

### Список літератури

1. А.Х. Дудченко, А.Г. Недельский, Ю.Я. Савельев и др. Совершенствование технологий подземной добычи урвновых руд из месторождений Украины (часть 2) научный вестник НГУ, 2003, №11 с.15÷18 5 авторов
2. Недельский А.Г., Дудченко А.Х., Савельев Ю.Я. и др. Отчет о научно-исследовательской работе: «Исследование и разработка параметров селективной выемки урановых месторождений с технико-экономическим обоснованием нетрадиционных систем разработки (селективное выемка).» Заключительный. Украинский научно-исследовательский и проектно-изыскательный институт промышленной технологии. укрНИПИпромтехнологии инв.№ 288 нил. Желтые Воды 2003. с.83. 6 или 8 авторов
3. Акт о проведении эксплуатационного анализа (устойчивости инструмента и скорости бурения) буровых коронок производства фирмы «Мицубиси» на руднике «Северный» в комбинате «Печенганикель» ОАО «Кольский ГМК» 2005г. Фонды ОАО «Кольский ГМК»
4. А.Ю. Журавель, В.В. Процив, С.А. Федоряченко От качественного бурового инструмента к эффективной отработки месторождений полезных ископаемых подземным способом. Збірник наукових праць Національного гірничого університету №52. Дніпро 2017 с.186÷191.
5. В.И. Мосинец, Д.П. Лобанов, М.Н. Тедеев и др. Строительство и эксплуатация рудников подземного выщелачивания. М. «Недра»1987 с.153, 193, 195. 7 авторов
6. Е.Г. Баронов Пути интенсификации процессов отбойки, дробления и измельчения железных руд. Горный журнал №8, 1982 с.40÷42.
7. Недельский А.Г. Обоснование технологических параметров и внедрение методов управления качеством дробления при отбойке крепких крупноблочных массивов скважинными зарядами. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. ДГУ, Днепропетровск 1988 с.50, 47, 123.

© Процив В.В., Пацера С.Т., Журавель А.Ю., Недельский А.Г., 2019

*Надійшла до редколегії 08.09.2019 р.*

*Рекомендовано до публікації к.т.н. К.А. Зиборовим*

УДК 549.61

<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.23748.78728>

## УКРАЇНСЬКИЙ ЦИРКОНІЙ<sup>1</sup>

**Л.В. ШПИЛЬОВИЙ**, канд. техн. наук

(Україна, Донське, ТОВ «Азов-Мінеральна техніка»),

**В.С. БІЛЕЦЬКИЙ**, д-р техн. наук

(Україна, Харків, НТУ «Харківський політехнічний інститут»)

*Постановка проблеми та стан її дослідження.* Цирконій – рідкісний метал, широке застосування якого у різних галузях промисловості розпочалося в ХХ столітті. Основним промисловим мінералом – носієм цирконію, – є циркон – силікат цирконію з домішками гафнію. Цирконові руди переробляються

---

<sup>1</sup> Друкується в плані виконання дослідного проекту НТШ «Історія гірництва в Україні: від первісних спільнот до здобутків індустріальної епохи»

на цирконієві феросплави, металічний цирконій, діоксид цирконію, та інші хімічні сполуки цирконію. Значне застосування циркон одержав у виробництві вогнетривів та емалі. Особливого значення цей мінерал набув для військової промисловості: ще під час першої світової війни сталь німецьких гармат була легована цирконієм. Унікальні властивості цирконію надавав броньовим сталям. Широко використовувався він у запальних сумішах, так як при згоранні розвивав високу температуру [1]. Та найважливішого значення цирконію набув з розвитком атомної промисловості, де став незамінним при виробництві твелів.

У Радянському Союзі цирконію залишався практично неосвоєним металом рідкіснометалевої промисловості до кінця 1930-х років минулого століття. Подальше відставання у використанні цирконію було недопустиме. Техніка, що розвивалася, вже не задовольнялася традиційними матеріалами, та вимагала високоякісних сталей, кислотостійких вогнетривів та інших нових матеріалів.

Історія цирконієвої промисловості України, та й Радянського Союзу взагалі досліджена слабо [1-12].

*Мета* цієї роботи – простеження і введення у науковий обіг основних подій, фактів, технічних та технологічних рішень, які визначили розвиток цирконієвої промисловості на теренах України.

*Виклад основного матеріалу.* Вітчизняна історія видобутку цирконію розпочалася з відкриття покладів циркону в Приазов'ї, поблизу села Стрітенка, Волноваського району.

Ще у 1832 році гірничий інженер О. Б. Іваницький знайшов у Приазов'ї на відрозі степової річки Кальчик, вихід щільної породи крем'янистих сланців з жовтуватобурим мінералом «октаедричної форми» [5]. У зв'язку з великою схожістю з мінералом цирконом, який вперше був описаний московським мінералогом О.Ауербахом, назвали «новий» мінерал ауербахітом. З цим ім'ям він існував до 1897 року, коли академік Єремєєв П.В. провів детальне дослідження мінералу та прийшов до висновку, що за всіма своїми властивостями він повністю тотожний циркону [6].

До кінця XIX століття вивчення району знахідки носило епізодичний характер та обмежувалося описом мінералів. Місцевість ця неодноразово відвідувалася відомими геологами І.Ф. Леваковським, Клеммом, О.В. Гуровим, С.О. Конткевичем, М.О. Соколовим та іншими.

З 1897 року розпочався другий етап геологічного вивчення району знахідки циркону поблизу Стрітенки. У цей час геологами Єремєєвим П.В., Морозевичем Ю.А., Гінзбергом О.С., Айнбергом Л.Ф., Лучицьким В.І., Куплетським В.М., Лебедевим П.І. була складена регіональна геологічна карта, проведено петрографічне вивчення гірських порід, вивчена мінералогія району [3].

Польський дослідник надр Юзеф Августинович Морозевич в 1897-1909 роках вивчав гірські породи Приазов'я і, зокрема, в районі Маріуполя, та виділив серед нефелінових сієнітів по балках Валі-Тарама та Мазуровій їх різновид – цирконвмісну породу, яку назвав маріуполітом [7].

Швидкий розвиток промисловості Радянського Союзу у 1930-і роки мину-

лого сторіччя, прагнення керівництва країни нарощувати військову міць держави вимагало широкого запровадження в техніку різних рідкісних металів, в тому числі цирконію. Тоді й згадали про знахідку мінералу циркону поблизу Волновахи.

У 1933 році гірничий інженер Адріан Прокопович Дорофеев, направлений Колегією Наркомтяжпрому на Костянтинівські скляні заводи для випробування розроблених ним керамічних мас з вулканічних порід, надіслав у Головне геологічне управління Народного комісаріату важкої промисловості докладну записку [8], в якій інформував про результати виконаного ним за власною ініціативою обстеження відомих з літературних джерел вивержених порід Маріупольського району, запаси цирконію в яких вважав промисловими. Очевидно, ця докладна записка стала приводом для організації Інститутом геології Всеукраїнської Академії Наук (ВУАН) пошукових геологорозвідувальних робіт на цирконій по балці Мазуровій. Родовище розвідувалося геологом Інституту геології ВУАН Володимиром Павловичем Амбургером [9]. Завдання цирконової партії інституту полягало у попередній розвідці та вивченні родовища циркону серед масиву лужних порід. У вересні – грудні 1934 року на родовищі була виконана геологічна і топографічна зйомка ділянки площею близько трьох квадратних кілометрів, пройдено більше 40 пог. м розвідувальних шурфів, більше 530 куб. м канав. Гірничі виробки були зосереджені в північно-східній частині родовища по балці Мазуровій, на ділянці, що прилягала до кар'єру Маріупольського силікатного тресту, який здійснював там з 1929 року видобування нефеліну для скляної промисловості.

Аналіз відібраних в шурфах проб показав промисловий вміст діоксиду цирконію, запаси якого визначені В.П. Амбургером в 21,6 тис. тонн при середньому вмісті 0,4%.

Геологічна карта, складена Амбургером В.П., а також матеріали його досліджень стали в подальшому основою для детальних розвідувальних робіт.

1 серпня 1937 року за розпорядженням Всесоюзної контори «Союзредметразведка» була організована централізована Маріупольська геологорозвідувальна партія (керівник – Бистров Павло Васильович). Завдання партії на 1937 рік полягало у встановленні масштабу родовища по Мазуровій балці, промислової цінності руд, та підрахунку запасів корисного компоненту в них [10].

Умови залягання рудного тіла та рельєф місцевості зумовили основний метод розвідки гірничими виробками – шурфами. Бурові роботи проводилися тільки для відкриття нових точок розповсюдження цирконових порід під потужними наносами.

У третьому кварталі 1937 року було пройдено 900 пог.м шурфів глибиною до 10 і 20 метрів, та більше 600 пог. м свердловин ручного буріння. Для отримання цирконового концентрату Бистров П.В. використав свій досвід роботи на золотих копальнях. Промивку пісків проводили на дерев'яних бутарах, виготовлених на місці. Два промивальники і один робітник на лотку забезпечували промивку 15 м куб. руди за зміну. Вода на бутари приймалася з підведеної ка-

## **Загальні питання технологій збагачення**

нави жолобами, на які подавалася порода. Було отримано 2050 кг цирконового концентрату.

П.В. Бистровим була відібрана також технологічна проба руди масою 1250 кг, на якій співробітниками Гиредмета Уткіною В.Д. і Беліцькою Е.О. під керівництвом І.М. Нестерова розроблена якісна схема збагачення цирконвміщуючих руд [11]. Цю схему покладено пізніше в основу проекту дослідної збагачувальної фабрики.

Основне завдання 1937 року – підрахунок запасів цирконових руд, – Бистрову П.В. вдалося виконати. Запаси цирконової руди на ділянці по балці Мазурова затверджені в обсязі 1,85 млн т по категорії В та 2,66 млн т – по категорії С<sub>1</sub> [12]. Розвіданих запасів було достатньо для роботи майбутнього гірничого підприємства протягом 30 років.

У звіті про попередню розвідку Бистров писав: «Маріупольське родовище циркону знаходиться у виключно сприятливих фізико-географічних та економічних умовах. З геологічного боку воно не обмежене на сьогоднішній день та має велику перспективу за площею розповсюдження і на глибину. Рудна ділянка по Мазуровій балці, розвідана до глибини 25,5 метрів має передумови на більш глибокі горизонти його залягання. Подальше вивчення родовища повинно проводитися не тільки на циркон, але й інші мінерали: колумбіт, бакеліт, нефелін і т.п. Для нашої промисловості родовище є, безумовно, потужною сировинною базою дуже великих запасів корисних копалин. Корінне родовище по Мазуровій балці повинно стати основою для початку освоєння родовищ циркону на Маріупольському лужному масиві». І далі: «...все це разом змушує нас висувати питання про освоєння цього родовища циркону, бо воно має всі дані для того, щоб бути першочерговою базою для нашої ... цирконієвої промисловості, а інші ділянки, ... дадуть додаткові запаси руди, якщо вони будуть розвідані більш детально» [10].

У 1938 році геологорозвідувальні роботи на циркон в Приазов'ї були продовжені [2].

В середині травня у партії з'явилися геологи Ельтеков В.І. та Калафаті Л.В., які мали досвід роботи по пошуку циркону в Ловозерських тундрах (Карелія). Ельтеков Володимир Іванович виконував обов'язки технічного керівника. На початку червня родовище відвідав нарком важкої промисловості Л. Каганович. Ознайомившись з ходом геологорозвідувальних робіт, він віддав особисте розпорядження про скоріше освоєння родовища.

5 липня 1938 року Каганович підписав наказ «Про відновлення геологорозвідувальних робіт в Нагольному Кряжі» [13]. Всі організації, що проводили пошуково-знімальні та геологорозвідувальні роботи на кольорові метали в районі Донбасу, об'єднувалися у єдину комплексну стаціонарну геологорозвідувальну експедицію Головного Геологічного Управління НКВП («Главгеології»), начальником якої призначався А.П. Дорофєєв [14]. Волноваську партію передали до експедиції.

Ельтекову В.І. вдалося організувати проведення геологорозвідувальних

робіт за добре продуманим планом, що дозволило виконати план геологорозвідувальних робіт та уточнити запаси цирконію на родовищі. Ці запаси перевищували запаси діоксиду цирконію, визначені Бистровим у 1937 році, більш, ніж в 2,5 рази [4].

22 жовтня 1938 року наказом по «Главредмету» створено «Маріупольбуд», перед яким поставлено завдання будівництва збагачувальної фабрики потужністю 10 т на добу, призначеної для відпрацювання технології збагачення цирконової руди. З лютого 1939 року виконуючим обов'язки директора Маріупольбуду призначили Дорофєєва.

Пробна експлуатація цирконового родовища розпочата Волноваською геологорозвідувальною партією ще у 1938 році. Протягом польового сезону геологорозвідувальна партія попутно з розвідкою займалася видобуванням цирконового концентрату. Видобування руди здійснювалося головним чином з кар'єру № 1, закладеного у південно-східній частині родовища по балці Мазуровій, у горизонті дрібнозернистих вивітрених (зруйнованих) маріуполітів. Крім основного кар'єру було закладено ще два: один поблизу першого, другий – на балці Валі-Тарама, біля хутора Лазарівка. Кар'єр № 1 мав площу трохи більшу 100 кв. м. Видобувні роботи у кар'єрі велися двома уступами з проходженням вибою у південно-східному напрямку. Більшу частину року роботи проводилися без застосування вибухових робіт. Руда з кар'єру транспортувалася на вантажівках до балки Мазурової по тимчасово прокладеній ґрунтовій дорозі. В гирлі балки була створена невелика земляна гребля, звідки вода самопливом надходила на бутари. Процес збагачення руд здійснювався примітивно: доставлена на промивний пункт руда зсипалася поблизу бутар на купи, звідки на тачках або носилках доставлялася на бутари, де промивалася. Після промивання руди одержаний концентрат направлявся на вашгерд. Наступне доведення концентрату до кондиції здійснювалось на лотках. Промитий концентрат в суху погоду просушувався на брезенті, а в дощову погоду – у спеціальній печі. Просушений концентрат зсипався у мішки, зважувався, та зберігався у наметах.

У результаті видобувних робіт вже у вересні 1938 року два вагони цирконового концентрату було відправлено першим споживачам – московському заводу «Електросталь» та харківському інституту вогнетривів. Усього було одержано понад 40 т концентрату з вмістом діоксиду цирконію вище 50% [2].

На той час головним джерелом цирконію у світі були більш багаті розсипні родовища циркону, або корінні родовища бадделеїту. Таким чином, Маріупольське родовище корінних цирконієвих руд освоювалося вперше не тільки в Україні, але й у світовій практиці. Значно збільшує перспективу родовища, як вважав В. Ельтеков, та обставина, що польовошпато-нефелінові відходи з успіхом можуть бути використані в промисловості, і, крім цього, разом з цирконом з руди можуть бути вилучені інші рідкісні мінерали: бекеліт та пірохлор, що містить тантал і ніобій [18].

За два роки напруженої роботи геологів країна одержала необхідну кількість запасів циркону для будівництва гірничо-збагачувального підприємства.

## **Загальні питання технологій збагачення**

---

Був знайдений ряд інших корисних копалин – кобальт, нікель, титан, ніобій, рідкісноземельні елементи; сировина для кам'яного литва, кераміки, лакофарбової промисловості та будівельних матеріалів. Все це ставило питання про комплексне використання усіх багатств цирконового родовища на Мазуровій балці.

Вже у 1939 році почалося проектування та будівництво гірничозбагачувального комбінату потужністю 1 000 т руди на добу у складі кар'єру, збагачувальної фабрики, цеху знезалізнення цирконового концентрату, допоміжних об'єктів і споруд. Передбачалося здійснити також будівництво селища для робітників [19]. Директором і головним інженером майбутнього будівництва призначили С. Г. Миронова.

Промислову площадку для будівництва вибрали при злитті двох глибоких балок, одну з яких перегородили невеликою греблею, та створили водоймище. На березі водоймища до осені збудували дослідну збагачувальну фабрику продуктивністю 10 т руди на добу, та організували збагачення руди на бутарах. Були зведені будівлі і споруди для супутньої експлуатації та розгортання будівництва комбінату.

Недалеко від будівельного майданчика заклали два розвідувально-експлуатаційних кар'єри, перший з яких експлуатувався до 1940-го року, а другий – у 1940-41 р.р., в період окупації та після неї у 1944 році. Перед війною, у третьому п'ятирічному плані «*Главредмету*», річна потреба в цирконовому концентраті на основі заявок зацікавлених організацій була прийнята в кількості 3 400 т [15].

На той час була відсутня вітчизняна практика збагачення циркону. Та й саме видобування його проводилося вперше. За кордоном видобування циркону велося тільки з розсипів, і досвіду збагачення корінних руд там також не було. Треба було у стислі строки знайти ефективний метод збагачення приазовських цирконових руд – маріуполітів. Експериментальні роботи на дослідній фабриці проводилися спеціальною бригадою інституту «*Гиредмет*» (м. Москва). За проектом був прийнятий гравітаційний метод збагачення у відсаджувальних машинах та на концентраційних столах із застосуванням магнітної сепарації. До середини вересня 1939 року роботи були вдало завершені і фабрика введена в експлуатацію [20]. 15 вересня 1939 року можна вважати днем народження підприємства на Маріупольському цирконовому родовищі – первенця цирконієвої промисловості України і Радянського Союзу.

У 1939 році одночасно з розвідкою проводилося старательське видобування циркону. Видобуто 14 679 т руди та отримано 21 т концентрату з вмістом цирконію більше 50% [25]. Експлуатація здійснювалася ручним способом. Транспортували руду до фабрики автомобільним та гужовим транспортом. Збагачували на бутарах з наступною доводкою на вашгерді та лотках. З другої половини вересня 1939 року доводка здійснювалася на збагачувальній фабриці, де отримували 95%-ий цирконовий концентрат [26].

Ось як характеризував умови розробки родовища директор та головний інженер «Маріупольбуду» Семен Григорович Миронов у статті «Будівництво

цирконового комбінату», надрукованій в обласній газеті «Соціалістичний Донбас» [20]: «По своему залеганию и мощности месторождение является исключительно благоприятным для эксплуатации. Руда залегает в виде заполненной глубокой чаши с волнистым дном. Мощность рудного тела – от 2 до 20 метров, и более. Мощность наносов, состоящих из чернозёма и суглинков, составляет полтора – три метра. Наносы и большая часть руды легко поддаются ручной разборке, и тем более экскавации. Уровень грунтовых вод – ниже почвы залегания рудного тела, поэтому нет нужды в мощных водоотливных установках».

Проектним завданням передбачалося два варіанти розкриття та експлуатації родовища: відкриті роботи за допомогою экскавациі з наступним транспортуванням руди електровозами, і розробка руди гідравлічним способом. Застосування першого способу до даного родовища не викликало сумнівів – вся маса розкриття і 90% руди підлягали экскавациі без вибухових робіт. Але особливо перспективним було застосування гідравлічного способу розробки – найбільш технічно досконалого і дешевого. В першому півріччі 1940 року «Маріупольбудом» велися підготовчі роботи до дослідів по гідромеханізації. У липні вже проводилися роботи по розмиванню наносів руди, і їх транспортуванню за допомогою потужних землесосів.

У 1940 році планом передбачалося збільшення видобутку циркону в чотири рази в порівнянні з 1939 роком, але фактично було видобуто лише 20 440 т руди. Всього з початку розробок на родовищі видобуто (на 01.01.1941 р.) 41 119 т руди; середній вміст  $ZrO_2$  – 0,76% [27]. З попутних мінералів використовувалися лише польові шпати.

У тому ж 1940 році проводилися роботи по підготовці промислових запасів. Камеральна обробка матеріалів по розвідувальних роботах 1939 р. на рідкісні метали здійснювалася начальниками партій Кузовльовим О.Д. і Калафаті Л.В. у період з 1 січня по 15 серпня 1940 року [28].

В останньому довоєнному році були проведені підготовчі роботи до широкого розгортання будівництва комбінату.

Комплексний технічний проект комбінату виконував московський проектний інститут «Гипроредмет». Техніко – економічні розрахунки проведені на видобуток та переробку 1000 т руди на добу. Вже до 1 січня 1941 року проект був готовий. Капітальні витрати затвердили в сумі 13 млн. крб. [29]. До комплексу комбінату входили рудник, збагачувальна фабрика, гребля для отримання водоймища з площею дзеркала води до 100 гектарів, високовольтна лінія електромережі довжиною в 30 км, селище з усіма культурно-побутовими та комунальними закладами та автодороги.

У 1941 році продовжувалася експлуатація родовища і будівництво комбінату. Добування та збагачення руди відбувалося практично до самої окупації Донбасу. За вісім місяців 1941 року було видобуто 22 323 т руди, отримано 1 291 т 9%-го і 94,83 т 80%-го концентрату [30].

У період німецької окупації України видобування цирконової руди старательським способом та її збагачення на бутарах з листопада 1941 року по верес-

## **Загальні питання технологій збагачення**

сень 1943 року здійснювало німецьке акціонерне товариство «Ауербах і К<sup>о</sup>». Відновлювати дослідну збагачувальну фабрику, зруйновану радянськими військами перед відступом, німці не стали.

Після визволення території Волноваського району, вже 23 жовтня 1943 року було підписано наказ Наркома наркомату кольорової металургії про відновлення і будівництво Маріупольського цирконового рудоуправління. В листопаді розпочалися відновлювальні роботи.

У відповідності до наказу передбачалося збудувати збагачувальну фабрику потужністю 75 т руди/добу, та цех знезалізнення концентрату продуктивністю 100 т/рік. Вже до 1 липня 1945 року збагачувальну фабрику та цех знезалізнення концентрату мали ввести в експлуатацію. Інші об'єкти – в тому числі гребля на р. Мазуровій, мали бути готовими уже в четвертому кварталі 1944 года.

Але в будівництві було зайнято лише 6 чоловік при плані 58. Трудових ресурсів не вистачало. Відсутньою була і проектно-кошторисна документація – «*Гипропредмет*» мав розробити її лише до лютого 1945 року.

В 1944 році було відбито 5915 тонн руди (64% до плану), яка знаходилася у вибої, і могла транспортуватися для збагачення. У виробництві було задіяно 28 чоловік. Виробництво концентрату зовсім не здійснювалося.

Планом заходів по введенню в дію виробничих потужностей на Маріупольському цирконовому рудоуправлінні передбачалося ввести в експлуатацію рудник потужністю 40 тис. т гірничої маси на рік, та збагачувальну фабрику продуктивністю 75 т/ руди на добу.

Для забезпечення плану видобутку планувалося виконати 5 000 куб.м розкривних робіт, в т.ч. в 1945 году – 1 000 куб.м, а також організувати промивку руди на бутарах, і отримання грубого цирконового концентрату з вмістом 10-15% циркону. Для цього доручалося побудувати до 15 травня дві бутари, та організувати старательські роботи.

Цех знезалізнення циркону з обсягами виробництва 100 т/рік передбачалося ввести в експлуатацію до 1 березня 1946 року.

В якості сировинної бази маріупольського рудника, згідно завдання, були прийняті запаси цирконової руди балки Мазурової,

Продуктивність фабрики прийняли 21 тис.т на рік (150-200 тонн цирконового концентрату на рік, з яких 105 тонн планувалося переробляти в знезалізнений концентрат для виробництва емалей.

Проектним завданням було прийнято гравітаційне збагачення на концентраційних столах, із додатковим застосуванням електромагнітної сепарації. Руду на фабрику планувалося подавати кінною тягою по вузькій під'їзній колії вагонетками Коппеля.

Цех знезалізнення призначався для виробництва знезалізненого цирконового концентрату, який застосовувався здебільшого для заміни оксиду олова у виробництві емалей. Технологія виробництва розроблена *Гиредметом*. Схема технологічного процесу включала подрібнення концентрату до 200 меш. (-0,074 мм) з наступною обробкою його при нагріванні сірчаноокислим натрієм та купо-



росним маслом. Присутнє в концентраті залізо вилуговувалося, а осад промивався водою, висушувався та прожарювався [30].

Будівельні роботи по фабриці в 1945 році виконали на 85%. Монтажні роботи не виконувалися через відсутність обладнання. Не приступили і до будівництва цеха знезалізнення концентрату через відсутність матеріалів [31]. В цілому за рік освоєно в будівництві 1 973 тис. крб.

З другого півріччя 1945 року було організовано гірничо-збагачувальний цех. Рудоуправління, маючи на балансі одну автомашину, двоє волів та двох коней, і лише один допоміжний цех (механічний), за наявності 30 робітників, розпочало видобування руди ручним способом, за допомогою кайла та лопати, та отримання цирконового концентрату на бутарах. Спочатку вилучення складало 48-50%, потім процес збагачення освоїли і вилучення піднялося до 60% і вище. У 1945 році перероблено 4365 т руди з вмістом 1,26% діоксиду цирконію, отримано 41,8 т концентрату з вмістом циркону 76,9%. Вилучення складало 58,7% [32].

З жовтня 1945 р. видобування циркону поставили на старательський метод праці. Старательським способом отримано 9 983 кг концентрату (в перерахунку на 85%-ий вміст циркону).

На 1946 рік «Маріупольбуду» затвердили план по капітальному будівництву на суму 2 450 тис. крб. Основними об'єктами були збагачувальна фабрика, цех діоксиду цирконію, та цех знезалізнення циркону, а також кілька допоміжних об'єктів і житло.

В травні 1946 року прийняли в експлуатацію тимчасовий цех знезалізнення цирконового концентрату, а в грудні того ж року – цех діоксиду цирконію та збагачувальну фабрику.

У 1946 році рудоуправління «Маріупольбуд» було по суті невеликим гірничо-хімічним комбінатом з видобувним та переробними цехами: гірничим, збагачувальною фабрикою, цехом знезалізнення (тимчасовим), цехом діоксиду цирконію. Рудоуправлінням проводились і старательські роботи.

В цьому році було отримано майже 122 т цирконового концентрату (в т.ч. більше 40 т товарного), близько 33 т знезалізненого концентрату.

Річний план гірничо-розкривних робіт виконали на 77,3%. Було розкрито та підготовлено до виїмки 12 тис. т цирконової руди. Гірничі роботи – розкривні та експлуатаційні, – проводились вручну через повну відсутність механізації. Навіть тієї, яка передбачалася проектом – компресора, мотовоза, скреперних лебідок, трактора, екскаватора.

На збагачувальній фабриці в 46 році працювало в одну зміну лише відділення магнітної сепарації. Перероблено 142,2 т бутарного концентрату з вмістом 50,0-52,5% діоксиду цирконію. Отримували концентрат з вмістом 61,5% і вище.

В грудні провели пробний пуск фабрики, який виявив грубі недоліки проекту, та порушення при будівництві і монтажі обладнання. Виявлені дефекти усували до серпня 1947 року.

## **Загальні питання технологій збагачення**

---

Тимчасовий цех знезалізнення ввели в дію в квітні 1946 року.

Цех діоксиду цирконію почав працювати в жовтні 1946 року на операціях розкладання та вилуговування. На інших операціях не працював через відсутність гумованої апаратури. В середині грудня дослідне розчинення цирконату натрію в соляній кислоті провели в дерев'яній апаратурі, виготовленій на місці. Перша переробка пройшла невдало, діоксид не отримали. В результаті переробки другої партії отримали перших 6 кг гідрооксиду з вмістом діоксиду цирконію 68,5% та 3 кг – з вмістом 88%.

До початку другого півріччя 1947 року основні промислові об'єкти були введені в експлуатацію. В січні 1947 р. отримали 14 кг діоксиду цирконію з вмістом 95,0-96,5%.

В липні 1947 року введено в експлуатацію новий цех знезалізнення.

В серпні запрацювала на повну потужність збагачувальна фабрика. Ця фабрика працювала до 1958 року, переробляючи до 150 т руди на добу.

Видобування руди в 1947 році здійснювали в кар'єрі № 2. В цьому році здали гірничий цех с обсягом проведених гірничо-капітальних робіт – 7 237 м<sup>3</sup>. Проект розкриття родовища, розроблений «Гипроредметом», виявився помилковим – місце розкриття було заплановано на непромисловій ділянці. На місці гірничим інженером Ф.С. Елохіним був запропонований новий варіант розкриття; складений і схвалений «Главредметом» новий техноробочий проект, який дозволив розкрити ділянки руд с кондиційним вмістом металу, та забезпечити виконання плану по видобутку руди і виробництву концентрату.

Розкривні роботи велися з випередженням на 5-6 місяців при середній потужності 5,0 м. В 1954 році – екскаватором електричним Е-504 і тракторним скрепером з трактором С-80. Виймався розкрив скреперними навантажувачами з попереднім розпушуванням буровибуховими роботами. Транспортування здійснювалося автосамоскидами ГАЗ-93.

Відкриті гірничі роботи велися паралельним просуванням вибою в комбінації з віялоподібною системою. Розробка велася одним уступом висотою 8-11 метрів. Підривання виконувалося мінними шурфами. Одночасно одержували 3000-3500 м<sup>3</sup> гірничої маси. Для вибуху проходили два шурфи. Видобування гірничої маси здійснювалося методом «рукавів» діаметром 250-300 мм та довжиною 2,0-2,5 м, та методом поодиноких мінних зарядів, в шурфах глибиною 8-11 м. Завантаження руди у вагонетки Коппеля здійснювалося скреперними навантажувачами. Лише в 1952 році з'явився старенький екскаватор ПГ-0,35.

Транспортувалася руда до фабрики спочатку 4-х вагонеточними ешелонами технічно недосконалими та малопотужними електровозами місцевого виготовлення по вузькій колії (600 мм) на відстань до 1000 м. Пізніше, в 1954 році, ці електровози замінили електровозом фірми «Ганц».

Видобута руда подавалася на фабрику та розвантажувалася на колосникову решітку бункера. Грудки руди крупніші 100 мм розбивалися безносередньо на колосниках вручну. Живлення фабрики рудою здійснювалося після усереднення і через обертовий грохот. Сухим грохоченням руда розділялася на

три класи: -10 мм, +10-30 мм, +30 мм. Крупний клас надходив для дроблення у шокову дробарку. Дрібний клас направлявся на вібраційний грохот, куди надходив також вихід кульового млина. Вихід дробарки, середній клас барабанного грохота і верхній клас вібраційного грохота стрічковим конвеєром подавався через лійку в кульовий млин.

Збагачувалася руда гравітаційним методом (рис. 1). Концентрат основних відсаджувальних машин подавався пісковим насосом на очистку. Концентрат контрольних столів подавався на очисний стіл відрами, вручну. Хвости очисного столу завантажувалися у зумпф. Туди ж самопливом по жолобу направляли хвости очисної відсадки, де вони об'єднувалися з нижнім класом вібраційного грохота, та насосом подавалися в реєчний класифікатор. Відвальні хвости пісковим насосом перекачувалися у хвостосховище.

Річний план капітальних робіт 1947 року виконали на 108%. Освоєно капітальних вкладень на суму 1942 тис. крб.

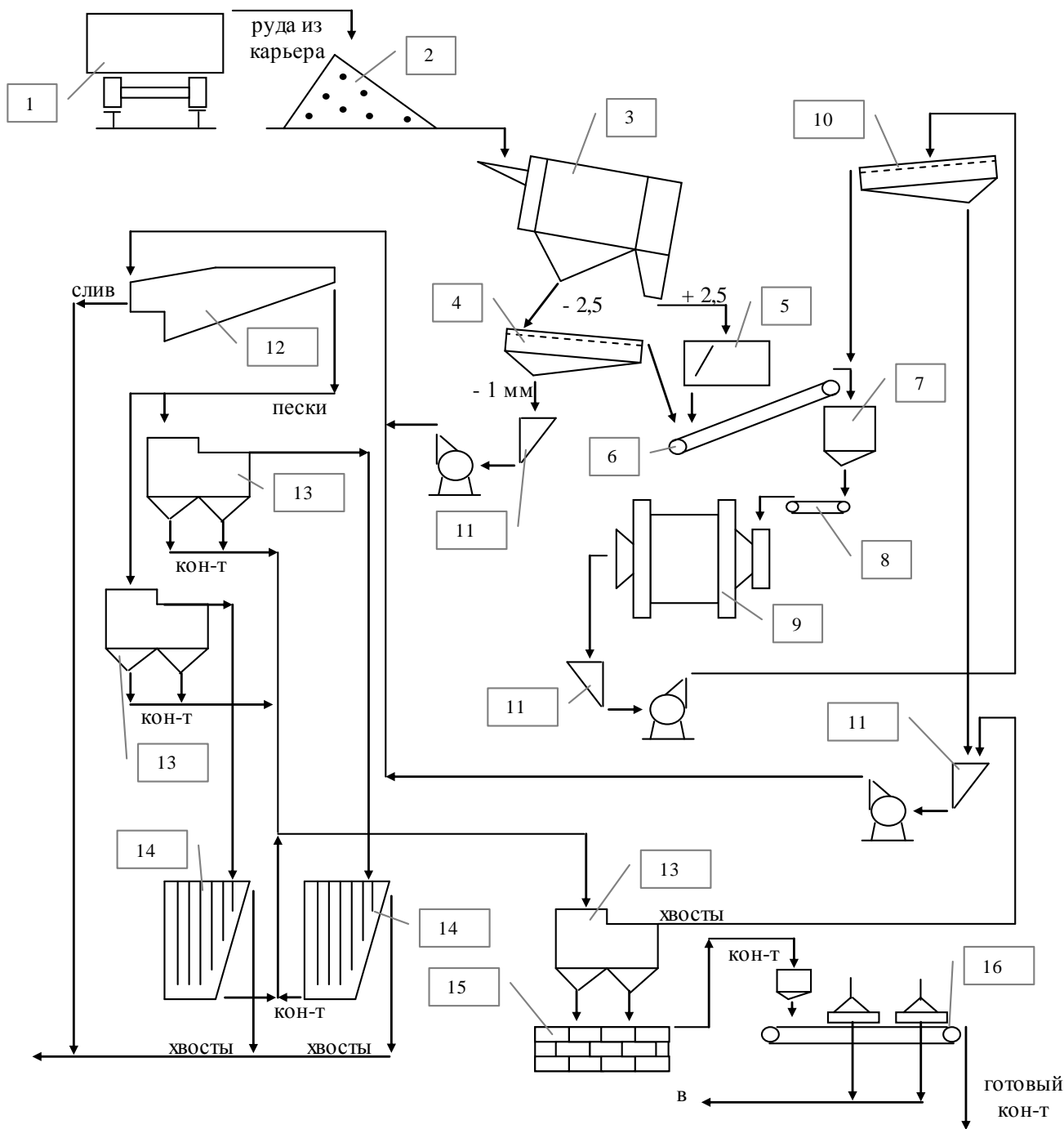
Здано: гірничий цех, цех діоксиду, цех знезалізного концентрату, збагачувальна фабрика, хімлабораторія; електропідстанція, водогін і паропровід, насосна, хвостосховище, контактна лінія електровозної віткатки, автодороги на площадці, гребля, лазня, три чотириквартирні житлові будинки, радіовузол.

Закінчення будівництва основних виробничих цехів в 1947 році та введення їх в експлуатацію створило передумови для росту виробничих потужностей з другого півріччя, та розгортання всієї господарчої діяльності Маріупольського цирконового рудоуправління.

16 жовтня 1947 року Маріупольське цирконове рудоуправління стало до ладу. Це була експериментальна база рідкіснометалевої промисловості, де розроблялись нові матеріали, відпрацьовувались технології, вівся пошук нових галузей використання цирконієвої продукції. Робота цього рудника, безсумнівно, значно прискорила розвиток цирконієвої промисловості в нашій країні.

До кінця 1950-х років рудоуправління освоїло виробництво різних хімічних сполук цирконію, порошоків та злиwkів металічного цирконію, очищення цирконію від гафнію, та різних видів гафнієвої продукції. Були створені передумови для широкого використання цирконію в народному господарстві, що вимагало розширення виробництва.

Нова збагачувальна фабрика продуктивністю 750 т/добу прийнята в експлуатацію 30 вересня 1958 року. В жовтні провели її випробування та до лютого 1959 року усунули виявлені недоліки. З 1 лютого 1959 року стару фабрику зупинено. В цьому ж році рудоуправління дістало назву Донецький хіміко-металургійний завод (ДХМЗ).



№	Наименование	КОЛ-ВО	№	Наименование	КОЛ-ВО
1	Вагонетка (грузоподъёмность 1 т)	-	9	Шаровая мельница (1200×1200 мм)	1
2	Склад руды (объём 35 м³)	-	10	Грохот жирационный (800×1500 мм)	1
3	Баранный грохот (800×2500 мм)	1	11	Песковый насос "Литльвуд" (d=50 мм)	3
4	Грохот Феррариса (1000×4000 мм)	1	12	Классификатор реечный (1400×5500 мм)	1
5	Щековая дробилка (250×175 мм)	1	13	Отсадочная машина "Денвер" (400×600 мм)	2
6	Ленточный транспортер (B=400 мм, L=1700 мм)	1	14	Концентрационный стол "Вильфля" №6	2
7	Воронка	1	15	Сушильная плита (площадь 1 м²)	1
8	Ленточный питатель (B=400 мм, L=855 мм)	1	16	Магнитный сепаратор "Рапид"	1

Рис. 1. Схема ланцюга апаратів збагачувальної фабрики

## **Загальні питання технологій збагачення**

Переробка руди на новій збагачувальній фабриці полягала в крупному дробленні в щоківній дробарці СМ-16А (600х900 мм), середньому дробленні в конусній дробарці № 4 (типу Саймонс), та дрібному – в короткоконусній дробарці типу СМ-560. Подрібнювалась руда в п'яти стрижневих млинах 4СМ-2 (1200х2400мм). Гравітаційне збагачення здійснювалось у трьох відсаджувальних машинах МО-06 (600х600 мм), одній машині типу ОВМ-5 (1000х1000 мм), та концентраційних столах СС-2 (22 шт.), СКМ-1 (12 шт.), ЯСК-1А 800-4200х2 (13 шт.). Доводка концентрату проводилася на трьох столах СС-1 та трьох – СС-2, а також магнітних сепараторах МС-2 (4 шт.), і «Ленінград» МСЛ-3 (5 шт.). Сушили концентрат перед відправкою споживачам в сушильному барабані діаметром 1,4 м та довжиною 8,0 м, і 5-ти подовій печі діаметром 1,0 м. Дані про видобуток та переробку руди на Маріупольському цирконовому родовищі по Мазуровій балці подані в табл. 1.

*Таблиця 1*

Видобуток і переробка руди на Маріупольському цирконовому родовищі по Мазуровій балці

Рік	Переробка руди, тис. т	Вміст ZrO <sub>2</sub> в руді, %	Вилучення, %	Діоксид цирконію в конц-ті, т
1946	18,08	1,016	57,70	106,00
1947	11,66	0,500	73,54	30,52
1948	37,67	0,696	84,12	155,65
1949	39,45	1,028	78,87	212,28
1950	47,95	0,640	69,76	215,79
1951	60,93	0,640	75,40	295,30
1952	69,70	0,660	76,20	349,58
1953	75,82	0,636	78,26	377,46
1954	81,87	0,691	72,60	410,88
1955	89,40	0,671	64,90	345,03
1956	92,36	0,652	64,38	387,78
1957	99,28	0,582	69,70	401,97
1958	102,39	0,594	67,40	483,37
1959	183,98	0,550	59,05	588,51
1960	241,65	0,490	68,98	827,70
1961	281,92	0,497	68,54	961,20
1962	296,66	0,465	67,94	933,54
1963	228,64	0,459	68,51	721,17
1964	247,82	0,436	69,07	728,58
1965	182,06	0,430	63,78	527,16
1966	189,87	0,507	63,70	603,78
1967	44,89	0,510	61,00	152,40

В кінці 1950-х років рудоуправління на спеціально створеній сезонній збагачувальній установці освоїло доводку хвостів і некондиційних цирконових концентратів Осипенківського підприємства (м. Бердянськ), які отримували певний час з прибережних пісків на косах Азовського моря.

*Таким чином, Маріупольське цирконове родовище стало першою сировин-*

ною базою цирконієвої промисловості України та СРСР. Освоєння родовища прискорило розвиток цирконієвої промисловості країни, допомогло виявити і розширити сфери застосування цирконію та його сполук у народному господарстві.

### **Список літератури**

1. Фельдман Г.М. Сырьевые ресурсы редких металлов за границей и их использование. – М. – Л., 1940. – 193 с.
2. Эльтеков В.И., Калафати Л.В. Отчет по геолого-поисковым и разведочным работам на Мариупольском цирконовом месторождении за 1938. – Л.1939 г. // Геоинформ. – № 3250. – 252 с.
3. Костылева Е.Е., Владимирова М.Е. Циркон / Минералогия Союза // Под общей ред. акад. Ферсмана А.Е. – Сер. А, вып. 2. – Л.: Изд-во АН СССР, 1934. – 83 с.
4. Протокол № 1520 заседания ВКЗ по утверждению запасов циркона Мариупольского месторождения Сталинской обл. от 21.11.1939 г. // РГФ. – № 81101. – 3 с.
5. Иваницкий И. Геогностическое описание Мариупольского округа // Горный журнал. – 1833. – Кн. X. – С. 49-90.
6. Еремеев П.В. Об ауэрбахите и заключающей его горной породе. – Изв. АН. – СПб., 1897. – Т. VII, №2. – 244 с.
7. Морозевич И.А. Об одном крайнем члене семейства сиенитов – мариуполите – и связанных с ним породах Мариупольского уезда. – Записки Импер. С–Петербур. минерал. об-ва., протокол № 6 от 16.10 1901 г. – СПб., 1902. – Вторая сер., т. XXXIX. – С. 44-51.
8. Дорофеев А.П. Промышленные месторождения циркона в УССР // Геоинформ. – № 3247. – 1 с.
9. Амбургер В.П. Краткий предварительный отчет о работе цирконовой партии Института Геологии ВУАН за 1934г. // Геоинформ. – № 3251. – 2 с.
10. Быстров П.В. Отчет по геологоразведочным работам на Мариупольском месторождении циркона 1937-39 г.г. // Геоинформ. – № 3245. – 106 с.
11. Нестеров И. М. Отчет по теме № 11. Разработка качественных схем обогащения цирконосодержащих руд и песков. – М., 1938 г. // Геоинформ. – № 3246. – 36 с.
12. Протокол № 1289 заседания ЦКЗ по вторичному рассмотрению материалов и утверждению запасов цирконовых руд на участке балки Мазуровой Мариупольского месторождения Сталинской обл. от 14.04.1939г. // РГФ. – № 81067. – 3 с.
13. РГАЭ. – Ф.7297, оп. 1. – Ед. хр. 281. – С. 169-172 та 62-65
14. РГАЭ. – Ф.7794, оп. 5. – Ед. хр. 537. – С. 3-4, 6.
15. Калафати Л. В., Эльтеков В. И. Полевой отчет по геологической съемке и поисково-разведочным работам на Мариупольском цирконовом месторождении. Л., 1939г. // Геоинформ. – № 3991. – 19 с.
16. РГАЭ. – Ф. 7794, оп. 5. – Ед. хр. 107. – С. 145.
17. Миронов С. Строительство цирконового комбината // Социалистический Донбасс, 17 июня 1940 г. – № 138/2371. – С. 2,
18. ДАДО. – Ф. Р-2794, оп. 1, справа 28. – Од. зб. 5. – С.12-14.
19. РГАЭ. – Ф. 7786, оп. 1. – Ед. хр. 579. – С. 119.
20. РГАЭ. – Ф. 7786, оп.1. – Ед. хр. 579. – С. 121.
21. РГАЭ. – Ф. 7786, оп.1. – Ед. хр. 579. – С. 164.
22. Подгорный А.Г. Отчёт по геологоразведочным работам и эксплуатационной разведки Ждановского цирконового рудоуправления за 1949 г. – Волноваха, 1949 г. // Геоинформ. – № 7917. – 94 с.
23. Калафати Л.В. Отчет по геологической съемке и поисково-разведочным работам на

мариупольских цирконовогох месторождениях за 1939 г. – Л., 1940 г. // Геоинформ. – № 6398. – 311 с.

24. Сведения о состоянии запасов циркона на 01.01.1941г. Формы 1-6 по Мариупольскому цирконовому месторождению на 01.01.1941г. / Игнатов Н. А. // Геоинформ. – №3248. – 9 с.

25. РГАЭ. – Ф. 7786, оп. 1. – Ед. хр. 579. – С. 97.

26. РГАЭ. – Ф. 7794, оп. 5. – Ед. хр. 107. – С. 76.

27. РГАЭ. – Ф. 7794, оп. 5. – Ед. хр. 229. – С. 5.

28. РГАЭ 7794, опись 5, д. 229, с. 1.

32. РГАЭ. – Ф 7794, опись 5, д. 537, с.71.

29. Бочкарев Э.Н. Организация промышленности редких металлов в СССР и этапы развития института «ГИРЕДМЕТ». Сб. статей: «Гиредмет на службе научно-технического прогресса» М.: Гиредмет.1981г. – с. 8-23.

30. РГАЭ. – Ф. 7794, оп. 5. – Ед. хр. 407. – С. 23.

Позначення:

РГАЭ – Російський державний архів економіки

Геоінформ – державний геологічний фонд України

РГФ – Росгеолфонд

ДАДО – державний архів Донецької області

© Шпильовий Л.В., Белецкий В.С., 2019

*Надійшла до редколегії 24.08.2019 р.*

*Рекомендовано до публікації д.т.н. І.К. Младецьким*