електричної сепарації, хімічного доведення концентратів. Руди більшості промислових родовищ цих металів важко збагачуються, що зумовлено низьким вмістом металів у вихідній руді, тонкою вкрапленістю рудоутворювальних мінералів, зміненнями мінералів, які нівелюють відмінності їхніх фізичних властивостей (розглянуто у звіті про оцінку Октябрського родовища (1984), авт. Л.Б. Зубков та ін.). Гравітаційний метод є основним методом збагачення цирконієвих, тантал-ніобієвих і рідкісноземельних руд. Первинний (чорновий) гравітаційний концентрат доводять до кондиції з застосуванням флотогравітації, магнітної, електромагнітної та електростатичної сепарації, іноді в поєднанні з різними хімічними способами. У багатьох випадках у циклі збагачення рідкіснометалевих руд застосовується комплекс методів гідрометалургійної переробки для отримання рідкіснометалевих і рідкісноземельних продуктів, що містять лантаніди, скандій, ітрій. Доведення чорнових рідкіснометалевих концентратів здійснюється шляхом поєднання різних видів механічного збагачення, гідрометалургійних і біохімічних процесів вилуговування, а також

методів відновлювального плавлення. Застосування до бідних концентратів і промпродуктів хіміко-металургійних способів переробки, які передбачають стадії спікання з вапняком, сульфатними або кременефторидними добавками [8] і водного вилуговування економічно привабливіше, але з різних причин теж не набуло широкого промислового використання. З інших методів переробки бідної ніобієвої сировини заслуговує на увагу хлорування [13].

Аналіз світового досвіду збагачення рідкіснометалевої і рідкісноземельної сировини показав, що технологія переробки руд (гравітаційна або флотаційна) Мазуровського, Азовського або інших родовищ Приазов'я потребує джерел технічної води і хвостосховища для освітлення промислової води і оборотного водопостачання. Тому в процесі проектування необхідно враховувати стан водних ресурсів Приазов'я і вибір місця для облаштування хвостосховища. Переробка бідних чорнових концентратів або промпродуктів Азовського і Анадоляського родовищ хімічними, гідрометалургійними (хлорування) або пірометалургійними методами передбачена на промисловому майданчику ДХМЗ, що потребує створення базисних складів кислот або лугів, інших реагентів, хлорного господарства і шламонакопичувальних промислових відходів, зокрема радіоактивних.

Застосування у ході переробки руд Азовського родовища радіометричного покусковогого збагачення руди для подальшого магнітно-гравітаційного збагачення допоможе скоротити обсяг руди в 2–3 рази. Це дасть змогу надалі переробляти збагачені руди Азовського родовища на фабриці в смт Донське і знизити

витрати на будівництво збагачувальної фабрики на Азовському родовищі.

Геолого-економічне обґрунтування проекту. Найпривабливішим із розглянутих родовищ для створення гірничорудного вузла є Мазуровське, яке раніше розробляли і з яким поруч є техногенне родовище відходів збагачення вивітрених руд і промисловий майданчик ДХМЗ. Це родовище ми розглядаємо як еталонний пілотний об'єкт для розробки системного підходу у вирішенні проблеми вивчення і раціонального промислового освоєння рідкіснометалево-рідкісноземельних родовищ України.

Передбачається, що переробка цих руд відбуватиметься на місці. Для глибокої переробки продуктів збагачення Мазуровського родовища з отриманням оксидів або інших сполук рідкісних металів як альтернативну "СхідГЗК" можна розглядати також колишній Донецький хіміко-металургійний завод (ДХМЗ). Останній відповідно до розпорядження Кабінету Міністрів України від 08.07.1999 № 660-р було реорганізовано, а 2015 року його майно спільним наказом Фонду державного майна України та Мінекономіки України від 30.12.2015 № 2033/1820 передано Державній установі "Державний науково-дослідний і проектний інститут основної хімії "НІОХІМ" (Харків).

Інвестиційна привабливість Мазуровського родовища у складі гірничорудного вузла визначена ще й тим, що Мазуровське комплексне родовище тантал-ніобій-цирконій-нефелін-польовошпатових руд і техногенне родовище відходів збагачення вивітрених руд Мазуровського родовища знаходяться поруч з ДХМЗ зі збереженою інфраструктурою заводу (хвостосховище і шламонакопичувач). У разі переробки руд Мазуровського корінного і Мазуровського техногенного родовищ як товаропродукція будуть отримані нефелін-польовошпатовий концентрат, цирконовий і тантал-ніобієвий концентрати, а завдяки подальшій переробці останнього можна отримати оксиди або хімічні сполуки Ta і Nb.

Мазуровське родовище має належну інфраструктуру — розташовано у 12 км від залізничної станції Волноваха. В 1 км від родовища проходить автомобільна дорога державного значення Маріуполь — Донецьк. Родовище перетинають дві високовольтні електролінії по 110 кВ. До промислового майданчика заводу підведено газорозподільні мережі високого тиску і водопроводи технічної води з Валі-

Тарамського водосховища і Південно-Донбаського каналу. Родовище розташоване на землях промислового призначення державної власності.

Варто зазначити, що ДХМЗ (1939—1992 рр.), який розробляв Мазуровське родовище цирконієвих руд, виробляв різні види цирконієвої продукції (цирконовий концентрат — технічний і чистий; двоокис цирконію, стабілізований кальцієм, ітрієм або скандієм; різні солі цирконію — його сполуки, порошки і зливки цирконію; йодидний, гафнієвий концентрат цирконію; двоокис гафнію; порошок і зливки гафнію металевого) спочатку з місцевої цирконієвої руди, а пізніше, після закриття кар'єру — з цирконового концентрату Вільногорського ГМК (Дніпропетровська обл.).

Анадольський рудопрояв розташований у 6 км від колишнього ДХМЗ, а Азовське родовище — на відстані 35—40 км, тобто вони мають вигідну логістику.

Для Азовського родовища збагачення руд планується здійснювати у межах родовища, а гідрометалургійну переробку напівпродуктів і чорнових концентратів — на підприємстві Східний гірничозбагачувальний комбінат (СхідГЗК, м. Жовті Води).

Очікувані техніко-економічні показники розробки родовищ у складі гірничорудного вузла наведені в табл. 2.

Таким чином, у разі розробки чотирьох родовищ, що розглядаються, прибуток держави та інвестора від їхнього промислового освоєння за весь період буде складати, відповідно, **8438,7 млн грн і 13 366,7 млн грн.**

Оцінка капітальних вкладень у будівництво гірничорудного вузла. Аналіз гірничо-геологічних умов розглянутих родовищ показав, що Мазуровське корінне і Мазуровське техногенне родовища економічно доцільно відпрацьовувати відкритим способом, Азовське і Анадольське — комбінованим відкрито-підземним способом.

Наявність промислового майданчика з незадіяною інфраструктурою поруч з Мазуровським рідкіснометалевим і техногенним родовищами є визначальним фактором інвестиційної привабливості освоєння родовищ у складі єдиного гірничорудного вузла. На цьому майданчику доцільною є подальша переробка чорнових рідкіснометалевих і рідкісноземельних концентратів Азовського і Анадольського родовищ.

Капітальні вкладення в освоєння Мазуровського родовища з урахуванням наявної інфраструктури і незадіяних виробничих приміщень ДХМЗ заводу наведені в табл. 3.

Капітальні вкладення у промислове освоєння Азовського родовища визначені з урахуванням витрат на дорозвідку родовища, будівництво рудника, збагачувальної фабрики, хвостосховища, об'єктів внутрішньої і зовнішньої інфраструктури, витрат на підтримку виробничої потужності підприємства тощо.

Інвестиції в об'єкти інфраструктури (будівництво залізничної та автодоріг, прокладення лінії електропередачі, водо-, газопроводів та ін.) визначені з урахуванням відповідних індексів перерахунку в ціни на момент оцінювання. Капітальні вкладення на підтримку виробничих потужностей підприємства прийнято в розмірі 5 % від суми інвестицій у будівництво рудника і збагачувальної фабрики.

Капітальні вкладення в будівництво рудника, збагачувальної фабрики з хвостосховищем і створення необхідної зовнішньої та внутрішньої інфраструктури на Азовському родовищі для видобутку і переробки 800 тис. т руди на рік складають 1 813 млн грн, у тому числі, млн грн:

- у подальшу розвідку родовища — 18,0;
- в об'єкти інфраструктури — 109;
- в рудник — 523;
- у збагачувальну фабрику з хвостовим господарством і оборотним водопостачанням — 1 076;
- витрати на підтримання виробничої потужності — 87.

Капітальні вкладення в освоєння Анадольського родовища складають 243 млн грн. Ця сума враховує витрати на будівництво рудника, об'єктів внутрішньої і зовнішньої інфраструктури, на дорозвідку родовища. Збагачення руд-

Таблиця 2. Очікувані техніко-економічні показники
Table 2. Expected technical and economic indices

Показник	Родовище			
	Азовське	Мазуровське	Мазуровське техногенне	Анадольське
<i>Річне виробництво підприємства</i>				
З видобутку і збагачення руди, тис. т	800	150,0	134,0	32,0
За триоксидами REE, т	6780	—	—	1377
За цирконовим концентратом, тис. т	16,3	1,074	0,085	—
За польовошпатом концентратом, тис. т	175,9	104,76	84,5	—
За пірохлоровим промпродуктом, тис. т	—	0,735	0,047	—
Валовий прибуток від реалізації продукції за весь період розробки, млн грн	48 700, 0	3272, 2	404,7	7 115,0
<i>Прибуток після сплати усіх видатків, платежів і зборів</i>				
Річний, млн грн	402, 9	12,7	5,02	194,2
За весь період розробки, млн грн	12 087,0	381,0	30,1	1262,0
Термін окупності капітальних вкладень, років	4,5	6,5	2,8	1,25
<i>Прибуток держави від промислового освоєння родовища</i>				
Річний, млн грн	248,75	7,79	2,7	114,5
За весь період розробки, млн грн	7462,5 (30 років)	215,1 (30 років)	16,2 (6 років)	744,9 (6,5 років)

Таблиця 3. Структура капітальних витрат під час освоєння Мазуровського родовища
Table 3. The structure of capital costs in the development of the Mazurovka deposit

Номер	Види робіт і витрат	Кошторисна вартість	
		млн грн	%
1	Кошторисна вартість будівництва, у т. ч.:	83,5	100,0
1.1	будівельних робіт	25,0	30,2
1.2	монтажних робіт і обладнання	57,0	69,3
1.3	інші витрати	1,5	0,5

Таблиця 4. Види робіт і витрат по етапах створення гірничорудного вузла під час освоєння рідкіснометалево-рідкісноземельних родовищ Приазов'я

Table 4. Types of works and costs by stages of creation of a mining site during the development of the rare-metal-rare-earth deposits of the Azov

Рік	Вид робіт і витрат	Сума витрат	У т. ч. із прибутку підприємства
		млн грн	
1-й	1.1. Оформлення спецдозволів на використання надр у межах Мазуровського, Азовського і Анадольського родовищ, землевідведення; проектування кар'єру і збагачувальної фабрики у смт Донське з продуктивністю руди 150 тис. т/рік	85,0	
	1.2. Розробка бізнес-планів, пошук інвестора	0,5	
2-й	2.1. Будівництво збагачувальної фабрики у смт Донське	83,0	
	2.2. Проведення підготовчих і гірничо-капітальних робіт на техногенному родовищі	2,0	
3-й	3.1. Видобуток і збагачення польовошпатової сировини, випуск та реалізація польовошпатового концентрату необхідної якості (150 тис. т/рік)	4,0	1,50
	3.2. Виконання геологорозвідувальних робіт на Анадольському родовищі	18,0	
	3.3. Проектування і будівництво рудника на Анадольському родовищі	205,0	
	3.4. Удосконалення технології збагачення руди, маркетингові дослідження ринків збуту	2,5	
	3.5. Випуск цирконового і пірохлорового чорного концентрату, дослідно-промислові роботи для обґрунтування ефективної технології подальшої переробки рідкіснометалевих концентратів і випуску продукції високого ступеня готовності (оксидів, хімічних сполук тощо)	4,0	
4-й	4.1. Видобуток і збагачення польовошпатової сировини, випуск і реалізація польовошпатових концентратів необхідної якості	1,5	1,5
	4.2. Виконання необхідних геологорозвідувальних робіт (ГРР) на Мазуровському і Азовському родовищах за рахунок прибутків від реалізації польовошпатового концентрату	12,0	12,0
	4.3. Переробка руди Анадольського родовища, випуск чорнових рідкісноземельних (РЗМ)-концентратів для дослідних робіт з їх переробки	16,0	
	4.4. Оформлення дозвільної документації по Азовському родовищу	2,4	
5-й	5.1. Видобуток і збагачення польовошпатової сировини, випуск і реалізація польовошпатових концентратів необхідної якості	1,5	1,5
	5.2. Проведення необхідних геологорозвідувальних робіт за рахунок прибутків від реалізації польовошпатового концентрату	15,0	15,0
	5.3. Переробка руди Анадольського родовища, випуск чорнових РЗМ-концентратів для дослідних робіт з їх переробки	10,0	
	5.4. Оформлення дозвільної документації по Азовському родовищу	2,0	
	5.5. Проектування дослідно-промислового гідрометалургійного і хімічного цехів. Дослідні роботи з гідрометалургійної і хімічної переробки РЗМ-концентратів	8,0	
	5.6. Проектування гірничозбагачувального комбінату (ГЗК) на Азовському родовищі	18,0	
6-й	6.1. Видобуток і збагачення польовошпатової сировини, випуск і реалізація польовошпатових концентратів належної якості	1,5	1,50
	6.2. Будівництво промислового гідрометалургійного цеха	62,0	
	6.3. Будівництво ГЗК на Азовському родовищі у складі шахти, кар'єру, збагачувальної фабрики і об'єктів інфраструктури	1272,0	
	6.4. Підготовчі та гірничо-капітальні роботи на Мазуровському родовищі	10,0	
7-й	7.1. Видобуток і збагачення польовошпатової сировини, випуск і реалізація польовошпатових концентратів належної якості	1,5	1,50
	7.2. Завершення підготовчих і гірничо-капітальних робіт на Мазуровському родовищі	4,0	
	7.3. Будівництво другої черги збагачувальної фабрики у смт Донське	82,0	
	7.4. Завершення будівництва збагачувальної фабрики для попереднього збагачення руди з великокусковою радіометричною сепарацією на Азовському родовищі	120,0	
	7.5. Виконання гірничо-капітальних робіт на Азовському родовищі	97,5	
8-й	8.1. Завершення розробки техногенного родовища, випуск і реалізація польовошпатових концентратів належної якості	1,0	1,0
	8.2. Початок розробки Мазуровського родовища корінних руд	6,0	
	8.3. Початок розробки Азовського цирконій-рідкіснометалево-рідкісноземельного родовища	9,6	

передбачається на промисловому майданчику Мазуровського родовища. Таким чином, загальні капітальні вкладення в створення гірничорудного вузла становлять 2 139 млн грн.

Стратегічний план створення гірничорудного вузла. З огляду на комплексний характер руд Мазуровського і Азовського родовищ, низьку економічну ефективність експлуатації родовищ без повної реалізації всіх корисних копалин, включаючи нефелін-польовошпатові матеріали, пісок і щебінь, загальні обсяги щорічного видобутку і переробки руд (сумарні двох родовищ), як і проектна потужність збагачувальних фабрик, повинні бути визначені залежно від перспектив збуту польовошпатового концентрату.

Виходячи з аналізу ринків його збуту на сьогодні, обсяг виробництва і реалізації польового шпату на внутрішньому ринку прогнозується на рівні 160—170 тис. т на рік. Такого обсягу можна досягти за переробки 150 тис. т на рік руди Мазуровського родовища (або техногенного) і 400 тис. т на рік руди Азовського родовища. З огляду на відносно незначні запаси сировини в техногенному родовищі (5—6 років роботи за потужності фабрики 150 тис. т руди на рік), відсутність необхідності виконання гірничо-капітальних і розкривних робіт, наявність проекту розробки кар'єру і збагачувальної фабрики, який пройшов державну експертизу, і наявність необхідної інфраструктури та незадіяних виробничих приміщень на промисловому майданчику ДХМЗ, доцільно насамперед здійснити відпрацювання техногенного родовища. Це дасть можливість:

- відпрацювати у промислових умовах технологію збагачення рідкіснометалевих руд і отримати додаткову інформацію для якісного проектування збагачувальної фабрики на Азовському родовищі;
- отримати значний обсяг цирконового і пірохлорового концентратів для науково-дослідних і дослідно-промислових робіт за технологією хімічної або гідрометалургійної переробки чорнових концентратів і напівпродуктів;
- отримати необхідну інформацію для проектування гідрометалургійного цеху; напрацювати зв'язки з потенційними споживачами польовошпатової і рідкіснометалевої продукції і освоїти ринки збуту;
- накопичити фінанси для проектування і будівництва гідрометалургійного цеху;
- виконати підготовчі роботи на Мазуров-

ському родовищі і додаткові геологорозвідувальні роботи на Анадольському.

З огляду на незначні запаси рідкісноземельної сировини на Анадольському родовищі і близькість його до Мазуровського родовища, здійснювати переробку його рідкісноземельних руд доцільно на хіміко-металургійному заводі, створивши для цього дослідно-промисловою лінію. У результаті робіт будуть отримані необхідні дані для проектування і будівництва гірничо-збагачувального комбінату на Азовському родовищі. Фактично Анадольське родовище стане пілотним об'єктом для організації виробництва *REE*.

Таким чином, за 5—6 років будуть створені передумови для одночасного введення в експлуатацію двох основних родовищ Приазов'я — Мазуровського рідкіснометалевого і Азовського *REE*-цирконієвого. Якщо на перших етапах робіт кінцева переробка *REE*-концентратів може здійснюватися на СхідГЗК (м. Жовті Води), то в подальшому доцільно її здійснювати в смт Донське.

Поетапний план реалізації інвестиційного проекту. Структуру капітальних витрат на створення гірничорудного вузла у ході освоєння родовищ Приазов'я наведено у табл. 4.

Разом: 2 139,0 млн грн, у т. ч. 35,5 млн грн за рахунок прибутку підприємства.

Організаційні заходи, виконання яких є необхідним для підвищення інвестиційної привабливості створення гірничорудного вузла для формування рідкіснометалево-рідкісноземельної галузі України.

1. Постановою Кабінету Міністрів України відновити Донецький державний хіміко-металургійний завод як окремий суб'єкт господарювання, передати йому на баланс незадіяне у виробничому процесі майно від ДУ "НІОХІМ" (м. Харків).

2. Створити на базі Промислового підприємства гірничорудного вузла та Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України Науково-технологічний центр розвитку рідкіснометалево-рідкісноземельної галузі промисловості (НТЦ РРГП).

3. Керівництву новоствореного НТЦ РРГП доручити розробку програми заходів щодо відновлення виробництва *REE* в країні, розвитку виробництва рідкісних металів і першочерговому введенню в експлуатацію Мазуровського рідкіснометалевого родовища як основи створення гірничорудного вузла.

4. Керівництву Промислового підприємства гірничорудного вузла і новоствореного НТЦ РРГП розробити інвестиційний план освоєння сировинної бази рідкіснометалевої галузі в Приазов'ї для пошуку інвесторів.

5. З огляду на високі ризики геологорозвідувальних робіт, здійснюваних на родовищах рідкісних і рідкісноземельних металів, передбачити податкові пільги для виконання таких робіт і знизити платежі до державної скарбниці за видобуток руд рідкісних і рідкісноземельних металів. Державній службі геології та надр України розробити процедуру передання інвестору на безоплатній основі наявної геологічної інформації щодо Азовського, Мазуровського і Анадольського родовищ.

6. Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України та галузевим інститутам включити у перспективні плани науково-дослідних робіт теми з розробки технології збагачення рідкісних металів і рідкісноземельних руд, технологій гідрометалургійної, хімічної переробки чорнових концентратів і виробництва продукції високого ступеня готовності.

7. Органам виконавчої влади сприяти надкористувачам у вирішенні земельних питань під час проведення геологорозвідувальних робіт, проектування і будівництва гірничозбагачувального комбінату, з огляду на те, що освоєння мінерально-сировинної бази рідкісних металів у депресивному регіоні, яким нині є Приазов'я, призведе до соціально-економічного розвитку місцевих громад, вирішення проблеми бюджетного забезпечення власними прибутками і створення робочих місць.

8. Міністерству енергетики та захисту навколишнього середовища та Державній службі геології та надр України внести зміни до законодавчих актів, що регламентують процедуру надання спеціальних дозволів на користування надрами з метою вивчення та розробки родовищ рідкіснометалевих руд, спростити отримання права на розробку таких родовищ.

Висновки. Доведено необхідність, доцільність і інвестиційну привабливість створення гірничорудного вузла з розробки родовищ Приазовського блоку Українського щита для формування рідкіснометалево-рідкісноземельної галузі України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бойко В.С., Нечепуренко Е.С., Климанчук В.В. Мазуровское редкометалльное месторождение в стратегии развития Мариупольского металлургического комбината им. Ильича. *Горн. журн.* 2002. № 11–12. С. 33–36.
2. Бойко В.С., Климанчук В.В., Крамаренко С.А. Мазуровское редкометалльное месторождение в стратегии развития "ММК им.Ильича". *Благородные и редкие металлы.* Донецк: ДонНТУ, 2003. С. 233–235.
3. Выдолоб В.В., Грищенко С. Г., Кольцов С.В. Благородные и редкие металлы: информационное обеспечение, стратегические направления развития, значимость для регионов. *Благородные и редкие металлы.* Донецк: ДонНТУ, 2003. С. 15–17.
4. Галецький Л.С., Гожик П.Ф., Гурський Д.С. Мінеральні ресурси надр України. *Сучасні економічні можливості розвитку та реалізації мінерально-сировинної бази України і Росії в умовах глобалізації ринку мінеральної сировини.* Зб. наук. праць. Київ: Ін-т геол. наук НАН України, 2005. С. 37–41.
5. Галецький Л.С., Гурський Д.С., Лизун С.А. Перспективы развития редкометалльной минерально-сырьевой базы Украины. *Рідкісні метали України — погляд у майбутнє.* Зб. наук. пр. ІГН НАН України. Київ, 2001. С. 31–33.
6. Грищенко С.П. Тенденції розвитку рідкіснометалевої промисловості України з урахуванням власної сировинної бази рідкісних металів. *Рідкісні метали України — погляд у майбутнє.* Зб. наук. пр. ІГН НАН України. Київ, 2001. С. 42.
7. Гурський Д.С., Есипчук К.Е., Калинин В.И., Кулиш Е.А., Нечаев С.В., Третьяков Ю.И., Шумлянський В.А. Металлические и неметаллические полезные ископаемые Украины. Т. I. Металлические полезные ископаемые. Науч. ред. Н.П. Щербак, А.Б. Бобров. Киев-Львов: Центр Европы, 2005. 785 с.
8. Когон Э.Ш., Черниенко Н.Н. Особенности технологической минералогии редкометалльной и редкоземельной сырьевой базы Приазовья. *Геол. журн.* 2006. № 4. С. 87–90.
9. Мицкевич Б.Ф., Беспалько Н.А., Заяц А.П. и др. Редкие щелочные металлы в породах Украины. Київ: Наук. думка, 1976. 231 с.
10. Пономаренко А.Н., Есипчук К.Е., Гринченко А.В. Граница архей-протерозой на Украинском щите. *Міжнар. конф. "Еволюція докембрійських гранітоїдів і пов'язаних з ними корисних копалин у зв'язку з енергетикою Землі і етапами її тектоно-магматичної активізації"* (Київ. нац. ун-т, 4–6 берез. 2008 р.): Зб. наук. пр. УкрДГРІ. Київ: 2008. С. 57–64.
11. Пономаренко А.Н., Шеремет Е.М., Козар Н.А., Сетая Л.Д. Инновационная привлекательность добычи редкоземельного сырья из месторождений юго-востока Украины. *V Международ. геол. форум* (г. Одесса 18–23 июня 2018). Одесса, 2018. С. 264–266.
12. Пономаренко А.Н., Шеремет Е.М., Кривдик С.Г., Козар Н.А., Шпилевой Л.В., Стрекозов С.Н. Инновационная привлекательность Азовского, Мазуровского и Анадольского месторождений для создания горнорудного предприятия. *VI междунар. геол. форум* (г. Одесса, 17–21 июня 2019). Одесса, 2019. С. 177–180.

13. Технология минерального сырья на перепутье. *Сб. Проблемы и перспективы*. Под ред. Б.А. Цилса, Р.В. Барлея. М.: Недра, 1992. 112 с.
14. Шеремет Е.М., Стрекозов С.Н., Кривдик С.Г., Волкова Т.П., Исаев В.А. Прогнозирование рудопоявлений редких элементов Украинского щита. Донецк: Вебер, 2007. 220 с.
15. Шеремет Е.М., Мельников В.С., Стрекозов С.Н., Козар Н.А., Возняк Д.К., Кульчицкая А.А., Кривдик С.Г., Бородиня Б.В., Волкова Т.П., Седова Е.В., Омельченко А.А., Николаев И.Ю., Николаев Ю.И., Сетая Л.Д., Агаркова Н.Г., Гречановская Е.Е., Фоший Н.В., Екатериненко В.Н. Азовское редкоземельное месторождение Приазовского мегаблоку Украинского щита (геология, минералогия, геохимия, генезис, руды, комплексные критерии поисков, проблемы эксплуатации). Донецк: Ноулидж, 2012. 374 с.
16. Шеремет Е.М., Седова Е.В. Генетические аспекты редкометально-редкоземельного оруденения Южно-Кальчикского и Октябрьского комплексов Приазовья (Украинский щит). *Міжнар. конф. "Еволюція докембрійських гранітоїдів і пов'язаних з ними корисних копалин у зв'язку з енергетикою Землі і етапами її тектоно-магматичної активізації"* (Київ. нац. ун-т, 4–6 берез. 2008 р.): 3б. наук. пр. Київ: УкрДГРІ, 2008. С. 169–177.
17. Шеремет Е.М., Стрекозов С.Н., Сетая Л.Д. Азовское редкоземельное месторождение Украинского щита как новый инвестиционно-привлекательный тип промышленных месторождений. *IV Міжнарод. геол. форум "Актуальні проблеми і перспективи розвитку геології, наука і виробництво"*, посвящ. 60-літтю УкрДГРІ (г. Одеса 19–24 июня 2017). Одеса, 2017. С. 395–399.
18. Шеремет Е.М., Кривдик С.Г., Стрекозов С.Н. Перспективы обнаружения месторождений редкоземельного оруденения нового типа в Приазовье Украинского щита. Ред. А.Н. Пономаренко. Харьков: Мезина В.В., 2017. 243 с.
19. Commerce Business Daily, Issue No. PSA-2902, August 2001, P. 46. [www.bestreferat.ru/gate \(http://mtd-club.ru/89.html\)](http://mtd-club.ru/89.html).

Надійшла 06.02.2020

REFERENCES

1. Boyko, V.S., Nechepurenko, Ye.S. and Klimanchuk, V.V. (2002), *Gornyi Journ.*, No. 11-12, pp. 33-36 [in Russian].
2. Boyko, V.S., Klimanchuk, V.V. and Kramarenko, S.A. (2003), *Blagorodnye i redkie metally*, DonNTU, Donetsk, UA, pp. 233-235 [in Russian].
3. Vydolob, V.V., Gryshchenko, S.H., Kol'tsov, S.V. (2003), *Blagorodnye i redkie metally*, DonNTU, Donetsk, pp. 15-17 [in Russian].
4. Haletsky, L.S., Hozhyk, P.F. and Hursky, D.S. (2005), *Suchasni ekonomichni mozhlyvosti rozvytku ta realizatsiyi mineralno-syrovynnoi bazy Ukrainy i Rosiyi v umovah hlobalizatsiyi rynku mineralnoi syrovyny*. *Zb. nauk. pr.*, Inst. Geol. Sci. NAS of Ukraine, Kyiv, UA, pp. 37-41 [in Ukrainian].
5. Haletsky, L.S., Gurskiy, D.S. and Lizun, S.A. (2001), *Ridkisini metaly Ukrainy - pohliad u maibutnie*. Inst. Geol. Sci. NAS of Ukraine, Kyiv, UA, pp. 31-33 [in Russian].
6. Hryshchenko, S.P. (2001), *Ridkisini metaly Ukrainy - pohliad u maibutnie*. Inst. Geol. Sci. NAS of Ukraine, Kyiv, UA, p. 42 [in Ukrainian].
7. Hursky, D.S., Esypchuk, K.E., Kalinin, V.I., Kulish, E.A., Nechaev, S.V., Tretyakov, Yu.I. and Shumlyansky, V.A. (2005), *Metallic and non-metallic deposits of Ukraine*, Vol. I, *Metallic deposits*, in Shcherbak, N.P. and Bobrov, A.B. (eds), Tsentr Evropy, Kyiv-Lviv, UA, 785 p. [in Russian].
8. Kogon, E.Sh. and Chernienko, N.N. (2006), *Geol. Journ.*, No. 4, Kyiv, UA, pp. 87-90 [in Russian].
9. Mitskevych, B.F., Bepalko, N.A., Zayats, A.P. i dr. (1976), *Redkie shhelochnye metally v porodax Ukrainy*, Nauk. dumka, Kyiv, UA, 231 p. [in Russian].
10. Ponomarenko, A.N., Esipchuk, K.E. and Grinchenko, A.V. (2008), *Mizhnar. konf., Kyiv Nats. Univ., 4-6 berez. 2008 r.*, UkrDGRI, Kyiv, UA, pp. 57-64 [in Russian].
11. Ponomarenko, A.N., Sheremet, E.M., Kozar, N.A. and Setaya, L.D. (2018), *V Mezhdunar. geol. forum, Odessa*, 18-23 iyunia 2018, Odessa, UA, pp. 264-266 [in Russian].
12. Ponomarenko, A.N., Sheremet, E.M., Kryvdik, S.G., Kozar, N.A., Shpilevoj, L.V. and Strekozov, S.N. (2019), *VI mezhdunar. geol. forum, Odessa*, 17-21 iyunia 2019, Odessa, UA, 2019. pp. 177-180 [in Russian].
13. Cils, B.A. and Barlej, R.V. (eds) (1992), *Sb. Teknologiya mineralnogo syriya na pereputie. Problemy i perspektivy*, Nedra, Moscow, RU, 112 p. [in Russian].
14. Sheremet, E.M., Strekozov, S.N., Kryvdik, S.G., Volkova, T.P. and Isaev, V.A. (2007), *Prediction of Minerals of Rare Elements of the Ukrainian Shield*, Weber press, Donetsk, UA, 220 p. [in Russian].
15. Sheremet, E.M., Melnikov, V.S., Strekozov, S.N., Kozar, N.A., Voznyak, D.K., Kulchytska, H.O., Kryvdik, S.G., Borodynya, B.V., Volkova, T.P., Sedova, E.V., Omelchenko, A.A., Nikolaev, I.Yu., Nikolaev, Yu.I., Setaya, L.D., Agarkova, N.G., Grechanovskaya, E.E., Foshchiy, N.V. and Ekaterinenko, V.N. (2012), *The Azov rare-earth deposit of the Azov Sea region megablock of Ukrainian Shield (geology, mineralogy, geochemistry, genesis, ores, integrated exploration criteria, problems of exploitation)*, Noulidzh, Donetsk, UA, 374 p. [in Russian].
16. Sheremet, E.M. and Sedova, E.V. (2008), *Mizhnar. konf., Kyiv Nats. Univ., 4-6 berez. 2008 r.*, UkrDGRI, Kyiv, UA, pp. 169-177 [in Russian].
17. Sheremet, E.M., Strekozov, S.N. and Setaya, L.D. (2017), *IV Mezhdunar. geol. forum "Aktualnye problemy i perspektivy razvitiya geologii, nauka i proizvodstvo"*, k 60-letiyu UkrGGRI, Odessa, UA, pp. 395-399 [in Russian].
18. Sheremet, E.M., Kryvdik, S.G. and Strekozov, S.N. (2017), *Prospects of finding out the deposits of rare-earth of new type ores in Azov Area of the Ukrainian Shield*, Kharkov, UA, 244 p. [in Russian].

19. (2001), Commerce Business Daily, Issue No. PSA-2902, August 2001, P. 46. [www.bestreferat.ru/gate \(http://mtd-club.ru/89.html\)](http://mtd-club.ru/89.html).

Received 06.02.2020

O.M. Ponomarenko, DrSc (Geology & Mineralogy), Academician of NAS of Ukraine, Director.
M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation (IGMOF) of the NAS of Ukraine
34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142

E-mail: pan.igmof@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-5179-6091>

E.M. Sheremet, DrSc (Geology & Mineralogy), Prof., Head of Department.
IGMOF of the NAS of Ukraine

E-mail: evgsherem53@gmail.com
<https://orcid.org/orcid.org/0000-0002-6097-0477>

M.A. Kozar, PhD (Geology), Senior Research Fellow.
IGMOF of the NAS of Ukraine

<https://orcid.org/0000-0001-9988-4042>

L.V. Shpyliovuj, PhD (Technical), Senior Research Fellow.
IGMOF of the NAS of Ukraine

34, Acad. Palladin Ave., Kyiv, Ukraine, 03142

E-mail: Mineraltech.azov@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-4777-9464>

S.M. Strekozov, Lead Engineer.
IGMOF of the NAS of Ukraine

E-mail: ssss21161@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-1421-4910>

I.Yu. Nikolaev, PhD (Geology), Senior Research Fellow.
IGMOF of the NAS of Ukraine

E-mail: oemidonetsk@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2208-0032>

S.G. Kryvdik, DrSc (Geology & Mineralogy), Prof., Head of Department.
IGMOF of the NAS of Ukraine

E-mail: kryvdik@ukr.net
<http://orcid.org/0000-0002-8356-1115>

L.D. Sietaiia, Senior Research Fellow.
IGMOF of the NAS of Ukraine

E-mail: lasetaya@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2996-0289>

CREATION OF A MINING UNIT IN THE AZOV REGION — BASIS FOR THE FORMATION OF RARE-METAL AND RARE-EARTH INDUSTRY OF UKRAINE

The geological structure of the Mazurov, Azov, and Anadol deposits (Ukrainian Shield, Eastern Azov region), the structural and tectonic conditions of ore localization and their mineralogical and geochemical types are presented. The distribution and concentration of rare elements including rare earths (REE) in ore bodies is given. The balance reserves of ores and the estimated resources of zirconium oxides, REE, niobium and tantalum in these deposits have been calculated. The technological aspects of ore enrichment and processing are considered. The results of the calculation of the expected technical and economic indicators of the development of deposits in the mining unit are presented. The feasibility and investment attractiveness of the creation of a mining association in the southeastern Azov region is economically justified. On the basis of the Donetsk chemical and metallurgical plant (DCMP, in the Donske, Volnovakha district) the creation of an industrial complex (mineral deposits association) is proposed, capable of processing stale tails of DCMP and ores of the Mazurovka deposit by means of "Tantalum-niobium enterprise" and its structural unit "Rare-earth mining enterprise" targeted for mining ores of Azov and Anadol deposits. The objective of the industrial complex is to carry out a complete closed cycle of work within the above mentioned ore deposits, starting with exploration, development, enrichment, production of commercial products in the form of concentrates, and ending with their deep processing to obtain the necessary final products, as well as their implementation in domestic and foreign markets. The creation of additional small exploration and production enterprises for the extraction of other types of raw materials is envisaged that ensure the work of technological processes of the industrial complex. The mineral deposits' association will be the base enterprise for the creation of the REE industry of Ukraine, ensuring the use of strategic types of mineral raw materials — rare metals — as one of the important indicators of the level of development of the country's economy.

Keywords: Azov, rare-metal and rare-earth raw material, investments, mining unit.