

В.І. Пожуєв
В.І. Іващенко
І.Ф. Червоний
В.П. Грицай

МЕТАЛУРГІЯ КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ
ЧАСТИНА I
Сировинні ресурси і виробництво



Міністерство освіти і науки України
Запорізька державна інженерна академія

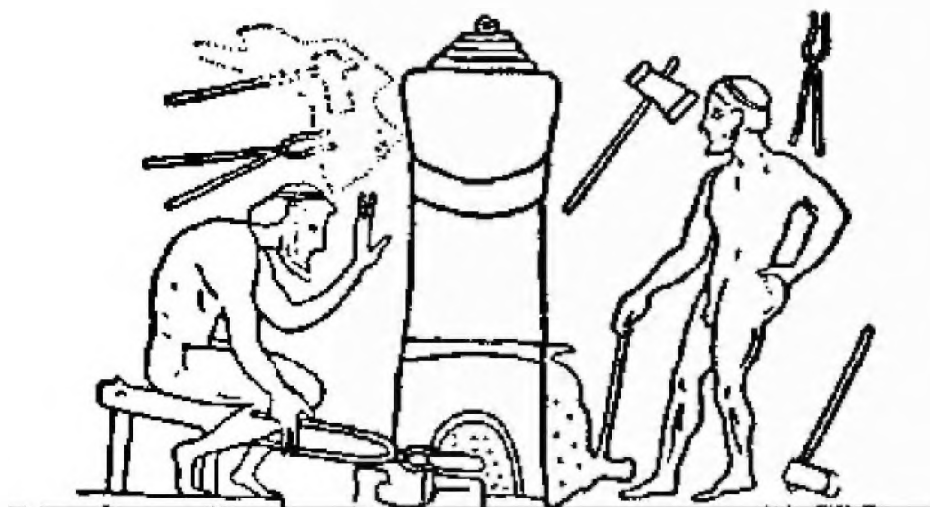


В.І. Пожусь, В.І. Іващенко, І.Ф. Червоний, В.П. Грицай

МЕТАЛУРГІЯ КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ

Частина 1

Сировинні ресурси і виробництво



Запоріжжя
2008

УДК 669.331

ISBN ...

Рецензенти:

М.А. Маняк, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри кольорових металів і конструкційних матеріалів Донецького національного технічного університету (м. Донецьк);

Д.В. Прутцков, провідний науковий співробітник лабораторії металургії легких металів Інституту Титану, доктор хімічних наук (м. Запоріжжя);

О.В. Рабінович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри металургії кольорових металів Національної металургійної академії України (м. Дніпропетровськ);

В.І. Пожуєв, В.І. Іващенко, І.Ф. Червоний, В.П. Грицай. **Металургія кольорових металів**. Підручник. Ч.1 / Під ред.. докт. техн.. наук, професора Червоного І.Ф. – ЗГИА, Запоріжжя, ч.1, 2007, 351 с.

У підручнику розглянутий стан сировинної бази України основних кольорових металів. Висвітлені питання історії кольорової металургії України з давніх часів до справжніх днів, історії основних підприємств кольорової металургії України. Дані загальні поняття про сировину кольорових металів, змісті їх в земній корі, загальні поняття про геохімію. Основний зміст першої частини підручника присвячений питанням споживання і виробництва кольорових металів, які виробляються або споживаються в Україні.

Підручник розрахований на студентів вузів, що навчаються за фахом «Металургія кольорових металів», а також може бути корисна інженерно-технічним і науковим працівникам, що працюють в цій галузі.

Рис. 30, табл. 149. Бібліогр. список: 229 назв.

Міністерством освіти і науки України ухвалено видання з грифом «Затверджено Міністерством освіти і науки України як підручник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямком «Металургія». Письмо № 1.4/18-Г-1807 від 24.10.2007 р.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	5
1. Становлення кольорової металургії України	7
1.1 Кольорова металургія старовини	7
1.2 Металургія на початку 20-го століття	13
1.3 Металургія другої половини 20-го століття	20
2. Сировинні джерела кольорових металів України	49
2.1 Поширеність елементів в земній корі	50
2.2 Ресурси кольорових металів України	55
2.2.1 Важкі метали	57
2.2.2 Легкі метали	62
2.2.3 Благородні метали	68
2.2.4 Рідкісні метали	69
3. Виробництво і споживання кольорових металів	97
3.1 Л е г к і м е т а л и	97
3.1.1 Алюміній	97
3.1.2 Магній	115
3.2 В а ж к і м е т а л и	121
3.2.1 Мідь	121
3.2.2 Нікель	129
3.2.3 Кобальт	147
3.2.4 Свинець	154
3.2.5 Цинк	163
3.2.6 Вісмут	173
3.2.7 Сурма	176
3.2.8 Ртуть	179
3.2.9 Олово	181

3.3	Рідкісні метали	185
3.3.1	Літій	185
3.3.2	Берилій	194
3.3.3	Вольфрам	199
3.3.4	Молибден	210
3.3.5	Реній	215
3.3.6	Ванадій	221
3.3.7	Ніобій	225
3.3.8	Тантал	230
3.3.9	Титан	234
3.3.10	Цирконій і гафній	244
3.3.11	Рідкоземельні метали	254
3.3.12	Германій	271
3.3.13	Галій	279
3.3.14	Індій	284
3.3.15	Селен	290
3.4	Благородні метали	293
3.4.1	Золото	294
3.4.2	Срібло	300
3.4.3	Платина	303
3.4.4	Паладій	306
3.4.5	Родій	311
3.4.6	Рутеній і іридій	315
	Контрольні питання для самоперевірки знань	319
	Література	325

ВСТУП

Металургією називають науку і область техніки, що займається отриманням металів з руд і інших видів металургійної сировини. Вона є ланкою в загальному циклі гірничо-металургійного виробництва, що включає геологію, гірську справу, збагачення рудий, власне металургію і металообробку [1, 2].

В даний час, відповідно до Періодичної системи Д.І. Менделєєва, відомо 118 елементів, причому в природі існує 92 елементи, з яких близько 80 елементів мають більш менш яскраво виражені металеві властивості. Решта елементів з 93 по 118 отримана на підставі фізичних експериментів і є не стабільними. Загальними ознаками металевого стану є: металевий блиск, непрозорість, висока електро- і теплопровідність, висока пластичність (ковка), кристалічна структура, сірий колір з відтінками від світло-сірого до темно-сірого (виняток становлять тільки два метали - червона мідь і жовте золото). Крім того, для типових металів загальним є характер залежності електропровідності від температури: з підвищенням температури електропровідність їх зменшується.

Згідно загальноприйнятої промислової класифікації всі метали діляться на дві групи: чорні і кольорові.

До чорних металів відносяться залізо і його сплави, марганець і хром, виробництво яких тісно пов'язане з металургією чавуну і сталі [1]. Решта всіх металів відноситься до кольорових. Назва «Кольорові метали» є умовна, оскільки фактично тільки золото і мідь мають яскраво виражене забарвлення. Решта всіх металів, включаючи чорні, має сірий колір з різними відтінками – від світло-сірого до темно-сірого.

Кольорові метали умовно діляться на групи:

1. Важкі метали: мідь, нікель, свинець, цинк, олово, вісмут, миш'як, сурма, кадмій, ртуть, кобальт. Свою назву вони отримали ще в 19 сторіччі із-за більшої питомої ваги, чим залізо. Головними складовими цієї групи є мідь, нікель, свинець, цинк, олово. Інша частина (сурма, кадмій, ртуть і кобальт) є природними супутниками основних важких металів. Зазвичай їх отримують попутно, але виробляють в значно менших кількостях.

2. Легкі метали: алюміній, магній, натрій, калій, барій, кальцій, стронцій, берилій, літій, рубідій, цезій. Останні чотири метали іноді відносять до легких рідкісних металів. Метали цієї групи мають найнижчу серед інших металів щільність (питому масу), хоча в промисловості вони можуть мати велику питому вагу, наприклад, алюміній за об'ємом виробництва займає третє місце після сталі і чавуну.

3. Благородні метали: золото, срібло, платина і платиноїди (паладій, родій, рутеній, осмій і іридій).

4. Рідкісні метали. По промисловій класифікації рідкісні метали підрозділяються на наступні підгрупи:

- тугоплавкі рідкісні метали: вольфрам, молібден, реній, тантал, ніобій, цирконій, гафній, ванадій і титан.

- розсіяні рідкісні метали: галій, індій, талій, германій, селен і телур.

- рідкоземельні рідкісні метали: скандій, ітрій, лантан і лантаноїди.

- радіоактивні рідкісні метали: радій, уран, торій, актиній і трансуранові елементи.

Слід зазначити, що такий елемент як кремній, що є напівпровідником, не увійшов взагалі до якої або групи класифікації. Проте за змістом в земній корі, рівню споживання він перевершує багато традиційних металів. Кремній є сплавоутворюючим елементом, а в другій половині 20-го століття знайшов широке застосування в напівпровідниковій техніці. Багата рудна база України є хорошою сировинною основою для розвитку виробництва цілого ряду кольорових металів і створення основ для розвитку високих технологій.

Дане видання є першою частиною підручника «Металургія кольорових металів», призначене для студентів Вузів, що навчаються по вказаній спеціалізації, і присвячено загальним питанням стану кольорової металургії в Україні і в світі, її сировинній базі і об'ємам виробництва і споживання металопродукції.

1 СТАНОВЛЕННЯ КОЛЬОРОВОЇ МЕТАЛУРГІЇ УКРАЇНИ

1.1 Кольорова металургія старовини

З часів глибокої старовини, за тисячоліття до нашої ери, людям були відомі здобич руд, виплавка металів і виготовлення з них різних виробів. Стародавня металургія була абсолютно несхожою на сучасну по технічному рівню і масштабам. Цей процес розвивався одночасно із загальним підйомом продуктивних сил людського суспільства. У історії первісного суспільства виділяють періоди відповідно зміні матеріалів: мідного і бронзового (сплав міді і олова) в IV-II тисячоліттях до н.е. і залізного в кінці II - початку I тисячоліття до н.е.

Про розвиток в давнину кольоровій металургії на території України свідчать багато історичних документів і археологічні матеріали [3, 4]. Почало освоєння металургії міді відноситься до IV тисячоліття до н.е. На початку III тисячоліття до н.е. мідь з'являється на півдні Європи, в Північному Причорномор'ї і Приазов'ї, а в II - початку I тисячоліть до н.е. і на території Східної Європи. На початку мідь використовували в самородному вигляді, обробляючи її куванням. Пізніше було освоєне плавлення мідної руди. Згідно археологічним дослідженням, на територію Правобережної України мідь проникла з Передньої Азії через Балкани і Прикарпаття. Закавказзя була центром, звідки мідь йшла до Східної Європи. Мідь довгий час залишалася найважливішим матеріалом для виробництва різних предметів, вона широко застосовувалася для виготовлення знарядь праці впродовж всього II тисячоліття до н.е. Щоб дістатися до міденосних шарів, необхідно було розкрити шар в'язкого і дуже важкого глинистого «чохла», що надійно вкривав лінзи і жили мідних мінералів. На рис. 1.1 показані розкопки стародавньої шахти для здобичі мідної руди.

У Середній і Східній Європі, зокрема на території України, бронзове століття (наступний за мідним) продовжувалося близько тисячі років, приблизно з XVII до VIII століття до н.е.

У мідному столітті область застосування металу була вельми обмеженою. Пояснюється це порівняльною рідкістю родовищ міді і

трудністю доставки її, а також тим, що цей м'який метал був мало придатний для виготовлення гострих і міцних інструментів і зброї.



Рисунок 1.1 – Вид шахти родовища, що містить мідь

Крім того, висока температура плавлення мідь (1083°C) і низька рідко текучість ускладнювали її виплавку і розливання виробів з неї. Збільшення міцності і легкоплавкості металу було досягнуто шляхом створення сплавів міді з оловом, а також свинцем, цинком, миш'яком і сурмою. У степових районах України виявлені залишки багатьох бронзоливарних майстерень із запасами сировини, формами, ливарень, і готовими виробами. Такі майстрові існували у Дніпровському Надпорожжі, Нижньому Подніпров'ї, Південному Побужжі і на інших територіях. Збільшення потреби в металі привело до розвитку гірської справи, рудним розробкам у відкритих кар'єрах і підземних шахтах. Залишки розробок бронзового століття на території України знайдені в районі Донбасу. Наприклад, поблизу хутора Калиновського виявлені кинуті кар'єри і шахти заглибшки до 30 м. Виплавляли мідь і виготовляли мідні сплави поблизу місць здобичі руди, рис.1.2. Продукція розповсюджувалася у вигляді злитків. Багато злитків знайдені в Закарпатті і Донбасі. Для плавлення мідних сплавів використовувалися товстостінні глиняні тиглі, джерелом тепла служили відкриті багаття. Розплавлений метал наливали глиняними ложками в спеціальні форми ливарень (на

території України вони виготовлялися переважно з тальку сланцю) або в тимчасові форми з глини, іноді виготовлені по восковій моделі предмету.

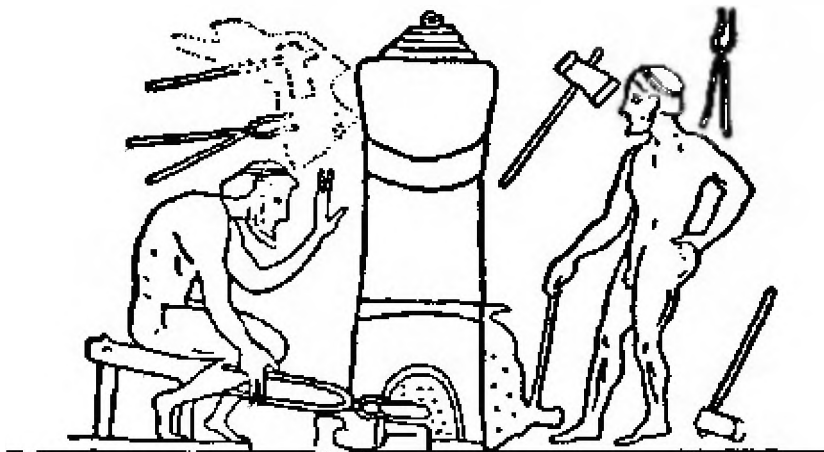


Рисунок 1.2 – Виробництво міді із застосуванням товстостінних глиняних печей

У епоху пізнього бронзового століття Нижнє Подніпров'я, унаслідок сприятливих географічних умов, стало одним з найважливіших центрів обробки металу в Східній Європі, рис.1.3.

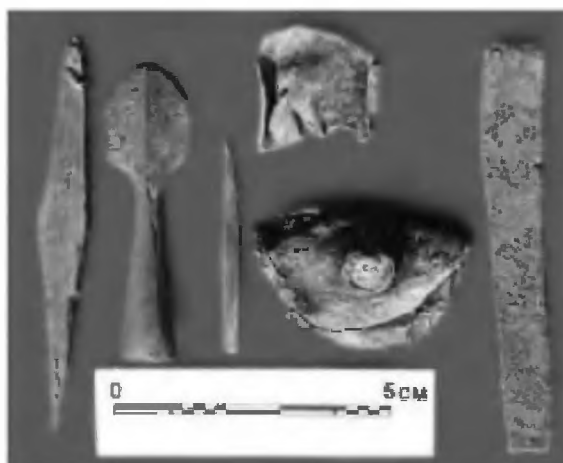


Рисунок 1.3 – Литі мідні вироби, що відносяться до II тисячоліття до н.е.

Сировину для бронзолivarного виробництва доставляли з району Донбасу, а також з Прикарпаття і з Кавказу. На поселенні біля

с. Волошського (поблизу Дніпропетровська) виявлене близько 70 матриць з тальку сланцю для відливання кинджалів, наконечників стріл, сокир, серпів, ножів і т.д. Подібні майстерні знайдені в гирлі Дніпра біля с. Кардашинки і вище по річці біля с. Ново-Александрівка на Херсоні, недалеко від морського побережжя у с. Кобльова на Миколаєві, у с. Червоні Вікна на Подністров'ї і в інших місцях.

Бронзолivarна справа на території донецько-приазовських племен не одержала такого розвитку, як на Нижньому Подніпров'ї – знахідки форм, ливарень, зустрічалися тут вельми рідко.

З археологічних джерел відомо, що одним з найважливіших районів бронзолivarного виробництва в епоху пізньої бронзи була територія сучасної Запорізької області. Певний інтерес представляє знахідка лivarній форми поблизу поселення епохи бронзи біля с. Стара Ігреня під Дніпропетровськом, Цюрупінськом, Кардашинкой (район Херсона) і Завадівкой (район Каховки) - X-VIII ст. до н.е. Знайдені невеликі кинджали, які виготовлялися в багатьох бронзолivarних майстернях Нижнього Подпоріжжя.

У зв'язку із зростанням населення, а також розвитком землеробства і скотарства впродовж бронзового століття на півдні Східної Європи значно зросли потреби в металі. Поклади мідної руди тут були нечисленні і мізерні, а привізний метал обходився дорого. Це створювало труднощі в розвитку кольорової металургії в Скіфії. Проте, не дивлячись на те, що сировина була таким, що привезло, скіфські металурги виготовляли велику кількість речей оригінальних місцевих типів (наконечники стріл, шоломи, бляшки для панцирів, частини кінської зброї, шпильки, браслети, сережки, казани і т. п.). Лivarники Скіфії вже уміли складати різні сплави на мідній основі (бронза, томпак, латунь) і сплави із золотом і сріблом, причому вони достатньо добре розбиралися в основних властивостях сплавів. Так, наприклад, дзеркала вони виготовляли з свинцевої бронзи з невеликим змістом олова, а наконечники стріл - з олов'янистої або свинцево-олов'янистої бронзи. У Скіфії широко застосовувалися різні способи литва: у кам'яних формах, по моделях, що виплавляються, в глиняних формах і комбінований спосіб. На крупних виробках добре простежується технологія виготовлення

форм за шаблоном; у такий спосіб виготовляли великі бронзові казани на ніжці.

Історія кольорової металургії України з якнайдавніших часів і до кінця 19-го сторіччя страждає істотним пропуском. Вказується [5] про наявність на території України єдиної крупної копальні і заводу по отриманню ртуті у Микитовки (Донецька область). На початку 20-го століття виробництво ртуті на підприємстві «Товариства ртутного виробництва А. Ауербах і К^о» в Микитовці унаслідок загальної промислової кризи в країні з 1905 р. почало щорічно падати. Якщо в 1905 р. було вироблено 19,9 тис. пудів ртуті, то в 1908 р. – тільки 2960 пудів. У тому ж році завод був зупинений, а копальні затоплені. У 1911 р. підприємство було продано Азово-донецькому банку і одержало нову назву: «Акціонерне суспільство. Ртутна і вугільна справа А. Ауербаха і К^о», пайовиками якої були і колишні акціонери. У тому ж році на Микитовському родовищі були початі нові розвідувальні роботи, що підтвердили високу якість руд. У 1912 р. поновилася здобич ртутної руди. Ртутний завод, що простояв в бездіяльності понад шість років, прийшов в повну непридатність, тому його вирішено було знести і побудувати новий. Такому рішенню сприяла перша світова війна, що почалася, оскільки потреба військових потреб в ртуті не могла бути задоволена за рахунок імпорту. По розпорядженню військового міністерства, в 1916 р. ртутний завод почав випуск ртуті (було проведено 4000 пудів). Завод був відновлений як тимчасовий – в дерев'яній будівлі з устаткуванням, виготовленим в механічних майстернях. Продуктивність його була значно нижча (20 %) продуктивності ртутних копалень, що негативно позначалося на собівартості ртуті. Умови праці робочих на ртутному заводі і копальнях були виключно важкими і шкідливими. Примітивна техніка виробництва, відсутність механізації важких робіт, вентиляції, індивідуальних засобів захисту тих, що працюють, десятигодинний робочий день – все це сприяло розповсюдженню хронічних ртутних отруєнь і легеневих захворювань.

У дореволюційній Росії і зокрема на Україні не проводилися більшість кольорових і рідкісних металів і існуючий попит на них задовольнявся імпортом з розвиненіших капіталістичних країн, головним чином з Німеччини, Англії і Франції. Особливо гостро про-

блема в кольорових металах загострилася на початку першої світової війни. Виявилася невідповідність царської Росії до неї. Однією з багатьох причин цього була економічна залежність Росії від західних країн, перш за все від Німеччини, особливо у області виробництва легких, кольорових і рідкісних металів, а також хімічної і фармацевтичної промисловості. Спроби царського уряду налагодити за допомогою іноземного капіталу експлуатацію випадково виявлених родовищ успіху не мали.

У 1915 г академік В.І. Вернадський з гиркотою писав: « Ми зараз знаходимося в такому положенні, що по відношенню до цілого ряду природних продуктів ми не знаємо - чи є вони у нас, чи ні, а якщо є, то в якій кількості, оскільки ми звикли одержувати їх ззовні і відвикали шукати їх у себе. Таке положення зараз ще має місце по відношенню до ряду надзвичайно необхідних металів: до вісмуту, сурми, вольфраму, молібдену, церію, ванадію і готуємо». 1 січня 1915 г академіки В.І. Вернадський, Н.С. Курнаков, А.П. Карпинський, Н.Н. Андрусов і Б.Б. Голіцин внесли у фізико-математичне відділення Академії наук пропозиція про організацію при ній постійної Комісії по вивченню природних продуктивних сил Росії (КППС). Її головним завданням було виявлення всіх природних багатств країни і дослідження можливостей їх використання для потреб народного господарства і оборони. Конференція 4 лютого 1915 г ухвалила рішення про створення КППС. Була складена програма роботи КППС, в якій названі ряд першочергових завдань, що диктуються невідкладними вимогами часу: вивченням сольових відкладень, содових і борних озер, пошуки калієвих солей, джерел йоду, барію, стронцію, танталу, молібдену, з'єднань магнію, вивчення колчеданів, платини і її супутників, вісмутувих руд, алмазів. Обширність і невідкладність завдань вимагала нових організаційних форм наукової роботи - створення науково-дослідницьких інститутів. У дореволюційній Росії такі інститути налічувалися одиницями, основними ж центрами наукової роботи були вищі учбові школи.

Напередодні Лютневої революції, 10 січня 1917 р. в Академії наук відбулося об'єднане засідання КППС і Військово-хімічного комітету при Відділенні хімії Російського фізико-хімічного суспі-

льства. Робота КППС не зустріла ні розуміння, ні підтримки з боку урядових органів дореволюційної Росії. Царські сановники боялися навіть найскромніших проявів суспільної ініціативи. При такому відношенні уряду діяльність КППС обмежувалася організаційною і інформаційною роботою, виданням літератури, посилкою окремих вчених для пошуків і обстеження родовищ корисних копалини. Проте передумови для створення виробництва кольорових і рідкісних металів на Україні були. Наприклад, перша вказівка на присутність циркону в балці Мазурової зустрічається в геологічному описі Маріупольського округу, складеному геологом В. Іваніцьким у 1983 році. В кінці 19 століття і першій половині 20 століття проводилися петрографічні дослідження на предмет вивчення цирконумісткості лужних порід, але далі ці роботи не розвивалися.

1.2 Металургія на початку 20-го століття

Перші кроки по створенню науки в Україні пов'язані з ім'ям академіка Вернадського В.І., який за станом здоров'я переїхав в 1917 р. з Москви до Києва, рис.1.4. Тут він бере активну участь в створенні Української академії наук і обирається її президентом, де працює аж до кінця 1921 р. Це була перша національна Академія наук України. у 1925 р. при Президії ВСНХ була утворена спеціальна міжвідомча комісія «Комцветметфонд» і створений фонд по її фінансуванню. Вжиті заходи привели до значного зростання здобичі руд і виробництва кольорових металів. До початку першої п'ятирічки кольорова металургія країни наблизилася до рівня 1913 р., хоча ще і не досягла його.

Значна частина потреби країни в кольорових металах задовольнялася за рахунок імпорту. Враховуючи велике значення виробництва кольорових металів для індустріалізації і обороноздатності країни, XV з'їзд ВКП(б) в грудні 1927 р. виніс ухвалу про форсований розвиток кольорової металургії. Зокрема, повинні були бути розширені або створені наново здобич рідкісних елементів, виробництво алюмінію, цинку і т.д. Проте вже підсумки першого року п'ятирічки показали розрив, що намітився, між контрольними циф-

рами виробництва кольорових металів і потребою в них народного господарства. Рада Праці і Оборони в своїй ухвалі від 2 серпня 1929 р. «Про перспективи розвитку кольорової металургії» відзначив, що «завдання індустріалізації країни і звільнення народного господарства Союзу РСР від іноземної залежності диктують безумовну необхідність форсованого розвитку кольорової металургії...» [6].



Рисунок 1.4 – Вернадський В.І. – перший президент академії наук України

ВСНГ СРСР було запропоновано корінним чином переглянути темпи розвитку кольорової металургії. Вказаною ухвалою Ради Праці і Оборони передбачалося, що вся валова продукція кольорової металургії повинна бути збільшена. Зокрема, виробництво алюмінію було намічено довести до кінця п'ятирічки до 20 тис. т, що висувало його на третє місце в світі. Цей документ зобов'язував Кольорметзолото приступити до будівництва алюмінієвого комбінату в районі Дніпровської гідроелектростанції з терміном пуску до 1 серпня 1932 р.

У роки третьої п'ятирічки на Україні почала зароджуватися промисловість рідкісних металів. На базі розвіданих запасів цирконію в 1939 р. була організована старательська здобич цирконового

концентрату, а вже в 1940 р. побудована досвідчена збагачувальна фабрика по випуску цирконового концентрату з розсипних руд. У роки довоєнних п'ятирічок на Україні розширювалося виробництво ртуті. Микитовське ртутне підприємство, яке початок давати продукцію з 1922 р., в 1928 р. було передано до складу об'єднання «Поліметалл» і з того часу стало називатися Микитовським ртутним комбінатом. Проведеними в 1926–1929 рр. розвідувальними роботами за допомогою алмазного буріння була встановлена наявність зруднення на значній глибині, а проведений підрахунок запасів дозволив обґрунтувати складання проекту на розширення комбінату. У 1934 р. було завершено будівництво збагачувальної фабрики, що дозволила ввести в експлуатацію бідніші руди, що раніше не витягувалися. У серпні 1936 р. на комбінаті був пущений цех печей, реторт конструкції Н.П. Есипчука, що з'явилося значним внеском у розвиток вітчизняної металургії ртуті. З пуском в експлуатацію ретортних печей, що обертаються, радянська металургія ртуті далеко випередила зарубіжні країни. Ще крупнішим кроком технічного прогресу в металургії ртуті було будівництво цеху трубчастих обпалювальних печей, що обертаються. Що перша обертається піч була здана в експлуатацію на початку 1941 р. Впровадження випалення ртутної руди в трубчастих печах, що обертаються, дозволило надалі повністю відмовитися від попереднього збагачення руди. При цьому на 16...20 % підвищувалося витягання ртуті в порівнянні з двох стадійною переробкою руди.

У квітні 1929 р. в Константиновці почалося будівництво державного цинкового заводу «Укрцинк». Перед будівельниками і проектувальниками було поставлене складне завдання: не маючи досвіду експлуатації, вибрати все передове, що мала світова техніка з даного питання, побудувати завод, освоїти виробництво. Через 19 місяців, 7 листопада 1930 р., завод видав перший цинк. Цей завод був одним з найбільших в кольоровій металургії, він був обладнаний сучасними дистиляційними печами системи «Таньє» і обпалювальними печами «Спірл» і «Гересгоф» і міг переробляти бідні цинкові концентрати. Завод «Укрцинк» з'явився піонером в світовій практиці по споруді найбільшої газогенераторної станції для дистиляційних печей. Вже в перший рік роботи завод «Укрцинк» ви-

пустив майже стільки ж цинку, скільки його випускала вся царська Росія в 1913 р. У 1936 р. був пущений цех електролітичного отримання кадмію і цинкового купоросу, сировиною для якого з'явилася пусьєра. У 1937 р. вступив в лад ватержакетний цех по переробці відходів цинкового виробництва. В результаті досліджень, проведених в Інституті загальної і неорганічної хімії (ИЗНХ) АН УРСР і на заводі «Укрцинк», в 1941 р. був одержаний перший радянський індій.

Дореволюційна Росія не мала своєї алюмінієвої промисловості, але розвиток авіації вимагав її негайного створення. Перед організаторами алюмінієвого виробництва стояли важкі завдання, одним з яких був вибір методу виробництва чистого глинозему. У той час зарубіжна алюмінієва промисловість не користувалася сировиною такої низької якості, як боксити Тихвінського родовища - єдиного родовища бокситів в СРСР. Насущна потреба повністю позбавитися іноземної залежності в цьому важливому для оборони країни питанні зумовила пошуки шляхів рішення важких технічних проблем. Е.І. Жуковським і А.І. Кузнецовим був розроблений спосіб отримання глинозему з висококремнистої сировини і в 1928-1929 рр. проведені лабораторні, а потім і напівпромислові випробування. Проектування здійснювалося під безпосереднім спостереженням Алюмінстрою, головним інженером якого був Е.І. Жуковський, головним інженером проекту призначався професор А.Ф. Антіпін, широко відомий своїми роботами у області електрометалургії. У 1930 р. був затверджений остаточний проект, розроблений Гіпроалюмінієм. 3 вересня 1930 р. в Запоріжжі в урочистій обстановці були закладені корпуси Дніпровського алюмінієвого комбінату, рис.1.5. До складу комбінату повинні були увійти три заводи: глиноземний, електролітний і електродний. Четвертий завод по виробництву фтористих солей (кріоліту), необхідних для технологічного процесу електролізу алюмінію, будувався па Уралі.

На глиноземному заводі для отримання окислу алюмінію з бокситів з високим вмістом кремнію була прийнята схема Кузнецова-Жуковського, що передбачає електроплавлення бокситу у суміші з вапняком і відновником на глиноземистий шлак і феросиліцій. Еле-

лектроплавильне відділення заводу оснащувалося трьома електропечами типу МІГ потужністю по 10 тис. кВт кожна.



Рисунок 1.5 – Будівництво Дніпровського алюмінієвого заводу

Електролізний завод мав шість серій електролізерів, обладнаних ваннами новітнього французького типу по 80 ванн в кожній серії на силу струму 25 кА. З січня 1933 г почалася посилена підготовка до пуску електролізного заводу і ця робота увінчалася успіхом - 12 червня 1933 р. - були одержані перші злитки українського алюмінію. Услід за пуском першого корпусу електролізних ванн були здані в експлуатацію решту п'яти корпусів. До 1 травня 1934 р. з пуском цеху кальцинації був завершений технологічний цикл на глиноземному заводі, і комбінат, що працював донині на привізним глиноземі, одержав власну глиноземну базу. 30 травня 1935 р. відбувся урядовий пуск Дніпровського алюмінієвого комбінату в повному технологічному циклі. Вже в 1936 році Радянський Союз повністю припинив ввезення алюмінію з-за кордону, а в 1938 році випустив продукції більше, ніж алюмінієві заводи Франції, Італії, Польщі, разом узяті.

У роки третьої п'ятирічки на підприємствах кольорової металургії Запоріжжя було організовано виробництва нових видів продукції: металевого кремнію і силуміну. Працівники комбінату в співдружності з ученими спроектували і освоїли могутні електролізери з безперервними анодами, що самі обпалюються, які стали типовими для всіх алюмінієвих заводів країни. Потужності комбінату нарощувалися шляхом прибудови корпусів з могутніши-

ми ваннами, а діючі електролізні ванни реконструювалися на вищу силу струму (з 25 до 35 кА). В результаті здійснення заходів щодо вдосконалення техніки і технології вже в 1940 р. об'єми виробництва глинозему і алюмінію значно перевищили проектні. З метою виробництва вугільних анодів, черневих блоків для алюмінієвих електролізерів і електродної маси для феросплавних печей у вересні 1933 р. у складі Дніпровського алюмінієвого комбінату був введений в експлуатацію комплекс цехів по виробництву електродної продукції. З того часу алюмінієва промисловість стала використовувати аноди вітчизняного виробництва, що за якістю не поступалися французьким.

У 1936 р. електродний завод почав випускати вугільні електроди. У зв'язку з переключенням алюмінієвого виробництва на роботу електролізерів з безперервними анодами, що самі обпалюються, в 1938 р. на заводі було освоєне виробництво анодної маси. Для забезпечення електрометалургії на початку 1940 р. завод почав видавати графітовані електроди. У 1940 р. електродний завод Дніпровського алюмінієвого комбінату був виділений в самостійне підприємство - Дніпровський електродний завод. У тому ж році за об'ємом виробництва він перевершив проектні потужності і став найбільшим підприємством електродної промисловості СРСР.

Другим по значенню, легким металом, організація виробництва якого настійно диктувалася потребою нових галузей промисловості, був магній [7]. До революції магній в Росії також не вироблявся. На базі досліджень, проведених в Електрохімічному інституті і Інституті прикладної хімії, була розроблена технологія і почато будівництво двох магнієвих заводів - у м. Солікамськ і м. Запоріжжі - потужністю по 1000 т металевого магнію в рік кожен. У Запоріжжі енергоємне виробництво магнію орієнтувалося на електроенергію Дніпрогесу. Дніпровський магнієвий завод (ДМЗ) був побудований в короткі терміни, причому без допомоги іноземних фахівців і без імпортного устаткування, рис.1.6.

Будівництво ДМЗ почалося в 1932 г, а 22 грудня 1935 р. країна одержала власний магній. Організація вітчизняного виробництва магнію дозволила забезпечити цим металом машинобудівну промисловість, що бурхливо розвивається, зокрема авіабудування, ав-

то- і тракторобудування, і звільнитися від необхідності купувати магній за монопольно високими цінами за кордоном.



Рисунок 1.6 – Будівництво Дніпровського магнієвого заводу

Вже через два роки колектив Дніпровського магнієвого заводу перекрив проектну потужність і об'єм виробництва склав шосту частину світового випуску магнію.

1940-1941 роки характеризуються бурхливим будівництвом виробничих потужностей. Споруджується цех вапняного молока, корпуси другого і третього цехів, пожежне депо, будівля п'ятиповерхового 80-квартирного житлового будинку і ін.

Потреби країни в кольорових металів зажадали відшукування нових шляхів. У зв'язку з тим, що сировинна база ще знаходилася у стадії розвитку, була обернена увага на розвиток «вторинної» металургії. По споживанню кольорових металів царська Росія займала одне з останніх місць серед інших капіталістичних країн. Металевий фонд країни був обмежений, і тому переробка лому і відходів кольорових металів не грала помітної ролі в його обороті. За роки імперіалістичної і громадянської війн скопилися запаси лому кольорових металів. Встало питання про максимальне використання ресурсів лому і відходів. У 1924 р. в країні була організована державна заготівка лому і відходів кольорових металів. Створений в 1934 р. трест «Кольорметлом» разом з формуванням системи організацій по збору лому і відходів став розширювати виробничу базу

по їх переробці. Для забезпечення переробки лому і відходів кольорових металів в 1935 г харківська база Вторкольормета була реорганізована в завод, який в 1940 р. дав народному господарству близько 3 тис. т кольорових металів.

У роки третьої п'ятирічки на Україні почала зароджуватися промисловість рідкісних металів. На базі розвіданих запасів цирконію в 1939 р. була організована старательська здобич цирконового концентрату в Донецькій обл., а вже в 1940 р. побудована досвідчена збагачувальна фабрика по випуску цирконового концентрату з розсипних руд, яка в період війни була зруйнована.

З сировинної проблеми германію значні роботи проводили у ВІМСе, Гіредметі, Укргіредметі, ІТІ. Були детально обстежені всі можливі сировинні джерела германію - руди кольорових металів, вугілля, що коксуються і енергетичні, залізняк і відходи різних заводів і електростанцій країни. У 1940 г в Українському філіалі Гіредмету створена напівпромислова установка для витягання германію з фусов коксохімічного виробництва Донбасу.

У 1922 р. на Україні було тільки одне підприємство кольорової металургії – Микитовській ртутний комбінат, в кінці 1930 р. працювали вже чотири, а до початку 1941 р. – вісім підприємств, зокрема такі крупні, як заводи «Укрцинк», Дніпровський електродний, Дніпровський магнезійний і Дніпровський алюмінієвий заводи. Велика Вітчизняна війна, що почалася в 1941 р. припинила розвиток кольорової металургії в Україні. Всі підприємства були демонтовані і вивезені до Сибіру.

1.3 Металургія другої половини 20-го століття

Після закінчення Великої Вітчизняної війни почався період відновлення підприємств кольорової металургії України [8, 9]. Перший по важливості з кольорових металів був алюміній. Тому відновлення кольорової металургії почалося з повного відновлення Запорізького алюмінієвого заводу, який дав першу післявоєнну продукцію в 1949 р., рис.1.7.

Комбінат є підприємством з повним технологічним циклом.



Рисунок 1.7 – Розливання першого ковша алюмінію

Початковою сировиною є боксити (Гвінея, Бразилія), переробка яких здійснюється по паралельно-комбінованій схемі Байер-спікання і включає переділи – дроблення, мокрий помел, вилуговування бокситів, згущування, промивку червоних шламів, контрольне очищення алюмінатних розчинів, розкладання алюмінатних розчинів і прожарення гідроксиду алюмінію в печах, що обертаються.

Виробництво глинозему здійснюється за паралельним способом Байер-спікання. Суміш бокситу, соди і вапняку піддають спіканню, сплав обробляють содовим розчином, одержуючи розчин алюмінату натрію. Обробкою вуглекислотою з нього одержують гідрат окислу алюмінію, при прожаренні якого одержують глинозем. При цьому способі можна використовувати боксити з низьким змістом глинозему. Первинний алюміній-сирець одержують електролізом криолит-глиноземного розплаву, основними компонентами якого є криоліт, фтористий алюміній і глинозем; для зниження температури електроліту і втрат алюмінію застосовуються добавки фтористого магнію, кальцію і літію; електролітичне отримання алюмінію проводиться в електролізерах, обладнаних анодами, що самі обпалюються, з бічним струмопідводом; електролізери забезпечені укриттям для збору і евакуації газу і пилу; бічні сторони електролізера закриваються навісними шторами з електроприводом, рис.1.8.

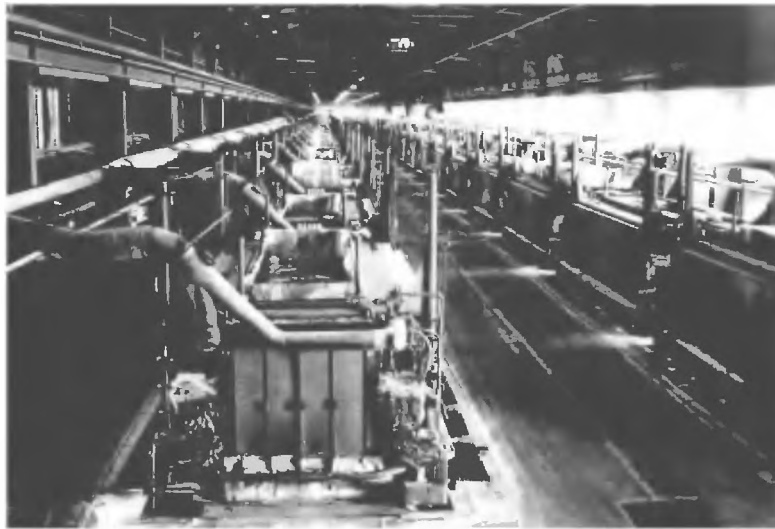


Рисунок 1.8 – Вид цеху отримання алюмінію

Виробничі потужності ЗАЛКА по глинозему в даний час складають 214,5 тис. тонн, частина з яких переробляється на алюміній і інша експортується на алюмінієві заводи СНД. У 1964 році запущено виробництво силуміну – сплав кремнію з алюмінієм. Кристалічний кремній одержують відновною плавкою кварцитів в однофазних і трифазних дугових печах. Як відновник використовується суміш вуглецевих матеріалів, що складається з деревного вугілля, нафтового коксу, кам'яного вугілля, деревної золи.

Виплавка алюмокремнієвого сплаву ведеться відновною плавкою брикетів, що складаються з каоліну, глинозему, дистенсиліманіту, відновників. Переробка рафінованого алюмокремнієвого сплаву в товарну продукцію проводиться шляхом його розбавлення алюмінієм-сирцем і додаванням відповідних легуючих добавок. Для отримання кремнію використовується кварцит (92,5 % кремнію). Потужності по виробництву кремнію кристалічного складають 22,2 тис. тонн.

Широкий розмах пошукових і розвідувальних робіт в 50-і роки приніс ряд відкриттів. У долині р. Ірша були розвідані розсипні родовища ільменіту. Надалі на Волині була відкрита і розвідана ціла група родовищ ільменіту. По хімічному складу ільменіт Іршинського родовища виявився кращою сировиною для отримання пігментного двоокису титану, виробництво якого стало швидко розвиватися на Україні [8, 9].

На Побужжі геологами були розвідані промислові запаси силікатних нікелевих руд. Великим досягненням геологів України є відкриття і розвідка унікальних комплексних цирконо-рутіло-ільменітових розсипних родовищ в Придніпров'ї, серед яких на першому місці коштує Рисишевське родовище. На Іршинському гірничо-збагачувальному комбінаті вперше у Європі освоєний найпродуктивніший дражний спосіб здобичі і збагачення гірської маси, рис.1.9.



Рисунок 1.9 – Збагачувальна фабрика Іршинського ГОКа

Впровадженням ряду удосконалень продуктивність драги по здобичі і переробці гірської маси збільшили, в порівнянні з проектною, на 37,5 %. Для розширення сировинної бази на комбінаті в 1967 р. були здійснені крупні гідротехнічні заходи щодо перекладу її на відріток терасної частини розсипу, тобто вище за відмітку основного водоймища на 4,5...5 м. Застосування розмиву пісків і гідротранспортування їх на фабрику дало можливість уникнути споруди відділення дезінтеграції пісків, що значно понизило капітальні витрати на будівництво фабрики. Робота фабрики і гідротранспорту на оборотній воді виключає попадання забрудненої води у водоймища загального користування. Хвости збагачення складу-

ються на відпрацьованих площах. За час роботи фабрики на комбінаті розроблено, сконструйовано, виготовлено і упроваджено у виробництво декілька оригінальних зразків нового технологічного устаткування. До них відноситься серія конусних сепараторів, останньою моделлю яких є шестиярусний конусний сепаратор, рис.1.10. Конусні сепаратори відрізняються простотою обслуговування, низькою вартістю і високою продуктивністю. Заміна малопродуктивних концентраційних столів конусними сепараторами з розрахунку на шестиярусну модель дозволила на існуючих площах збільшити продуктивність гравітаційного відділення фабрики у декілька разів в порівнянні з первинною [8, 9]. Розділення колективного концентрату на мономінеральні фракції здійснюється за допомогою магнітної і електростатичної сепарації. Для розділення колективного концентрату на провідникову і непровідникову фракції на комбінаті за участю співробітників інституту «Гіпромашзбагачення» створений і упроваджений секційний електричний сепаратор СЕС-2000, замінюючий по продуктивності декілька електричних коронних сепараторів ЕКС-1250, які застосовувалися раніше.

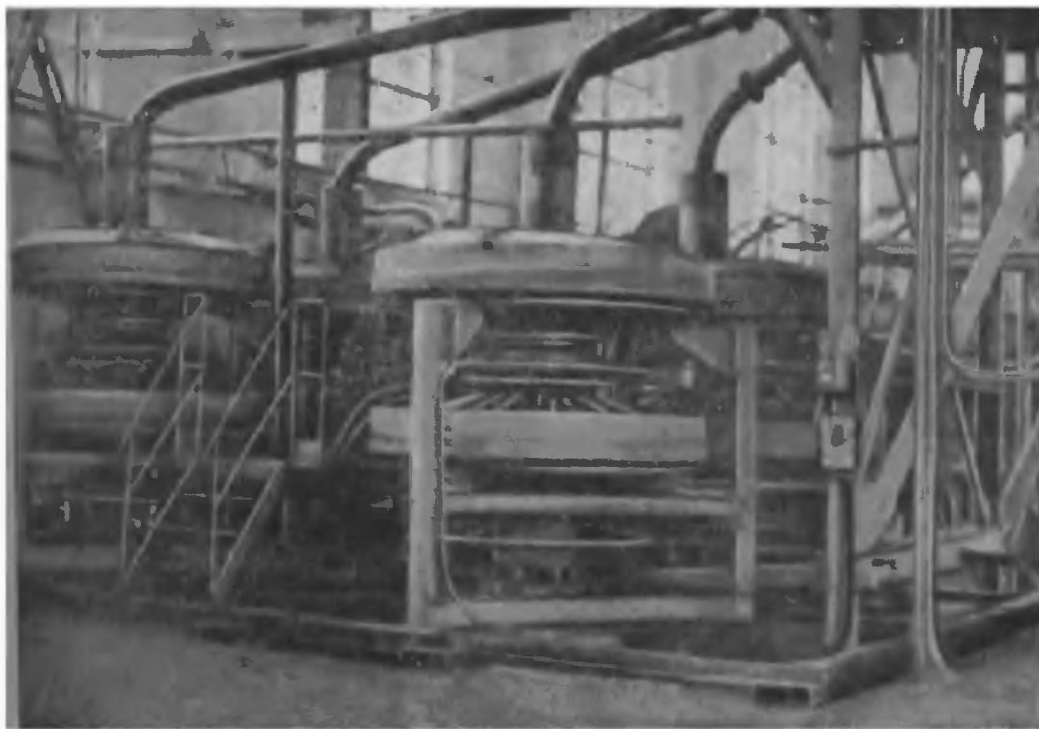


Рисунок 1.10 – Конусні сепаратори Верхнеднепровського ГМК

Групою інженерів комбінату створений трибоелектричний сепаратор для розділення алюмосилікатів і кварцу. Це дозволило налагодити попутне витягання дістен-силіманіту – цінного алюмосилікатного мінералу – в однойменний концентрат, що знайшов широке застосування у вогнетривкій промисловості для виробництва високоглиноземистих легкоатлетів, в ливарному виробництві для точного литва по моделях, що виплавляються, і у виробництві силуміну – ливарного сплаву алюмінію і кремнію.

Проведена корінна реконструкція електромагнітних сепараторів, що служать для розділення провідникової фракції важких мінералів на ільменіт і рутил. В результаті модернізований сепаратор забезпечив підвищення продуктивності відділення в два рази. Упроваджена на комбінаті технологія струменевого подрібнення концентрату замість подрібнення його кульовими млинами має ряд істотних переваг. Підвищилася продуктивність відділення подрібнення, а головне, покращала якість матеріалу. При будь-якому енергоносії (стислому повітрі, парі, гарячому газі) струменевий млин дозволяє одержувати матеріал практично будь-якого (до 1 мкм) ступеня дисперсності в сухому вигляді. Застосування схеми обезводнення хвостів збагачення і побудована установка по отриманню кварцових пісків, використовуваних як формувальний матеріал в ливарному виробництві, наближають технологічний процес збагачення до повного комплексного використання мінеральної сировини на цьому комбінаті. Кар'єр по здобичі пісків Верхнеднепровського гірничо-металургійного комбінату оснащений роторними екскаваторами К-300 продуктивністю 1000 м³/ч з конвеєрною доставкою пісків на збагачувальну фабрику. На кар'єрі упроваджена безтранспортна схема вскришних робіт з укладанням порід вскриши у вироблений простір за допомогою відвалоутворювача. Здійснюється монтаж могутнішого вскришного комплексу НКМЗ продуктивністю 5000 м³/ч і багаточерпакового екскаватора РО-800 продуктивністю 1050 м³/ч для здобичі пісків. Для стійкої і безперебійної роботи збагачувальної фабрики в зимовий час на кар'єрі здійснений комплекс «зимових заходів», що забезпечують здобич пісків екскаваторами ЕКГ-4,6 з транспортуванням пісків до дробильної установки за допомогою великовантажних автосамоскидів.

Велика питома вага розсипних родовищ і швидке зростання об'єму здобичі пісків зажадали рішення складних технічних проблем, вдосконалення схем збагачення і розробки нового збагачувального устаткування. На Іршинському гірничо-збагачувальному комбінаті були вперше впроваджені в широкому промисловому масштабі гвинтові сепаратори для отримання чорнового концентрату. Ці сепаратори, що виготовлялися спочатку з відпрацьованих покришок літакових коліс, хоч і були нездійснені в конструктивному відношенні, але давали можливість на драгах одержувати чорновий ільменітовий концентрат при мінімальному числі обслуговуючого персоналу. На збагачувальній фабриці Верхнеднепровського гірничо-металургійного комбінату був проведений комплекс робіт по удосконаленню гравітаційного, магнітного і електростатичного методів збагачення пісків і розробці нових, таких, що відповідають вимогам переробки багатокomпонентних пісків.

В кінці сорокових і початку п'ятдесятих років початі пошуки розсипних родовищ титано-цирконієвих руд. В результаті пошуків в 1953 році було відкрито і розвідано найбільше Самотканське родовище, піски якого по структурі і речовинному складу нагадують титано-цирконові піски Австралії і Флориди (США). Родовище розташоване в сприятливому кліматичному районі, піски легко доступні при вскрише, їх значні запаси з високим вмістом корисних мінералів, багатокomпонентність і хороша збагачуваність з'явилися вирішальним чинником для його експлуатації. Верхнеднепровській гірничо-металургійний комбінат побудований на базі Самотканського родовища.

У 1956 році по Ухвалі Ради Міністрів СРСР на базі Самотканського родовища було почате будівництво Верхнеднепровського гірничо-збагачувального комбінату. В ході будівництва комбінату було ухвалене нове рішення про збільшення потужності комбінату і будівництві металургійного комплексу. З 29 травня 1958 року комбінат був перейменований в гірничо-металургійний. У лютому 1960 року була здана в експлуатацію досвідчена збагачувальна фабрика, на якій була проведена велика робота по випробуванню технологічного збагачення пісків з отриманням колективних титано-цирконієвих концентратів, а також ільменітового, рутілового, цир-

конового і інших концентратів. Будівництво гірничо-збагачувального комплексу було успішно закінчено в грудні 1961 року введенням в дію промислової збагачувальної фабрики. Великі роботи за час існування комбінату були проведені по поліпшенню якості концентратів і їх впровадженню в промисловість. Так спільно з інститутом Проблем литва АН УРСР були проведені роботи по поліпшенню якості цирконового концентрату і впровадженню його в промисловість, ливарні. Аналогічна робота була проведена по впровадженню кварцових пісків і глин як формувальних матеріалів. Дістен-силіманітовий концентрат спочатку здійснено не мав збуту. За ініціативою працівників комбінату і співробітників ЦНДЛітмаша була розроблена технологія його застосування в точному литві по моделях, що виплавляються. Комбінатом спільно з Дніпропетровським металургійним інститутом у теперішній час проведена робота по застосуванню ставролітового концентрату для отримання електрокорунду і сплаву – розкислювача сталей. Дочищений кварцовий пісок застосовувався в скляному виробництві, зокрема для виробництва електровакуумного скла.

Металургійний комплекс початків вводиться дещо пізніше. У 1963 році був побудований цех видалення заліза з цирконового концентрату методом сульфатизації. У 1967 році в цеху були проведені роботи по впровадженню струменевого помелу концентрату, які завершилися розробкою схеми видалення заліза в потоці повітряної сепарації. В 1963 року була побудована також перша черга експериментального металургійного цеху. З 1963 року по 1965 рік була відпрацьована технологія хлорування цирконового концентрату в суміші з вугіллям в шахтній електричній печі, а також підготовка сировини шляхом брикетування. У 1966–1970 роках проведені роботи по сольовому очищенню тетрахлориду цирконію з метою подальшого екстракційного розділення цирконію і гафнію. У 1967 році була розроблена технологія отримання магній-цирконієвої лігатури Л-2 із змістом цирконію 15 %. Проте потім це виробництво було передано в Солікамськ на Солікамський магнієвий завод. У 1968 році була запущена установка плазмохімічного спалювання чотирихлористого цирконію, з метою отримання порошків діоксиду цирконію, необхідних для поліровки кремнієвих підкладок і оп-

тичного скла. У 1970 році було запущено у виробництво екстракційне відділення по розділенню цирконію і гафнію трибутилфосфатом з азотносолянокислих розчинів, що дозволило випускати двоокис гафнію, гафнієвий концентрат і обезгафнену двоокис цирконію. В період 60-70-х років проведені і інші значущі науководослідні роботи: субхлоридного розділення цирконію і гафнію і ректифікації; розділенню цирконію і гафнію при відновленні хлоридів магнієм в розплаві цинку.

У березні 1954 року ухвалюється рішення про будівництво в м. Запоріжжі заводу по виробництву титанової губки – Дніпровський титано-магнієвий завод (ДТМЗ). В 1955-1956 роках розгортається будівництво основних цехів заводу.

29 червня 1956 року завод виробив першу продукцію, рис.1.11 і вступає в лад тих, що діють. Через добу підприємство одержує перший вітчизняний промисловий титан. У другій половині серпня була перевищена проектна потужність підприємства на 18 %.



Рисунок 1.11 – Панорама сучасного Запорізького титано-магнієвого комбінату

За перші два з половиною роки роботи проектна потужність ДТМЗ була перекрыта в 4 рази. У 1960 році вводиться експлуатацію цех по виробництву магнію. 20 лютого цього року видана перша партія запорізького післявоєнного магнію. В кінці 50-х - початку 60-х років на заводі одержує розвиток напівпровідникове виробництво. У 1958 році в цеху № 8 почате виробництво германію, а в 1964 році в березні вступає в лад тих, що діють найбільший цех № 18 по виробництву напівпровідникового кремнію. У 1968 році здається в експлуатацію цех № 26 (виробництво трихлорсилану). З його введенням завод стає єдиним підприємством в країні з повним технологічним циклом у виробництві напівпровідникового кремнію. У квітні 1970 року ДТМЗ реорганізується в Запорізький титано-магнієвий комбінат до складу якого увійшов Північнодонецький хіміко-металургійного завод. Таким чином виробництво германієвої продукції стає єдиним виробничим комплексом. З метою збільшення випуску вже освоєної продукції і створення принципово нових виробництв, разом з виконанням робіт по інтенсифікації діючого устаткування і технологічних процесів, на комбінаті здійснюється великий об'єм капітального будівництва.

У березні 1978 року вступає в лад тих, що діють цех по виробництву кремнієвих пластин для потреб електроніки і електротехніки. Напередодні 1983 року видається перша продукція нового могутнього цеху по виробництву трихлорсилану. У 2005 році колектив комбінату відзначив 70-річчя.

З метою підвищення ефективності виробництва на комбінаті проведений ряд технічних робіт по вдосконаленню сировинних переділів в отриманні титанових шлаків і тетрахлориду титану, інтенсифікації виробництва губчастого титану, підвищенню витягання його вищих сортів. В результаті вдосконалень виробництво губчастого титану виросло з 4,5 тис. тонн в 1999 році до 6,0 тис. тонн в 2002 році, до 6,8 тис. тонн в 2003 році, до 7,5 тис. тонн в 2004 році, до 8,3 тис. т в 2005 р. і до 9,4 тис. т у 2006 р. Цех №2 є основним по виробництву титанвмісної сировини - титанового шлаку і тетрахлориду титану, які також є і товарною продукцією. За роки існування цеху поступово удосконалювалася технологія, від перших шахтних електропечей, введених в роботу в 1956 р. і печей безперервного

коксування, які значно збільшили продуктивність шахтних печей, до пуску в 1989 р. сольового хлоратора № 1. У 1960г. на ділянці ректифікації, рис.1.12 побудували пілотну установку по виробництву етилсилікату, на основі якого надалі виросли цехи кремнійорганічних з'єднань, що виділилися в 1963 р. в самостійний завод «Кремнійполімер».

Останнім часом в цеху спільно з технічним відділом, проектно-конструкторським відділом і Інститутом титану ведуться роботи по удосконаленню апаратів сольового хлоратора, розроблена і випробувана в промислових апаратах технологія очищення тетрахлориду титану вуглеводневим відновником.

Фахівцями цеху розроблена і упродовжена технологія отримання малосірчистого титанового шлаку. В даний час опрацьовується апаратурно-технологічна схема виробництва титанових шлаків для пігментної промисловості, відпрацьований режим повернення у виробництво пилу від другого ступеня газоочистки рудно-термічних печей.



Рисунок 1.12 – Загальний вид ділянки ректифікації

Цех № 7 є цехом комбінату у виробництві основних видів продукції - магнію, титанової губки і феротитану. Тут в грудні 1935 року одержаний перший магній, а в червні 1956 року – перший блок титанової губки. У цьому ж цеху в 1998 році відновлено виробництво тепер уже українського титану. Відновлення роботи цеху безпосередньо пов'язане із затвердженням Комплексної програми розвитку титанової промисловості України, прийнятої 18 листопада 1994 року. Ухвалою Кабінету Міністрів України № 783 ця програма в 1996 році була перетворена в Першочергові заходи щодо реалізації цієї комплексної програми на період 1996-2000 рр. Першочерговими заходами щодо реалізації Комплексної програми передбачалося відновлення виробництва титану губчастого з використанням на магній термічному переділі існуючих апаратів продуктивністю 0,86 т за цикл.

В цілях підвищення ефективності фінансово-господарської діяльності комбінату фахівцями ЗТМК спільно з Інститутом титану, науково-виробничим центром «Титан» Інституту електрозварювання ім. Е.О. Патона НАН України розроблена Програма технічного розвитку комбінату, яка передбачає проведення 1-го етапу технічного переозброєння виробництва титану губчастого (ТГ) із збільшенням об'єму виробництва на 4300 тон на рік і виконання комплексу робіт із створення виробництва титанових сплавів потужністю до 2000 тон на рік на електронно-променевих установках.

Проект технічного переозброєння виробництва губчастого титану передбачає створення високопродуктивних установок, що суміщають технологічний процес відновлення чотирихлористого титану магнієм і вакуумної дистиляції магнію і хлористого магнію в одній печі з цикловим зніманням більше 3,8 т, рис.1.13.

Відповідно до плану технічного розвитку комбінату в 2005 році введені в експлуатацію 4 високопродуктивних установки, що дозволило збільшити виробничі потужності на 2006 рік до 9425 т, заклавши таким чином фундамент для збільшення на 9,5 % об'ємів виробництва титанової губки на 2006 р., рис.1.14. В 2005 році упроваджена перша черга проекту АСУТП у складі нового ЦДП і

комплексу по управлінню печами на діючому виробництві на якісно новому рівні.



Рисунок 1.13 – Суміщений апарат вакуумної сепарації реакційної маси титану

У січні 2006 року зданий в експлуатацію другий етап проекту, який забезпечив управління технологічним процесом на введених в експлуатацію вже чотирьох суміщених установках ПВС-410.



Рисунок 1.14 – Блок титанової губки вагою 3,8 т

Якість губчастого титану, що одержується за новою технологією і в нових апаратах, задовольняє вимогам споживачів, що проводять титанові напівфабрикати для відповідального застосування в авіакосмічному секторі промисловості. Постачання за останні роки губчастого титану провідному американському виробнику титанових напівфабрикатів компанії «ТІМЕТ», пройшли промислово апробацію і використовуються фірмою.

У перспективі технічного переозброєння на комбінаті передбачається подальше нарощування потужностей по виробництву губчастого титану шляхом монтажу і введення в експлуатацію додатково до першого етапу 42-х високопродуктивних суміщених печей відновлення і сепарації, що дозволить довести сумарні потужності по виробництву губчастого титану до 18000 т/р. З метою створення на КП «ЗТМК» завершеного циклу переробки титану фахівцями комбінату спільно з НТЦ «Титан» Інституту електрозварювання ім Е.О.Патона, НАН України почата робота по організації виробництва титанових злитків. У 2006-2008 рр. передбачено створення цеху злитків на базі наявної будівлі з розміщенням двох електронно-променевих установок (ЕПУ). На першому етапі передбачено створити виробництво злитків потужністю 2000 т в рік.

Для забезпечення виробництва складнолегованих титанових сплавів типу ВТ-5, ВТ-6, ВТ-20 і інших, фахівцями комбінату і Інституту титану ведеться опрацювання можливостей установки вакуумно-дугової печі компанії «ALD» (Німеччина) або «Консарк» (США), що за наявності електронно-променевої переплавки дозволить скоротити витрати на інфраструктуру по підготовці титанових електродів для вакуумно-дугової переплавки. Створення цієї переплавки планується на період 2007-2010 років. Таким чином, організація виробництва титанових сплавів електронно-променевим і вакуумно-дуговим способами дозволить комбінату вийти на об'єм виробництва до 3000 т в рік. Ведеться розробка проектної документації і монтаж установок по виплавки великотоннажних злитків титану з нероздроблених (цілісних) блоків губчастого титану. Це дозволить підняти потужності виробництва титанових злитків на комбінаті в 2012 році до 4500 т.

Виробництво напівпровідникового германію на комбінаті організоване в грудні 1958 р. у двох структурних підрозділах: на Северодонецьком хіміко-металургійному заводі (р. Северодонецьк, Луганська область) і в цеху № 8 комбінату. Северодонецький хіміко-металургійний завод введений в експлуатацію в 1966 році. На ньому була реалізована унікальна технологія первинної переробки германійвмісної сировини, що містить (вугілля, аргіліти, алевроліти із зміст германію 0,03...0,05 %). Северодонецький хіміко-металургійний завод мав в своєму складі два технологічні переділи: пірометалургійний і гідрометалургійний. Пірометалургійний переділ є початковою стадією переробки германійвмісної сировини методом циклонної плавки з отриманням перегонів, збагачених германієм. Виділене при циклонній плавці тепло утилізувалось в котлі-утилізаторі для отримання перегрітої водяної пари і підігріву технологічного повітря. Пара, що вироблялась, використовувався на власні потреби заводу, а також реалізується як товарна продукція. Відходом пірометалургійного переділу був гранульований шлак, вживаний в будівельній індустрії. На гідрометалургійному переділі здійснюється сульфатизація перегонів і вилуговування з отриманням технічного тетрахлориду германію. Розроблені і упродовжені в промислове виробництво технологи переробки в безперервному циклі різних видів сировини із змістом германію більше 5 %, глибокого очищення тетрахлориду германію (дистиляція, екстракція, ректифікація), отримання гептагерманата натрію, калію, а також діоксиду германію з високими якісними характеристиками. У промислових умовах монокристали германію одержують різними способами: Чохральського, Степанова і погрузного формоутворювача, що обертається. Способи дозволяють вирощувати кристали германію з високими оптичними характеристиками діаметром до 420 мм, рис.1.15.

На початку 1960 рр. комбінатом початі роботи по отриманню напівпровідникового кремнію. На основі виконаних робіт на комбінаті був введений в експлуатацію цех по виробництву полі- і монокристалічного кремнію для потреб електронної і електротехнічної промисловостей, рис.1.16.



Рисунок 1.15 – Зразки монокристалічного германію

На ділянці кремнієвого литва організовано в промисловому об'ємі виробництво кремнієвих литих виробів із стовпчастою структурою, многогранників, кілець, труб різних геометричних розмірів, а також пластин для магнетронного розпилювання і великогабаритних (діаметром до 1 м) кремнієвих пластин полегшеної конструкції.

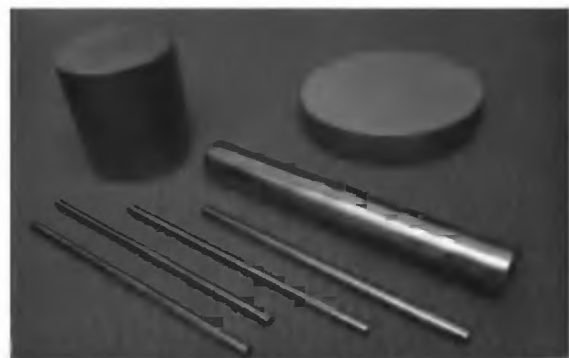
Миколаївський глиноземний завод є одним з провідних світових виробників глинозему – основної сировини для виробництва алюмінію. Перші сторінки історії цього заводу були відкриті в червні 1973 року, коли було ухвалене рішення про будівництво найбільшого в Європі глиноземного заводу і весною 1974 роки завершений технічний проект. Влітку 1974 г почато будівництво заводу, рис.1.17. На завод стало поступати сучасне устаткування з ряду зарубіжних фірм: «Круп Кранбау Гмб» (ФРН) – порталні перевантажувачі грейферів; «Айзенверк Везерхютте» (ФРН) – рекламейлери і стакеркламери; «Алюмініум Пешине» (Франція) - комплексне технологічне і електротехнічне устаткування. У грудні 1979 року було закінчене будівництво першого пускового комплексу водопроводу технічної води «Дніпро-Миколаїв».



а



б



в

а – фрагмент ділянки; б - зразки монокристалів германію; в - зразки монокристалів кремнію

Рисунок 1.16 – Ділянка вирощування монокристалів германію і кремнію

28 червня 1980 року був одержаний перший глинозем – це день народження заводу. Будівництво і введення в експлуатацію заводу здійснювалося чотирма пусковими комплексами потужністю 250 тис. тонн глинозему в рік кожен. У лютому 1983 року освоєний останній, четвертий комплекс.



Рисунок 1.17 – Вид заводу з боку порту

У основі виробництва глинозему з високоякісних бокситів, що імпортуються з Гвінеї, Ямайки, Гайани, Бразилії, Австралії лежить спосіб Байера. Миколаївський глиноземний завод – основний виробник глинозему в Україні, на його частку доводиться 82,5 % від загального об'єму виробництва глинозему в країні. Боксит з припортового складу подається на витратний склад за допомогою реклаймерів по конвейерному тракту продуктивністю 1200 тонн в годину і стакер-реклаймерами закладається у ряд штабелів, кожен місткістю до 30 тисяч тонн. При закладці бокситу в бункер проводиться його усереднювання шляхом рівномірного заповнення горизонтальними шарами, з подальшою вертикальною огорожею бокситу по висоті бункера, рис.1.18.

Боксит з витратного складу поступає на переділ «Помел бокситу» в кульові млини, де розмелюється в середовищі міцних лугів. Одержана пульпа насосами перекачується на переділ «Вилуговування бокситів». Вилуговування бокситу проходить в автоклавах з механічним перемішуванням. Пульпа з автоклавних батарей проходить стадію самовипаровування в сепараторах, розбавляється і прямує в апарати згущування і промивки.



Рисунок 1.18 – Загальний вид ділянки зберігання і переробки бокситу

У цих апаратах відбувається відділення алюмінатного розчину від шламу, а потім шлам проходить шестикратну промивку і прямує на шламосховище. Після зливу згущувачів алюмінатний розчин проходить контрольну фільтрацію на пісочних фільтрах «ЭПАС». Після контрольної фільтрації алюмінатний розчин проходить охолодження в пластинчастих теплообмінниках і потім поступає в декомпозиери, рис.1.19.

Процес декомпозиції є мимовільним розкладанням алюмінатного розчину з виділенням в осад гідроксиду алюмінію. Одержаний в декомпозиерах гідроксид алюмінію у вигляді пульпи прямує на дискові фільтри для відділення від маткового розчину. Гідроксид алюмінію у вигляді пульпи поступає на переділ кальцинації, де після фільтрації і прожарення в установках «Лурги» одержують оксид алюмінію –глинозем.

На заводі є цех випалення вапняку, який проводиться в шахтних печах при температурі 1200° С. Одержане вапно, пройшовши стадію дроблення, поступає в гасителі. Вапняне молоко після відділення недопалу поступає на переділ помелу бокситу, на каустифікацію, на ТЕЦ і іншим споживачам. Межа спікання призначена для отримання кальційвмісного спека, частково видалення з системи глиноземного виробництва органічних сполук і термічної каустифікації соди.



Рисунок 1.19 – Загальний вид ділянки декомпозиції

уково-дослідними проектним інститутом тугоплавких металів і твердих сплавів (ВНДИТС, м. Москва) був виконаний до 22 серпня 1973 р. Спочатку робота на заводі по випуску ниткоподібного і вагового вольфрамового дроту почалася 1976 р. із створення експериментального цеху. У промисловому масштабі блок вольфрамового дроту введений в експлуатацію в грудні 1984 р. Разом з іншими матеріалами на комбінаті проводили безвольфрамові тверді сплави. Вперше в СРСР безвольфрамові тверді сплави на основі карбіду титану марки ТНМ (TiC-Ni-Mo) були розроблені Інститутом проблем матеріалознавства АН УРСР спільно з Українським філіалом спеціального виробничого бюро «Оргтвердосплав». У 1975 році на комбінаті освоєний досвідчено-промисловий випуск безвольфрамових твердих сплавів.

Донецька хіміко-металургійна фабрика (Донецький хіміко-металургійний завод). Перша вказівка на присутність циркону в балці Мазурової зустрічається в геологічному описі Маріупольського округу, складеному російським геологом Іваніцким в 1883 році. В кінці 19 століття і першій половині 20 століття проводилися петрографічні дослідження на предмет вивчення циркононосності лужних порід балки Мазурової. Затвердження запасів циркону дозволило в 1939 році приступити до споруди досвідченої збагачувальної фабрики по здобичі цирконового концентрату, на базі якої була побудована цирконова копальня. Копальня була прийнята у складі наступних основних об'єктів: кар'єру, збагачувальної фабрики, цеху виділення заліза з циркону і дизельної електростанції. В період війни підприємство було майже повністю зруйновано. Відновлення його почалося майже відразу ж після звільнення України від німецьких загарбників. У 1958 році Ждановське рудоуправління було перейменовано в Донецький хіміко-металургійний завод (ДХМЗ). До кінця року на заводі були гірський цех, дві фабрики, хіміко-металургійний, досвідчений і допоміжні цехи. В період діяльності збагачувальних фабрик було перероблено більше двох мільйонів рідкометальної руди, з якої витягували в основному крупні кристали цирконію, а інші складові відправляли назад в кар'єр.

У зв'язку з відкриттям крупного розсипного родовища ільменіто-цирконових пісків Самотканського родовища, робота хіміко-

металургійного виробництва ДХМЗ була організована на базі цирконових концентратів цього нового родовища. До 1965 р. на заводі діяли цехи отримання фторцирконату калію, фтортанталату і фторніобату калію, діоксиду цирконію і гафнію. Технологія отримання фторцирконату калію заснована на процесі спікання цирконового концентрату з фторсилікатом калію, з подальшим водним вилугуванням спеків і кристалізації фторцирконату калію з водного розчину. Отримання фтортанталату і фторніобату калію заснована на класичній схемі Маріньяка, в основі якої був побудований принцип різної розчинності солей танталу і ніобію в плавикових розчинах. Початковою сировиною був технічний гідроокис ніобіютанталу, продукт переробки лопаритових концентратів Кольського півострова, який переробляли на Солікамському магнієвому заводі.

Після досліджень, виконаних з Гіредметом була впроваджена екстракційна технологія розділення фторніобієвій і фтортанталовій кислот в органічному розчиннику. Технічний гідроокис ніобіютанталу розчиняли в плавиковій кислоті. Після відділення розчину від нерозчинного залишку (в основному солі кальцію, магнію і радіоактивних) його піддавали дії органічного розчинника і на каскаді ящичних екстракторів проводили розділення ніобію і танталу, і видалення домішок кремнію, титану і інших. З екстракту методом рекстракції одержували індивідуальні хімічні сполуки ніобію і танталу, а потім облягали їх гідрооксиди і прожаренням одержували чисті оксиди ніобію і танталу. На заводі було організоване виробництво ніобієвих лігатур і чистих злитків ніобію. У основі технології отримання лігатур був покладений алюмотермічний спосіб. Спосіб заснований на екзотермічній реакції взаємодії оксиду ніобію і порошкового алюмінію. Для виробництва крупних заготовок освоєна плавка ніобію і його сплавів (лігатур) в електроннопроменевих печах.

Проте у зв'язку з організацією переробки технічних хлоридів ніобію і танталу на Солікамському магнієвому заводі на початку 70-х років подальша діяльність відділення отримання солей і оксидів ніобію і танталу на ДХМЗ була зупинена, а устаткування демонтоване. У зв'язку з деякими структурними перетвореннями (ліквідація збагачувального і ніобієвого виробництва, скорочення цирконово-

го) стало питання про завантаження підприємства і виживаності всієї інфраструктури, у тому числі і робочого селища.

До середини 80-х років 20 сторіччя на заводі працювали два цехи по отриманню фторцирконату калію і чистих хімічних сполук цирконію і гафнію (оксиди цирконію різних марок, сульфоцирконат натрію, хлорокиси цирконію і основного карбонату цирконію). Проте з різних причин, зокрема нерентабельності і наявністю аналогічного виробництва на Вольногорському гірничо-металургійному комбінаті, його було припинено, а потім і повністю ліквідовано.

У середині 70-х початку 80-х років основне місце у випуску валової продукції зайняли лігатури (ніобієві, цирконові, молібденові). Було організоване виробництво молібденоцирконієвих лігатур (марки АЦМК-1, АЦМК-2, АМТ-1, АМТ-2, АМТФ, АХМК-1, АХМК-2, АХМ-50), ніобієвих лігатур (марок НБал-0, НБал-1), ванадієвих лігатур (марок Вн, ВнАл, АМВТ), п'ятикомпонентних (алюміній-молібден-ванадій-хром-залізо) лігатур марок К-5-1, К-5-2). Для виробництва молібденових лігатур використовувався технічний окисел молібдену (огарки від випалення молібденитових концентратів), які привозили з різних молібденових підприємств Радянського Союзу. Всі лігатури виробляли алюмотермічним способом.

На заводі одержували також порошковий цирконій для оборонної промисловості. Початковим продуктом для цих цілей служив фторцирконат калію власного виробництва. Суть процесу була заснована на відновленні вказаної солі металевим натрієм в металевому реакторі. У подальшому, спік порошкового цирконію з фтористими і хлористими солями натрію вилуговували слабкокислим розчином, з метою відділення водорозчинних солей натрію і калію.

На заводі була відпрацьована і діяла унікальна технологія отримання йодидного титану, цирконію і гафнію, що знайшли свого часу застосування в оборонній і космічній техніці, а також для отримання нових сплавів на їх основі. Таким процесом можна було одержувати найбільш чисті та інші метали.

З найбільш сучасних технологій на заводі здійснювали виробництво ніобію і його сплавів, ванадію в електронно-променевих печах. Електронно-променева плавка як рафінуюча операція отри-

мання компактного металу (злитка) має певні переваги перед дуговою вакуумною плавкою. Оскільки дозволяє досягти більшого перегріву (контрольованого) металу, а, отже, і добитися повної дегазації і видалення багатьох металевих домішок. Додаткова перевага полягає в тому, що можливо здійснювати плавку різного початкового матеріалу - гранули, спечений штабик, злитки іншої плавки, скрап металів. Для здійснення такого процесу на заводі були електронно-променеві печі У-105, У -270, У-143 і в основному використовувалися для проведення вакуумної переплавки ніобію і ванадію, одержаних позапічним алюмотермічним відновленням відповідного п'ятиокису.

Сумський хімічний завод («Сумхімпром») є першим підприємством України по виробництву пігментного двоокису титану. ВАТ «Сумхімпром» почав свій відлік історії з червня 1947 року.

13 грудня 1954 року з'явилося датою пуску першого цеху по отриманню сірчаної кислоти, а 28 вересня 1955 року почав здійснюватися випуск гранульованого суперфосфату, одержані перші партії обесфторених фосфатів. З того часу почався період нарощування потужностей цих цехів, зокрема будівництво нового серно-кислотного цеху з високим рівнем автоматизації. Збільшення потужності сернокислотного виробництва і наявність власної сировинної бази пігментного двоокису титану (Іршанській гірничо-збагачувальний комбінат) дозволили поставити наступне завдання - будівництво цеху по виробництву пігментного двоокису титану. Випуск пігментного двоокису титану здійснений в жовтні 1963 р. У зв'язку з розширення завдань по випуску номенклатури продукції з 2 березня 1964 року завод був реалізований в Сумський хімічний комбінат. З 1966 року розширено виробництво двоокису титану і жовтих залізоокисних пігментів. 1966-1970 роки – будівництво і введення в експлуатацію цехів грануляції суперфосфату, нейтралізації сірчаноокислих розчинів і отримання сірчаноокислого алюмінію. Будівництво і введення в експлуатацію цехів фосфорної і сірчаної кислоти, аммофоса, рідких комплексних добрив і олеуму у 1971-1978 роки. У 1980-і роки введен в експлуатацію лакофарбного цеху по виробництву пентафталевих емалей, будівництво і пуск цеху

сушки фосфогіпсу, першого в Радянському Союзі цеху піросульфату - консерванта для силосування зелених кормів в тваринництві.

З отриманням незалежності України почався новий етап в розвитку заводу. Зокрема в 1991 році був введений в дію новий суперфосфатний цех потужністю 160 тисяч тонн натомість технологічно застарілих і екологічно ненадійних старих цехів; пуск в експлуатацію установки по виробництву сульфатозалізовмісних коагулянтів з відходів виробництва двоокису титану (квітень 2003 року); відпрацьована технологія виробництва нового збалансованого мінерального добрива «Суперагро» типу N:P:K – азот:фосфор:калій (березень 2004 рік); проведена реконструкція і модернізація виробництва двоокису титану (2003-2004 роки).

Державна акціонерна компанія «Титан» (ГАК «Кримський Титан») починає свою історію з 28 грудня 1969 р., рис.1.21.

«Кримський ТИТАН» розташований в північній частині півострова Крим, на побережжі Сивашських озер в 7 км від Каркінітського затоки Чорного моря. Будівництво заводу було обумовлено необхідністю збільшення випуску двоокису титану цінної сировини для багатьох галузей промисловості. Головним об'єктом, що зводиться, була перша черга по виробництву пігментного двоокису титану потужністю 40 тис.т/рік. Будівництво його було завершено в 1971 році.



Рисунок 1.21 – Панорама акціонерної компанії «Титан»

У тому ж році було введено комплекс по виробництву амофосу – висококонцентрованого мінерального добрива потужністю 540 тис. тонн на рік. Будувалися і вводилися в дію комплекси по виробництву сірчаноокислого алюмінію і рідкого скла (1973 р.), червоних залізоокисних пігментів (1974г.), другої черги двоокису титану (1979г). Основними видами товарної продукції Державної акціонерної компанії "Титан" є: пігментний двоокис титану; червоний залізоокисний пігмент; фосфоровмісні добрива; амофос; амофосфат; сірчана кислота; сірчаноокислий амоній; алюмінат натрію; рідке скло; залізний купорос; фосфогіпс. Пігментний двоокис титану марок Crimea CR-1, Crimea CR-02, Crimea CR-03, застосовується в лакофарбній, гумотехнічній промисловості, при виробництві пластмас і в багатьох інших галузях; марка Crimea CR-07, застосовується у виробництві лакофарбних матеріалів для покриттів високої атмосферостійкості і володіє хорошими декоративними властивостями, виробництві поліграфічних фарб; марка CR-08 володіє поліпшеними якісними характеристиками по світлостійкості і атмосферостійкості, і використовується як універсальний пігмент при виробництві промислових покриттів і фарб. На двоокис титану доводиться близько 90 % загального об'єму реалізації продукції заводу. Близько 80 % вироблюваній продукції заводу поставляються в 50 країн світу.

Завод чистих металів був створений в 1962 році, як базове підприємство СРСР по випуску напівпровідникових матеріалів (м. Світловодськ, Кіровоградська область). Його завданнями було освоєння технології очищення і виробництво чистих металів, вирощування кристалів, їх обробку, рис.1.22, а також епітаксійні технології і збірку приладів.

В даний час ВАТ "Чисті метали" є єдиним в СНД спеціалізованим підприємством, що працює за принципом замкнутого технологічного циклу від сировини до готових виробів з глибокою переробкою відходів напівпровідникового виробництва і утилізацією залишків, що не переробляються. "Завод чистих металів" проводить напівпровідникові матеріали для виготовлення аналогових і цифрових інтегральних схем, дискретних напівпровідникових приладів,

сонячних елементів, СВЧ приладів, приладів оптоелектроніки, виробів сенсорної і ІЧ техніка:



Рисунок 1.22 – Монокристали напівпровідникового кремнію

- арсеніди галію і індію у вигляді полі- і монокристалічних, епітаксійних структур і чипів;
- кадмій-телур і ртуть-кадмій-телур у вигляді кристалів, пластин, епітаксійних структур;
- речовини високої чистоти;
- галій у вигляді кристалів і гранул;
- кадмій у вигляді кристалів, дозованих відливань, гранул;
- телур у вигляді кристалів, шматків, гранул.

Дніпровський електродний завод. Невід’ємною частиною технологічного циклу виробництва кольорових металів є графітові вироби – електроди, втулки, вкладиші, композиційні матеріали на основі графіту.

Після закінчення Великої Вітчизняної війни наступив період відновлення Дніпровського електродного заводу. У 1948 р. завод повністю відновлений і почав працювати по повному технологічному циклу. У подальші роки завод стрімко розвивався і розростався, були спроектовані і побудовані нові цехи, вводилося і освоювалося сучасне устаткування, розроблялися і упродовжувалися нові технологічні процеси. У 1994 р. Дніпровський електродний завод

був перетворений у Відкрите Акціонерне Суспільство «Український графіт», рис.1.23. За останні роки, завдяки самовідданій праці колективу, підприємство змогло збільшити об'єми випуску і рентабельність продукції, провести технічне переозброєння, поліпшити економічні показники діяльності, значно розширити асортимент і забезпечити конкурентоспроможність виробів, що випускаються. Підприємство завжди одним з перших здійснювало розробку і упроваджувало у виробництво новий вигляд технологій, сучасні агрегати і технологічні лінії.



Рисунок 1.23 – Вид підрозділу ВАТ «Український графіт»

У 1997 році здійснене введення в промислову експлуатацію нового цеху вугільних заготовок, що не має аналогів в країнах Східної Європи і Росії. Застосування електричних кальцінаторів для глибокої термічної обробки сировини дозволило створити єдине в СНД виробництво електрокальцінованих антрацитів, що значно поліпшило експлуатаційні властивості вироблюваної вуглецевої продукції – катодних блоків для футерування алюмінієвих електролізерів і блоків для футерування лещаді і сурми доменних печей. Освоєно виробництво матеріалів на основі електрокальцінованого антрациту з використанням до 70 % графіту. У 2000-2001 рр. упроваджена технологія і освоєно в промислових масштабах виробництво графітованих блоків для виготовлення анодів магнієвих електролізерів, що відрізняються зниженим питомим електричним опором і підвищеною експлуатаційною стійкістю. У 2001 р. побудований цех і освоєно виробництво анодів для магнієвої промисловості

з просоченнями неорганічними компаундами на основі фосфорних з'єднань. У 2003-2004 рр. освоєно виробництво холодноабивній вуглецевої маси для доменних печей і алюмінієвих електролізерів. Проведена велика робота по вдосконаленню технології і модернізації виробництва продукції, що серійно випускається. В даний час підприємство має в своєму розпорядженні перспективні розробки як у області вдосконалення продукції, що серійно випускається, так і у області створення нових видів продукції. Особливу роль в розвитку підприємства зіграли розробка і впровадження системи управління якістю, яка дозволила розвинути і удосконалити технологію, виробництво і систему управління підприємства в цілому, дозволила підняти на вищий якісний рівень конкурентоспроможність продукції. Сьогодні на підприємстві впроваджені міжнародні стандарти ISO 9001:2000 і ISO 14001, OHSAS 18001. У сфері вдосконалення системи управління ВАТ «Укрграфіт» має намір йти далі і впроваджувати концепцію управління якістю (TQM) з ще вищим рівнем вимог до всіх аспектів функціонування підприємства. В даний час продукція ВАТ «Укрграфіт» широко використовуються на металургійних підприємствах України, СНД, країнах ближнього і далекого зарубіжжя. Катодні блоки ВАТ «Укрграфіт» визнані кращими на всіх підприємствах алюмінієвої промисловості СНД і складають серйозну конкуренцію на світовому ринку лідерам у виробництві цього виду продукції. Графітовані електроди виробництва ВАТ «Укрграфіт» широко відомі в СНД і конкурентноздатні на світовому ринку. ВАТ «Український графіт» є єдиним постачальником в СНД графітованих блоків і анодів з просоченням неорганічними компаундами для магнієвої промисловості і в даний час виходить з цією продукцією на світовий ринок. Володіючи вигідним географічним положенням, підприємство має можливість відвантаження експортної продукції залізничним, автомобільним, річковим і морським транспортом. На підприємстві використовуються сучасні і ефективні види упаковок, що забезпечують товарний вид продукції і її збереження при транспортуванні всіма видами транспорту. Сьогодні виробнича марка ВАТ «Укрграфіт» і продукція підприємства визнана споживачами, українськими і міжнародними організаціями. По асортименту і якості продукції ВАТ «Укрграфіт», що випускається, утримує провідні позиції серед виробників аналогічної вуглеграфітової продукції в країнах СНД, успішно конкурує на світовому ринку.

2. СИРОВИННІ ДЖЕРЕЛА КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ УКРАЇНИ

Періодична система Д. І. Менделєєва містить 118 елементів, з них 92 відомі в природі, інші одержані штучним шляхом. Ці елементи підрозділяються на метали і неметали [10].

Неметали представлені: Н, В, С, N, Р, О, S;
галогеніди - F, Cl, Br, I, At
інертні гази - He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn.

Метали включають 74 елементи, які умовно діляться на чорні і кольорові метали.

Загальними ознаками металевого стану є:

- металевий блиск і непрозорість;
- висока електро- і теплопровідність;
- висока пластичність (ковкість);
- кристалічна структура, сірий колір з відтінками від світло-сірого до темно-сірого (виняток становлять тільки два метали – червона мідь і жовте золото).

Крім того, для типових металів загальним є характер залежності електропровідності від температури: з підвищенням температури електропровідність їх зменшується. Численність металів, відмінності їх властивостей, методів отримання і областей споживання визначають необхідність їх класифікації по окремих групах. На жаль, науково обґрунтована класифікація металів дотепер не розроблена.

До чорних металів відносяться залізо і його сплави, марганець і хром, виробництво яких тісно пов'язане з металургією чавуну і сталі.

Назва «Кольорові метали» досить умовна, оскільки фактично тільки золото і мідь мають яскраво виражене забарвлення. Вся решта металів, включаючи чорні, має сірий колір з різними відтінками – від світло-сірого до темно-сірого.

Кольорові метали умовно діляться на групи:

1. *Основні важкі метали*: мідь, кобальт, нікель, свинець, цинк і олово. Свою назву вони одержали із-за великих масштабів виробництва (порівняно з іншими кольоровими металами, за винят-

ком алюмінію) і споживання, великої («важкого») питомої ваги в народному господарстві.

2. *Малі важкі метали*: вісмут, миш'як, сурма, кадмій, ртуть. Вони є природними супутниками основних важких металів. Звичайно їх одержують попутно, але проводять в значно менших кількостях.
3. *Легкі метали*: алюміній, магній, натрій, калій, барій, кальцій, стронцій. Метали цієї групи мають найнижчу серед інших металів щільність (питому масу).
4. *Благородні метали*: золото, срібло, платина і платиноїди (паладій, родій, рутеній, осмій і іридій). Ці метали володіють високою стійкістю до дії навколишнього середовища і агресивних середовищ.
5. *Рідкісні метали*. По промисловій класифікації рідкісні метали підрозділяються на наступні підгрупи:
 - тугоплавкі метали: вольфрам, молібден, реній, титан, тантал, ніобій, цирконій, гафній і ванадій;
 - легкі рідкісні метали: літій, берилій, рубідій і цезій;
 - розсіяні метали: галій, індій, талій, германій, селен і телур;
 - рідкоземельні метали: скандій, ітрій, лантан і лантаноїди;
 - радіоактивні метали: радій, уран, торій, актиній і трансуранові елементи.

2.1 Поширеність елементів в земній корі

Для виробництва кольорових металів застосовують різні корисні копалини або спеціально приготовані матеріали, а також відходи металургійного і інших виробництв.

До корисних копалин металургійного виробництва відносять руди, паливо і флюси. Руда – це корисні копалини, що здобуваються з надр землі. Це – гірська порода або мінеральна речовина, з якої при даному рівні розвитку техніки економічно доцільно витягувати метали або їх з'єднання. Доцільність визначається вмістом цінних металів в мінеральній речовині. Мінерали підрозділяються на рудні (цінні) і «порожні» породи. До порожньої породи відносять мінерали, що не містять витягуваних елементів. Частіше за все породотворюючими мінералами є кварц, карбонати, силікати і алюмосилі-

кати. Поняття «порожня порода» вельми умовно. У міру розвитку металургійної технології, направленої на створення безвідходних металургійних і хімічних процесів, створюються передумови для повного використання компонентів порожньої породи, наприклад для отримання будівельних матеріалів (цементу, шлаковатних виробів, ситалів, шлакової брусчатки і т.д.), а в окремих випадків і для отримання інших цінних металів (особливо рідкісних).

Величина доцільного витягання кольорових металів залежить від вмісту цінного металу в руді або проміжного продукту, наприклад, для міді воно складає 2,5 %, нікелю – 0,3...1,0 %, кобальту – 0,1 %, молібдену – 0,005...0,02 %, германію – 0,005...0,001 %, золота – $2 \cdot 10^{-4}$ %, срібла – $30 \cdot 10^{-4}$ і залежить від фізичних і хімічних властивостей, хімічного складу гірської породи, а також умов її здобичі і способів переробки. Крім того потрібно знати ще вид присутніх в сировині мінералів (мінералогічний склад) і розподіл між мінералами всіх компонентів сировини, що переробляється (фазовий склад). Знання мінералогічного і фазового складів дозволяє передбачити поведінку всіх компонентів даної сировини при металургійній переробці, вибрати найбільш раціональну технологію і найправильніше виконати раціональну технологію. Залежно від виду присутніх металовмісних мінералів руди кольорових металів діляться на наступні групи:

1) сульфідні, в яких метали знаходяться у формі сірчистих з'єднань. Прикладом таких руд можуть служити мідні, мідно-нікелеві і свинцево-цинкові руди, молібденові;

2) окислені, в яких метали присутні у формі різних кисневмісних з'єднань (оксидів, карбонатів, гідроксидів і т.д.). До цієї групи відносяться алюмінієві, окислені нікелеві, олов'яні руди, руди ряду рідкісних металів;

3) змішані, в яких метали можуть знаходитися як в сульфідній, так і в окисленій формі(мідні руди);

4) самородні, які містять метали у вільному стані. У самородному стані в природі зустрічаються золото, срібло, мідь і платина.

Сульфідні руди за формою розміщення в земній корі діляться на суцільні, такі, що складаються майже повністю з сульфідних мінералів, і вкраплені, коли сульфідні у вигляді дрібних включень

присутні в порожній породі. Вкраплені руди, як правило, бідніше за суцільних

По числу присутніх металів руди класифікуються на монометалічні і поліметалічні (комплексні). Більшість руд кольорових металів є поліметалевими і містять мінімум два цінні компоненти. Найбільш складними по складу є мідні, мідно-нікелеві і свинцево-мідні-цинкові руди. Вони містять до 10...15 цінних металів. Руди звичайно називають поодиноці або декільком металам, що містяться в них, наприклад, мідні, алюмінієві, мідно-нікелеві, титанові, титано-цирконові. Проте багато супутніх елементів по цінності значно перевершують основні компоненти руди. У міру вичерпання родовища і розвитку техніки можливі межі поступово знижуються і переробці піддаються все більш бідні руди. Запаси руд родовища ділять залежно від ступеня їх вивченої на декілька категорій, що позначаються буквами латинського алфавіту: А, В і С.

До категорії А відносять запаси, цілком встановлені і випробувані детальними розвідками. До категорії В відносять запаси, кількість яких достатньо точно виявлена розвідками, але межі рудних тіл встановлені ще недостатньо безумовно. До категорії С відносять, виявлені по природних оголеннях і геофізичних даних. Категорію С розділяють на С1 – недостатньо вивчені і С2 – прогнозні. Загальними балансовими запасами називають суму запасів $A+B+C+C1+C2$.

Довгий час поширеність різних простих речовин мимоволі зв'язувалася з їх практичним застосуванням. З цієї точки зору повинні були б вважатися поширеними всі метали старовини [11].

Вперше спробував оцінити середній хімічний склад земної кори в 1815 р. англійський мінералог В. Філліпс на прикладі всього лише 10 елементів. Він визначив кількісну послідовність поширеності елементів і показав, що в неорганічній природі різко переважають кисень і оксиди кремнію, алюмінію і заліза, подібно тому, як в живій природі “царює” четвірка елементів-органогенів: кисень, водень, вуглець і азот. Відкриття і вивчення нових мінералів, виявлення в природі нових хімічних елементів заклала все нова і нова “цегла” у фундамент майбутньої будівлі геохімії. То була епоха накопичення відомостей. Потім наступив час узагальнень. Сучасна

назва величин, що характеризують поширеність елементів в земній корі - кларки. Ця назва пов'язана з американським ученим Ф. Кларком. *Кларкове число (або кларки елементів, ще частіше говорять просто кларк елементу) – середній вміст хімічних елементів в земній корі.* Кларки елементів виражаються у вагових відсотках, табл.2.1.

Таблиця 2.1 – Кларки елементів в земній корі, вага. %
(Елементи розташовані у порядку убавання їх поширеності)

№ п/п	Елемент	Значення кларка	№ п/п	Елемент	Значення кларка	№ п/п	Елемент	Значення кларка
1	Про	49,5000	13	З	0,0870	25	Zn	0,0120
2	Si	25,8000	14	Mn	0,0850	26	Zu	0,0100
3	Al	7,5700	15	S	0,0480	27	W	0,0064
4	Fe	4,7000	16	N	0,0300	28	Li	0,0060
5	Ca	3,3800	17	Rb	0,0290	29	Ce	0,0043
6	Na	2,6300	18	F	0,0280	30	З	0,0037
7	До	2,4100	19	Ba	0,0260	31	Sn	0,0035
8	Mg	1,9500	20	Zr	0,0210	32	Y	0,0026
9	H	0,8800	21	Cr	0,0190	33	Nd	0,0022
10	Ti	0,4100	22	Ni	0,0150	34	Nb	0,0019
11	Cl	0,1900	23	Sr	0,0140	35	Pb	0,0018
12	P	0,0900	24	V	0,0140			
Разом: 99,98 %								

Примітка: Решта значень кларків елементів (у сумі) складає 0,02 мас. %

Іноді Кларки елементів виражаються в частинах на мільйон (ppm) або в грамах на тонну (г/т). Вираз вмісту в г/т зручніший для рідкісних елементів. Окрім кларків елементів земної кори, поняття «кларки елементів» застосовується для літосфери і гідросфери. Вираз вмісту елементів в якій-небудь певній породі, на певній території і т.д. у вигляді кларка є помилковим. В цьому випадку слід говорити про середній вміст елементу в породі, руді, родовищі.

Якщо який-небудь елемент (наприклад, германій) споріднений іншому, широко поширеному елементу (в даному випадку кремнію), то він може ізоморфно входити в кристалічну решітку мінералів цього широко поширеного елементу (в даному випадку силікатів) і тим самим піддаватися розсіянню. Подібні відносини мають

місце у випадках галію і алюмінію, гафнію і цирконію, рубідію і калію, скандію і заліза або магнію.

Слід зазначити, що зустрічається ізоморфне заміщення і аніонів. Ванадій, наприклад присутній у вигляді аніона VO_4^{3-} у апатитах, ізоморфно заміщається іоном PO_4^{3-} , а в деяких з'єднаннях V^{3+} заміщає Fe^{3+} .

Явище ізоморфізму аніонів зустрічається також в мінералах срібла, що містять аніони Cl , Br , I , а також в мінералах халькофільних елементів, що містять аніони S^{2-} і Se^{2-} або Se^{2-} і Te^{2-} . На основі експериментального матеріалу академік Ферсман запропонував представляти метали, що ізоморфно заміщаються в решітках, у вигляді ізоморфічних «хрестів», які одержали назву «геохімічна зірка». На рис.2.1 показана така геохімічна зірка деяких елементів.

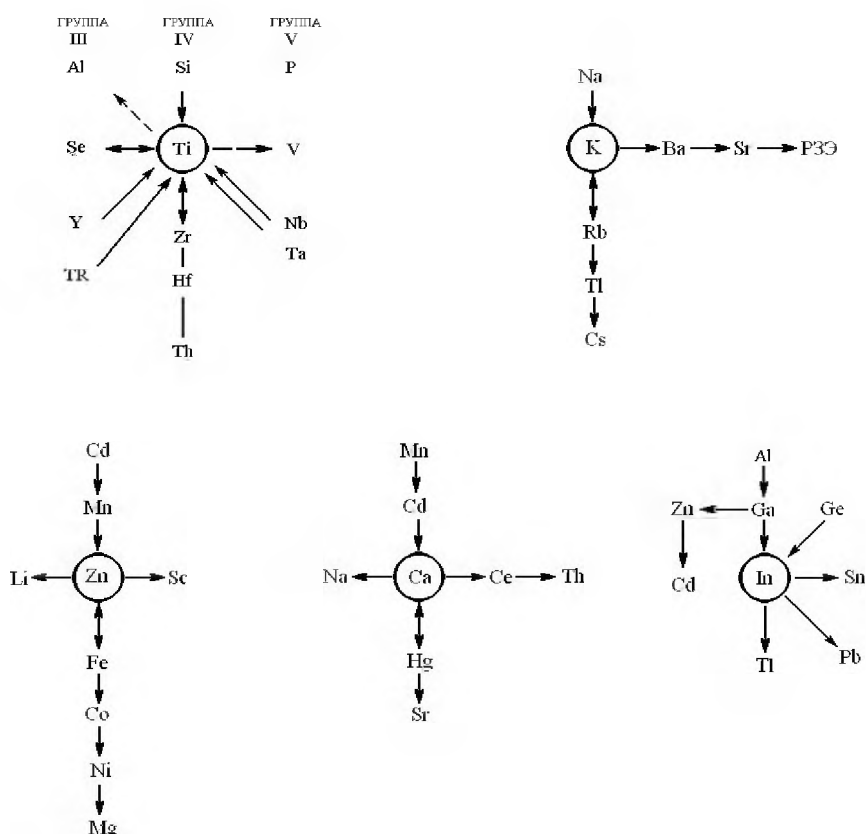


Рисунок 2.1 – Геохімічна зірка деяких елементів

Наприклад, розташування титану в періодичній системі до певної міри пояснює геохімічний зв'язок його з іншими елементами в природі. Тут стрілками показано тяжіння до титану в рудній сировині.

вині різних елементів, що є «сусідами» титану в періодичній системі елементів [???]. Декілька менш виражений зв'язок відмічений пунктирними стрілками. Елемент геохімічної зірки схильний до утворення комплексних аніонів, що включають ніобій, кремній, цирконій. У зв'язку з цим, окрім мінералів, що є простими титанатами, відомі складні титаноніобати, сілікотитанати і інші солі. Багато хто з них містить рідкоземельні елементи, скандій, ітрій.

У разі гетеровалентного ізоморфізму можливі два варіанти заміщення. У першому з цих варіантів при заміщенні зберігається число атомів в елементарному осередку, а в другому - воно міняється. Прикладом першого варіанту може служити заміщення подвійних іонів LiAl на 2Fe або 2Ca на NaCe в перовскиті або CaNb на CeTi в пірохлорі. При заміщенні однієї пари іонів іншою парою іонів загальний заряд подвійного іона не міняється.

Значно частіше зустрічаються випадки гетеровалентного ізоморфізму, коли зменшується число атомів при збереженні нейтральності заряду. Наприклад, 2Cu^+ заміщаються Cu^{2+} в халькозині, 3Fe^{2+} заміщаються 2Fe^{3+} у піротині, 3Mg^{2+} заміщаються 2Al^{3+} в біотиті, 3Ca^{2+} заміщаються 2Y^{3+} (або Ce^{3+}) у флюориті і т.п.

В деяких випадках можливо наявність незайнятих місць в кристалічній решітці мінералу. Іони елементів, іонні радіуси яких достатньою мірою відрізняються від іонних радіусів широко поширених елементів, не можуть заміщати їх в кристалічних решітках, і тому вони здатні утворити «власну» кристалічну решітку і «власні» мінерали. Тому такі відносно мало поширені елементи, як Hg, Ag, Sb і Bi, завдяки тому, що вони утворюють власні мінерали, змогли утворити і власні родовища.

2.2 Ресурси кольорових металів України

Відповідно до «Загальнодержавній програмі розвитку мінерально-сировинної бази України на період до 2010 року», разом з нарощуванням і відтворенням руд заліза, марганцю, хрому, нікелю і урану передбачається одержати істотний приріст запасів міді, золота, рідкометалевих і рідкоземельних руд [12].

На 1 січня 2005 року державним балансом запасів корисних копалини враховано близько 8 тисяч родовищ з 96 видів корисних копалини, 3349 родовищ освоєно промисловістю, і на їх базі функціонує понад 2 тисячі гірничодобувних підприємств. Вартість розвіданих запасів з розрахунку на душу населення України складає приблизно 150 тис. доларів США, а за оцінками західних експертів - більше 200 тис. доларів США. Більш третини експортної виручки Україна одержувала від реалізації мінерально-сировинної продукції.

Деякі корисні копалини України представлені унікальними по запасах і якості сировини родовищами, які розташовані в досить сприятливих умовах для створення гірничопромислових комплексів.

В Україні в значних об'ємах ведеться видобуток кам'яного вугілля – до 2 % світової здобичі, залізних – до 4 % і марганцевих руд – до 10 %, урану, титану, цирконію, германію, графіту – до 4 %, коліну – до 18 %, а також бром, охри, нерудної металургійної сировини (кварцитів, вапняків, флюсів, і доломіту), хімічної сировини (самородної сірки, кам'яних і калійних солей), облицювального каменя (гранітів, габро, лабрадориту і іншого), скляного піску і ін. З надр держави витягуються вуглеводнева сировина, буре вугілля, торф, цементна сировина, тугоплавкі і вогнетривкі глини, сировина для виробництва будматеріалів, йод, бром, різні мінеральні води, коштовні камені, п'єзокварц і інше. У відносно невеликих об'ємах здобуваються нікелеві руди, золото, скандій, гафній, Янтар, цеоліти, фосфатна сировина і т.п. У значимих кількостях здобуваються руди титану і цирконію.

З різним рівнем детальності вивчені родовища нетрадиційних для України корисних копалини – хрому, свинцю, цинку, міді, молібдену, берилію, літію, танталу, ніобію, рідкісних земель, плавикового шпату, апатиту, горючих сланців, бішофіту і т.п. [13,14, 15] Окрім традиційного імпорту деяких кольорових і рідкісних металів, вугілля, що коксується, магнезиту, плавикового шпату, може виникнути потреба у ввезенні сировини, яка раніше вивозилася з України (самородна сірка, високоякісні флюси і т.п.). За останні роки підтвержені реальні можливості подальшого приросту запасів ву-

глеводнів, відкриття і розвідки нових для України родовищ корисних копалини – золота, хрому, міді, свинцю, цинку, молібдену, рідкісних і рідкоземельних елементів, літію, ніобію, танталу, фосфоритів, флюориту, каміньсамоцвітної сировини і деяких інших. Саме в них є гостра потреба, пов'язана з необхідністю створення умов, при яких збільшиться експортний потенціал країни. Розвиток наукоємних технологій визначає стійку світову тенденцію до збільшення споживання рідкісних металів - "вітамінів промисловості". У України є можливість створити могутні виробництва цього профілю. Експортний потенціал мінерально-сировинного комплексу можна збільшити в 1,5...2 рази, імпорту мінеральної сировини (без вуглеводнів) - скоротити на 60...70 відсотків. В цілому це дасть щорічну економію в 5...6 мільярдів доларів США [12].

2.2.1 Важкі метали

Мідь. Прогнозні потреби України в міді на 2006-2010 роки відповідно складуть 159,3 і 171,5 тис. тонн. На сьогодні в Україні немає розвіданих запасів мідних руд, але перспективи виявлення їх досить значні [14].

Перспективи створення власної мінерально-сировинної бази міді в Україні ґрунтуються на наявності об'єктів з оціненими перспективними і прогнозними ресурсами у Волинському, Донецькому, Карпатському регіонах і на Українському щиті [13].

На Українському щиті є ряд проявів мінералізації міді з порівняно невеликими об'ємами ресурсів. Найбільший інтерес представляє серед них Краснобалковський в Середньому Придніпров'ї (Верхівцовська структура). Мідно-колчеданне зруднення приурочене до крутопадаючої зони потужністю 200...250 м, в якій міститься ряд субпаралельних рудних тіл потужністю від 0,2 до 9 м і завдовжки 200...800 м. Зміст міді у них змінюється від 0,5 до 3,3 %. Основне рудне тіло середньою потужністю 3,4 м (при середньому вмісті міді 0,86 %) прослідкувало впродовж 800 м і зниженням на 250 м. Перспективні ресурси міді оцінені в ньому в 23 тис. т.

На Волині мінералізація самородної міді локалізується в утвореннях трапової формації рифейвенду. Перспективні і прогнозні ресурси мідних руд в цьому регіоні оцінені в 36,2 млн. т металу. Пошуковими роботами в Луковсько-Ратнівській горстовій зоні ви-

вчена ділянка Жірічи і інші прояви, в Рафалівському рудному вузлі – виділено декілька ділянок з неглибоким заляганням мінералізованих порід для пошуково-оцінюючих робіт. По наявних ресурсах і геологічних передумовах перспективи Волинського регіону на виявлення промислових родовищ міді достатньо високі.

У Донецькому регіоні (Бахмутська западина) мінералізація приурочена до відкладень картамського ланцюга нижньої перми (формація мідистих пісковиків і сланців). Мідисті пісковики характеризуються порівняно низьким змістом міді, але на окремих ділянках їх можна розглядати як бідні промислові руди (середній зміст міді – 0,6...1,2 % на потужність 0,9...1,5 м). Найбільш вивчені на сьогодні тут три прояви міді – Берестянська, Івангородська і Глодоська. Металогенічні ресурси на цій площі оцінюються в 3,5 млн. т міді. Відробіток руд можливий відкритим способом із застосуванням вилуговування і біотехнологічних методів. Для подальшого визначення перспектив цієї площі необхідно в процесі геолого-прогнозного картирування масштабу 1:50000 вивчити мінеральний склад руд на різних глибинах і провести попередню геолого-економічну оцінку.

У Карпатському регіоні зруднення міді локалізується у метариолітах Раховського масиву (прояви Гавріщук, Полонській). Потужність мінералізованих зон досягає до 38 м, рудних – 3 м при зміні міді до 3,2 %, срібла – 138 г/т. В даний час ці об'єкти ще недостатньо вивчені.

Нікель і кобальт. Річна потреба України в нікелі в перспективі ростиме з 5 тис. тонн в 2001 році до 6,6 тис. тонн в 2010 році [13,14].

Кобальт в Україні, як і в більшості країн світу, не утворює самостійних родовищ, а міститься в нікелевих рудах і продуктах їх переробки (феронікель - з силікатних руд; нікелевий концентрат - з сульфідних руд). Родовища обох металів на території України представлені силікатними рудами кори вивітрювання гипербазитів і зосереджені в двох районах: в середньому Побужжі (Кіровоградська область) і Середньому Придніпров'ї (Дніпропетровська область). Перспективи сульфідної нікеленосності України обмежені, але деякі передумови до виявлення промислових родовищ сульфідного нікелю є (Український щит Красногорсько-Житомирський зони і Приазов'я).

Залишки активних запасів нікелю в середньому Побужжі складають більше 60 тис. тонн, тобто Побужський нікелевий завод забезпечений сировиною на 9-10 років. У районі вказаного заводу виявлено декілька нових родовищ і перспективних ділянок із загальними перспективними ресурсами 52 тис. тонн. Середній зміст нікелю – 0,8...1,07 % у Побужжі, дещо нижче в Придніпров'ї, співвідношення кобальту і нікелю дорівнює 1% .

Родовища в Дніпропетровській області залягають на великій глибині (40...50 м), на багатих орних землях. Враховуючи також значну віддаленість Побужського нікелевого заводу, їх експлуатація недоцільна. Прогнозні ресурси і заздалегідь розвідані запаси цих ділянок складають 59, 2 тис. т з середнім змістом нікелю 0,86 %. Крім того, є оцінені ресурси руд нікелю в Девладівському районі поряд з відомими родовищами. Як і в розвіданих родовищах, так і в об'єктах прогнозу руди нікелю і хрому характеризуються порівняно невисоким змістом корисних компонентів.

Свинець і цинк. Потреби України в свинці і цинку в найближчій перспективі (2010 рік) складатимуть: цинку - до 66 тис. тонн, а свинцю - до 14 тис. тонн [12,13].

Свинцево-цинкові руди досить високої якості відомі в двох регіонах України: у Закарпатті і в південно-східній частині Дніпровсько-донецької западини. Перспективи отримання свинцю і цинку зв'язуються із золото-поліметалевими родовищами Закарпаття. Проте експлуатація Мужієвського золото-поліметалевого родовища може забезпечити потреби країни тільки частково.

Найбільш перспективними об'єктами вважаються Біганське комплексне алуніт-барит-поліметалеве родовище в Закарпатті і Беляєвське в Харківській області.

У межах Біганського родовища комплексних алуніт-барит-поліметалевих руд підраховано 381,1 тис. тонн цинку і 120,2 тис. тонн свинцю. Розроблена технологічна схема збагачення. Встановлена золотоносність поліметалевих руд.

У межах Беляєвського родовища виділений рудний блок з неглибоким (до 500 м) заляганням руд для можливої першочергової розробки. У межах цього блоку заздалегідь розвідані запаси категорії С2, які складають 618 тис. тонн цинку і 265 тис. тонн свинцю.

Олово. Потреби України в олові складають 600...800 тонн на рік. Перспективи відкриття промислових родовищ олова

зв'язуються з рудовмісними структурами Сущано-Пержанської зони. Серед них: рудовиявлення Кар'єр, Західне, Гірське та інші.

Сущано-Пержанська металогенічна зона (СПЗ) є унікальною рідкометальною провінцією, розташованою в краєвій північно-західній частині Українського щита, у області зчленування Припятської з півночі і Белокоровічській і Овручській з півдня, западин рифтогенного характеру, накладених на північну частину Коростенського масиву, складеного утвореннями формацій габбро-анортозитів і гранітів-рапакиви. СПЗ контролюється однойменною лінійною тектонічною структурою північно-східного простягання протяжністю 200 км при ширині 10...30 км. Структура є довго живучою, з активізацією в середньому протерозої, і характеризується проявом різночасного магматизма: від нормальних лейкократових гранітів до лужних гранітів і сієнітів, яким відповідають відповідні метасоматичеські процеси і зруднення [16].

Метасоматити з основною рудною мінералізацією є породами змінного слюдісто-кварц-польовошпатового складу і утворюють тіла жильної, лінзовидної, неправильної форми, що оздоблюють гранітами з блакитним кварцом. З урахуванням кількісного співвідношення породоутворюючих мінералів виділяються наступні їх типи: слюдяно-польовошпатові (69...87 %), істотно польовошпатові (11...26 %), кварц-польовошпатові і польовошпат-кварцеві (2...4 %). Метасоматическі утворення жильної, лінзовидної, неправильної, складної форми містять основну рудну мінералізацію; основні рудні мінерали – гентгельвін, фенакіт, сфалерит, другорядні – циркон, каситерит, колумбіт-танталіт, циртоліт, торит, флюорит, бастнезіт, вольфраміт, галеніт і ін.

Своєрідними для СГТЗ є інтрузивні утворення лужного складу, формуючі слабо родуючий Ястребецький масив ізометричної форми, а також ряд не розкритих ерозією масивів. Ястребецький масив складний метасоматическі зміненими біотітовими, амфіболовими, піроксеновими сієнітами і їх перехідними різницями, по периферії масиву окварцовані з ксенолітом діоритів. З метасоматитами масиву зв'язана комплексна фтор-рідкометально-цирконієва мінералізація.

По особливостях геологічної будови, характеру магматизма, метасоматических процесів і зруднення аналогом Пержанського рудного поля може бути Катугинське комплексне рідкометальне родовище, розташоване в південній частині Східно-сибірської плат-

форми, формування якого зв'язується із завершальними фазами становлення масиву гранітів-рапакиви. Основними промисловими типами рідкометального зруднення (табл.2.2) є:

Таблиця 2.2 – Промислові типи родовищ рідкісних металів Сушано-Пержанської рудної зони

Промисловий тип і підтип	Структура, що вміщає руду	Морфологічні особливості рудних тіл	Особливості руд			Спосіб розробки	Масштаб родовища	Родовище, рудовиявлення
			Текстура	Мінеральний склад	Якість і технологічні властивості			
1. Прожилково-грейзеновий	Апікальні частини масиву лейкогранітів, зони, тріщин	Грейзенові поклади, лінзи, жили, штокверкові зони	Вкраплена, гніздова, масивна	Каситерит (вольфраміт, фенакіт, колумбіт, флюорит, галеніт, монацит, торит, ксенотим)	SnO ₂ - до 0,4 %; WO ₃ - до 0,3 %; Ta ₂ O ₅ - 0,008 %; Nb ₂ O ₅ - 0,08 %; ΣTR - 0,09,0,7%; Y ₂ O ₃ -0,18 %. Технологічні властивості руд вимагають довивчення	Відкритий	Середній	рудовиявлення Західне
2. Польовошпатові метасоматити:								
2.1. Польовошпат-гентгельвіновий	Альбіт-калішпатові метасоматити в разгнейсованих і катаклазі-рованих сублужних гранітах	Лінзо- і жилостворюючі тіла в межах мінералізованих зон	Масивна гнейсовидна, гніздова	Гентгельвін, сфалерит фенакіт (каситерит, колумбіт-танталіт, циркон, галеніт)	BeO – 0,4,0,6 %; руди високотехнологічні; витягання BeO в 5 % концентрат – 90 %.	Відкритий і підземний	Крупне	Пержанське
2.2. Кварц-польовошпатовий рідкометальний	Лінійні зони альбітизації, грейзенізації і окварцовання	Жилоподібні тіла, стрічкоподібні зони протяжністю до 1,5 км	Масивна, вкраплена, гніздова рідко смужчата	Танталіт-колумбіт, колумбіт, каситерит, гентгельвін (циртоліт, самарскіт, циркон, флюорит, іттро-флюорит)	Ta ₂ O ₅ – 0,004...0,038 %, Nb ₂ O ₅ – 0,03...0,3 %, SnO ₂ – 0,01...0,3 %, ΣTR– 0,1...0,3%, Технологія руд вимагає довивчення	Відкритий і підземний	Середнє	рудовиявлення Східне
3. Польовошпатові метасоматити:								
3.1. З рідкометально - рідкоземельною мінералізацією і флюоритом	Тріщини зони, метасоматическі тіла у масиві сієнітів	Штокверкові зони, жилі-лінзоподібні тіла серповидної форми	Прожилкова, вкраплена, гніздова	Циркон флюорит іттро-флюорит бастнезіт паризіт (монацит, апатит)	ZrO ₂ - 0,6 %, ΣTR – 0,17 %, CaF ₂ – 1,5 % Витягання CaF ₂ у 80 % і 98 % концентрат – 60 %; ZrO ₂ у 62 % концентрат – 74 %; TR в 42 % к-т –	Відкритий	Крупне	Ястребіцьке
3.2. З флюоритом	Зони тріщинуватості	Лінійні прожилково-жилні зони	Вкраплена, масивна, брекчієва	Флюорит іттро-флюорит	CaF ₂ - до 28 %; TR – 0,12,0,3% Витягання CaF ₂ у 90 % к-т – 85-90 %	Підземний	Дрібне	рудовиявлення Центральне

1. Прожіяково-грейзеновий. Представлений рудовиявленнями західного флангу Пержанського рудного поля, що контролюються лейкогранітами додаткової інтрузії (порфірами граніту), альбитізованими в цілому і калишпатизированими і грейзенизованими в апікальній частині і по зонах тріщинуватості.

Основним рудним мінералом є каситерит, другорядними – вольфраміт, молібденіт, колумбіт, циртолїт, фенакіт, ксенотим, галеніт, сфалерит, флюорит. На рудовиявленні Західному розкриті оловорудні тіла (мінералізовані метасоматичеські і штокверкові зони) потужністю до 12 м, рідше 116 м, і протяжністю від 50...100 до 300 м. Зміст олова від 0,07 до 0,4 %, іноді 9,9 %, WO_3 – до 0,1...0,3 %, Ta_2O_5 – до 0,008 %, Nb_2O_5 – до 0,08 %, TR – до 0,7 %. Рудовиявлення заслуговують промислової оцінки.

2.2.2 Легкі метали

Алюміній. Україна відноситься до країн, дуже багатих різними видами не бокситової сировини і достатньо бідної по запасах бокситів [17]. Потенційні внутрішні ресурси алюмінійвмісної сировини (залізисті боксити Високопільського родовища в Дніпропетровській області, нефелінові руди в Приазов'ї, закарпатські алуніти, каолін та інші), згідно попереднім техніко-економічним розрахункам, не конкурентноздатні в порівнянні з імпоротною сировиною і не можуть бути рентабельно перероблені на вітчизняних підприємствах за діючими технологіями [17].

Загальні ресурси Високопільського родовища оцінюються в 72 млн. т, в розвідані запаси – в 17 млн. т, необхідно скласти спеціальне техніко-економічне обґрунтування з розглядом всіх можливих варіантів використання сировини, що містить глинозем. Основними мінералами нефелінової сировини є нефелін $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ і каліюфіліт $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$, що знаходяться в ізоморфній суміші з переважанням першого. В Україні нефелінові сієніти представлені маріуполітами і фоятитами Жовтневого масиву Донбасу.

Маріуполіти - складна група нефелінових сієнітів, особливістю яких є комбінація нефеліну з альбітом і переважанням альбіту

над калієвим польовим шпатом. Окрім альбіту і нефеліну, найбільш частими мінералами є егірін, лепідомелан, калієвий польовий шпат.

У *фоятитах* міститься 20...36 % нефеліну, альбіту – до 30 % і 20...25 % калієвого польового шпату. Крім того, в Приазов'ї є Єланчікський масив нефелінових сієнітів з меншим змістом глинозему.

Особливістю лужного масиву Донбасу є наявність рідкометалльних нефелінових руд, що містять тантал, ніобій, цирконій і деякі інші метали. Ці руди можуть розглядатися як комплексна сировина, з урахуванням наявності цих металів.

Тільки на двох родовищах Приазов'я: Мазуровському і Калініно-шевченківському запаси нефелінових руд складають 2,9 мільярдів тонн.

Нефелінові породи Жовтневого масиву значно поступаються рудам, що переробляються в Росії, і концентратам за змістом глинозему і лугів. Разом з тим, значно вищий вміст в них рідкісних і рідкоземельних елементів в помітному ступені підвищує їх цінність.

У маріуполітах ділянки Балка Мазурова пірохлор містить від 1,3 до 10 % рідкоземельних елементів, 52...59,9 % Nb_2O_5 ; 2,4...2,7 % Ta_2O_5 ; 16,7...24,4 % CaO ; 2,4...2,7 % Na_2O .

Лужні алюмосілікати містять такі рідкісні метали, як галій, рубідій і цезій.

Для порівняння приводимо вміст галію в Кія-Шалтирських нефелінових породах Росії складає, приблизно, 22 г/т, в Хібінських – близько 50 г/т, тоді як в маріуполітах – 80 г/т. Зміст рубідію, відповідно, 70; 230; 240 г/т; цезію – не менше 1; 1; 8 г/т.

Значні запаси нефелінових порід виявлені на заході України в Прокуровському масиві Придністров'я, в Антонівському масиві у верхньому Побужжі і в районі м. Вінниці.

Зокрема, Прокуровській масив займає площу близько 12 км², по довжині прослідкував на відстані близько 5 км, в найбільш широкій частині - на 3,3 км. Нефелінові породи займають близько 20...25 % площі масиву. У нефелінових сієнітах Прокуровського масиву міститься 19...21 % Al_2O_3 ; 51...58 % SiO_2 ; 6,4...8,8 % Na_2O ; 3,0...4,1 % K_2O .

Нефелінові породи Західної України в цілому за якістю поступаються рудам Жовтневого масиву. У Закарпатті є крупні родовища алунітових руд і алунітвмісних порід: Беганьське, Березовське, Добросельське і Лопушнянське.

На Державному балансі знаходяться два великі родовища - Беганьське і Березовське з розвіданими запасами алунітових руд, відповідно 290,3 млн. т і 51,4 млн. т. Крім того, в межах Березовського рудного поля налічується майже десять алунітових родовищ і рудовиявлень [3, 5].

Алунітові руди можна здобувати відкритим способом, але недоліком їх є невисокий зміст алуніту (близько 30 %) що приводить до необхідності збагачення.

Мінерал алуніт має формулу: $(K,Na)_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 4Al(OH)_3$. Головними мінералами цих алунітових руд є алуніт, кварц, опал, галуазит, гематит, пірит, барит. В малих кількостях присутні каолініт, рутил, мельніковіт, сфалерит, магнетит, ярозіт, циркон.

У деяких рудах Беганьського родовища зміст опалу досягає 50 %, а глинистих мінералів – до 20...25 %.

Зміст основних компонентів на різних ділянках Беганьського родовища коливається в наступних межах %: 56...60 SiO_2 ; 13,7...15,4 Al_2O_3 ; 12,2...14,2 SO_3 ; 3,5...4,9 Na_2O+K_2O ; 0,75...2,9 Fe_2O_3 ; 0,4...0,6 MgO ; 0,12...0,16 CaO . При цьому в породі присутній, головним чином, луг калію, а зміст Na_2O , звичайно, не перевищує 0,5 %.

Характерними хімічними домішками беганьського алуніту є: пентаоксид фосфору до 0,3 %, оксид цинку 0,045 %. Свинцю до 0,25 % і галію 0,0035 %. Зміст срібла і ванадію складає менше 0,01 %, найчастіше, досягаючи 0,001...0,003 %.

Алуніти Добросельської рудоуправи по складу і кількості хімічних домішок нагадує беганьські. Особливо характерний для них значний зміст пентаоксида фосфору - 0,26 % P_2O_5 і вище 1,42 % зміст оксиду натрію.

Високопільське родовище бокситів складається з десяти покладів і розташовано в південній частині Дніпропетровської області в басейні річок Інгулець і Базалук. Середній хімічний склад бокситів: 38,05 % Al_2O_3 ; 8,55 % SiO_2 ; 28,97 % Fe_2O_3 .

Загальні ресурси Високопільського родовища оцінюються в 72 млн. тонн, а розвідані запаси - в 17 млн. тонн. Необхідно скласти спеціальне техніко-економічне обґрунтування з розглядом всіх можливих варіантів використання сировини, що містить глинозем.

Магній. Магній є одним з найбільш поширених елементів земної кори, його зміст складає 2,35 % від її маси. У мінералах, що найбільш часто зустрічаються, міститься магнію (% по масі), табл.2.3 [18,19].

Таблиця 2.3 – Склад і властивості деяких магнієвих мінералів

Мінерал	Хімічна формула	Зміст % мас.		Питома вага г/см ³	Твердість по Моосу
		MgO	Mg		
Карбонати магнію					
Магнезит	MgCO ₃	47,8	28,8	2,9...3,1	3,75...4,25
Доломіт	MgCO ₃ ·CaCO ₃	21,8	13,2	2,8...2,9	3,5...4,0
Хлориди магнію					
Бішофіт	MgCl ₂ ·6H ₂ O	19,9	12,0	1,6	1,0...2,0
Карналіт	KCl·MgCl ₂ ·6 H ₂ O	17,8	8,8	1,6	2,5
Сульфати магнію					
Кізерит	MgSO ₄ ·H ₂ O	29,2	17,6	2,6	3,5
Каїніт	MgSO ₄ ·KCl·3H ₂ O	16,2	9,8	2,2	2,5...3
Силікати магнію					
Серпентин	3MgO·2SiO ₂ ·2 H ₂ O	43,6	26,3	2,6	3...5,5
Форстерит	Mg ₂ SiO ₄	57,3	34,6	3,2	6,5...7
Гідрат окислу магнію					
Брусит	Mg(OH) ₂	69,1	41,6	2,4	2,5

Близько 3,7 % магнію від загальної кількості магнію, що міститься в земній корі, знаходиться у вигляді розчинних з'єднань (хлористого і сірчаноокислого магнію) в морській воді. Основною промисловою сировиною для отримання магнію є: магнезит, доломіт, карналіт, а також хлористий магній, що міститься в морській

воді, у воді соляних озер і різних розсолах - відходах соляної промисловості, головним чином калійної. Хлористий магній ($MgCl_2$) міститься в карналіті, бішофіті, морській воді і воді соляних озер, а також в деяких відходах хімічної промисловості (наприклад, відхідні хлормagneєві луги).

Карналіт - природний мінерал, подвійний хлорид калію і магнію. У чистому вигляді карналіт білого кольору, але звичайно забарвлений домішками в рожевий, жовтий або сірий колір.

Природні розсоли і морська вода. Велика кількість магнію знаходиться в морській воді. В середньому в 1 кг морської води міститься 2,8 г $MgCl_2$; 1,7 г $MgSO_4$; 0,1 г $MgBr_2$. У воді океанів міститься 0,38 % (по масі) $MgCl_2$ і 0,17 % інших солей магнію. У Чорному морі зміст розчинених солей складає 1,86 %, в т.ч. $MgCl_2$ - 0,16 %; $MgSO_4$ - 0,12 %; NaCl - 1,45 %; KCl - 0,04 %; $CaSO_4$ - 0,06 %; $MgBr_2$ - 0,003 %. У Криму розташовані два озера, що містять сульфати і хлориди магнію: Сакське і Сасик-сивашське. На Сакському озері проводять хлористий магній, бром і куховарську сіль. Експлуатація цього озера, зв'язаного протокою з морем, є типовим прикладом комплексного використання морської води. Аналогічним чином переробляється ропа з низьким початковим змістом хлористого магнію розташованого поблизу великого Сасик-сивашського озера. Склад ропи Сакського і Сасик-сивашського озер приведений в табл.2.4 [18, 19].

Таблиця 2.4 – Склад ропи Кримських озер і затоки Сиваш

Водоймище	Площа м ²	Сума солей ваг. %	Зміст, вага. %					
			$MgCl_2$	NaCl	KCl	$MgSO_4$	$CaSO_4$	$MgBr_2$
Сакське	8	11,4	1,9	7,8	0,4	0,9	0,3	0,1
Сасик-сивашське	71	9,4	1,2	6,9	0,1	0,7	0,4	0,1
Генічеське	12	22,1	3,8	14,3	0,5	3,5		
Залив Сиваш. Зокрема:	2500	19,3						
Западна частина		14,8	1,5	11,5	0,4	1,0	0,4	-
Східна частина		4,5	0,4	3,7	-	-	0,3	0,1

Могутнім потенційним джерелом отримання магнієвих солей є затока Сиваш (Азовське море). Сиваш сполучається з Азовським морем через Генічеській протока, ширина якої всього лише 120 м, а глибина 2...4 м. Утруднений обмін вод, посушливий клімат Криму і мілководність Сивашу (максимальна глибина 1,25 м) створюють сприятливі умови для концентрації його ропи. У Сиваші вода містить в середньому близько 2 % солей магнію. Запаси солей в Сиваші складають близько 190 млн. т. Ці запаси весь час поповнюються за рахунок притоки води з Азовського моря.

На Арабатській стрілці розташовано Генічеське озеро, сполучене з Сивашем каналом з шлюзами. Склад ропи Генічеського озера приведений в таблиці 2.4.

В результаті природного випаровування в спеціальних басейнах зміст $MgCl_2$ підвищується до 23...25 %. Після вогняної або вакуумної випарки виходить бішофіт.

На території України є бішофітові родовища: Новополтавське родовище (Чернігівська область); Затурінське і Східно-полтавське (Полтавської області).

Новополтавське родовище має запаси магнієвої сировини до 52,0 млн. т (категорії C1) і 172,0 млн. т (категорії C2). Глибина залягання – 2260...2387 м. Здобувається способом підземного вилуговування. Хімічний склад % (по масі): $MgCl_2$ – 26,0; $NaCl$ – 2,0; KCl – 2,3; $MgSO_4$ – 2,3; $CaSO_4$ – 0,05; KBr – 0,3; H_2O – 67,0; інші – 0,05.

Полтавські родовища мають загальні запаси більше 4 млрд. тонн (в т.ч. А+В – 22,237 млн. тонн). Глибина залягання близько 2000 м. Здобувається способом підземного вилуговування. Хімічний склад % (по масі): $MgCl_2$ – 27,33; $NaCl$ – 0,69; KCl – 0,55; $MgSO_4$ – 1,0; $CaSO_4$ – 0,03; H_2O – 70,4.

Магнезит - природний карбонат магнію, забруднений домішками з'єднань кремнію, заліза, алюмінію, кальцію і марганцю. На території України відоме Правдінське родовище, розташоване в Дніпропетровській області на р. Мокра Сура в районі села Сурське. Загальні запаси 107,8 млн. т. Вихід талько-магнезитового продукту (концентрату) складає близько 50 %. Хімічний склад % (по масі): MgO – 34...35; SiO_2 – 26...32; CaO – 0,26...0,52; Fe_2O_3 – 5...6; інші – 25...34.

Доломіт - подвійний карбонат магнію і кальцію. Застосовується для виробництва магнію силікотермічним способом. На території України розвідані родовища: Ново-Троїцько-Еленовське і Стильське (Донецька область). Запаси 180 млн. т. Хімічний склад Ново-Троїцько-Еленовського родовища % (по масі): MgO – 18,7...20,9; SiO₂ – 0,4...0,7; CaO – 30,6...33,4; Fe₂O₃ – 0,5...1,8; Al₂O₃ – 0,3...0,4; Mn₃O₄ – 0,014...0,08; інші – 45,1...47,2.

Хімічний склад Стильського родовища % (масі): MgO – 20,0...21,2; SiO₂ – 0,2...1,5; CaO – 30,0...31,0; Fe₂O₃ – 0,4...2,0; Al₂O₃ – 0,4...2,0; Mn₃O₄ – 0,2...0,3; інші – 45...47,1.

2.2.3. Благородні метали

Золото і срібло. У Україні виділяються три золотоносні провінції: Карпати, Донбас і Український щит [20-22]. Карпати є однією з найбільш досконально вивчених провінцій. Тут розвідані запаси золота в кількості майже 55 тонн - Мужієвське родовище і родовище Сауляк.

Мужієвське золото-поліметалеве родовище введено в промислове освоєння в 1999 році. Безпосередньо до Мужієвському родовища прилягає Береговське золото-поліметалеве родовище, що має руди аналогічного складу. У межах єдиного гірського відведення Мужієвського шахтного поля вже на першому етапі можна довести запаси до 80...100 тонн золота, 1000 тонн срібла і близько 2,5 мільйонів тонн свинцю і цинку. Руди Мужієвського родовища є рудами рудних формацій – золото-кварцової, золото-кварцової березитової, аргілізитової, адулярової, комплексної золото- і срібло-поліметалевої. У Березівським районі на базі розвіданих запасів Мужієвського родовища вже діє золото-поліметалева копальня і збагачувальна фабрика. Об'єм оцінених за останні роки перспективних ресурсів золота і супутніх компонентів на прилеглих площах (Березівське, Квасивське і Біганське рудні поля) є не менше об'єму розвіданих запасів.

Родовище Сауляк заздалегідь розвідане двома горизонтами штольневих вироблень, з поверхні - розчищеннями. Виявлені і розвідані поки що три рудні тіла. Прогнозується одержати ресурсів ка-

тегорії P1 об'ємом 35 тонн і категорії P2 - 65 тонн. За попередніми оцінками фахівців, загальні ресурси Карпатської провінції визначаються: золото - 400 тонн, срібло - 5,5 тис. тонн, свинцю - 2,7 млн. тонн, цинку - 5,3 млн. тонн.

Золотоносність Донбасу вивчається давно, але через відсутність ґрунтовних досліджень немає однозначної оцінки. Загальні прогнозні ресурси Донбасу визначаються в 400 тонн золота. Тут відкрито невелике по запасах Бобріковське родовище золото-сульфідних руд. Золоторудні об'єкти в Донецькому регіоні виявлені в черносланцевих товщах карбону, і належать вони до золото-сульфідно-кварцової і комплексної золото- і срібло-поліметалевих формацій. Зруднення молодше, багатоярусне локалізується в дислокованій верстуватій товщі. Рудні тіла малопотужні, згодні або ділимі щодо порід, що містяться. Найпродуктивнішим є Нагольний рудний район (Нагольно-Тарасівське, Ніжненагольчанське, Бобріковське, Есауловське рудні поля). Найбільш вивченим об'єктом в цьому районі є Бобріковське родовище, де зруднення прослідкувало на глибині 750...1200 м. За даними проведеної оцінки прогнозних ресурсів останніх років в Бобріковському рудному районі перспективи нарощування запасів порівняно невеликі.

Головною золотоносною провінцією України є Український щит, загальні прогнозні ресурси якого визначаються в 2400 тонн золота. Тут найдосконаліше вивчені шість родовищ: Травневе, Кліщовське, Юрьєвське, Сергієвське, Балка Золота і Балка Широка. Ресурси, оцінені в їх межах, складають більше 620 тонн золота.

Платіноїди. В даний час в Україні немає розвіданих запасів металів платинової групи. Невідомі також конкретні ділянки для відкриття родовищ, хоча є досить високі загальні перспективи платіносності різних геологічних формацій.

2.3.4 Рідкісні метали

Літій. Україна має значні запаси і перспективні ресурси літію. Орієнтовно потреби в карбонаті літію складають (з розрахунку на метал) 100...200 тонн. Прогнозується збільшення потреби в петали-

товом концентраті для виробництва спеціального скла і кераміки - до декількох десятків тисяч тонн [23, 24].

Проведена оцінка Шевченківське родовище літєвих руд в Запорізькій області і складено порівняльну техніко-економічну думку Полохівського родовища літію в Кіровоградській області. За економічними показниками ці два родовища заслуговують промислового освоєння, але по більшості критеріїв Полохівське родовище має ряд переваг.

Освоєння Полохівського родовища петалитових руд могло б не тільки забезпечити потреби в літії різних галузей промисловості, але і збільшити його експортний потенціал.

Всі вони пов'язані із заміщеними пегматитами і характеризуються комплексним складом руд. На Шевченківському родовищі заміщені пегматіти представлені рудами такого складу: альбіт-сподуменові, альбіт-мікроклін-петалит-сподуменові, мікрокліни; на рудних об'єктах Кіровоградського блоку – сподумен-петалитові руди [23].

По кількості розвіданих запасів і перспективних ресурсів руд літію Україна в даний час займає перше місце в Європі (включаючи європейську частину Російської Федерації). Ця кількість ресурсного потенціалу літєвої сировини дасть можливість повністю забезпечити не тільки потреби промисловості України, але і потреби західноєвропейського ринку.

Берилій. На Україні розвідано Пержанське берилієве родовище (центральна частина Пержанського рудного поля), що відноситься типу, мікрокліна родовищ з гентгельвіном. Зруднення розвинене в лужних гранітах і метасоматитах і представлене гентгельвіновими і фенакітовими рудами, що зустрічаються як спільно, так і відособлено один від одного. Фенакітове зруднення приурочене до зон окварцювання серед апогранітів, дрібнозернистих гранітів і розміщується звичайно в периферичних частинах ділянок гентгельвінових руд. Гентгельвінове зруднення контролюється різними метасоматитами – альбіт-калійшпатовими, польовошпатовими, кварц-сідерофілітовими.

Вони локалізуються в зонах, приголосних з домінуючими структурними елементами Суццансько-Пержанської зони (північно-східне простягання – $70...80^\circ$ і північно-західне падіння – $40...70^\circ$). Кожна рудна зона протяжністю до 5 км при ширині 35...100 м представлена зближуваними приголосними тілами метасоматитів, розташованими кулісоподібно. Потужність рудних тіл від перших метрів до 20...30 м. Морфологія рудних тіл складна (характерні роздування, тупе виклинювання). Рудні тіла оздоблюють смугою 5...30 м гранітів з новоутвореним блакитним кварцом [16].

Фенакітове зруднення, що формується на ранній стадії мінералоутворення, представлене як головний рудний мінерал фенакітом, як акцесорні присутні каситерит, колумбіт, циркон. Руди бідні, зміст BeO не перевищує 0,1%.

Гентгельвінове зруднення, що формується при подальшому розвитку метасоматичних процесів (пізній лужний метасоматоз, грейзенизація), представлене широким спектром рудних мінералів: гентгельвіном (4-х генерацій), фенакітом, каситеритом, циртолітом, флюоритом, колумбітом, вольфрамітом, бастнезітом, сфалеритом, галенітом, торитом. У метасоматитах відбувається накопичення (до рудних концентрацій) великої кількості рідкісних елементів – Nb, Ta, Sn, Zn, TR, Th, Li, Rb, Cs, Pb, Mo, F і ін.

Берилій на 97...99 % пов'язаний з двома мінералами: гентгельвіном (до 97 %) і фенакітом (до 2.3 %). Середній вміст BeO в рудах – 0,55 %.

Руди є високотехнологічними. На лабораторних і напівпромислових пробах відпрацьована ефективна технологічна схема збагачення руд з отриманням кондиційного берилієвого концентрату II сорту.

Оптимальною є комбінована радіометрично-флотаційна схема, яка дозволяє одержати з руди із змістом BeO – 0,37 % гентгельвіновий концентрат, що містить BeO – 5,15 %, при витяганні 90 %. Збагачення руди проводиться по схемі: грохочення початкової руди; дроблення до $50 +25$ мм; сортування по класах : $-200 +100$; $-100 +75$; $-75 +50$; $-50 + 25$ мм; радіометричне збагачення з виходом хвостів 40 %; подрібнення до 0,1 мм; основна і контрольна

флотація з виходом хвостів флотації – 53,7 %; чотири перечищення промпродуктів; згущування, фільтрація, сушка і отримання концентрату (вихід 6,3 %) із змістом BeO 5 %. Зведені показники збагачення приведені в табл.2.5.

Таблиця 2.5 – Зведені показники збагачення

Найменування продуктів Збагачення	Вихід, % до початкової руди	BeO	
		зміст, %	Витягання, % до початкової руди
Концентрат	6,3	5,0	90
Хвости загальні	93,7	0,037	10
в т.ч. Хвости сортування	40	0,02	2,3
Хвости флотації	53,7	0,05	7,7
Початкова руда	100	0,35	100

Якість концентрату, %: BeO – 5; SiO₂ – 37; Al₂O₃ – 2,9; Fe₂O₃ – 5,6; FeO – 5,9; TiO₂ – 0,8 %; CaO – 4,3; MgO – 3,9; Na₂O – 0,5; K₂O – 1,0; CaF₂ – 5,9 ; S – 2,0; ZnO – 19,2; CO₂ – 3; інші – 5. У концентраті присутні як домішки – Fe, Mn, Ta, Nb, Zr, U (0,004 %), Th (0,4 %), TR – 0,3 %, Cd – 0,05 %.

По даній технологічній схемі можлива рентабельна переробка забалансових руд. При переробці руд із змістом BeO 0,3 % одержаний берилієвий концентрат, флотації II сорту (BeO – 5,8 %), при витяганні від руди 85,5 %. Крім того, доведена можливість переробки бідних фенакітових руд. При переробці фенакітових руд із змістом BeO 0,04...0,08 %, одержані концентрати із змістом BeO 2,4...2,6 % при витяганні 78...80 %, а з додатковими перечищеннями одержані концентрати із змістом BeO 5,8...6,6 % при витяганні 70...76 %.

Попутними корисними компонентами в гентгельвінових рудах, враховуючи їх якісний склад, є цинк і хвости збагачення (кварц-польовошпатовий продукт). При фотонейтронному сортуванні сульфідні скидаються в хвости (із змістом BeO <0,03 %). Для поліпшення якості берилієвого концентрату рекомендується проведення попередньої сульфідної флотації. При цьому показана можливість отримання сульфідного концентрату з 16...32 % Zn, при ви-

тяганні 37...42 % і 5...18 % Pb при витяганні 81...95 %. Сульфідний концентрат забруднений BeO (0,7...0,9 %), тому при його подальшій переробці необхідно передбачати додаткові операції по очищенню. Це, проте, не позначається на економії отримання і переробці сульфідного концентрату. Переробка берилієвого концентрату, як показали напівпромислові випробування, можлива по найбільш вживаній в практиці для концентратів аналогічної якості фторидної схемі, яка передбачає спікання брикетів з суміші концентрату і фториду натрію, а також заліза (при температурі 650...700 °C), подальше водне вилуговування спека, осадження гідроксиду берилія за допомогою каустичної соди, фільтрації розчину і прожарення осаду з отриманням оксиду берилію. Випробування проводилися на Донецькому хіміко-металургійному заводі. Витягання берилію з концентрату склало 92 %.

Таким чином, порівняно з геолого-технологічними особливостями берилієвих руд родовищ інших основних промислових типів (берилієвих, флюорит-бертрандитових, флюорит-бертрандит-фенакітових формацій) гентгельвінові руди мають явні переваги. Це крупні запаси руд, з високою їх флотованістю, незначним змістом шкідливих домішок і легкої розкриваємості берилієвих концентратів.

Вольфрам. Потреби України у вольфрамовій продукції в найближчій перспективі складають 435...480 тонн. Останніми роками в Східному Приазов'ї визначені перспективні прояви вольфраму [25].

Підвищений вміст вольфраму на Миколаївській ділянці, розташованій в зоні безпосереднього контакту Криворожсько-Кременчуцької смуги і Інгуло-Інгулецького синклінорію по розломній зоні. Потужність вольфрамвмісних пластів варіює від 3 до 20 м, вміст вольфраму в них від 0,01 до 1,0 %. Вольфрамова мінералізація представлена шеелітом і вольфрамітом.

Головковське рудовиявлення розташоване в північній частині Ігуло-Інгулецького району. Одній з свердловин визначено вміст вольфраму досягає 0,7 %. Окрім вольфраму, присутня мідь (до 0,2 %), нікель (до 0,02 %) і молібден (до 0,012 %).

Цікавою представляється площа, включаючи ділянки Кичиксу, Кирилівська і Вербовська і що знаходиться в північній частині

Жовтневого розлому в Приазовському блоці. У одній свердловині встановлені зміст вольфраму до 0,47...0,72 %.

Таким чином, можна констатувати, що вольфрам в надрах Українського щита є, а на деяких ділянках – в кількостях, близьких до промислових [25].

Молибден. Україна не має розвіданих родовищ молибдену, і всі потреби забезпечуються постачаннями з країн СНД. Проте у межах Українського щита є перспективні площі і навіть конкретні перспективні родовиявлення, підготовлені до розвідки і подальшого освоєння. Це, в першу чергу, Вербінське і Устіновське родовиявлення в північно-західній частині Українського щита і Східнесергієвське родовиявлення в Середньому Придніпров'ї. Останніми роками у Східноприазовському блоці Українського щита в субвулканічних структурах виявлені родовиявлення молибдену, вольфраму, вісмуту, свинцю, срібла і інших металів. Виявлення нового перспективного типу вольфрам-молибденового зруднення значно збільшує перспективи України відносно відкриття власних промислових родовищ вольфраму і молибдену.

Тантал і ніобій. Україна володіє значними ресурсами танталу і ніобію в північно-західній частині Українського щита, у межах Кіровоградського блоку і в Приазов'ї. Найгрунтовніше вивчені об'єкти Приазов'я, що мають значні ресурси і запаси, а також сприятливі горно-геологічні і гідрогеологічні умови для їх розробки. За умови комплексного використання цих запасів (здобичі цирконію, нефеліну, польового шпату) родовище може рентабельно експлуатуватися [26-29]. Найдоскональніше вивчено значне за розмірами Мазуровське родовище, розташоване в Донецькій області поряд з Донецьким хіміко-металургійним заводом.

Середнє за масштабами запасів Мазуровське родовище приурочене до північно-східної частини Жовтневого масиву лужного і нефелінового сієніту. Перспективною для приросту запасів родовища є ділянка з оціненими ресурсами: Східна. Центральна (Калино-шевченківська), Західна, Південна, Волновахська. Руди пірохлор-цирконій є комплексною сировиною для ніобію, танталу, цирконію. Мазуровське родовище нефелін-рідкометалевих руд знахо-

диться у Волновахському районі Донецької області в 12 км на південь від районного центру і залізничної станції Волноваха.

Родовище приурочене до Жовтневого лужного масиву знаходиться в північно-східній його екзоконтакті і представлено складним петрологічним складом: маріуполіти, мікроклін-нефелінові пегматити, альбіти, сієнітові пегматити, метасоматити. Верхній поклад родовища виходить на поверхню. Середній хімічний склад руди верхнього покладу показаний в табл.2.6.

Таблиця 2.6 – Середній хімічний склад руди верхнього покладу Мазурівського родовища, %

Компонент	Змішані руди	Міцні руди	Середній склад (дані за 1994 р.)
SiO ₂	58,4	57,8	57,8
Al ₂ O ₃	22,5	21,5	22,0
Fe ₂ O ₃ , заг.	3,2	3,4	3,4
Na ₂ O+K ₂ O	9,9	12,7	7,1+ 3,4

Примітка: змішані руди - рихлі і вивітрені руди; міцні руди - не вивітрені руди.

Мінералогічний склад руд складний і непостійний, технологічні властивості також непостійні, у зв'язку з різноманітністю і змінним співвідношенням петрографічних різновидів рудних порід, табл.2.7.

Таблиця 2.7 – Співвідношення основних різновидів рудних порід верхнього покладу Мазурівського родовища, %

Різновид порід	Змішані руди	Міцні руди	Середній склад (дані за 1994 р.)
Маріуполі	40,9	53,8	61,1
Мікроклін-нефеліновий Пегматит	40,8	36,5	24,7
Сієнітовий пегматит	3,5	2,9	0,5
Альбіти	13,3	3,1	9,1
Альбіт-слюдистий Метасоматит	13,3	3,1	3,9
Безрудні прошарки	1,3	3,7	н/о

Середній вміст основних компонентів в руді складає, %: оксиду алюмінію - 20,5; оксиду кремнію - 56,3; оксиду калію - 3,71; оксиду натрію - 7,32; оксиду заліза - 4,48; пентаоксиду танталу - 0,0064; пентаоксиду ніобію - 0,14; оксиду цирконію - 0,545; суми рідкісних земель - 0,065 (скандію - 0,001).

Носіями глинозему і лугів є декілька породостворюючих мінералів: польові шпати (мікроклін, альбіт), нефелін, фельдшпатоїди (содаліт, канкритит), темнокольорові силікати (егірін, лепідоліт). Глинозем міститься, головним чином, в нефеліні (32...33 % Al_2O_3), фельдшпатоїдах (29...32 % Al_2O_3), польових шпатах (18,4...19,4 % Al_2O_3) і в меншій мірі в лепідомелані (12...15 % Al_2O_3). У нефеліні міститься 0,01 % оксиду галію, у польових шпатах - 0,01 %. Луги також розподілені по декількох мінералах. Оксид калію зосереджений в основному в мікроклін-пертиті (12,5 % K_2O) і в меншій мірі в лепідомелані (8...9 % K_2O), нефеліні (до 5 % K_2O); оксид натрію присутній в альбіті (10,5 % Na_2O), нефеліні (7...17 % Na_2O), фельдшпатоїдах (канкретиті – 18...21 % Na_2O , содалиті – 24 % Na_2O), егірині (9...13 % Na_2O).

Морфологічні особливості і технологічні властивості породостворюючих мінералів змінюються залежно від вміщаючого їх різновиду рудних порід. Мікроклін-пертит (калієвий польовий шпат) зустрічається як в крупних кристалах, так і в дрібнозернистій масі. У маріуполітах розвинений дрібнозернистий мікроклін-пертит. Зерна неправильної форми знаходяться в тісних зростках з альбітом і іншими мінералами. Такий мікроклін важко виділити в окремий продукт. Альбіт (натрієвий польовий шпат) загалом, одноманітний, має дрібнозернисту зовнішність у всіх рудних породах родовища - маріуполітах, альбітах, альбітизованих ділянках пегматитів; знаходиться в тісній асоціації з рідкометальними і рудними мінералами, що визначає специфіку його витягання в технологічний продукт.

Особливий морфологічний тип польового шпату характерний для сієнітових пегматитів. У них розвинений грубозернистий калій-натрієвий польовий шпат антипертитової будови, що є тісним взаємним проростанням альбіту і мікрокліна в рівному або близькому до цього співвідношенні із змістом 5...6 % K_2O і 4...6 % Na_2O . Для

цих порід можливо отримання лише колективного польвошпатового продукту із співвідношенням калію і натрію біля одиниці.

Нефелін і фельдшпатоїди розвинені в мікроклін-нефелінових пегматитах і в меншій мірі в маріуполітах. Їх гравітаційні властивості непостійні, тому вони концентруються як в мікрокліновий, так і в альбітовий продукти.

Темнокольорові силікати – егірин і лепідомелан розвинені практично у всіх різновидах рудних порід родовища. У мікроклін-нефелінових пегматитах вони мають великокристалічну зовнішність; у маріуполітах, альбіт-слюдістих породах – характеризуються дрібнозернистими формами і тісним зрощенням з породостворюючими і рудними мінералами.

Рідкометалеві мінерали приурочені в основному до дрібнозернистих різниць порід - маріуполітам, альбітам і іншим. Для них характерна переважно дрібнокристалічна зовнішність, що визначає специфіку їх технологічного витягання. В період 30-х середини 60-х років минулого сторіччя в процесі переробки верхнього покладу Мазурівського родовища витягувався цирконовий концентрат, вихід якого складав близько 0,5 %. Решта частини складалася в хвостосховищі. Тому склад лежалих хвостів практично відповідає складу початкової руди верхнього покладу. У роки експлуатації родовища всього накопичено близько 900 тис. т хвостів, табл.2.8.

Таблиця 2.8 Хімічний склад різновиду порід хвостосховища, %

Компонент	Пісок	Пісчано-алеґвітісті відкладення	Суглинок
SiO ₂	60,0	56,9	52,8
TiO ₂	0,5	0,7	0,5
Al ₂ O ₃	20,4	21,3	22,9
Fe ₂ O ₃	4,0	5,3	6,7
CaO	0,7	1,2	2,0
MgO	0,6	1,0	1,2
Na ₂ O	4,3	4,7	3,03
K ₂ O	5,9	4,4	3,4
SO ₃	0,07	0,05	0,06
Втрати при прожаренні	3,21	4,1	7,1
Nb ₂ O ₅	0,09	0,1	0,09
ZrO ₂	0,23	0,25	0,22

Мінералогічний склад лежалих хвостів показаний в табл.2.9.

Таблиця 2.9 – Мінеральний склад лежалих хвостів, %

Мінерал	Зміст, %
Мікроклін-пертіт	38,5
Альбіт	30,0
Нефелін	16,1
Глинисті	4,0
Лепідомелан	4,56
Егірин	4,45
Циркон	0,35
Пірохлор	0,14
Гідроксиди заліза	1,2
Інші	0,7

Мінерали лежалих хвостів по складу і деяким фізичним властивостям відрізняються від таких корінних порід Мазурівського родовища. Це обумовлено їх зміною в корі вивітрювання верхнього покладу і в агресивних поверхневих умовах хвостосховища.

Основну цінність в лежалих хвостах представляють польові шпати, нефелін, циркон і пірохлор. Польові шпати і нефелін є дефіцитною сировиною для керамічної і скляної промисловості, використовувані як плавня, а також для підвищення якості керамічних виробів і скла. Загальний зміст їх складає 84,6 %, зокрема мікроклін-перліту (калієвого польового шпату) - 38,5 %, альбіту (натрієвого польового шпату) - 30 %, нефеліну і фельдшпатоїдів – 16,1 %, Аналогічну цінність представляють також глинисті мінерали – 4 %. Як попутні, але вельми цінні продукти, представляють циркон (цирконій і гафній) - 0,35 % і пірохлор (ніобій і тантал). До «порожньої породи» відносяться залізисті мінерали лепідомелан – 4,7 %, егірин – 4,45 %, гідроксиди заліза – 1,2 %.

У приведеній нижче характеристиці мінералів відмічені в основному їх особливості в порівнянні з мінералами початкових корінних порід.

Мікроклін-пертіт знаходиться у вигляді зерен величиною від сотих доль до 2...3 мм, переважно 0,3...1 мм. Щільність 2,56...2,58 г/см³, немагнітний. У його хімічному складі міститься 12...13 % ок-

сиду калію, 1,5...2,5 % оксиду натрію, 18,6 % глинозему. Особливість мікроклін-пертіту, як і інших мінералів лежалих хвостів, на відміну від їх аналогів з корінних порід, в тому, що зерна покриті якнайтоншою плівкою гідроксидів заліза. Ця плівка утворилася в результаті тривалого зберігання в об'ємі хвостосховища. У загальному, кількість «плівкового» триоксиду заліза на мікроклін-пертіті досягає 0,3...0,4 %.

Альбіт на відміну від мікроклін-пертіту характеризується дрібнозернистою будовою. Пластинчасті і призматичні кристали по величині рідко досягають 1...2 мм, переважно 0,2...0,5 мм. Щільність альбіта 2,62 г/см³, немагнітний. У хімічному складі містить 10 % оксиду натрію і 19,4 % глинозему. Кількість «плівкового» гідроксиду заліза досягає 0,3...0,4 %.

Нефелін і інші фельдшпатоїди (кенкриніт, содаліт) в пробах лежалих хвостів знаходяться у вигляді зерен величиною від сотих доль до 1...2 мм, а також в агрегатах з дрібнозернистим альбітом і в меншій мірі з іншими мінералами. В умовах агресивному водному середовищу Мазурівського родовища ці мінерали виявилися вельми нестійкими, сильно змінені, причому різною мірою. Часто зерна мають вид гелеподібних виділень закругленої форми. Щільність цих мінералів варіює від 2,4...2,5 г/см³ до 2,62 г/см³ (незмінений нефелін); мінерали немагнітні. Склад мінералів варіює у великому інтервалі. Кількість лугів міняється від 1...2 % до 10...22 %, кількість глинозему 29...37 %. Сильно змінений нефелін по суті є вже глинистими мінералами – переважно галузит.

Глинисті мінерали-продукти зміни нефеліну і інших фельдшпатитів складають основну частину шламів. У агрегатах з іншими мінералами (нефеліном, альбітом і ін.) присутній і в зернистій частині проби. У хімічному складі лугу практично відсутні, кількість глинозему складає 34...37 %.

Лепідомелан присутній у вигляді лусок і пластинчастих кристалів величиною від сотих доль до 2...3 мм, переважно 0,2...1,0 мм. Мінерал різною мірою змінений. Особливо сильно змінені дрібні луски. Колір варіює від темно-коричневого до бурого і золотистого, щільність міняється від 2,9 г/см³ до 2,6 г/см³; магнітні властивості мінливі, так що мінерал концентрується в електромагнітні фракції

при середньому і сильному полі і частково залишається в неелектромагнітній фракції.

Хімічний склад лепідомелану сильно міняється в умовах агресивних поверхневих вод. З його решітки виноситься залізо і калій. Зміст суми оксидів залозі міняється від 25 до 3...5 %; оксиду калію – в межах 3...8 %.

Егірін знаходиться у вигляді зерен переважно голчатої форми і в агрегатах з іншими мінералами. Слабо магнітний. Щільність 3,3...3,4 г/см³, електромагнітний в сильному і середньому полі. У хімічному складі міститься 25...28 % триоксиду заліза, 6...8 % оксиду натрію.

Циркон зустрічається у вигляді дрібних кристалів розміром від сотих доль до 0,3 мм і їх агрегатів з іншими мінералами. Крупніший циркон був витягнутий в процесі переробки руди. Форма кристалів діпірамідальна, близька до ізометричної. Мінерал стійкий в умовах кори вивітрювання. Щільність 4,7 г/см³, немагнітний. По хімічному складу циркон містить 65 % діоксиду цирконію і 0,6...0,8 % діоксиду гафнію, сума рідкісних земель - 0,7...0,95 %, (зокрема: 1,8 % лантану, 5...8 % церію, 1,4 % празеодиму, 3,3 % неодиму, 3,1 % самарію, 0,2 % європію, 7,8 % гадолінію, 23,4 % диспрозію, 1,6 % тербію, 8 % гольмію, 19,5 % ербію, 3,1 % тулію 19,5 % ітербію, 3,7 % лютецію, 0,8...0,9 % гафнію і 0,005 % скандію).

Пірохлор присутній у вигляді дрібних октаедричних кристалів величиною від сотих доль до 0,2 мм. Декілька змінений в поверхневих умовах. Колір міняється від бурого і жовто-бурого до ясно-жовтого, майже безбарвного. Щільність 3,9...4,2 г/см³. Електромагнітен в сильному полі до немагнітного. У хімічному складі містить 60...65 % пентаоксиду ніобію, сума рідкісних земель складає 8,52 % (15,0 % лантану, 52,5 % церію, 1,3 % празеодиму, 21,6 % неодиму, 1,3 % гадолінію, 0,3 % європію), пентаоксиду танталу – 3,1...3,9 %, оксиду торію - 0,1...0,55 %, оксиду урану - 0,97...1,23 %.

Гідрооксиди заліза розвинені у вигляді агрегатних створюваних - псевдоморфоз по магнетиту, сульфідам, а також тонких плівок на поверхні породостворюючих мінералів. Агрегатні утворення звичайно землистої зовнішності. Часто вони знаходяться в зрощен-

нях з темнокольоровими мінералами, іноді польовими шпатами і нефеліном, і створюють слабо магнітні вторинні утворення. В середньому і сильному магнітом полі концентруються в магнітну фракцію. Крім перерахованих мінералів в невеликій кількості присутні флюорит, кварц, змінений ільменіт і лейкоксен; у одиничних зернах зустрічаються бриолит, рутил, баделеїт.

До рішення задачі залучення у виробництво нефелінових порід Мазурівського родовища приступали кілька разів у різний час. У 1963-1964 рр. в Казахському політехнічному інституті [28] і в Інституті мінеральних ресурсів СРСР (ІМР СРСР) проводилися комплексні дослідження по переробки нефелінових сієнітів перш за все з метою отримання глинозему, а також рідкісних металів. Методами збагачення, зокрема, флотації - добилися отримання некондиційного рідкометального пірохлор-цирконового концентрату. Хвости від флотації, що містять глинозем - нефелін, польові шпати і ін. пропонувалося направляти на гідрохімічну переробку методом В.Д. Пономарева-Сажіна В.С. В лабораторних дослідах одержані прийнятні для витягання глинозему і інших цінних складових (сода, поташ) показники. Методом селективного хлорування добилися отримання цирконового, ніобій-танталового і рідкоземельних концентратів [28].

Напівпромислові випробування схеми, флотації збагачення, проводилися в 1964-1965 рр. на тонко вкраплених пірохлор-цирконових рудах, представлених польовими шпатами (68,9 %), нефеліном (18,7 %), продуктами зміни польового шпату і нефеліну (3,8 %), егірином (3,2 %), біотитом (2,9 %), а також в незначних кількостях цирконом (0,5 %), пірохлором (0,1 %), флюоритом (0,2 %), ільменітом і магнетитом. За даними хімічного аналізу в руді міститься 0,075 % п'ятиокиси ніобію; 0,436 двоокиси цирконію; 58,4 кремнезему; 20 глинозему; 1,2 окисли кальцію; 0,9 окисли магнію; 2,4 оксидів заліза; 0,4 двоокиси титану; 14,7 суми лугів і 2,7 % втрати при прожаренні.

Результати товарного випробування схеми, флотації, приведені в табл.2.10.

Таблиця 2.10 – Розподіл ніобію і цирконію і склади продуктів переробки нефелінових порід Мазурівського родовища

Продукт	Вихід, %	П'ятиокис ніобію, %		Двоокис цирконію, %	
		Зміст	Витягання	Зміст	Витягання
Чорновий концентрат	9,0	0,36	47,6	4,5	92,5
Помпродукт 1	16,2	0,06	12,9	0,05	2,2
Промпродукт 2	10,4	0,039	5,4	0,08	1,9
Хвости	64,4	0,035	34,1	0,023	3,4
Початкова руда	100,0	0,075	100,0	0,436	100,0

Одержаний нефеліно-польовошпатовий продукт може бути використаний тільки для виробництва глинозему і темно-зеленого скла у зв'язку з високим вмістом в ньому оксидів заліза.

У 1992-1994 рр. роботами УКРГІМР, метою яких було отримання польовошпатових концентратів, встановлений, що з хвостів можуть бути одержані два польовошпатових концентратів – калій-натрієвого складу (ПШМ 0,5-2) і натрій-калієвий складу (ПШС 20-0,7) з виходом відповідно 19,1...15,7 і 24,8...35,5 %. Шлами (клас – 0,1 мм), а також важкі фракції гравітаційного збагачення і магнітні фракції магнітної сепарації можуть бути джерелом отримання рідкісних металів (цирконовий і пірохлоровий концентрати). Вихід цирконового концентрату складає 0,35 % і пірохлору - 0,14 %. Нефелін, фельдшпатоїди і глинисті мінерали переходять в глинозем вмісні концентрати і в сумі складають 20,1 %.

По мінеральному складу калій-натрієвий польовошпатовий концентрат полягає: мікрокліна – 52 %, альбіту - 24 %, нефеліну – 21 %, кальциту – 1 %, інші – 2 %. Мінеральний склад натрій-калієвого польовошпатового концентрату: мікрокліну – 30 %, альбіту - 47 %, нефеліну – 17 %, кальциту – 1 %, інші – 5 %. Рідкометальний продукт (РМП) є егірін-лепідомелан-польовошпатовий матеріалом з невеликим змістом рідкісних металів - оксиду цирконію - 0,44 % і оксиду ніобію - 0,13 %. У табл.2.11 показаний хімічний склад продуктів збагачення.

Таблиця 2.11 – Вихід продуктів і хімічний склад продуктів збагачення, %

Показник виходу і компоненти	ПШМ	ПШС	РМП
Вихід %	28,5	18,3	53,2
Оксиди, в т.ч.			
Кремнію	61,8	62,3	58,5
Алюмінію	21,2	21,5	21,0
Калію	8,8	4,7	4,7
Натрію	4,4	6,2	4,27
Залоза	0,4	0,5	5,23
Кальцію	0,9	0,9	1,0
Магнію	0,3	0,4	1,5
Титану	0,15	0,18	0,4
Фосфору	0,05	0,05	0,1
Марганцю	0,01	0,02	0,03
Вуглецю	1,1	1,2	1,3
Сірки	0,09	0,07	0,2
Ніобію	0,03	0,04	0,13
Цирконію	0,05	0,07	0,44
Сума	98,11	96,97	97,6

Після електромагнітної сепарації цього продукту одержані цирконовий концентрат з виходом 0,21 % і вмістом в ньому діоксиду цирконію 64 % і витяганні 62 %. Вихід пірохлорового продукту 0,14 %, з вмістом в ньому пентаоксиду ніобію 13,4 % і витяганні 21,2 %.

Розглядаючи різні варіанти переробки лежалих хвостів Мазурівського родовища слід зазначити можливість отримання некондиційних пірохлорових і пірохлор-цирконових концентратів, табл.2.12

Таблиця 2.12 – Хімічний склад пірохлор-цирконових концентратів, %

Концентрат	Nb ₂ O ₅	ZrO ₂	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Na ₂ O	CaO	FeO	Інші
Гравітаційно-електромагнітний (ГІМР)	8	4,5	34,5	8,5	8,3	1,2	3	11,6	4	16,4
Флотація (КАЗПТІ)	7,5	37,5	25,9	12,8	5,7	4,2	-	3,16	3,24	-
Флотація (ІМР, м. Москва)	0,36	4,5	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.

Інший тип рідкометально-рідкоземельної мінералізації (тантал, ніобій, рідкісні землі) пов'язаний з кварц-польовошпатовими метасоматитами. Цей тип мінералізації розвинений переважно на східному фланзі Суццано-Пержанської рудної зони (рудовиявлення Дідове Озеро, Східне). Для східної частини рудної зони характерний різноманітніший мінеральний склад зруднення, що контролюється зонами альбітизації, грейзенізації, окварцювання. Зруднення фіксується у вигляді лінійних мінералізованих зон протяжністю до 1,5 км, потужністю 150...200 м, що прослідкували на глибину до 300 м. Мінералізація представлена колумбітом, фероколумбітом, танталіт-колумбітом, каситеритом, циртолітом, самарскітом, пірохлором, перовскітом [16].

Зміст основних компонентів складає: Ta_2O_5 – 0,004...0,038 %; Nb_2O_5 – 0,03...0,31%; Sn – 0,01...0,03 % і потужності 4...6 м, іноді до 36 м. Основне тантал-ніобій-олов'яне зруднення супроводжується в зонах грейзенізації і окварцювання рідкоземельними (ітрієвим) елементами: ΣTR – 0,1...0,3 %; Y_2O_3 – до 0,14 % і потужність 1...2 до 26 м.

У рудах присутнє срібло – до 12 г/т. Характерний розвиток на верхніх горизонтах рудних зон підвищеного вмісту галеніту, сфалериту, флюориту, піриту. Технологічними дослідженнями руд, проведеними в невеликому об'ємі, показана принципова можливість отримання кондиційних концентратів.

Перспективи виявлення танталу і ніобію зв'язані також рідкометальними пегматитами Звенігородсько-Ганнівської зони. У Звенігородсько-Ганнівській зоні, в межах Ліпнязьського гранітного куполу поряд з літій-танталовим було виявлено і істотне танталове зруднення: Новостанкуватський, Ліпнязьський, Надія, Ташлицький, Новоодесьський. Руди комплексні – в невеликих кількостях що мають літій, ніобій, рубідій, цезій, берилій, олово [24]. За об'ємом перспективних ресурсів цей об'єкт класифікується як середнє родовище.

Вміст танталу в рудах Ганновсько-Звенігородської зони (Мостове, Копанки, Височінь та інші) складає 0,10...0,15 %.

Новополтавське родовище рідкометально-апатитових руд розташоване в 0,5 км від райцентру Черніговка Запорізької області і приурочено до комплексу лужних порід і карбонатів, що залягають субвертикально серед гранітизованих порід архею. Зона зруднення прослідкувала на глибину 1300 м при ширині до 900 м і протяжністю 13 км.

Апатитоносними є карбонатити і їх кора вивітрювання, вони утворюють круто падаючі лінзопластоподібні тіла потужністю до 170 м і протяжністю до 4 км. Родовище детально розвідане і підготовлене для промислового освоєння. У рудах міститься фосфорний ангідрид, рідкісні і рідкоземельні елементи, стронцій, фтор. Запаси фосфорного ангідриду складають 42,3 млн. т, у т.ч. в корі вивітрювання 5,1 млн. т при змісті 10,39 % і в пластних рудах 37,2 млн. т при змісті 4,28 %.

При збагаченні руд виходять товарні концентрати: апатитовий, магнетитовий, карбонатний, рідкометальний.

При переробці апатитового концентрату за азотно кислотному способі виходить азофоска і рідкоземельний концентрат, при переробці рідкометального концентрату – п'ятиокис ніобію, фтортанталат калію, нітрати РЗЭ, концентрат урану.

На підставі техніко-економічного обґрунтування (ТЕО), розроблених Госгорхимпроектом і Гіредметом в 1991 г одержані наступні деякі техніко-економічні показники. При річній продуктивності 6,5 млн. т по руді, річний випуск продукції може скласти 615 тис. т апатитових концентратів, 1960 тис. т карбонатних концентратів, 163 тис. т магнетитових концентратів і рідкометального концентрату, 2404 т пентаоксиду ніобію, що містить, 16 т пентаоксиду танталу, 5540 т суми рідкоземельних елементів, 35,9 т урану.

Титан. У Україні створена могутня мінерально-сировинна база титану - це 40 родовищ, з яких 12 детально розвідані, і почата промислова його здобич [30], рис.2.2.

В Україні відомо 11 комплексних титан-цирконієвих родовищ, майже 280 комплексних рудовиявлень, 1900 пунктів мінералізації. Здобич титанових (ільменітових) концентратів здійснюють Іршанський гірничо-збагачувальний комбінат в Житомирській об-

ласті і Вільногірський державний гірничо-металургійний комбінат в Дніпропетровській області.

Розвіданими запасами титанових руд обидва комбінати забезпечені на далеку перспективу. Проте проблема полягає в дефіциті руд з свіжим ільменітом, з якого можна одержувати високоякісні і конкурентоздатні пігменти за технологією діючих сірчаноокислотних виробництв в Сумах і в Криму.

ТИТАН-ЦИРКОНІЄВІ РОЗСИПИ УКРАЇНИ



Рисунок 2.2 – Схема розміщення титано-цирконієвих родовищ

Запаси таких руд в Україні зв'язані, в основному, з крупним Стремігородським корінним родовищем, підготовленим до промислового освоєння, і меншим за розмірами, Федорівським родовищем, розвідка якого завершується. Експлуатація цих родовищ дозволить одночасно одержувати дефіцитний апатитовий концентрат, а також рідкісні землі в апатитовому концентраті, ванадій і скандій - в ільменітовом.

Титанові і цирконієві розсипні родовища України представлені такими геолого-промисловими типами: циркон-рутіл-ільменітові стародавні прибережно-морські розсипи (ПМР) мілководного моря (Малишевській геолого-промисловий тип); ільменіт-алювіальні, алювіально-делювіальні континентальні розсипи (Іршанський геолого-промисловий тип); ільменітові і апатит-ільменітові родовища в корі вивітрювання основних порід (елювіальні родовища); циркон-рутіл-ільменітові сучасні прибережно-морські розсипи піщаних пляжів і мілководного шельфу (Джарілгацький геолого-промисловий тип). Експлуатуються перші три з них.

В межах території України вивчені також корінні родовища:

- комплексних магматичних апатит-ільменітових, апатит-ільменіт-титаномагнетитових руд в основних породах (Волинський геолого-промисловий тип);
- комплексних магматичних цирконій-рідкоземельних руд в лужних породах.

Корінні ендегенні родовища титану і цирконію, масиви лужних і сублужних порід Українського щита (Жовтневий, Малотерсянський, Кальміуський, Ястрибецький, Давідковський, Русько-Полянський, Луговський і ін.), а також граніти-рапакиви і основні породи Коростенського і Корсунь-Новоміргородського плутонів є одними з головних постачальників циркону і ільменіту в розсипи.

Стародавні циркон-рутіл-ільменітові розсипи розвинені на Українському щиті (УЩ) в Дніпровсько-донецькій (ДДз) і Причорноморській (Пз) западинах. У цих геотектонічних областях розташовані чотири розсипних зони: Придніпровська - шириною 50...120 км, що прослідкувала на відстані 900 км уздовж північно-східного схилу УЩ; Приазовська в південно-східній його частині, протягується в широтному напрямі на 200 км; Харківсько-сумська, спостережувана на відстані 250 км, на північно-східному схилі ДДз; Азово-причорноморська в Причорноморській западині, уздовж південного схилу УЩ, спостережувана на 600 км.

Залежно від джерел живлення екзогенні родовища ільменіту в Україні підрозділяються на два типи:

- континентальні ільменітові розсипи у зв'язку з габроанортозитовими масивами і їх корою вивітрювання;

– прибережно-морські розсипи (ПМР) – стародавні (поховані) і сучасні.

Континентальні ільменітові розсипи представлені Іршанської групою родовищ (Іршанське, Лемненське, Верхнєіршанське) і розсипами Корсунь-Новоміргородського плутону. У Коростенському рудному районі середня потужність корисної товщі – 4,6...8,2 м, середній зміст TiO_2 – 29,5...50,6 кг/т, потужність розкриття порід – 5,4...10,6 м [31].

Стародавні ільменіт-цирконієві прибережно-морські (поховані) розсипи (типові родовища – Малишевське, Вовчанське і Тарасовське) комплексного складу, від невеликих до дуже великих запасів, характеризуються значною потужністю. Здебільшого вони змішані – пляжні, донні і дельтові. Залягають серед палеоген-неогенових пісків, складені добре відсортованими відкладеннями з продуктивним горизонтом до 10 м. Рудні піски добре збагачуються з отриманням концентратів: ільменіту, рутилу, циркону, дістенсиліманіту і ставроліту. Мінімально промисловий зміст ільменіту – 39,5...89 кг/м³ [31]. Сучасні прибережно-морські ільменіт-цирконієві розсипи поширені в береговій зоні Чорного моря (Джарілгацке родовище). Діючі підприємства забезпечені розвіданими запасами титанових руд на далеку перспективу, крім того, є резервні родовища. Це корінні руди великого розвіданого Стремігородського родовища і декількох інших, підготовлених до розвідки родовищ, а також руди в корі вивітрювання Торчинського родовища і нижніх пластів майже всіх розсипних родовищ. Експлуатація корінних родовищ дасть можливість одержувати одночасно дефіцитний апатитовий концентрат, рідкоземельні метали, ванадій і скандій.

Разом з титаном, витягнутим з ільменітових і рутилових концентратів, передбачається також витягання ванадію. Технологія його витягання давно розроблена, проте в промисловості ще і дотепер не реалізована. Розсипи комплексного складу, від маленьких до дуже великих по запасах, характеризуються значною потужністю. У більшості вони змішані пляжні, донні і дельтові. Залягають серед неоген-палеогенових дрібнозернистих пісків, представлені відносно добре відсортованими породами з продуктивними горизонтами до 10 м. Рудоносні горизонти залягають, як правило, у верхній частині

розрізів. Збагачення пісків рудними мінералами здійснювалося за рахунок перевідкладення і промивання нижніх продуктивних горизонтів. Рудні піски добре збагачуються з отриманням концентратів всіх корисних мінералів, основними з яких є ільменіт, лейкоксен, рутил, циркон, дістен, ставроліт, силіманіт та інші. Зміст промислово цінних мінералів 10 кг/м^3 . Ільменіт в пісках дуже змінений, з великим змістом TiO_2 (64...68 %).

Особливий інтерес представляють рудні концентрати як комплексна рідкометалева сировина, яка містить поряд з основними компонентами, багато рідкісних і розсіяних елементів: скандій, ванадій, тантал, ніобій - для ільменітових і рутилових концентратів і гафнію, скандію - для цирконієвих. Для окремих родовищ України підраховані запаси гафнію, ніобію, танталу. У розсипах наголошуються знахідки алмазів і благородних металів.

В Україні цирконієві і титанові мінерали зустрічаються і здобуваються разом з розсипів. При промисловій оцінці розсипів виходять з рентабельної переробки руд на всі корисні мінерали, при цьому рентабельними вважаються розсипи із запасами продуктивних пісків 20...30 млн. м^3 із змістом колективного концентрату $50...60 \text{ кг/м}^3$ і потужністю продуктивного горизонту 2...3 м.

Продуктивний пласт в опадах полтавського ланцюга, віднесений до кварцових відсортованих пісків, має потужність 6...10 м, в Північно-західній частині родовища - до 15...20 м. Пласт витриманий по довжині. Середній зміст важкої фракції - від 10...15 до $100...150 \text{ кг/м}^3$, зміст рутилу – $8...13 \text{ кг/м}^3$, цирконію – $2,5...7 \text{ кг/м}^3$, ільменіту – $22...45 \text{ кг/м}^3$. Найвищі концентрації виявлені в кривлі пласта.

Велика частина мінералів важкої фракції міститься у відкладеннях середнього сармата. Промисловий розсип його складається з трьох витягнутих субширотних, горизонтально залягаючих, пластових покладів, розділених між собою вузькими (100...200 м) смугами з низькими концентраціями важких мінералів. За межами продуктивного пласти вміст рудних мінералів в пісках рідко перевищує $2...5 \text{ кг/м}^3$. У поперечному розрізі покладу швидко вибиваються клин (лінзоподібний контур). Максимальна потужність в центрі лінзи досягає 15...18 м, а вміст важких мінералів в сумі – до 1000 кг/м^3 . По довжині потужність покладів (від 9 до 20 м) і концентра-

ція рудних мінералів витримані. Середній вміст в сарматських пісках: рутилу – 24 кг/м³, циркону – 8...9 кг/м³, ільменіту – 77 кг/м³.

Запаси діоксиду цирконію категорії А+В+С, складають 23 % запасів СНД. Основні запаси рудних мінералів зосереджені в пісках сарматського ярусу і у верхніх горизонтах полтавського ланцюга. Вольногірський ДГМК, виходячи з досягнутої продуктивності, забезпечений розвіданими запасами більш ніж на 40 років.

Розробка родовища відбувається відкритим кар'єрним способом, багаточерпаковими і роторними екскаваторами вітчизняного і зарубіжного виробництва. Транспортування рудних пісків здійснюється стрічковими конвеєрами і гідротранспортом, порід, що розкриваються, – конвеєрами і автотранспортом. Збагачувальне виробництво в своєму складі має фабрику обезводнення і збагачення, саме збагачувальне виробництво і ділянка виробництва формувальних пісків.

Основними продуктами збагачення комбінату є рутиловий (TiO₂ - мінімум 95 %), ільменітовий (TiO₂ - мінімум 63 %), цирконієвий (ZrO₂ – мінімум 65 %), ставролітовий (Al₂O₃ - мінімум 45,5 %), дістенсіліманітовий (Al₂O₃ - мінімум 57 %) концентрати; формувальні, скляні, будівельні піски.

Ільменіто-алювіальні, алювіально-делювіальні розсипи виявлені в північно-західній (Коростенський плутон) і центральній (Корсунь-Новоміргородський плутон) частинах УЩ і залучені до нижнекрейдових, палеогеннеогенових і четвертинних відкладень. Це пластоподібні і лінзовидні тіла протяжністю до декількох сот метрів, складені різнозернистими пісками. Середня потужність рудного пласта 10 м, розкривних порід – 5...6 м. Ільменіт розподілений дуже нерівномірно, середній зміст його 60...80 кг/м³, максимальний - 1100 кг/м³.

В межах Коростенського плутону виділена Іршанська група алювіальних родовищ: Іршанське, Верхне-Іршанське, Лемненське, Лівобережне, Межірічне, Ушицьке, Ушомірське, Злобіцке, Валяння-Гацківське, Тростянецьке, Паромівське, Ставищанське, Правобережне, Красноріченське, Торчинське. На базі цих родовищ працює Іршанській ГЗК. Комбінат проводить ільменітовий концентрат для виробництва пігментного двоокису титану і титанової губки. Зараз комбінат проводить концентрат із змістом TiO₂ 52...65 %. Мінера-

льно-сировинна база комбінату складається з 7 розсипних родовищ і одного корінного (Стремігородського) комплексного апатит-ільменітового. Експлуатуються три родовища: Іршанське, Лемненське, Верхне-Іршанське.

Іршанське родовище відкрито в 1951 р. На його базі в 1954 р. почато будівництво ИГЗК. Розробляється ільменітовий розсип з 1956 р. відкритим способом. Середня потужність корисної товщини 8,2 м, потужність викривних порід змінюється від 0,2 до 17,0 м. Середній зміст TiO_2 до 29,5 кг на тонну руди.

Лемненське родовище відкрито в 1953 р., експлуатується з 1970 р. відкритим способом, відпрацьовується ільменітів розсип і кора вивітрювання.

Верхне-Іршанське родовище відкрито в 1964 р., експлуатується з 1974 р., відпрацьовується ільменітів розсип і кора вивітрювання відкритим способом. Середня потужність корисної товщини 4,6 м, потужність вскришних порід 0,5...24 м, середній зміст TiO_2 до 40,2 кг/т руди.

Почата підготовка до відробітку запасів Межірічного родовища (ільменітів розсип, кора вивітрювання) - корінного Стремігородського апатит-ільменітового. Для відробітку планується апатит-ільменітова кора вивітрювання. Резервними є Злобіцке, Лівобережне і Торчинське. У районі діяльності ИГЗК виявлений перспективний до освоєння ряд інших об'єктів апатит-ільменітової сировини: Валки-Гацківське, Тростянецьке і Федоровське родовища, які знаходяться у стадії розвідки.

Розсипи сучасних піщаних пляжів і мілководного шельфу групуються на морських піщаних косах і порівняно коротких ділянках сучасних берегів Чорного і Азовського морів. Основними рудними мінералами є ільменіт, рутил, лейкоксен, циркон, іноді присутні монацит, колумбіт, каситерит, з нерудних - до 10...20 % важкій фракції шліху складають мінерали дістен-сіліманітової групи і ставроліт. Промислова цінність цих розсипів невелика.

Ендогенні ільменіт-апатитові родовища віднесені до Коростенського і Корсунь-Новоміргородського плутону і пов'язані з габровими і габбро-анортозитовими.

Освоєння родовищ цього типу набагато десятиліть вирішить проблему отримання високоякісних ільменітових концентратів.

Ванадій. На території України балансові запаси враховані по Стремігородському і Торчинському родовищах, які є резервною базою Іршинського гірничо-збагачувального комбінату

В ільменітах стремігородського родовища зміст V_2O_5 складає 0,17 %, при балансі руди 13844 тис. т, кількість V_2O_5 складає 3,5 тис. т; в корінних рудах при балансі 105706 тис. т, кількість V_2O_5 складає 319,4 тис. т.

Торчинське апатито-ільмнітове родовище при балансі руди 1461 тис. т, містить V_2O_5 32,7 тис. т; забалансові руди 26214 тис. т, містять V_2O_5 58,7 тис. т.

Крім того, виявлені підвищені концентрації ванадію в північно-західній частині Українського щита на Ставищенській, Траснянській і Очертянській площах. На Валки-Гадовському родовищі оцінені ізоморфні домішки ванадію в кількості 13910, 1 т.

Цирконій. Піски Самотканського родовища мають розмір зерен менше 0,1 мм. Зміст важкої фракції від 12 до 30 %, представлений мінералами: ільменіт - 42,4 %; рутил -14 %; лейкоксен -2 %; циркон - 9,6 %; дістен -5,1 %; силіманіт - 3,7 %; ставроліт -13,8 %; турмалін – 3,7 %; хроміт -1,5 %; магнетит і монацит – доли %..

Мінералогічний склад цирконового концентрат: ставроліт ($Fe(OH)_2 \cdot 2Al_2O_3 \cdot SiO_2$) – 0,1...0,3 %; ільменіту ($FeTiO_3$) - 0,5...1,2 %; дістен (Al_2O_3) – 1,5...4,5 %; рутил (TiO_2) – 0,4...1,0 %. Хімічний склад: ZrO_2 - 61,5...63,6 %; Fe_2O_3 - 0,12...0,25 %; TiO_2 – 0,4...1,0 % [18].

Перспективними є польовошпатові сієніти Ястребецького масиву, що містять флюорит, рідкісні землі, циркон.

Зруднення представлене мінералізованими калішпатовими метасоматитами серповидної форми, що розвиваються по зонах тріщинуватості і огинають центральну частину масиву. Виділено 38 рудних тіл жиллоподібної форми різного простягання, протяжністю 75...950 м. Зруднення прослідкувало до глибини 1100 м.

Склад руд: основні мінерали – циркон, флюорит; попутні – іттрофлюорит, паризит, бастнезит, монацит, ксенотим, бритолит, торит. Руди дрібно вкраплені, гніздові, рідко прожилкові. Склад циркону: ZrO_2 – 65 %; HfO_2 - 0,15...0,25 %; TR - 0,55...0,7 %. Склад флюориту: F – 45...46 %; TR – 2,1...2,3 %. Головними мінералами-концентраторами рідкісних земель є флюорит (15...35 % TR), цир-

кон (5...9 % TR), залишок TR концентрується в рідкоземельних карбонатах. Вміст в руде: ZrO_2 – 0,645 %; ΣTR – 0,17 %; флюориту – 1,5 %. Якість руд в межах родовища витримане.

Розроблена технологія збагачення комплексних руд, що базується на:

- попередньому збагаченні руд у важких рідинах з отриманням високосортного польовошпатового концентрату (марка ППМ-02-2), польовошпатового продукту (марка ПШС-20-03);

- гравітаційно-магнітному збагаченні важкої фракції і рудного класу 0,5 мм з отриманням комплексного циркон-рідкоземельно-флюоритового концентрату і відвальних хвостів;
- розділенні електросепарацією або флотацією циркон-рідкоземельно-флюоритового концентрату з отриманням флюоритових концентрату I (зміст CaF_2 – 88 %, при витяганні - 58 %) і концентрату II (зміст CaF_2 – 98 %);
- розділенні в магнітному полі високої інтенсивності циркон-рідкоземельного концентрату з отриманням цирконового концентрату (зміст ZrO_2 – 62 %, при витяганні 74 %) і рідкоземельного концентрату (зміст рідкісних земель – 42,2 %, при витяганні 42 %).

Цінність рідкоземельного і флюоритового концентратів значно зростає за рахунок вмісту в них ітрію (до 3,5 %).

Ястребецьке родовище фтор-рідкоземельно-цирконієвих руд з урахуванням запасів комплексної сировини може бути віднесено до рангу крупних. За попередніми даними, при відкритому способі відробітку руд завглибшки до 250 м рентабельність освоєння родовища складе ~30 %; термін окупності капітальних витрат – 5 років.

У південно-східній частині Ястребецького масиву і центральній частині СПЗ розташовано флюорит-польовошпатове родовище. У рудному тілі розташовані жили складної будови з апофізами і лінзовидні тіла загальною протяжністю до 750 м, потужністю до перших десятків метрів, що прослідкували на глибину до 110 м (рудопроявлення Центральне). Флюорит у вигляді дрібнозернистих мас цементує агрегати, мікроклінів, частково їх заміщаючи. Вміст флюориту в руді – 27,8 %, суми рідкісних земель – 0,12...0,3 %, в т.ч. ітрію 0,03...0,06 %. Вміст ітрію у флюориті 0,16 %. Проведені попередні лабораторні технологічні випробування руд способом

флотації. При подрібненні руди до 0,15 мм основна флотація флюориту проходить ефективно. Одержані флюоритові концентрати із змістом CaF_2 , 90...95 % при витяганні 85...91 % (вміст флюориту в початковій руді 27...28 %). Склад флюоритового концентрату: CaF - 95,5 %; SiO_2 - 2,38 %; CaCO_3 - 0,41 %; $S_{\text{общ.}}$ - 0,1 %; P_2O_5 - 0,1 %; Y - 0,16 %). Рудовиявлення по масштабах зруднення відповідає дрібному родовищу, але є перспективи їх збільшення.

У Східному Приазов'ї відкрито Азовське рідкометальне родовище, в сієнітах якого міститься ряд цінних елементів. У лужно-польовошпатових сієнітах цього родовища виявлено: ніобію - 41...150 г/т ; церію – 39...344 г/т; цирконію - 294...1248 г/т; ітрію – 22...297 г/т, лантану – 27...318 г/т [6].

Азовське родовище розташоване в межах східної частини Українського щита, яка розглядається більшістю дослідників як Приазовський пересувний пояс. Поле Азовського рідкометального родовища за площею співпадає із західною частиною Володарного інтрузивного масиву габро-сієнітової формації, що знаходиться в західній зоні розповсюдження лужних масивів центрального типу (Кальчицька структурно-формаційна зона) [32, 33].

Рудна мінералізація обмежується в штоку лужно-польовошпатового сієніту.

Склад руд – циркон-бритолітовий (бастнезітовий). Середній зміст компонентів: TR_2O_3 – 1,27 %; ZrO_2 - 1,50 %. Ітрієва група складає 20 % у сумі рідкісних земель В породах екзоконтакту штоку сієніту свердловинами виявлені численні тіла концентрично розташованих лужних метасоматитів із змістом оксиду цирконію - до 1 % і більше. Сполучені їх тіла утворюють зони потужністю до декількох десятків метрів, які простежуються до глибини 300 м. Зміст суми рідкісних земель у них на порядок нижче, ніж в рудних тілах родовища. Подібні метасоматити простежуються і в межах Пановської ділянки, яка розташована за 1,5 км на південний захід від Азовського штока, де прогнозуються ще три невеликі за розмірами масиви лужного сієніту. В межах родовища поширена площинна кора вивітрювання потужністю до 50 м, її площа складає 20 км². Прогнозні ресурси категорії С2 оцінюються в 58 млн. т.

Розглядаються наступні типи руд в корі вивітрювання:

– Рідкоземельні;

– Рідкоземельно-цирконієві.

– Цирконієві руди.

Площа рідкоземельних руд розповсюдження в контурах масивів сієніту (2,4 км²). Мінеральний склад: рабдофаніт, монацит, черчит, циркон, сорбовані землі (40 % від TR₂O₃).

Середній зміст компонентів: TR₂O₃ – 1,21 %; ZrO₂ – 1,24 %. Зміст Y₂O₅ у сумі рідкісних земель в середньому дорівнює 30 %.

Можлива подвійна схема переробки руд:

- попереднє збагачення по гравітаційній схемі з отриманням концентратів циркону і мінералів рідкісних земель;
- металургійна переробка.

Ці руди схожі на сорбовані рідкоземельні руди китайських родовищ.

Площа рідкоземельно-цирконієвих руд розповсюдження - в контурах зон екзоконтактів сієнітових масивів (8,2 км²). Рудні мінерали: циркон (до 60...80 %), рабдофаніт, монацит, черчит, сорбовані рідкісні землі (приблизно 20 % від TR₂O₃). Середній зміст: ZrO₂ – 1,40 %; TR₂O₃ – 0,5 %. Можливо збагачення по гравітаційній схемі.

Площа цирконієвих руд розповсюдження 9,4 км². Руди представлені переважно цирконом (до 90 %), в значно меншою мірою рабдофанітом і черчитом і належать до типу залишкових (елювіальних) розсипів. Середній зміст: ZrO₂ - 0,9 % (13,5 кг/т циркону), попутний компонент – TR₂O₃ - 0,2 %. Можливе збагачення руд по гравітаційною схемою.

Кількісно родовище оцінене в 1,5 млн. т ZrO₂ і 600 тис. т TR₂O₃ і класифіковано як унікальне запасами цирконію і більшою мірою на рідкісні землі. Розробка всіх типів руд кори вивітрювання можлива відкритим способом – середня потужність порід, що розкриваються, складає 20 м.

Як показує світовий досвід робіт, кора вивітрювання мінералізованих порід габбро-сієнітової формації є високорентабельними родовищами і важливими джерелами для добування циркону і рідкісних земель. Так, 77 % світових запасів цирконієвих руд доводиться на екзогенні родовища, зокрема 20 % - на залишкові руди лужних гранітів, сієніту і карбонатів. Великі і унікальні родовища такого типу відомі в багатьох стародавніх платформних регіонах

миру: Плато Джос (Нігерія), Посус ди Калдас (Бразилія), Палабора (ПАР) і ін. Рідкоземельні родовища переважно сорбованих руд розвідані і експлуатуються в Китаї, провінція Цзянси.

Все це дозволяє розглядати кору вивітрювання Азовського рудного поля як потенційно промисловий об'єкт, легко доступний для освоєння. Основою для цього є сприятливі горно-геологічні умови – більшість руд можна здобувати відкритим способом, що значно скоротить час освоєння родовища і зменшить капітальні витрати [34-36].

Германій. На території України германій встановлений як супутній розсіяний елемент в родовищах вугленосної і залізорудної формації.

Германійвмісні вугілля Донецького і Львівсько-волинського басейнів містить близько 64 тис. т германію, з них в розкриті форму може бути переведено близько 10 %, тобто до 6,0 тис. т. Вміст германію у вугіллі ПО «Лісичанськвуголь» і ПО «Добропільєвуголь» складає приблизно 10 г/т, а загальні запаси оцінюються більше 680 млн. т. Таке вугілля, на думку фахівців, доцільно, організувавши їх селективну здобич, спалювати на високоефективних котлоагрегатах ТЕС, забезпечених рециркулюючими системами з подальшим уловлюванням і переробкою золоносіть в умовах Північнодонецького хіміко-металургійного заводу (ПХМЗ).

Виявлено найбільше родовище германійвмісних лігнітів в Березівському районі Закарпатської області (Беганське родовище). У родовищі виявлено п'ять щодо витриманих пластів лігнітів. Максимальний вміст германію в лігнітах – 300 г/т, мінімальне – 25 г/т. Запаси германію оцінені в 2000 т.

Сировинна база по виробництву германію в Україні в період інтенсивного виробництва орієнтувалася на аргіліти Росії і вугілля Донецького басейну, що коксується (над смольні води).

Уран. На п'яти українських АЕС працюють 14 реакторів, які нині виробляють до 50 % електричної енергії України. Потреби сировиною для атомної енергетики на 30 % задовольняються виробленням нині чинних родовищ – Ватутінського, Центрального і Мічурінського.

3. ВИРОБНИЦТВО І СПОЖИВАННЯ КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ

3.1 ЛЕГКІ МЕТАЛИ

3.1.1 Алюміній

Алюміній – найважливіший легкий кольоровий метал. По виробництву і споживанню він займає друге місце (після заліза) серед всіх металів і перше місце серед кольорових металів.

Найважливішими фізичними властивостями алюмінію, що обумовлюють його широке використання практично у всіх галузях народного господарства, є мала щільність, високі пластичність, електропровідність і теплопровідність. Багато фізичних властивостей алюмінію істотно змінюються залежно від ступеня його чистоти. Так, чим чистіший алюміній, тим вища його температура плавлення, електропровідність і нижче щільність. Проте ряд властивостей алюмінію можна істотно поліпшити легуючими добавками магнію, кремнію, міді, цинку, марганцю, які підвищують механічні і ливарні властивості алюмінію і його корозійну стійкість.

Алюміній володіє великою хімічною активністю по відношенню до кисню, галоїдів, сірки і вуглецю. Взаємодія алюмінію з киснем повітря приводить до освіти на його поверхні тонкої, але дуже міцної і безпористої оксидної плівки, яка додає алюмінію високу корозійну стійкість. У присутності домішок магнію, кальцію, натрію, кремнію і міді захисні властивості поверхневої плівки алюмінію сильно знижуються.

В даний час алюміній знаходить дуже широке застосування у вигляді металу, численних сплавів, у вигляді солей і оксиду. Не існує жодної галузі промисловості, де не застосовувався б алюміній або вироби з нього в тій або іншій формі. У вигляді чистого металу алюміній використовують для виготовлення електричних дротів і хімічної апаратури, як тверде ракетне паливо, отримання фольги, вживаної для упаковки харчових продуктів, виготовлення електричних конденсаторів, відбивних дзеркал в телескопах і в побуті, по-

суду для приготування їжі, різноманітних прикрас і декоративних виробів.

Алюміній високої чистоти широко використовують в новітніх областях техніки - атомній енергетиці, радіотехніці, радіолокації і як плакуючий матеріал для захисту металевих поверхонь від дії різних хімічних речовин і атмосферної корозії. Хімічну стійкість алюмінію можна підвищити шляхом утворення штучної оксидної плівки методом анодного оксидування, що дозволяє додати виробам з алюмінію декоративний вигляд. Велику роль алюміній грає у виробництві сталі, де його застосовують не тільки як розкислювач, але і як що легує добавку в жаротривкі сталі, а також при термічній зварці і в процесах отримання ряду кольорових металів методом алюмотермії. У вигляді тонко дисперсного порошку – пудри – алюміній використовують для жароміцного забарвлення нагрівальних печей і декоративного антикорозійного забарвлення різних виробів. Застосовують алюміній в сучасній техніці у вигляді сплавів з кремнієм, міддю, магнієм, цинком, титаном і іншими металами. Найбільш відомі сплави на алюмінієвій основі містять не менше двох - трьох легуючих добавок, які головним чином підвищують його механічну міцність.

Найважливішими споживачами алюмінію і його сплавів є авіаційна і автомобільна промисловість, залізничний і водний транспорт, електротехнічна і хімічна промисловість, машинобудування, промислове і цивільне будівництво, виробництво предметів домашнього споживання [37]. Основними областями застосування алюмінієвої продукції в світі є транспортне машинобудування, будівництво і пакувальні матеріали, сукупна частка яких в промислово розвинених країнах складає близько 70...80 % від загального споживання алюмінію. У декілька менших кількостях алюміній використовується для виробництва споживчих товарів тривалого користування (3...6 %), в електротехнічній промисловості (4...8 %) і загального машинобудування (6...12 %).

Для розвинених промислових країн середньостатистичний розподіл споживання алюмінію по окремих галузях виражається цифрами, представленими в табл.3.1 [38-40].

Таблиця 3.1 – Споживання алюмінію по галузях, % від загального споживання

Галузь	США		Японія		Німеччина	
	1983 р.	2003 р.	1983 р.	2003 р.	1983 р.	2003 р.
Транспорт	16,2	35,1	27,7	38,9	19,4	37,1
Тара і упаковка	32,8	27,2	6,9	11,7	7,7	21,9
Будівництво	21,0	16,2	31,4	18,8	11,2	14,0
Електротехніка	10,4	7,1	7,9	4,1	4,2	5,2
Машинобудування	5,5	6,3	4,4	7,8	5,4	12,3

За останні 20 років у вказаних країнах істотно зросла частка алюмінію, використовуваного в транспортному машинобудуванні. Крім того, в Японії і Німеччині значно збільшилося його споживання у виробництві тари і упаковки, проте, вони все ще поступаються США. Попит на алюміній обумовлений як рівнем ділової активності в основних металообробних галузях промисловості, так і споживчим попитом на продукцію автомобілебудування, будівництва, харчової і медичної промисловості (упаковки), на складну побутову техніку, послуги авіа- і інших перевізників. У зв'язку з цим лідерами по темпах зростання споживання алюмінію останнім часом стають країни, що володіють високим економічним потенціалом і що розвивають в широких масштабах традиційні металоємні галузі промисловості (КНР, Індія, Республіка Корея).

Відбулися істотні зміни серед найбільших споживачів алюмінію. Так, в 1984 р. домінуюче положення займали США, що значно перевершують інші країни по споживанню (35%), а також Японія (15%), Німеччина (9%) і Франція (5%). Частка всіх країн, що розвиваються, в загальному споживанні алюмінію не перевищувала 13%. Завдяки високим темпам розвитку економіки в даний час одним з найбільших споживачів алюмінію стала КНР, яка в 1998 р. випередила Японію. З 1995 р. по 2003 р. споживання алюмінію в КНР зросло з 1,9 млн. т до 5,1 млн. т, тоді як в США – лише на 10 %, Німеччини – на 19,3 %, а в Японії – на 1,2 %. Світова структура споживання первинного алюмінію представлена в табл.3.2 [41].

На відміну від багатьох країн споживання алюмінію в Росії поки що знаходиться на вельми низькому рівні. Якщо на рубежі

1990-х років Росія споживала близько 2 млн. т алюмінію в рік, то в 2003 р. його споживання не перевищувало 0,5 млн. т.

Таблиця 3.2 – Найбільші споживачі первинного алюмінію в світі

Країна	1995 р.		2000 р.		2001 р.		2003 р.	
	тис. т	%	тис. т	%	тис. т	%	тис. т	%
Всього	29481	100	24911	100	23662	100	27442	100
США	5055	24,7	6348	25,5	5272	22,3	5591	20,4
КНР	1941	9,5	3284	13,2	3581	15,1	5089	18,5
Японія	2336	11,4	2364	9,5	2241	9,5	2381	8,7
Німеччина	1491	7,3	1531	6,1	1544	6,5	1780	6,5
Республіка Корея	675	3,3	853	3,4	850	3,6	985	3,6
Індія	581	2,8	590	2,4	585	2,5	786	2,9

Очікується зростання споживання алюмінію в Азії, в промислово розвинених країнах Заходу, в першу чергу в США.

Головною перевагою алюмінію є можливість зниження експлуатаційних витрат виробів, виготовлених з використанням алюмінію. Собівартість, наприклад, автомобіля, виготовленого із застосуванням алюмінію, вище, проте, і термін служби такого автомобіля набагато вище, а також простіше його утилізація. Застосування алюмінію дозволяє істотно понизити вагу транспортного засобу без втрати жорсткості кузова і, як наслідок, відчутно скоротити витрату палива і кількість шкідливих викидів в атмосферу, що є вельми істотним в даний час, коли спостерігається зростання цін на нафту і нафтопродукти. Використання алюмінію при виробництві кузова автомобіля сприяє підвищенню його безпеки, оскільки алюміній здатний поглинути в 1,5...2,0 разу більше енергії удару, чим сталь. При цьому машина одержує тривалу гарантію від корозії.

Питоме споживання алюмінію в сучасному легковому автомобілі складає в середньому 99,5 кг на один автомобіль, а до 2008 р. очікується зростання до 125,9 кг. За оцінками, застосування алюмінію в автомобільній промисловості постійно ростиме, особливо після 2006 р., коли в Європі вступили в дію жорсткіші нормативи відносно вихлопних газів. У США підвищується застосування алюмінію, замість неіржавіючої сталі, для облицювання вантажівок

і трейлерів. Перспективним вважається використання алюмінію для виробництва кованих дисків коліс, що забезпечують значне зниження маси в порівнянні з литими дисками.

У будівництві, разом з виготовленням віконних рам, дверей, перегородок і фасадів, перспективним є застосування алюмінію для створення легких і довговічних дахів, що мають великі розміри і складну конфігурацію. Як покрівельний матеріал алюміній практично не вимагає відходу впродовж всього терміну служби, має невелику вагу і низькі експлуатаційні витрати. Широко використовується алюміній виробниками вина і пиво, яке розливає свою продукцію в алюмінієві банки - єдиний вид упаковки, який переробляється практично на 100 %.

Ще одним перспективним напрямом застосування алюмінію в промисловості є виробництво металевих форм ливарень, які характеризуються відмінною оброблюваністю і високою теплопровідністю алюмінієвих сплавів. У електротехнічній промисловості алюміній витісняє мідь у виробництві дротів для ліній електропередачі (ЛЕП) і особливо для їх ремонту. Перспективи його використання багато в чому пов'язані з розробкою нових типів дротів, таких як, наприклад "ACSR" (алюмінієвий дріт, армований сталлю). Очікується також зростання споживання алюмінію у виготовленні цистерн для перевезення зрідженого природного газу.

Алюміній по поширеності в земній корі поступається тільки кисню і кремнію. Кларк алюмінію рівний 8,05, що в перерахунку на Al_2O_3 складає близько 15 %. Отже, природні ресурси алюмінію теоретично невичерпні. Із-за високої хімічної активності він зустрічається в природі у вигляді хімічних сполук. Відомо близько 250 мінералів, що містять алюміній. Найбільш поширені в природі з'єднання алюмінію з киснем.

У табл. 3.3 представлений склад алюмінієвих мінералів, що мають промислове значення або перспективних в найближчому майбутньому.

Найважливішими алюмінієвими рудами в даний час є боксити, що містять алюміній у формі гідратованого алюмінію (діаспори, беміт, гідраргилліт), а також нефеліни і алуніти. У перспективі можливо використання без лугових алюмосилікатів (кіанітів, глини,

каолінів) і деяких промислових відходів - високо глиноземистої золи, шлаків і хвостів від збагачення вугілля. За кордоном весь алюміній одержують з бокситових руд.

Таблиця 3.3 – Найважливіші промислові мінерали алюмінію

Найменування	Формула	Al ₂ O ₃ , %
Корунд	Al ₂ O ₃	100
Діаспор, беміт	Al ₂ O ₃ ·H ₂ O	85,0
Гидраргилліт	Al ₂ O ₃ ·3H ₂ O	71,0
Кіаніт	Al ₂ O ₃ ·SiO ₂	63,0
Каолініт	Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂ ·2H ₂ O	39,5
Алуніт	K ₂ SiO ₄ ·Al ₂ (SiO ₄) ₃ ·Al(OH) ₃	37,0
Нефелін	(Na, K) ₂ ·Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂	32,3-35,9

Бокситом є гірська порода, що складається головним чином з гідратованих оксидів алюмінію, заліза, кремнію, титану і деяких інших елементів. У бокситах можуть бути також присутніми карбонати кальцію і магнію, з'єднання сірки, фосфору, хрому, а також в невеликих кількостях з'єднання рідкісних елементів: ванадію, галію, цирконію, ніобію, рідкісних земель і ін. Всього у складі бокситових руд виявлено 42 елементи.

Хімічний склад бокситів змінюється в дуже широких межах, як в різних родовищах, так і в межах одного родовища. Зміст Al₂O₃ у бокситах коливається від 35 до 60 %, SiO₂ - від десятих долей до 25 %, Fe₂O₃ - від 2 до 40 %, TiO₂ - від слідів до 11%. Зміст багатьох супутніх елементів вимірюється сотими і навіть тисячними долями відсотка.

На вигляд боксити схожі на глину, вони можуть мати різні кольори і відтінки – від білого до темно-червоного. Насипна щільність бокситів залежно від їх пористості коливається від 1200 до 3500 кг/м³.

Найважливішими характеристиками, що визначають якість бокситів, є зміст оксиду алюмінію і кремнієвий модуль, який виражається відношенням змісту Al₂O₃ до змісту SiO₂. Чим вищий кре-

мнієвий модуль, тобто чим більше зміст Al_2O_3 і менше SiO_2 , тим вище якість бокситу.

Зарубіжна алюмінієва промисловість працює в основному на високоякісних бокситах. Крупні родовища бокситів за кордоном є в Гвінеї, Австралії, Ямайці, Бразилії, Індії, Китаї і т.д. Географічна структура запасів бокситів представлена в табл. 3.4 [42].

Таблиця 3.4 – Запаси і база запасів бокситів в світі на кінець 2005 р., млн. т

Країна	Запаси	База запасів
Всього	25000	32000
Гвінея	7400	8600
Австралія	5700	7700
Ямайка	2000	2500
Бразилія	1900	2500
Китай	700	2300
Індія	770	1400
Гайана	700	900
Супінам	580	600
Венесуела	600	650
Греція	600	650
Росія	200	250
США	20	40

Витяганні запаси бокситів в світі оцінюються в 23 млрд. т, а передбачувані – в 33 млрд. т.

Ресурси бокситів в США неадекватні попиту на них у віддаленій перспективі, проте, США і більшість інших країн - крупних виробників алюмінію - володіють невичерпними ресурсами іншої сировини (не бокситів) для виробництва алюмінію, розробка якого в даний час є нерентабельною.

Запаси глиноземної сировини в країнах СНД розвідані на території Росії (боксити, нефеліни), Казахстану (боксити), Азербайджану (алуніти) і України (боксити). Основу сировинної бази скла-

дають боксити, з яких проводиться 78...80 % глинозему, а решта кількості припадає на частку нефелінових і алунітових руд.

Росія займає перше місце по запасах бокситів серед країн СНД. Запаси бокситів розвідані і враховані в 44 родовищах і, за оцінкою Геологічної служби США, складають 1270 млн. т підтверджених запасів (77 % від сумарних запасів, розвіданих в країнах СНД). Практично всі запаси (96,8 %) зосереджені в Республіці Комі, Свердловській, Архангельських і Білгородських областях.

В процесі переоцінки запасів, виконаної під методичним керівництвом ВІЕМСу в 1995-1999 рр., до активних, тобто доцільним для розробки в сучасних умовах економіки, віднесено 60 % запасів бокситів промислових категорій. В основному це запаси родовищ Уралу і Республіки Комі, в яких середній зміст Al_2O_3 і SiO_2 складають відповідно 53,0 % і 6,6 % (кременевий модуль = 8). До неактивних запасів з середнім змістом Al_2O_3 і SiO_2 відповідно 41,0 % і 12,5 % (кременевий модуль = 3,3) віднесені запаси Вісловського родовища в Білгородській області, Східного родовища в Республіці Комі, а також родовища Західного і Східного Сибіру.

Запаси нефелінових і апатіт-нефелінових руд розвідані в 12 родовищах, з них 84,2 % запасів доводиться на комплексні апатіт-нефелінові руди Кольського півострова. Найбільш багаті глиноземом нефелінові (уртитові) руди Кія-Шалтирського родовища в Красноярському краю розробляються відкритим способом АТ «Ачинський глиноземний комбінат».

Розвідані запаси бокситів в Росії недостатні для повного забезпечення потреб алюмінієвої промисловості в рудній сировині.

У Україні запаси низькоякісних бокситів розвідані в Дніпропетровській області. Приурочені вони до Високопільського родовища і оцінюються в 18,8 млн. т. Промислове освоєння цього родовища в найближчій перспективі не намічається.

У Росії здобич бокситів здійснюється на 4-х підприємствах - АТ «Севуралбокситруда», АТ «Південноуральські бокситові копальні», АТ «Северо-Онежська бокситова копальня» і АТ «Бокситогорській глинозем»). У Казахстані здобувають боксити на 2-х підприємствах - Червонооктябрське і Тургайське бокситові рудоуправління. Здобич нефелінових руд ведеться на Кія-Шалтирській копальні АТ «Ачинський глиноземний комбінат», алунітів – на Заглікської копальні в Азербайджані.

Основна переробка бокситів направлена на отримання глинозему. Крім цього, боксити використовують при виробництві електрокорунду, в мартенівському виробництві і при виготовленні глиноземистого цементу і вогнетривів.

Унаслідок низького змісту Al_2O_3 у нефелінових рудах і концентратах їх переробка на глинозем доцільна тільки при попутному отриманні соди і поташу і використанні відходів комплексної технології для виробництва цементу.

Алунітові руди є комплексною сировиною, що містить, окрім алюмінію, луги і сірчаний ангідрид. Їх переробка на глинозем доцільна тільки при комплексному використанні всіх цінних складових. Зміст Al_2O_3 у алунітових породах не перевищує 20...22 %. Глини і каоліни широко використовують в багатьох галузях промисловості, зокрема, при виробництві кераміки, вогнетривів і інших виробів. Кращі сорти каолінів, що містять до 40 % Al_2O_3 , використовують або в алюмінієвій промисловості для отримання алюмокремневих сплавів прямим відновленням, або як сировина для отримання глинозему. Кіаніти для виробництва глинозему не використовуються, але є дуже хорошими рудою для прямого отримання силікоалюмінію. Важливе місце в загальному балансі виробництва алюмінію займає вторинну сировину. Географічна структура здобичі бокситів представлена в табл. 3.5 [43].

Таблиця 3.5 – Здобич бокситів в світі, млн. т

Країна	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.
Всього	138,0	144,0	144,0	159	165
Австралія	53,3	54,0	55,0	56,6	58,0
Бразилія	13,9	13,9	13,5	18,5	18,0
Китай	9,5	12,0	12,0	15,0	17,0
Гвінея	15,7	15,7	16,0	16	16,0
Ямайка	12,4	13,1	13,4	13,3	14,0
Індія	8,4	9,33	9,0	11,3	14,0
Росія	4,0	3,8	3,8	6,0	6,0
Венесуела	4,4	5,0	5,0	5,5	5,5
Казахстан	н.д.	н.д.	н.д.	4,7	4,6
Сурінам	4,5	4,5	4,5	4,1	4,5
Греція	н.д.	н.д.	н.д.	2,4	2,2
Гайана	2,0	2,0	1,5	1,5	1,5

Виробництво глинозему металургійного сорту в 2006 г і подальші роки має тенденцію збільшення, що відбито в табл. 3.6 Зростання випуску цієї сировини обумовлене введенням в дію нових потужностей, зокрема, в Австралії поблизу р. Гладстоун (шт. Квінсленд) компанією “Comalco” глиноземного заводу з проектною потужністю 1,4 млн. т глинозему.

Стан виробництва і споживання глинозему в світі представлений в табл. 3.6 і на рис.3.1 [42, 44].

Таблиця 3.6 - Стан виробництва і споживання глинозему в світі, тыс. т

Найменування показника	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.
Виробництво	54898	58700	61431	64770
Споживання	54805	57615	60859	64438
Надлишок	93	885	572	332

Структура імпорту алюмінієвої сировини в США в 1999-2002 рр. була наступною: боксити: Гвінея – 38 %; Ямайка – 31 %; Бразилія – 12 %; Гайана – 11 %; інші – 8 %; глинозем: Австралія – 61 %; Суринам – 18 %; Ямайка – 9 %; інші – 12 %.

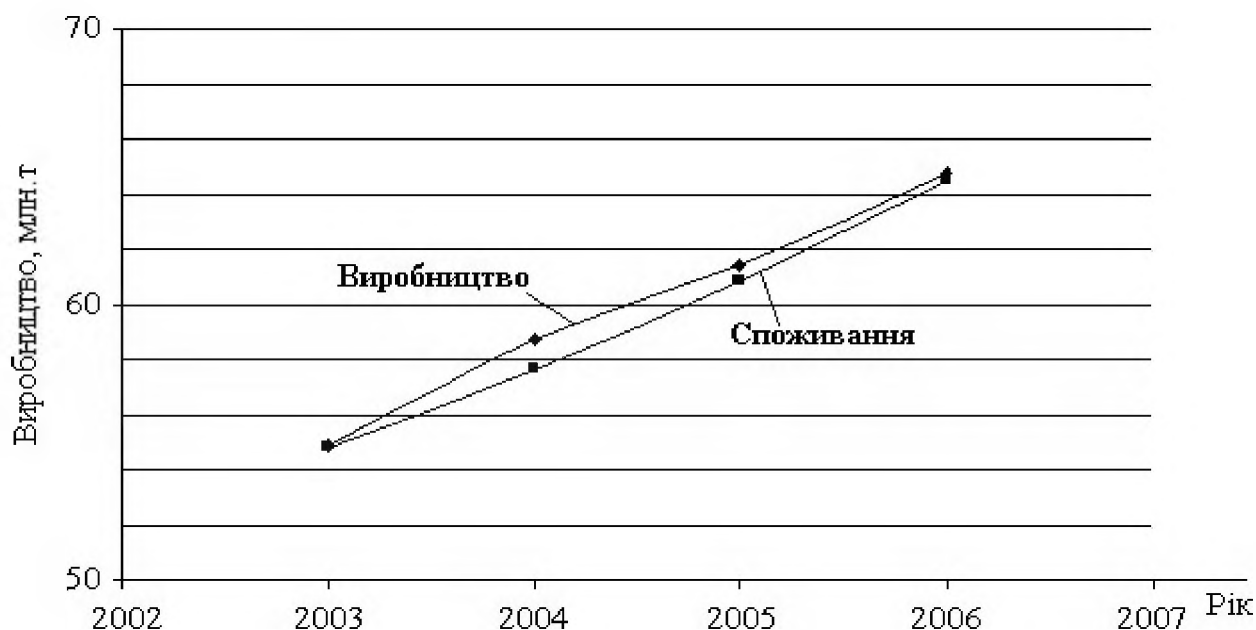


Рисунок 3.1 – Динаміка виробництва і споживання глинозему

Стан ринку алюмінієвої сировини в США представлений в табл. 3.7 [45-48].

Таблиця 3.7 - Стан ринку алюмінієвої сировини в США, тис. т

Найменування показника	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.
Імпорт бокситів	8670	7710	8300	10500	10400
Експорт бокситів	88	52	140	75	75
Імпорт глинозему	3100	3010	2300	1650	1700
Експорт глинозему	1250	1270	1000	1230	1200
Споживання бокситів і глинозему	3670	2860	3000	–	–

Географічна структура експорту глинозему з України представлена в табл. 3.8 [49].

Таблиця 3.8 - Експорт глинозему з України, тис. т

Країна	2001 р.	2002 р.	2003 р.
Всього	1075,49	1101,43	н/д
Росія	933,29	900,32	1198,00
Таджикистан	139,41	126,82	н/д
Білорусь	1,76	1,97	н/д
Молдова	0,87	1,58	н/д
Латвія	0,13	0,38	н/д
Угорщина	н/д	0,31	н/д
Іспанія	0,02	0,05	н/д

Алюмінієва промисловість України включає Миколаївський глиноземний завод (МГЗ), Запорізький алюмінієвий комбінат (ЗАЛК), заводи по виробництву вторинного алюмінію і Броварський завод алюмінієвих будівельних конструкцій. Загальні потужності цих підприємств складають в рік: глинозему – 1,6 млн. т; первинного алюмінію із сплавами на його основі - 110 тис. т; вторинного алюмінію і сплавів на його основі – 165 тис. т ; будівельних профілів – 15 тис. т. Перспективна річна потреба країни в конкретних видах алюмінієвого прокату: плоский прокат (листи, стрічки, плити) - 150 тис. т; труби і прутки – 50 тис. т; профілі для будівельних конструкцій і профілі загального призначення – 50 тис. т; профілі з конструкційних сплавів для авіаційної промисловості – 15

тис. т; катанка електротехнічного призначення-60 тис. т і алюмінієва фольга і пакувальні матеріали на її основі – 46 тис. т [47,48].

Миколаївський глиноземний завод і Запорізький алюмінієвий комбінат практично не мали спаду виробництва після 1991г. Підприємства вторинної кольорової металургії у зв'язку з скороченням об'ємів збору алюмінієвого лому і його постачань з Росії скоротили випуск вторинного алюмінію в середньому на 50 %.

У 1990-х роках галузями промисловості України в середньому використано 464,2 тис. т алюмінію, що в перерахунку на душу населення складає 9 кг. Внутрішній попит на алюмінієву продукцію в 1990-1996 рр. знизився з 464 тис. т до 360 тис. т. В той же час попит в будівельній галузі (з 164 до 275...280 тис. т), у авіакосмічної індустрії (з 25 до 52 тис. т) виробництві пакувальних матеріалів. В перерахунку на душу населення виробництво алюмінію складає близько 7 кг, що значно менше, ніж в промислово розвинених країнах (ФРГ- 21,7; США – 19,5; Японія – 18,8; Франція 15,2; Італія – 10,4; Великобританія – 8,1 кг). Найближчими роками очікується збільшення споживання алюмінію до 500 тис. т. Тому вводять до ладу нових потужностей для виробництва первинного алюмінію і різних напівфабрикатів з алюмінію українській промисловості необхідний.

Миколаївський глиноземний завод має можливість забезпечити глиноземом для отримання первинного алюмінію до 500 тис. т. Проте виробництво первинного алюмінію пов'язаний з витратою дефіцитної в Україні електроенергії.

Виробниками вторинного алюмінію є - АОЗТ «Інтерсплав», «Обімет», «Укргермет» і СП «Сплав» (АТ «Никітовській ртутний комбінат»), котрі провели більше 180 тис. т металу і сплавів по толінгу російських постачальників лому на умовах повернення до 10 % готової продукції [49].

За оцінкою інформаційної служби КНР, загальна потреба алюмінієвих заводів КНР в глиноземі в 2005 р. оцінювалася в 9,0 млн. т і в 2006 р. – в 10,5 млн. т. Китайські виробники глинозему в 2004 р. поставили на ринок КНР 6,5 млн. т і в 2005 р. - близько 7 млн. т. В 2004 р. імпорт глинозему в країну склав 6,3 млн. т, в 2005 р. він склав близько 7 млн. т.

Річні потужності по виробництву первинного алюмінію в світі представлені в табл. 3.9 [40].

Таблиця 3.9 - Річні потужності по виробництву алюмінію, млн.т

Країна	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006р.
Всього	28,20	29,30	30,50	33,60	35,50	37,4
Китай	4,25	5,30	5,70	8,26	9,25	10,5
Росія	3,30	3,35	3,50	3,64	3,76	3,8
США	4,37	4,12	4,14	3,70	3,70	3,7
Канада	2,67	2,73	2,79	2,79	3,01	2,9
Австралія	1,81	1,82	1,85	1,91	1,93	1,95
Бразилія	1,28	1,33	1,42	1,45	1,47	1,6
Норвегія	1,05	1,05	1,20	1,32	1,38	1,36
Індія	Н.д.	Н.д.	Н.д.	Н.д.	0,95	1,15
ЮАР	0,68	0,69	0,73	0,85	0,86	0,9
Бахрейн	Н.д.	Н.д.	Н.д.	Н.д.	0,75	0,85
ОАЄ	Н.д.	Н.д.	Н.д.	Н.д.	0,75	0,77
Венесуела	0,64	0,64	0,64	0,64	0,62	0,65
Мозамбік	н/д	н/д	0,41	0,54	0,55	0,5
Прочие	8,15	8,27	8,12	8,5	6,6	7,17

За свідченням статистики, світовий ринок алюмінію, переживши спад з початку 2003 р., в даний час росте значними темпами. Світове виробництво алюмінію в 2006 р. збільшилося в порівнянні з 2004 р. на 4,6 % - до 33,1 млн. т. За даними Міжнародного інституту алюмінію, виробництво первинного алюмінію в світі характеризується даними, представленими в табл. 3.10.

Найбільшою мірою потужності по випуску алюмінію були розширені в КНР і Канаді. Проте в КНР спостерігається дефіцит електроенергії, бокситів і глинозему, особливо в провінціях Хунань і Хебей, що стримує розвиток виробництва алюмінію. У світовому виробництві алюмінію за останні роки визначилися декілька основних країн, серед яких - Китай, Канада і Росія. Якщо подивитися на ринкові долі країн-виробників сьогодні, то, очевидно, що за останні 10 років прискореними темпами виробництво алюмінію почало активно розвиватися в «нових» країнах, таких як Китай, Індія, Малайзія, Таїланд, країни Близького Сходу і Бразилія.

Таблиця 3.10 - Виробництво первинного алюмінію в світі, млн.т

Країна	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.
Всього	24,46	26,08	27,70	29,80	31,5	33,1
Китай	3,43	4,40	5,45	6,67	7,8	8,7
Росія	3,30	3,35	3,48	3,59	3,6	3,7
Канада	2,58	2,70	2,79	2,59	2,9	3,0
США	2,64	2,70	2,70	2,50	2,5	2,3
Австралія	1,80	1,84	1,88	1,90	1,9	1,9
Бразилія	1,10	1,32	1,38	1,46	1,5	1,6
Норвегія	0,10	1,04	1,15	1,32	1,37	1,36
Індія	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	0,9	1,0
ЮАР	0,63	0,70	0,74	0,86	0,85	0,89
Бахрейн	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	0,75	0,83
ОАЄ	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	0,75	0,77
Венесуела	н/д	н/д	0,60	0,62	0,61	0,61
Мозамбiк	н/д	н/д	0,51	0,55	0,56	0,53
Другие стр.	8,8	8,03	7,02	7,74	5,51	5,91

Світове виробництво алюмінію визначається останніми роками Китаєм. Якщо в 2003 р. його частка в світовому виробництві алюмінію складала 19 %, то в 2005 р. вона виросла до 22,7 %, а в 2006 р. - перевищила 26,3 %. Структура виробництва алюмінію в світі в 1980 і 2004 роках представлена в табл. 3.11.

Таблиця 3.11 – Структура виробництва алюмінію в світі в, %

Континент/країна	1980 р.	2004 р.
США	29	10
Західна Європа	22	14
СНД	17	14
Канада	7	9
Японія	7	-
Африка	3	6
Австралія	2	6
Бразилія	2	5
Китай	2	22
Близький Схід	1	5
Інші країни	8	9

У КНР діють 130 алюмінієвих заводів - більше, ніж в решті, всього світу. Проте більшість цих підприємств дрібні (середня потужність заводу складає 30 тис.т/рік, тоді як в решті, світу, вона наближається до 190 тис.т/рік.

Проте державна політика КНР в алюмінієвій галузі в 2005 році була направлена на гальмування зростання. З 1 січня 2005 року в Китаї припинили повернення податків на експорт алюмінію у розмірі 8 % і ввели 5 %-ий податок на експорт алюмінію. Влітку уряд КНР оголосив про відміну з 22 серпня 2005 р. пільг на толлингову торгівлю алюмінієм. У сумісній заяві китайської митниці і Міністерства торгівлі повідомляється, що це рішення торкається також імпорту глинозему і бокситів. Припинення дії податкових пільг означає, що компанії, що не мають відповідного дозволу, не зможуть імпортувати глинозем, а ті, у яких є цей дозвіл, платитимуть 8 %-ве імпортне мито і 17 %-ий ПДВ. Ці заходи були направлені на скорочення енергоспоживання, а також на консолідацію активів алюмінієвої галузі. Але, не дивлячись на це, виробництво і експорт китайського алюмінію, продовжують своє зростання. За оцінками, об'єм випуску алюмінію в Китаї в 2005 році збільшився більш ніж на 12 % – до 7,5 млн. тонн (за іншими оцінками – 8,5 млн. тонн в рік).

Основний виробник алюмінію в Китаї – компанія «Chalco» – збиралася збільшити об'єм його виробництва в 2005 році на 23 % до 1,05 млн. т, враховуючи придбання в другому кварталі 2005 роки «Lanzhou Aluminium». Протягом наступних трьох років компанія збільшить запаси бокситів на 300 млн. т завдяки розробці родовищ в Бразилії, Австралії і В'єтнамі. З метою збільшення виробництва алюмінію компанія планує придбати алюмінієві заводи з річною потужністю від 300 до 400 тис. т в рік.

За оцінкою аналітиків, в Китаї до кінця 2007 р. в цілому буде введено в дію близько 2,5 млн.т/рік нових потужностей по виробництву алюмінієвої сировини. Це складе 27,5 % потужностей (9,1 млн. т/рік), які передбачається ввести в світі в рамках 16 нових проектів протягом 2006-2008 рр.

Основним регіоном спаду алюмінієвого виробництва стали США і Канада. У Північній Америці виробництво алюмінію в січ-

ні-грудні 2004 р. зменшилися на 7,5 % до 5,11 млн. т, в основному унаслідок підвищення тарифів на електроенергію на північному заході країни і цін на глинозем.

У 2005 р. в США діяло шість компаній, яким належало 19 алюмінієвих підприємств. Річні потужності по виробництву первинного алюмінію в США в 2005 р. складала 3,7 млн. т. Виробництво первинно алюмінію в 2005 р. трохи скоротилося – на 0,7 % - до 2,5 млн. т. Основними сферами кінцевого використання металу в США в 2005 г були: виробництво транспортних засобів – 39 %; тари і упаковки – 28 %; будівельних матеріалів – 14 %; споживчих товарів тривалого користування – 6 %; електротехнічного устаткування – 6 % і інших – 7 %. Показники стану ринку алюмінію в США представлені в табл. 3.12 [45, 50, 51].

Таблиця 3.12 - Показники стану ринку алюмінію в США, тис. т

Найменування показника	2000 р.	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.
Виробництво, в т.ч.:	5038	3847	3877	3773	3676	3600	3400
Первинний	3668	2637	2707	2703	2516	2500	2300
Вторинний	1370	1210	1170	1070	1160	1100	1100
Імпорт	3910	3740	4060	4130	4720	5600	5400
Експорт	1760	1590	1590	1540	1820	2300	2800
Споживання	7530	6230	6320	6130	6590	6800	6100

Основними країнами - постачальниками алюмінію на ринок США в 2001-2005 рр. були: Канада – 55 %; Росія – 18 %; Венесуела – 5 %; Бразилія – 4 %; інші – 19 %. Імпорт алюмінію для споживання в США в 2006 р. збільшився на 70 тис. т, експорт - скоротився на 21 %. На долю Канади і Росії доводилося біля с всього імпорту металу в США.

Питома вага США в світовому виробництві алюмінію знизилася з 36,3 % у 1980 р. до 8 % у 2005 р. Споживання алюмінію в США в 2005 р. було приблизно на 210 тис. т більше, ніж в 2004 р. За рахунок зростання імпорту був частково покритий дефіцит постачань металу в умовах підвищення попиту.

У Західній Європі в 2004 р. випуск первинного алюмінію збільшився на 5,6 % до 4,3 млн. т, а в країнах Східної і Центральної

Європи – виріс на 3,76 % до 4,14 млн. т. В країнах Латинської Америки виробництво первинного алюмінію виросло на 3,56 % до 2,35 млн. т. В інших країнах Азії (без урахування Китаю) за 2004 р. випуск первинного алюмінію збільшився помітно вище, ніж в регіонах традиційного виробництва алюмінію. Зростання склало 10,5 %, тобто до 2,7 млн. т.

У Японії випуск тонкого листа з алюмінію виріс на 2 % завдяки активному попиту на нього з боку виробників банок, напівпровідників, дисплеїв на рідких кристалах, принтерів, деталей танкерів – метановозів і автомашин.

Виробництво алюмінію в 2001-2003 рр. в СНД характеризувалося даними, представленими в табл. 3.13 [45, 51].

Таблиця 3.13 – Стан виробництва алюмінію в СНД, тис. т

Держава/завод	2001 р.	2002 р.	2003 р.
Всього	3696,0	3769,0	3693,5
Росія, в т.ч.:	3299,8	3347,4	3477,0
«Русал»	2458,8	2481,9	2588,9
Братський АЗ	914,6	915,9	930,5
Красноярський АЗ	855,7	864,3	903,5
Саянській АЗ	406,8	413,3	459,0
Новокузнецький АЗ	281,7	287,8	295,9
«СУал»	841,1	864,9	889,3
Іркутський АЗ*	601,6	620,5	640,3
Волгоградський АЗ	145,2	148,3	151,2
Надвойський АЗ	72,5	74,0	75,2
Волховський АЗ	21,6	22,1	22,6
Таджикистан	290,0	309,0	309
Україна (ЗАЛК)	106,0	105,78	107,5

* Включаючи Богословський, Уральський, Кандалакшський.

Експорт необробленого алюмінію з Росії а 2003 г склав 3,14 млн. т проти 2,75 млн. т в 2002 р. Росія відчуває нестачу власної сировини для виробництва алюмінію. Так, в 2003 р. до Росії було ввезено 3,8 млн. т глинозему.

У Україні організовано виробництво первинного і вторинного алюмінію. Первинний алюміній проводять на Запорізькому алюмінієвому комбінаті, проектна потужність якого складала 100 тис. т. Проте модернізація і автоматизація виробництва дозволили збільшити потужність комбінату. Динаміка виробництва алюмінію первинного представлена в табл. 3.14 [49].

Таблиця 3.14 – Динаміка виробництва алюмінію на ЗАЛК, тис. т

Вид продукції	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.
Первинний	105,78	107,47	108,76	108,5

Експорт алюмінію з України вищий за виробництво первинного за рахунок переробки вторинного алюмінію. Дані про експорт представлені в табл. 3.15.

Таблиця 3.15 – Динаміка експорту алюмінію з України, тис. т

Вид продукції	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.
Всього, в т.ч.:	188,33	181,21	165,34	158,16
Алюміній і сплави необроблені	172,15	172,15	149,32	141,40

Структура алюмінієвої продукції в Україні наступна: первинний алюміній - 41,1 %; вторинний - 42,9 %; алюмінієві сплави - 16 %. Слід зазначити, що щорічне зниження експорту алюмінію з України, причому в зростаючій прогресії, наприклад, в 2004 р. в порівнянні з 2003 р. зниження склало 3,8 %, у 2005 р. в порівнянні з 2004 р. - 8,8 %, а у 2006 р. - вже 16,4 %. В той же час значний зріс (на 15...30 %) імпорт алюмінію до України для задоволення внутрішніх потреб.

3.1.2 МАГНІЙ

У XVII в. почався новий період в історії хімічної науки. Саме в цей період відбулося відкриття, що в значній мірі передбачило відкриття елемента магнію. У 1695 р. Н. Гро, випаровувавши мінеральну воду Епсомського джерела (Англія), одержав сіль, що володіла гірким смаком і послаблюючою дією. Через декілька років з'ясувалося, що при взаємодії з «постійним лугом» (так в ті часи називали соду і поташ) ця сіль утворює білий рихлий порошок. Такий самий порошок виходив при прожаренні мінералу, знайденого у околицях грецького міста Магnezії. За цю схожість епсомська сіль одержала назву білої магнезії.

У 1808 р. Хемфрі Деві при електролізі злегка зволоженої білої магнезії з окислом ртуті одержав амальгаму нового металу, який незабаром був з неї виділений і названий магнієм. Правда, магній, одержаний Х. Деві, був забруднений домішками. Перший дійсно чистий магній одержаний А. Бюсси в 1829 р.

Магній - сріблясто-білий дуже легкий метал (щільність його складає $1,74 \text{ г/см}^3$), майже в 5 разів легше за мідь, в 4,5 разу легше за залізо; навіть алюміній в 1,5 разу важче за магній. Плавиться магній при 651°C , але в звичайних умовах розплавити його досить важко: нагрітий на повітрі до 550°C , він спалахує, і миттєво згорає сліпуче яскравим полум'ям. Смужку магневої фольги легко підпалити звичайним сірником, а в атмосфері хлору магній сам займається навіть при кімнатній температурі.

Велике значення має також висока текучість рідини магнеєвих сплавів. Ця властивість магнію забезпечує зростання продуктивності процесу литва під тиском при додатковому вираші у вазі і економії матеріалу у разі випуску тонкостінних деталей, а також збільшення терміну експлуатації інструментів і економічної ефективності технологічного циклу.

При горінні магнію виділяється велика кількість ультрафіолетових променів і тепла: щоб нагрівати стакан крижаної води до кипіння, потрібно спалити всього 4 г магнію. На повітрі магній швид-

ко блякне, оскільки покривається окисною плівкою, Ця плівка служить надійним панциром, що оберігає метал від подальшого окислення.

Хімічні властивості магнію досить своєрідні. Він легко віднімає кисень і хлор у більшості елементів, не боїться їдких лугів, соди, гасу, бензину і мінеральних масел. В той же час він абсолютно не виносить дії морської води і мінеральної води, і досить швидко розчиняється в них. Майже не реагуючи з холодною прісною водою, він енергійно витісняє водень з гарячої води.

Земна кора багата магнієм - в ній міститься більше 2,1 % цього елемента. Він входить до складу майже двохсот мінералів, Але одержують його в основному з трьох - магнезиту, доломіту і карналіту.

Практично невичерпною для отримання магнію є морська вода. Виявляється, якщо здобувати магній з морської води, то протягом 2000 років кожену секунду треба було здобувати по мільйону тонн!

Як наголошувалося, магній надзвичайно легкий, і ця властивість могла б зробити його прекрасним конструкційним матеріалом, але, на жаль - чистий магній м'який і не міцний. Тому конструктори використовують магній у вигляді його сплавів з іншими металами. Особливо широко застосовуються сплави магнію з алюмінієм, цинком і марганцем. Кожний з компонентів вносить свій внесок в загальні властивості: алюміній і цинк збільшують міцність сплаву, марганець підвищує його антикорозійну стійкість. Магній же додає сплаву легкість. Деталі з магнієвого сплаву на 20...30 % легше за алюмінієвих і на 50...75 % легше за чавунні і сталеві деталі. Є немало елементів, які покращують магнієві сплави, підвищують їх жаростійкість і пластичність, роблять стійкіше до окислення. Це літій, берилій, кальцій, церій, кадмій, титан та інші.

Але є, на жаль, і «вороги» - залізо, кремній, нікель. Вони погіршують механічні властивості сплавів, зменшують опірність їх корозії.

Магнієві сплави знаходять широке застосування. Авіація і реактивна техніка, ядерні реактори, деталі моторів, автобусів, легкових автомобілів, колеса, масляні насоси, відбійні молотки, пневмобури, фото і кіноапарати, біноклі – ось далеко не повний перелік областей застосування магнієвих сплавів. Саме мала питома вага зумовила його застосування як енергозберігаючого матеріалу в авіації, ракетній і космічній техніці. Зниження витрати палива і перехід на електромобілі зажадає широкого застосування магнію в автомобілебудуванні.

Не малу роль грає магній в металургії. Він застосовується як відновник у виробництві деяких цінних металів – титану, цирконію, хрому, ванадію і ін. Магній, введений в розплавлений чавун, модифікує його, тобто покращує його структуру і підвищує механічні властивості. Відливання з модифікованого чавуну з успіхом замінюють сталеві поковки. Крім того, металурги використовують магній для розкислювання стали і сплавів.

Властивість магнію (у вигляді порошку, дроту або стрічки) – горіти білим сліпучим полум'ям – широко використовується у військовій техніці для виготовлення освітлювальних і сигнальних ракет, трасуючих куль і снарядів, запалювальних бомб. Добре були знайомі з магнієм фотографи – магнієвий «спалах». Втім, в цій ролі магній не виступає - електрична лампа «бліц» витіснила його практично повсюдно.

І ще в одній грандіозній роботі - акумуляція сонячної енергії – бере участь магній. Він входить до складу хлорофілу, який поглинає сонячну енергію і з її допомогою перетворює вуглекислий газ і воду в складні органічні речовини (цукор, крохмаль і ін.), необхідні для живлення людини і тварин. Без хлорофілу не було б життя, а без магнію не було б хлорофілу - в ньому міститься 2 % цього елемента. Чи багато це? Загальна кількість магнію в хлорофілі всіх рослин Землі складає близько 100 млрд. т! Елемент № 12 Періодичної системи Д.І. Менделєєва – *магній* – входить і до складу практично всіх живих організмів. Якщо вага людини складає 60 кг, то приблизно 25 г з них доводиться на магній.

Послугами магнію широко користується медицина – «англійська сіль» - сульфат магнію ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) - швидкодіюче проносне. Чистий оксид магнію (палена магнезія) застосовується при підвищеній кислотності шлункового соку, печії, отруєнні кислотами. Перекис магнію служить дезинфікуючим засобом при шлункових розладах.

Окисел магнію також використовується у виробництві цементу, вогнетривкої цеглини, в гумовій промисловості. Перекис магнію («новозон») застосовують для відбілювання тканин. Сірчаноокислий магній використовують в текстильній і паперовій промисловості як протраву при фарбуванні, водні розчин хлориду магнію - для приготування магнезійного цементу, ксилоліту і інших синтетичних матеріалів. Карбонат магнію $MgCO_3$ знаходить застосування у виробництві теплоізоляційних матеріалів.

І, нарешті, ще одне обширне поле діяльності магнію – органічна хімія. Магнієвий порошок використовують для обезводнення таких важливих органічних речовин, як спирт і анілін. Магнієорганічні з'єднання широко застосовують при синтезі багатьох органічних речовин.

Сфери використання магнію розширюються. Найпривабливішою галуззю, де магній знаходить застосування є автомобілебудування. Останніми роками проведені широкомасштабні дослідження, направлені на створення нових магнієвих сплавів. Розроблені сплави для високотемпературних вузлів автомобіля - підвіски двигуна, блоків циліндрів, впускних колекторів, корпусів коробки передач, опорні балки приладової панелі, консолі рульової колонки, деталі сидінь, кришки кулачкових механізмів, компоненти колісних приводів. т.д.

Близько 40...45 % світового виробництва магнію використовується у виробництві алюмінієвих сплавів, до 30 % витрачається на магнієві сплави для литва різних деталей, інші 24 % використовуються в чорній металургії для легування сталей, для відновлення металу, а також в електрохімії.

За останні десять років вміст магнію в американських автомобілях збільшився, приблизно, в три рази – до 4 кг. При цьому, деякі малотоннажні вантажівки містять до 26 кг магнію на одну машину. Середньостатистичний європейський автомобіль містить 2,5 кг магнію. У Європі використовується близько 300 деталей з магнієвих сплавів. Так заміна алюмінію магнієм забезпечить компанії BMW зниження на 10 кг ваги картера без зміни його конструкції.

Виробництво магнію в світі виросло з 617 тис. т в 2004 г до 663 тис. т в 2005 р., табл.3.16 [52-55]. Все зростання світового виробництва відбулося за рахунок експансії виробництва магнію, що продовжується, в Китаї. Виробництво в Китаї склало в 2005 р. 469 тис. т, в Канаді (Hydro Magnesium) – 45 тис. т, в США (US Magnesium) - 40 тис. т, в Бразилії (Rima Industrial) – 12 тис. т, в Росії (СМЗ) – 17 тис. т, «ВСМПО-АВИСМА» - 24 тис. т, в Казахстані (УКТМК), в Україні (ЗТМК) – 6 тис. т.

Таблиця 3.16 – Світове виробництво первинного магнію, тис. т

Країна, фірма	2000 р.	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.
КНР	195	216	255	354	434	469
Країни ЄС	210	181	130	137	133	130
Росія	36	38	43	44	45	41
Казахстан*	8,2	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0
Україна*	4	6,1	6,2	6,9	7,6	8,3
Всього	453,2	455,1	448,2	555,9	633,6	662,3

* Розраховано з урахуванням виробництва губчастого титана.

В період 80-х і початку 90-х років минулого століття в СРСР був досягнутий максимальний рівень виробництва магнію. Загальне середньорічне виробництво магнію досягало 155...165 тис. в рік, з них 90...100 тис. т використовувалося на виробництво титанової губки, випуск товарного магнію залишався практично на одному рівні - 66 тис. т на рік. У середині 90-х років відбувся спад виробництва магнію, пов'язаний з падінням споживання і виробництва титану.

У перспективі очікується значне збільшення споживання магнію в промисловості, ливарні, за рахунок зростання його застосування в автомобілебудуванні. Основна причина - введення нового стандарту в США (SAFE) по витрачання палива зі встановленням штрафних санкцій за перевищення передбаченої стандартом норми - 6,7 літра на 100 км. Це зажадає використовувати в конструкціях автомобілів магнієві сплави для зниження ваги автомобіля і витрати палива [56-59].

Зростання споживання магнію у виробництві алюмінієвих сплавів зв'язується із зростанням використання алюмінієво-магнієвих сплавів в консервних банках, а також подальшого збільшення використання різних марок алюмінієво-магнієвих сплавів в авіаційній техніці.

Використання магнію як десульфуризатора сталі росте найшвидшими темпами зі всіх областей його застосування.

Тенденції зростання нафтовидобутку і здобичі газу викличе неминуче зростання споживання магнієвих протекторів.

Споживання магнію для виробництва модифікованого чавуну в Північній Америці складає 6 тис. т при загальному виробництві чавуну 101 млн.т/рік. При виробництві в Україні 35 млн.т чавуну в рік для модифікування буде потрібно приблизно 2 тис. т магнію.

Витрата магнію на десульфурацію сталі в даний час на Заході складає 0,5 кг/т. Виробництво прокату і сталевих труб в Україні складає приблизно 40 млн.т на рік. Середньорічне споживання магнію на ці цілі можна оцінити на рівні 23...27 тис. т на рік.

У новій конструкції "Боїнгу 777" використання магнію доведено до 10 т. Оцінити потреби України для цих цілей немає можливості, оскільки не відомо кількості вироблюваних літаків.

Найбільше зростання споживання магнію для хімічних цілей слід чекати у використанні його для захисту судів, трубопроводів і сталевих конструкцій від корозії.

3.2 Важкі метали

3.2.1 Мідь

Історично мідь увійшла до «сімки» елітних металів. З давніх часів золото, срібло, мідь, залізо, олово, свинець і ртуть були відомі людям. Роль міді в становленні людської культури особлива. Кам'яне століття змінилося мідним, мідний – бронзовим. Не скрізь цей процес відбувався одночасно. Корінне населення Америки переходило від кам'яного століття до мідного в XVI в. н.е., всього 400 років тому! А в давньому Єгипті мідне століття наступило в IV тисячолітті до н.е.: 2 млн. 300 тис. кам'яних глиб, з яких приблизно 5000 років тому була складена 147-метрова піраміда Хеопса, були здобуті і обтесали мідним інструментом. Близько 10 тис. років тому були виготовлені перші металеві знаряддя праці. Розповсюдженню міді сприяли такі її властивості, як здібність до холодного кування і відносна простота виплавки з багатих руд.

Завдяки своїм властивостям, серед яких пластичність, корозійна стійкість, електропровідність, високі естетичні властивості і відносно невисока вартість виробництва і витягання міді, дозволяє застосовувати її в різних галузях промисловості, починаючи від медицини і закінчуючи електронікою.

Мідь, мідні сплави і з'єднань на її основі сьогодні є основним матеріалом в електротехніці і електроніці – для обмоток електроапаратури, для дроту, кабелів, шин, для деталей теле-, радио- і телефонної апаратури. У машинобудуванні для теплообмінників, криогенних і опріснювальних установок. У транспорті для деталей і вузлів вагонів, тепловозів, судів, літаків. У хімічній промисловості для виробництва каталізаторів, фарб і солей. І цей ряд галузей промисловості можна доповнювати. У країнах ЕЕС близько 60 % міді споживається в електронній і електротехнічній промисловості, 25 % - в будівництві, частина, що залишилася – у виробництві промислового устаткування, механізмів і транспортних засобів. В даний час мідь застосовується для виробництва більше 75% кабелів і дротів. У останньому десятилітті випереджаючий розвиток має випуск кабелів для комп'ютерів і локальних мереж.

Використання міді по галузях промисловості представлено на рис.3.2.

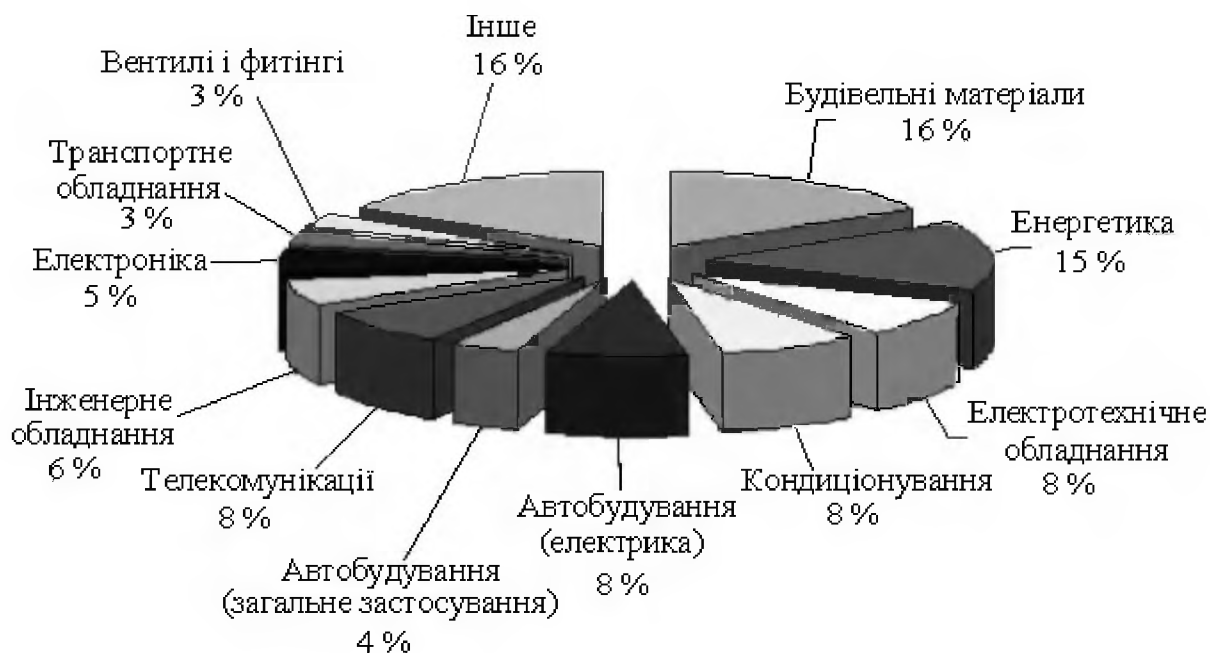


Рисунок 3.2 – Споживання міді по галузях промисловості

Аналіз виробництва і споживання міді показав, що з 1996 по 2002 рік пропозиція міді на ринку перевищувала попит і це привело спочатку до стабілізації, а потім і до падіння цін. З 2004 року попит вже стабільно перевищує пропозицію, і вартість товару почала підніматися. Відповідність підйому виробництва і дефіциту міді не вдається досягти. Об'єм виробництва міді за підсумками 2005 р. практично порівнявся з об'ємом її споживання, але на динаміку цін це не вплинуло. Виробництво міді за останнє десятиліття було нерівномірним. З 1995 р. по 2001 р. спостерігається підвищення у виробництві міді з 12 до 15,4 млн. тонн. А з 2001 по 2004 рр. виробництво міді залишалося на одному рівні 15...16 млн. тонн. Після 2004 р. відбулося різке збільшення виробництва міді, рис.3.3.

Споживання міді в промислово розвинених країнах збільшується повільними темпами, тоді як в багатьох крупних азіатських державах її використання швидко росте. Зокрема, воно продовжує зростати разом з імпортом металу в КНР.

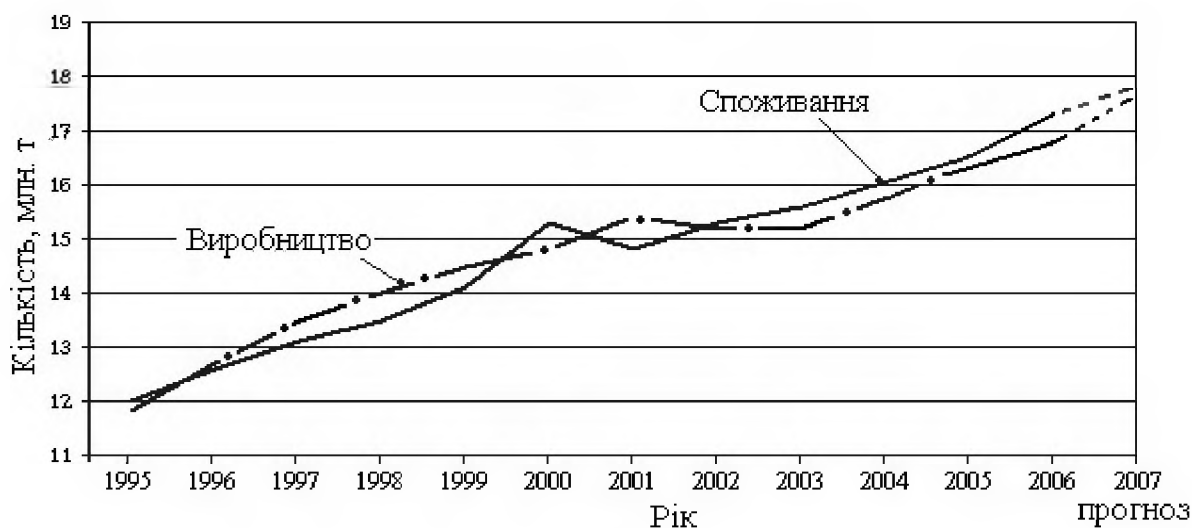


Рисунок 3.3 – Зміна у виробництві міді

Мідь є одним з найважливіших стратегічних металів, широко використовуваних в сучасному промисловому виробництві, табл. 3.17 [60].

Таблиця 3.17 – Світове споживання рафінованої міді, млн.т

Країни, регіони	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.
Всього	15,61	16,69	16,45	17,35
Азія	4,3	6,94	7,1	7,41
ЕС-25	4,07	4,07	3,77	3,9
Півн.Америка	2,9	3,09	2,89	3,0
Лат. Америка	0,15	0,54	0,54	0,57
АСЕАН	0,67	0,67	0,71	0,74
Африка	0,19	0,19	0,19	0,19
Австралія	0,18	0,17	0,15	0,17
СНД	0,45	0,1	0,11	-
Інші	2,7	0,92	1,01	1,37

Розвиток мідної промисловості КНР в даний час багато в чому визначає стан світового ринку міді. У 2005 р. в КНР було спожито близько 3,8 млн. т міді. За оцінками експертів, до 2020 р. КНР може збільшити споживання міді до 5,5 млн. т в рік.

У країнах Азіатсько-тихоокеанського економічного співробітництва (АТЕС) зосереджені найбільш крупні запаси мідних руд: у

Чилі - 38 % від світових запасів, США- 11 %, Індонезії, Перу, Росії - по 5 %, Китаї і Мексиці - по 4 %. Чилі є найбільшим виробником міді в світі і, за оцінкою, утримуватиме лідерство і в майбутньому, табл. 3.18 [61].

Таблиця 3.18 – Виробництво, споживання міді в 2003 г і прогноз споживання в країнах АТЭС

Країна	Здобич Cu руд, тис. т*	Вир-во рафінір. Cu, тис. т*	Споживання рафінованої міді тис. т			
			2000 р.	2003 р.	2006 р.	2010 р.
Австралія	830	500	169	183	190	210
Канада	588	455	272	255	320	355
Чилі	4904	2902	83	95	109	122
КНР	609	1772	1877	3097	3710	4000
Тайвань	-	-	628	620	745	815
США	1130	1320	3027	2295	2610	2840
Росія	630	818	180	447	463	530
Філіппіни	20	171	35	43	51	55
Індонезія	1004	223	70	140	182	210
Японія	-	1430	1348	1202	1340	1460
Малайзія	-	-	166	169	186	210
Мексика	357	366	476	353	428	476
Н.Зеландія	-	-	6	1	1	1
Папуа- Н. Гвінея	196	196	-	-	-	-
Перу	839	517	45	56	68	77
Південна Корея	-	510	861	902	1013	1133
Сінгапур	-	-	12	-	-	-
Тайланд	-	-	151	204	255	292
В'єтнам	-	-	17	35	42	50
Всього АТЕС	11107	11180	9423	10097	11713	13337
Всього в світі	13656	15253	15122	15614	17610	19820
Частка АТЕС %	81,33	73,3	62,31	64,67	66,51	67,29

* Дані відносяться до 2003 р.

Підтверджені світові запаси міді складають на початок 2006 р. 470 млн.т. Головні з них зосереджені в Чили, США, КНР, Перу Польщі, Австралії, Мексиці, Індонезії, Замбії, Росії і Казахстані, табл.3.19.

Таблиця 3.19- Запасів міді в світі (на початок 2007 р.), млн. т

Країна	Підтверджені	Передбачувані
Всього	480,0	940,0
Чилі	150,0	360,0
США	35,0	70,0
КНР	26,0	63,0
Перу	30,0	60,0
Польща	30,0	48,0
Австралія	24,0	43,0
Мексика	30,0	40,0
Індонезія	35,0	38,0
Замбія	19,0	35,0
Росія	20,0	30,0
Казахстан	14,0	20,0
Канада	9,0	20,0

Світова здобич мідних руд на 2005 р. склала 14983 тис. т. В 2005 р. на країни Латинської Америки припало 45 % здобутої міді, Північній Америці - 14,5 %, Азії - 7,0 %, АСЕАН - 7,9 %, Африці - 4,7 %, Австралії і Океанії - 7,3 %, Західній Європі - 4,7 %, табл. 3.20-3.21 [62-64].

Таблиця 3.20 – Здобич міді (за змістом металу в рудах) в регіонах миру, тис. т

Регіони	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.
Всього	13650	14527,0	14983,0	15743,0
Лат. Америка	5939	6725,0	6701,0	6901,0
Півн. Америка	2075	2143,0	2172	2310,0
Австралія і Океанія	830	1028,0	1099,0	1172,0
Азія	609	994,0	1055,0	1155,0
АСЕАН	1024	892,0	1180,0	1153,0
ЕС -25	726	726,0	711,0	711,0
Африка	Н.д.	627,0	711,0	895,0
Інші	3668	1337	1354	1446,0

Таблиця 3.21 – Здобич міді в руді по країнах, млн. т (за змістом мідь в руді)

Країна	2000 р.	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.
Всього	13,2	13,7	13,4	13,6	14,5	14,9	15,33
Чилі	4,6	4,74	4,58	4,86	5,38	5,41	5,4
США	1,44	1,34	1,14	1,12	1,16	1,15	1,22
Перу	0,554	0,722	0,84	0,83	1,0	1,0	1,05
Індонезія	1,01	1,05	1,16	0,98	0,86	1,05	0,80
Австралія	0,841	0,869	0,88	0,83	0,85	0,93	0,95
Росія	0,6	0,62	0,69	0,67	0,67	0,67	0,72
КНР	0,593	0,590	0,58	0,61	0,62	0,64	0,76
Канада	0,634	0,633	0,6	0,56	0,56	0,58	0,60
Польща	0,465	0,474	0,5	0,49	0,5	0,53	0,52
Казахстан	0,430	0,47	0,49	0,48	0,48	0,4	0,43
Мексика	0,365	0,367	0,33	0,36	0,4	0,42	0,38
Замбія	0,257	0,3	0,33	0,33	0,4	0,45	0,54
Аргентина	0,145	0,193	0,204	...	...	...	...
Папуа–Н. Гвінея	0,203	0,204	0,204	....	...	...	...
Монголія	0,125	0,192	0,134	...	...	....	...
Іран	0,125	0,133	0,134	...	...	...	...
Інші країни	0,95	0,9	0,85	0,72	1,62	1,67	1,92

Виробництво рафінованої міді з концентрату і лому щорічно підвищується, табл.3.22 [65-67]. Особливо це характерний для Азії, країн ЕС і країн Америки.

Таблиця 3.22 – Світове виробництво рафінованої міді (включаючи отримання з лому), млн. т

Континент	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.
Азія	1,77	4,7	5,1	5,7
Лат. Америка	3,94	3,58	3,57	3,91
ЕС	2,32	2,32	2,34	2,37
Півн. Америка	2,13	2,18	2,14	2,19
Австралія і Океанія	0,5	0,49	0,46	0,51
Африка	0,48	0,48	0,51	0,69
АСЕАН	0,39	0,44	0,58	0,68
Росія	0,82	0,9	0,95	0,95
Інші	2,9	0,75	0,69	1,76
Всього	15,25	15,84	16,34	17,81

За прогнозом Міжнародної групи по отриманню міді (ICSG) наголошується збільшення потужностей по виробництву міді в світі до 2008 р., табл.3.23. Найбільше зростання торкнеться сектора здобичі, де відносне збільшення потужностей в 2004 по 2008 г складе 18 %. Очікується, що найбільш значний приріст здобичі відбудеться в 2007 р. Потужності по випуску чорної міді збільшаться на 8 %. У двох інших виробників мідного прокату і сплавів спостерігається скорочення об'ємів випуску продукції. У середині країни реалізовано 35...40 % від загального об'єму виробництва мідної продукції.

Таблиця 3.23 – Динаміка зміни потужностей по випуску міді, тис. т

Потужності	2004 р.	2005 р.	2006 р.	2007 р.	2008 р.
Здобич в т.ч.:	15713	16829	17182	18299	18625
SX-EW	2988	3207	3440	4067	4248
Концентрати	12725	13622	13743	14232	14377
Отримання чорної міді	15329	15956	16385	16540	16540
Рафінування, в т.ч.:	19370	20291	21009	21766	21947
Електролітичне	15600	16220	16796	16926	16926

Не дивлячись на відсутність на території України діючих родовищ міді, Україна є відомим виробником міді. Основними виробниками міді в Україні є Артемівський завод по обробці кольорових металів (АЗОКМ), «Укркольорпром», «Укрчермет», «Запорізький завод кольорових сплавів» (ЗЗКС), СП "ПАНКОМ-ЮН". Лідерами мідної галузі України в даний час є АЗОКМ, який щорічно випускає до 100 тис. т продукції з міді і її сплавів, а також ЗЗКС. У 2004 році АЗОКМ показав зростання виробництва на рівні 7...9 %.

Прогнозована потреба підприємств України в міді до 2010 р. приведена в табл.3.24 [68].

Таблиця 3.24 – Прогнозована потреба України в мідній продукції, т

Продукція	2000 р.	2005 р.	2010 р.
Мідь рафінована	83890	87600	91100
Вторинні мідні сплави	3600	3900	4000
Прокат міді її сплавів	26600	30900	35300
Катанка мідна	32660	36850	41100

У Україні затребувана мідна катанка, її споживачі – кабельно-провідникові заводи – демонструють досить бурхливий розвиток. Річну потребу українських підприємств в мідній катанці можна оцінити приблизно на рівні 25 тис. т. ВАТ АЗОКМ відвантажує на внутрішній ринок не більше 12 тис. т мідної катанки в рік. Декілька тисяч тонн цієї продукції українським кабельникам поставляє ТОВ ЗЗКС. Решту необхідного об'єму мідної катанки кабельні заводи завозять з-за кордону. ЗЗКС виступає одним з не багатьох виробників заготівки мідної катанки діаметром 8 мм, яка прямує на волочіння для отримання дроту. Об'єми виробництва міді і сплавів в 2004 році склав 65 тис. т, тоді як в 1990 році було вироблено 149 тис. тонн мідної продукції. Стрімко наростають проблеми забезпечення галузі сировиною. Проте, при вигідній кон'юнктурі світового ринку, Україна продовжує залишатися помітним експортером ряду кольорових металів, табл.3.25 [68].

Таблиця 3.25 – Експорт мідної продукції з України

Найменування продукції	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.
	кількість, т			
Прутки, бруски і профілі з міді	21657	21727	15383	11295
Листи і стрічки мідні	3732	4371	4863	6852
Труби і трубки мідні	2107	2776	3406	8943
Мідь і вироби з неї	45422	45083	54060	56557

3.2.2 Нікель

Нікель, що вперше потрапив до рук людини - матеріал небесного походження (виявлений в залізних метеоритах). Метеоритне залізо, що містить цей елемент, міцне і стійке до іржавлення, йшло не тільки на талісмани, але і на зброю. Ім'я металу прийшло від старого Ніка, глузливого, цікавого і „шкідливого” гнома, який підсовував в мідні руди схожий на них мінерал, з якого не вдавалося виплавити ні мідь, ні який-небудь метал взагалі. Відкриття цього мінералу і «напівметалу» пов'язано з ім'ям шведського ученого Кронстедта А.Ф. (1751 р.). Ще більше 10 років було потрібно Бергману Т.І. і Прусту Ж.Л., щоб виділити чистий нікель і описати його властивості: велика опірність корозії, жаростійкість, висока пластичність і ковкість, магнітні властивості.

Перше застосування нікелю придумали ювеліри як декоративний метал. Спокійний світлий блиск нікелю не меркне на повітрі, метал легко обробляється. Але і це застосування він одержав не відразу, тому що перший зразок нікелю був ще крихкий і практично непридатний для обробки. Причиною таких негативних властивостей металу була домішка сірки (всього 0,03 % сірки досить, щоб вконець зіпсувати механічні властивості нікелю). Приблизно так само діє на властивості цього металу і кисень. Відбувається це через те, що кисень розділяє зерна металу і, тим самим, порушує його структуру. Присадка деяких металів, наприклад, магнію, звільняє нікель від домішок і додає властиві йому властивості.

Нікелювання, як засіб захисту інших металів від корозії, відоме вже більше ста років. Нікель є одним з найперспективніших матеріалів для виготовлення хімічної апаратури, стійкою при дії концентрованих розсолів, гарячих лугів, розплавлених солей, фтору, хлору, бромю і інших агресивних середовищ. Хімічну пасивність цей метал зберігає і при нагріві і тому жаростійкість нікелю використовується в реактивній техніці.

Унікальну сукупність властивостей нікелю використовують при виготовленні електровакуумних приладів - дротяних утримувачів, введень, сіток, анодів, екранів, керн оксидних катодів і ряд інших деталей. У багатьох відношеннях чудові магнітні властивості

нікелю: додаток механічної напруги до металу міняє його магнітні характеристики. Інша область застосування магнітомеханічних властивостей нікелю – виготовлення достатньої чистоти стрижнів, які в змінному магнітному полі стають джерелом ультразвуку. Нікель також використовується при виготовленні сплавів для лопаток турбін і багатьох інших деталей, що піддаються вібрації.

Основне ж застосування нікелю пов'язане з виробництвом сплавів. В даний час промисловість використовує декілька тисяч сплавів на основі заліза, міді і нікелю. Прабатько численного роду цих сплавів, наприклад, «пактхонг» (або «пекфонг»), який виплавляли в Китаї, можливо до нашої ери, і який «дожив» до наших днів. Він складається з міді, нікелю (20 %) і цинку, причому цинк грає тут в основному ту ж роль, що і магній при виготовленні ковкого нікелю. Цей сплав в невеликих кількостях почали одержувати в Європі в першій половині XIX в. і назвали його «нейзільбер» - нове срібло. При цьому нікель володіє цікавою «вибільюючою здатністю» - при його змісті до 20 % він повністю «гасить» червоний колір міді. Таке «нове срібло» успішно конкурувало з «старим» (справжнім сріблом). Застосовували його і для чеканки монет. Нині нейзільбер і споріднений йому мельхіор (у мельхіорі немає цинку, але присутньо близько 1% марганцю) застосовуються не тільки і не стільки для заміни столового срібла, скільки в інженерних цілях: мельхіор найбільш стійок (зі всіх відомих сплавів!) проти ударної або струмінєвої корозії. Це відмінний матеріал для кранів, клапанів і особливо конденсаторних трубок.

На початку XX століття виникли складнощі при переробці багатих канадських руд, що містять удвічі більше нікелю, ніж міді (розділення цих двох металів досить складне). Президент Міжнародної нікелевої компанії А. Монель подав сміливу ідею - не розділяти мідь і нікель, а виплавляти їх спільно в «натуральний» сплав. Зараз створено багато марок монель-металу, що розрізняються природою і кількістю легуючих добавок, але основа у всіх випадках колишня – 60...70 % нікелю і 28...30 % мідь. Висока хімічна стійкість, відмінні механічні властивості принесли монель-металу славу серед хіміків, суднобудівників, текстильників, нафтовиків і навіть порфумерів.

Інший сплав - феронікель, що одержується з окислених руд, використовують як напівпродукту для отримання багатьох марок стали і інших залізо-нікелевих сплавів. Це конструкційні нікелеві і неіржавіючі хромонікелеві стали.

Ще один сплав – інконель, «аристократичний родич» неіржавіючих сталей - це сплав (точніше, група сплавів) на основі нікелю і хрому з добавками титану і інших елементів. Інконель став одним з головних матеріалів ракетою техніки. Ніхром (20 % Cr, 80 % Ni) - найважливіший із сплавів, що володіє високою опірністю - основа більшості електронагрівальних приладів. Менш відомий елінвар (45 % Ni, 55 % Fe, легуючи добавки - Cr, Mo, W), що зберігає постійну пружність при різних температурах, а також платиніт (49 % Ni, 51 % Fe). Останній не містить платини, але у багатьох випадках замінює її. Як і платину, його можна упаяти в скло і спай не руйнуватиметься, оскільки коефіцієнти теплового розширення скла і платиніту співпадають. У інвару (36 % Ni, 64 % Fe) коефіцієнт теплового розширення близький до нуля.

Особливий клас складають магнітні сплави. Найбільші заслуги належать пермалою (FeNi_3) - сплаву з феноменальною магнітною проникністю. Сердечники з пермалою є в будь-якому телефонному апараті, а тонкі пермалойні плівки – головний елемент пристроїв обчислювальних машин, що запам'ятовують.

Нікель утворює сплави не тільки з міддю і залізом, але майже зі всіма металами періодичної системи і навіть не тільки з металами. Характерна особливість нікелю – схильність до утворення з'єднань змінного складу, наприклад таких як: Ni-H Ni-C, Ni-O, Ni-S. Складні тверді розчини Ni-NiO, NiO-Ni₂O₃, NiO-NiO₂ – основа нікелевих акумуляторів.

Цікаво поведінка оксидів нікелю в стеклах і глазурі - залежно від того, яке число атомів кисню оточує атом (іон) нікелю, скло набуває кольору від пурпурного до жовтого. Можна добитися і того, щоб скло пропускало тільки ультрафіолетові промені. Металоорганічні комплексні сполуки, в яких нікель пов'язаний з групами CO, C₅H₅, CN і іншими, ще одна широка область застосування нікелю.

Каталітичні властивості нікелю були виявлені ще в 1823 р., але було потрібно майже сторіччя, щоб від епізодичних спостережень хімія перейшла до систематичного вивчення перетворень на нікелевих каталізаторах. Нині нікель - один з «стовпів» каталітичної хімії. Основне застосування металевого нікелю в каталізі - різноманітні реакції гідрогенізації.

Останніми роками нікель як каталізатор проник і в область електрохімічних процесів; найбільші перспективи має тут каталітичне окислення водню в паливних елементах.

Можна сміливо назвати нікель тричі сучасним елементом: конструкційний матеріал, елемент хімії і енергетики.

Головними споживачем нікелю залишаються Європейські країни. У 2004 р. споживання нікелю склало 1273 тис. т, в 2005 р. - 1298 тис. т. Проте приріст споживання рафінованого нікелю відбувся завдяки КНР. Очікується збільшення споживання нікелю в КНР в подальші роки, оскільки в 2004 р. споживання склало 145 тис. т, а в 2008 р. передбачається 175 тис. т.

Головною областю споживання нікелю є виробництво неіржавіючої сталі. Попит на неіржавіючу сталь в світі росте щорічно на 4...5 %. Високий попит нікелю з боку харчової і фармацевтичної промисловості – зокрема там використовують молібденові сплави “Hastelloy”. А на початку 2004 р. збільшився попит на цей сплав у виробництві промислових газових турбін. Попит на рафінований нікель в світі в 2006 р. залишається високим, зокрема унаслідок зростання потреб в ньому КНР, США і Західній Європі, табл.3.26 [69-75].

Значну частину вироблюваного в світі нікелю споживають в США. Велика частина підприємств - споживачів нікелю - сконцентрована в шт. Пенсільванія, а також в штатах Кентуккі, Західна Вірджинія і Індіана. Близько 41 % спожитого в США в 2003 р. нікелю припало на виробництво сплавів з іншими кольоровими металами, ще 41 % - на виробництво неіржавіючої сталі і різних сталевих сплавів, 16 % - на гальванопокриття.

Таблиця 3.26 – Стан споживання нікелю в світі, тис. т

Країна	2000 р.	2001 р.	2002 р.	2003 р.
Всього, у т.ч:	1122,0	1107,7	1161,5	1277,0
Європа	396,8	418,4	445,4	477,0
Азія, в т.ч.:	400,6	352,9	385,0	426,0
КНР	н/д	н/д	123,8	133,0
Республіка Корея	н/д	н/д	н/д	113,0
Тайвань	н/д	н/д	н/д	103,0
Японія	н/д	н/д	64,4	69,5
Північна і Південна Америка, в т.ч.	192,4	165,9	155,4	168,5
США	147,0	129,0	121,0	126,0
Канада	н/д	н/д	н/д	9,0
Мексика	н/д	н/д	н/д	3,0
Африка	32,2	31,2	31,8	32,0
Росія	9,0	9,0	11,0	35,0
Австралія і Океанія	2,0	2,0	2,0	2,0
Інші країни	89,0	128,3	128,9	136,5

Структура споживання нікелю в 2003 р. була наступною: виробництво транспортних засобів – 32 %, хімічна промисловість – 14 %, випуск електротехнічного устаткування - 11 %, будівництво – 9 %, інше машинобудування – 6 %, виробництво побутових електро-товарів – 7 % і нафтопереробна промисловість – 6 %. Видиме споживання первинного нікелю в США в 2004 р. оцінювалося в 126 тис. т, близько 100 тис. т нікелю в США було витягнуто з імпортованого нікелевого лому.

Споживання нікелю в січні-червні 2005 г зросло в порівнянні з тим же періодом 2004 г на 1 %.

Основними постачальниками нікелю на ринок США в 2000-2003 рр. були: Канада – 40 %, Росія – 14 %, Норвегія – 11 % і Австралія – 10 %. Близько 45 % спожитого в США в 2005 р. первинного рафінованого нікелю припало на виробництво сплавів з іншими кольоровими металами, 36 % на виробництво неіржавіючої сталі і різних сталевих сплавів, 14 % витрачалося на гальванопокриття. Структура споживання нікелю в 2005г. була наступною: виробництво транспортних засобів - 33 %, хімічна промисловість – 13 %, випуск електротехнічного устаткування – 11 %, будівництво – 9 %, інше машинобудування – 7 %, виробництво побутових електро-

варів - 6 %, нафтопереробна промисловість – 6 % інші – 15 %. Видиме споживання в США в 2005г. склало 136 тис. т.

Стан імпорту і експорту нікелю в США представлений в табл.3.27 [69, 76-78].

Таблиця 3.27 – Стан споживання, імпорту і експорту нікелю в США, тис. т

Показник	2000 р.	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.
Імпорт						
Первинний метал	156,00	136,00	121,00	125,00	136,00	148,0
Вторинний метал	10,70	8,760	9,11	11,50	18,8	16,5
Експорт						
Первинний метал	8,15	8,45	6,52	6,33	8,0	10,9
Вторинний метал	49,90	48,90	39,40	47,30	48,3	51,9
Споживання вторинно-го металу	84,00	81,2	83,9	83,5	83,3	85,2
Видиме споживання первинного нікелю	147,00	129,00	121,00	117,0	129,0	136,0

Попит і пропозиція на нікель на світовому ринку приведений в табл. 3.28 [79].

Таблиця 3.28 - Попит і пропозиція на нікель на світовому ринку, тис.т

Показники	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.	2007 р.	2008 р.
Виробництво	1199	1257	1285	1355	1450	1540
Попит	1230	1255	1245	1395	1465	1550
Баланс	-27	+2	+41	-39	-15	-10

У першому півріччі 2004 р. споживання нікелю зросло, зокрема, у виробництві трубною сталі, сплавів «42» і «36», електродів, використовуваних на зарубіжних заводах японських компаній, що випускають нікель-метал-гідридні акумуляторні батареї. У виробництві каталізаторів зростання споживання склало 39 %, акумуляторних батарей – 34 %, магнітів – 30 %. При цьому у виробництві покриттів за цей період спостерігалось зниження споживання на 11 %.

Виробництво нікель-метал-гідридних батарей в 2003 р. скоротилося на 22 % зважаючи на перехід, що продовжується, до використання іонних літієвих систем. Проте очікується, що в перспективі попит на нікель-метал-гідридні батареї зросте, особливо з боку виробників гібридних електромобілів. Але ціна на такі батареї зросла на 51 % в результаті різкого подорожчання нікелю. Вельми широка і номенклатура матеріалів, що випускаються з нікелю. У КНР попит на нікель продовжував зростати, тоді як в інших країнах він знижувався з боку виробників неіржавіючої сталі, які скорочували об'єми її випуску [80, 81]. Споживання рафінованого нікелю в КНР в 2006 р. збільшиться до 218 тис. т., а в 2005 г воно досягло 195 тис. т. У 2006 г на світовому ринку нікелю попит відповідав пропозиції. На інші думки, дефіцит пропозиції нікелю складе близько 16...20 тис. т.

Потреба України в нікелі в 2000 р. складала 5,3 тис. т, прогнозна потреба на 2010 р. - 6,6 тис. т. У 2000 р. Україна імпортувала нікелю і виробів з нього в кількості 4,33 тис. т на суму 53,4 млн. дол. США. Проте інформація про споживання нікелю в Україні у вигляді конкретних матеріалів вельми обмежена і носить періодичний характер. У теж час можна відзначити, що інтерес до цього металу спостерігається, про що можна судити за даними табл. 3.29 і 3.30 [75]. Практично вся продукція є імпортованою.

Таблиця 3.29 – Об'єм споживання прокату із сплавів нікелю в Україні, т

Вид прокату	1999 р.	2000 р.	2001 р.	2002 р.	2003 р.
Всього прокату	249	289	989	1369	786
Круглий прокат, в т.ч.:	207	245	180	206	288
З прутков Cu-Ni сплаву	40	46	127	111	249
Дріт Cu-Ni сплаву	45	29	10	13	13
Труби Cu-Ni сплаву	122	170	43	82	26
Плоский прокат, в т.ч.	42	44	809	1163	498
Смуги і стрічки Cu-Ni сплаву	42	44	809	1163	498

Таблиця 3.30 – Імпорт до України прокату мідно-нікелевої групи в 2003 г, т

Марка сплаву	Лента	Лист	Плита	Смуга	Дріт	Пруток	Ронделі	Труба	Всього
CuAlNi ₂	-	-	-	-	-	-	974,84	-	974,84
БрАЖН 10-4-4	-	-	-	4,42	-	30,81	-	1,40	36,63
БрАЖНМц9-4-4-1	-	-	-	-	-	5,50	-	-	5,50
БрКН1-3	-	-	-	-	-	15,45	-	-	15,45
БрНБТ	-	-	4,28	-	-	-	-	-	4,28
БрНКХ2,5-0,7-0,6	-	0,90	-	-	-	-	-	-	0,90
ЛМцКНС58-3-1,5-1,5-1	-	-	-	-	-	20,28	-	15,98	36,26
МНЖ5-1	1,10	9,81	-	-	-	-	-	6,97	17,88
МНЖКТ5-1-0,2-0,2	-	-	-	-	11,91	-	-	-	11,91
МНЖМц30-1-1	-	-	-	-	-	-	-	4,00	4,00
МНМц 3-12	1,20	-	-	0,03	0,10	-	-	-	1,33
Разом	2,3	10,71	4,28	4,45	12,01	72,04	974,84	28,35	1108,98

Порівняно з деякими країнами рівень споживання нікелю і нікелевих матеріалів в Україні залишається вельми низьким. Як вже наголошувалося, нікель є одним з основних елементів у виробництві неіржавіючої сталі. У той же час Україна відстає по показнику споживання від розвинених країн. У Японії, США і деяких країнах ЄС цей показник складає 8...10 кг на душу населення, а в Україні - менше 0,5 кг. Для нашого споживача це все ще дорогий товар.

Сировина

По дані Геологічної служби США світові виявлені запаси нікелю (вміст металу в руді більше 1 %) складають близько 60 млн. т, а перспективні до 140 млн. т, табл.3.31.

Таблиця 3.31 – Стан світових запасів нікелю, млн. т (за станом на початок 2007 р.)

Країна	Величина	
	Запасів	Бази запасів
Всього, в т.ч.	64,0	140,0
Австралія і Океанія, в т.ч.	24,0	27,0
Австралія	22,0	27,0
Нова Каледонія	4,4	12,0
Азія, в т.ч.	5,24	25,8
Індонезія	3,2	13,0
КНР	1,1	7,6
Філіппіни	0,94	5,2
Росія	6,6	9,2
Північна і Південна Америка, в т.ч.	17,11	49,03
Канада	4,9	15,0
Куба	5,6	23,0
Колумбія	0,83	1,1
Домініканська Республіка	0,72	1,0
Бразилія	4,5	8,3
Венесуела	0,56	0,63
Африка, в т.ч.	4,205	13,18
ЮАР	3,7	12,0
Ботсвана	0,49	0,92
Зімбабве	0,015	0,26
Західна Європа, в т.ч.	0,49	0,9
Греція	0,49	0,9

Нікель міститься в сульфідних і окислених рудах. В цілому в світі переважають латеритові окислені нікелеві руди. Значні ресурси нікелю містяться в залізо-марганцевих конкреціях на дні океанів.

США не володіють значущими запасами нікелевих руд і в 2003-2004 рр. їх здобич в країні не велася. Деяку кількість цього металу одержують як побічний продукт з мідних і паладієво-платинових руд в західних штатах країни.

Запаси нікелевих руд в Канаді складають близько 8 % світових. Розвідані запаси нікелю підтримуються на стабільному рівні унаслідок відкриття в останнє десятиліття нових родовищ, таких як Voisey's Bay, Raglan і Montcalm. Проте останніми роками частка

канадського металу на світовому ринку скорочується. Канада має в своєму розпорядженні нікелеві руди виключно сульфідного типу, а основним районом їх здобичі є родовище Sudbury. Зокрема, компанія “Falconbridge” має намір розвивати новий проект “Nicel Rim South”, а компанія “Sudbury Joint Co Inc.” освоєє комплекс “Levack-McCreedy West”. Активні геологорозвідувальні роботи в межах Sudbury ведуть компанії “Aurora Platinum Corp.”, “Lonmin plc” і Wallbridge Mining Co.”

За останнє десятиліття відкрито декілька родовищ на півночі провінції Квебек (рудний пояс “Ungava”). Активні геологорозвідувальні роботи ведуться в рудному поясі “Thompson”, де запаси оцінюються у розмірі 37 млн. т із змістом нікелю 2,14 %, мідь – 0,14 %, що відповідає 777 тис. т нікелю і 51,8 тис. т міді.

Виявлені запаси руди у компанії “Inco Ltd.” склали на кінець 2003 р. 193 млн. т з середнім вмістом в них: мідь - 1,38 %, нікелю - 1,28 %, що відповідає 2,663 млн. т нікелю і 2,470 млн. т міді. Загальні виявлені запаси руди у компанії “Falconbridge” в 2003 р. оцінювалися в 14 млн. т з вмістом нікелю в них 1,39 %, а мідь – 1,28 %, що відповідає 0,194 млн. т нікелю і 0,179 млн. т міді. У 2005 р. північніше Sudbury компанія “Falconbridge” планує ввести в експлуатацію нікелевий проект “Montcalm”, запаси руди по якому оцінюються в 5 млн. т, а середній вміст нікелю і міді в них – 1,46 і 0,71 % відповідно, а по металу: 73,0 тис. т нікелю і 35,5 тис. т міді. Запаси руди на “Voisey’s Bay” компанії “Inco” на півострові Лабрадор складають близько 30 млн. т із змістом нікелю 2,85 %, мідь – 1,68 %, кобальту – 0,14 % або в кількісному виразі: 885 тис. т нікелю; 504 тис. т міді і 4,2 тис. т кобальту.

Близько 70 % всіх запасів нікелю в світі залягають у формі латеритових нікелевих руд. Перший нікель з латеритових руд був витягнутий в Новій Каледонії ще в 1879 р. Проте дотепер виробничі і енергетичні витрати на розробку такого роду родовищ залишаються вищими, ніж у родовищ сульфідних руд. В той же час більшість родовищ сульфідних руд вимагають розробки підземним способом, тоді як витягання латеритових руд може здійснюватися відкритим способом. За умови вдосконалення технологій, вживаних при переробці латеритових нікелевих руд (вилуговування під високим тиском і гідрометалургійним методом), витрати експлуатації копалень, розробляючих латеритові нікелеві поклади, можуть бути істотно скорочені. Загальні запаси латеритових нікелевих руд складають

12,6 млрд. т з середнім змістом металу 1,28 %, що еквівалентно майже 161 млн. т чистого нікелю. Майже 2/3 латеритових нікелевих руди придатні для вилуговування під високим тиском. Майже 15 % світового виробництва нікелю доводиться на Австралію - країну з великими запасами латеритових нікелевих руд. В той же час є значні запаси сульфідних руд, в основному на заході країни, зокрема у компанії "WVC Resources Ltd." В результаті великих геологорозвідувальних робіт виявлені ряд нових родовищ, які готуються до експлуатації. У Австралії "Gladstone Pacific Nickel Ltd." продовжує геологорозвідувальні роботи на латеритових нікелевих родовищах рудного району Marlborough (шт. Квісленд). За попередніми оцінками запаси родовища складають близько 72 млн. т руди, що містить в середньому 0,8 % нікелю і 0,06 % кобальту. Планується, що метал з руди витягуватимуть за технологією сірчаноокислотного вилуговування під високим тиском. Продуктивність заводу складатиме 30 тис. т в рік.

Наявні в КНР родовища нікелю не в змозі забезпечити промисловість необхідною кількістю сировини. За оцінками, власна здобич нікелевої руди зможе забезпечити виробництво електролітичного нікелю в країні не більше ніж на 60 %. За прогнозами, випуск електролітичного нікелю в КНР в 2009 р. складе близько 150 тис. т. Мінерально-сировинна база нікелю України складається з родовищ, представлених силікатними рудами кори вивітрювання гіпербазитів і зосереджених в двох його районах: Середньому Побужжі (Київградська область) і Середньому Придніпров'ї (Дніпропетровська область). В середньому Побужжі активні запаси нікелю складають близько 60 тис. т з середнім зміст нікелю 0,8...1,07 %, що забезпечить роботу Побужського нікелевого заводу на 9...10 років. У районі Побужського нікелевого заводу виявлено декілька нових рудних місць і перспективних ділянок з ресурсами близько 52 тис. т нікелю. Дещо нижче в Придніпров'ї є бідніше родовище нікелевих руд (співвідношення $Co:Ni = 1:25$), але воно залягає на великій глибині (30...40 м) на території багатих орних земель. Враховуючи також значну віддаленість Побужського нікелевого заводу, їх експлуатація в даний час недоцільна. Перспективними ділянками є Запднолащинське і Північноліповенковське родовища. Конкретні дані про родовища відсутні. Окрім силікатних нікелевих руд, в Україні виявлені і прояви сульфідних-нікелевих руд в Красногор-

сько-житомирській зоні і Приазов'ї. Проте конкретніша інформація відсутня.

Виробництво

Нікель в світі здобувається з двох типів руд: сульфідних і латеритових. Основні розвідані поклади сульфідних нікелевих руд розробляються в Австралії, Канаді, Росії і ЮАР (у комплексі з міддю і металами платинової групи). Латеритові родовища в основному розробляються відкритим способом в західній частині Австралії, Новій Каледонії, Індонезії, Колумбії, Венесуелі, Бразилії, Домініканській Республіці і на Кубі.

Здобич нікелевих руд організоване в основному у Росії, Австралії, Канаді, Індонезії, Новій Каледонії, табл.3.32 [70, 72, 75, 80].

Таблиця 3.32 – Стан здобичи нікелю в рудах в світі, тис. т (за змістом металу)

Країна	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.
Всього, в т.ч.	1340,0	1400,0	1400,0	1500,0	1550,0
Північна і Південна Америка, в т.ч.:	411,5	426,0	447,1	458,5	534,0
Канада	178,3	180,0	187,0	196,0	230,0
Куба	73,0	75,0	72,4	75,0	73,8
Колумбія	58,2	65,0	75,0	72,5	90,0
Домініканська Республіка	38,8	39,0	47,0	47,0	46,0
Бразилія	45,0	46,0	45,2	46,0	74,2
Венесуела	18,2	21,0	20,5	22,0	20,0
Росія	310,0	330,0	315	315	320,0
Австралія і Океанія, в т.ч.:	309,6	340,0	296,0	333	303,0
Австралія	210,0	220,0	178,0	210,0	191,0
Нова Каледонія	99,6	120,0	118,0	122	112,0
Азія, в т.ч.	202,5	203,0	214	233	266,0
КНР	54,0	56,0	64,0	71,0	79,0
Індонезія	122,0	120,0	133,0	140,0	145,0
Філіппіни	26,5	27,0	17,0	22,0	42,0
Африка, в т.ч.:	63,6	66,0	82,42	88,6	76,0
ЮАР	35,5	40,0	39,9	41,7	41,0
Ботсвана	20,0	18,0	33,0	37,1	28,0
Зімбабве	8,0	8,0	9,52	9,8	9,0
Західна Європа у т.ч.:	26,6	26,2	21,7	22,1	24,0
Греція	22,7	21,4	21,7	22,1	24,0
Інші	16,2	8,8	56,78	50,8	25,0

Стан виробництва рафінованого нікелю в світі представлений в табл.3.33.

У 2004 р. виробництво рафінованого нікелю виросло до 1270,3 тис. т, а в 2006 р. до 1350,2 тис. т. Дефіцит постачань нікелю в західних країнах в 2005 р. оцінюється в 6 тис. т.

Таблиця 3.33 – Стан виробництва рафінованого нікелю в світі, тис.т

Країна	2000 р.	2001 р.	2002 р.	2003 р.
Всього, в т.ч.	1082,6	1152,7	1191,7	1236,9
Європа	182,0	188,8	194,5	209,2
СНД	311,9	340,2	341,5	347,0
Африка	50,2	52,0	53,0	52,2
Північна і Південна Америка	213,0	232,0	254,5	269,6
Азія	170,8	164,0	165,7	168,9
Австралія і Океанія	154,5	174,0	182,5	190,0

Динаміка виробництва і споживання нікелю представлено на рис.3.4

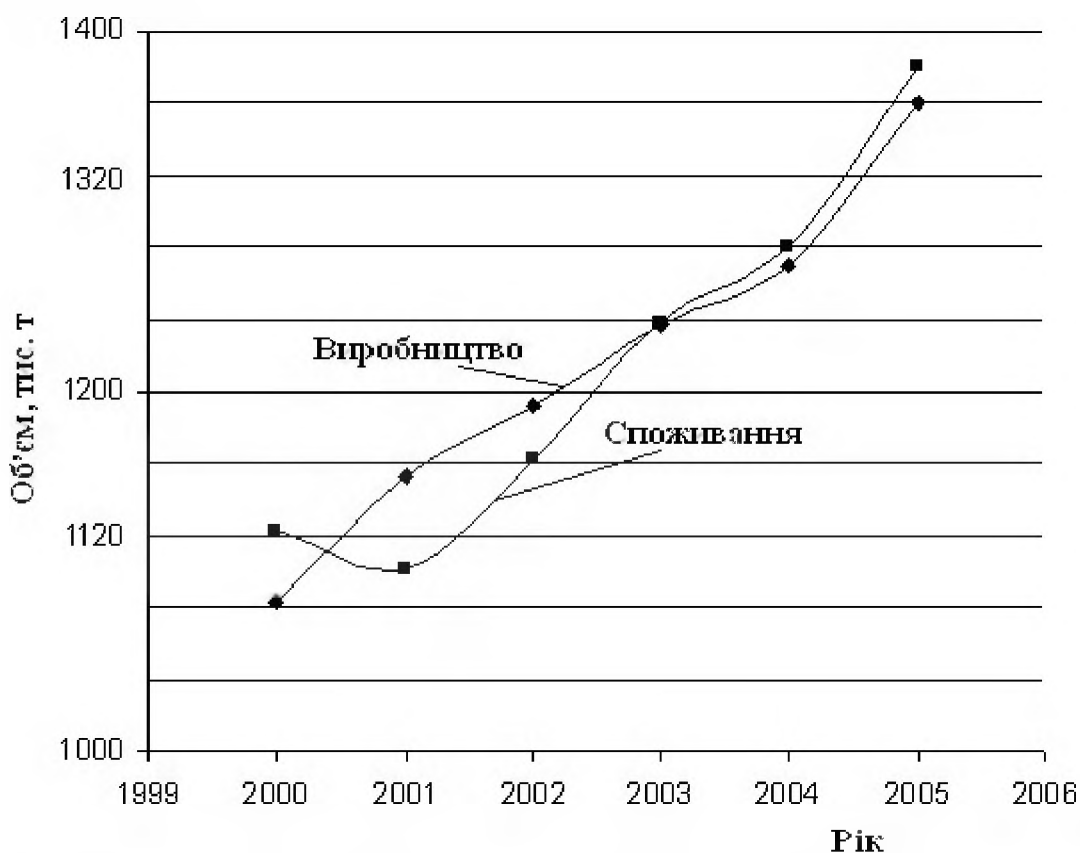


Рисунок 3.4 – Динаміка виробництва і споживання нікелю

Об'єм виробництва нікелю основними компаніями миру представлено в табл.3.34 [74].

Таблиця 3.34 - Виробництво нікелю основними компаніями миру, тис. т

Компанія	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.
Всього	1174,7	1123,8	1270,4	1360,2
Норильський нікель	218,0	230,0	240,0	245,0
Inco & Torgo Nickel	197,2	200,4	204,1	204,1
Falconbridge	91,0	101,2	105,0	113,0
BHP Billion	74,0	78,1	82,0	85,0
Eramet WMC Resources	60,1	62,0	61,0	72,5
Sumitomo	54,1	56,0	59,0	68,0
OMG	55,3	59,0	51,0	51,0
Jinchuan	47,8	58,0	63,1	69,0
Cubaniquel	40,5	40,0	42,0	42,0
Pamco	40,5	40,0	42,0	42,0
Sherritt	31,7	31,9	32,5	33,0
Anaconda MM	30,0	30,5	38,0	40,0
Amplats	19,4	21,0	23,0	23,0
Larco	19,2	21,5	23,0	23,0
Loma de Niquel	15,3	17,0	18,0	18,0
PT Aneka Tambang	8,8	7,7	10,0	17,0
Інші	106,7	98,0	104,7	137,6

Близько 85,2 тис. т нікелю в 2005 р. в США було витягнуто з імпортованого нікелевого лому. Основними постачальниками нікелю на ринок США в 2001-2004 рр. була Канада - 41 %, Росія - 14 %, Норвегія - 11 % і Австралія - 9 %

Однією з найбільших компаній по виробництву нікелю є «Норильський нікель», випуск якого у 2005 р. досяг в даний час 245 тис. т. Надалі компанія має намір зберегти цей рівень виробництва. ГМК «Норильський нікель» продовжує диверсифікувати структуру продажів. У компанії збільшилася частка довгострокових контрактів з кінцевими споживачами, здійснюється розвиток збутової мережі для ширшого обхвату середніх і дрібних споживачів. В результаті реструктуризації збутової мережі комбінат здійснює продаж продукції через наступні фірми: «Norilsk Nickel Europe», «Norilsk Nickel USA», «Norilsk Nickel Asia». Основна кількість продукції комбінатом проводиться на експорт.

В даний час на долю п'яти крупних компаній Австралії доводиться близько 90 % здобичі нікелю. Запаси нікелю в штаті Західна Австралія оцінюються в 22,7 млн. т. Компанія "Fox Resources Ltd." В цьому штаті виявила зону високоякісного нікелевого зруднення із запасами в 12 млн. т з середнім вмістом нікелю в 0,96 %. Нікелева руда може бути перероблена за технологією сірчанокислотного вилуговування під тиском.

Південноафриканська компанія "Impala Platinum Holdings" спільно з "Dynatec Corp." розглядає можливість реалізації проекту по здобичі нікелю і кобальту на Мадагаскарі. Об'єм виробництва нікелю в майбутньому може скласти близько 4,5 % світового.

Найближчим часом зростуть об'єми відвантажень нікелевих концентратів з підприємства "Voisey's Bay" на північному сході півострова Лабрадор, Канада. Продовжується реалізація нікелевого проекту "Goro" в південно-східній частині Нової Каледонії; планується, що тут нікелева руда оброблятиметься по сучасній PAL технології (кислотне вилуговування під тиском). На заході Австралії починається споруда нової копальні "Ravensthore" із з крупними покладами латеритових нікелевих руд. Планується, що концентрат з "Ravensthore" оброблятиметься в Австралії на підприємстві "Yabulu" в шт. Квінсленд. Активно продовжується впровадження сучасних технологій і устаткування для виробництва нікелю в Індонезії, Казахстані, Туреччині, на Кубі і Філіппінах.

Значне число гірничодобувних компаній, зокрема "Inco Ltd." і "Lion Ore Mining International Ltd.", планують збільшити об'єми виробництва за рахунок реалізації своїх нових проектів, щоб стабілізувати ринок металу. Збільшення попиту на нікель в світі багато в чому пов'язано із зростанням об'ємів споживання його в КНР, США і країнах ЄС.

У 2005 р. в Китаї діяло 18 гірничодобувних і 49 металургійних підприємств по виробництву нікелю. Випуск нікелю в концентраті знизився в порівнянні з 2004 г на 5 % - до 59,9 тис. т, а рафінованого металу виріс на 26 % - до 103 тис. т, що вивело КНР в число п'яти найбільших країн-виробників даного металу в світі. Споживання нікелю в КНР в 2006 р. зросло в порівнянні з 2005 г на 30 % в результаті збільшення потреб в ньому виробників неіржавіючої сталі, і країна вийшла на перше місце в світі по рівню її виробництва, випередивши Японію.

Єдиним підприємством України, що переробляє вітчизняні нікелеві руди, є АТ «Побужський феронікелевий завод», проектні потужності якого складають до 7 тис. т нікелю в рік або 80...90 тис. т феронікелю, зокрема, в 1991 р. завод випустив 88 тис. т феронікелю (у ньому 6,5 тис. т нікелю і кобальту). У подальші роки виробництво нікелю скорочувалося аж до зупинки підприємства. В даний час завод орендують російські підприємства. О стані виробництва інформація відсутня. У той же час, певна кількість феронікелю експортується. В основному це виробництво пов'язане з переробкою окислених руд, лому і відходів, що ввозяться з Нової Каледонії, табл.3.35 [75].

Таблиця 3.35 – Стан експорту феронікелевих сплавів з України, тис. т

Матеріал	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.
Феронікель	28,00	51,11	25,44	н/д	72,12

Єдиним виробником неіржавіючого сортового прокату в Україні є ВАТ «Дніпроспецсталь» (м. Запоріжжя). Щорічне його виробництво складає близько 55...60 тис. т., з якого 75 % складає нікельвмісна сталь. Основними споживачами продукції є підприємства Трубно-металургійної компанії України. ВАТ «Дніпроспецсталь» займає домінуюче положення в Україні на ринку неіржавіючого сортового прокату (круг, шестигранник, квадрат, смуга) і є основним постачальником трубно-заготівки для Нікопольського заводу неіржавіючих труб.

Світовий ринок нікелю в середньостроковій перспективі відчуватиме дефіцит і, більш того, зросте, услід за тим, що вводить до ладу нових сталеплавильних потужностей у Фінляндії і Китаї. Розробка нових нікелевих копалень не встигатиме за світовим попитом, тому високі ціни на нікель, мабуть, збережуться на кілька років.

У зв'язку із збільшеним попитом на неіржавіючі сплави і інші нікельвмісні продукти, істотним зростанням цін, почали створюватися проекти по введенню нових потужностей виробництва нікелю, табл.3.36.

Таблиця 3.36 - Основні плановані нікелеві виробництва

Проект	Компанія	Продуктивність, тис. т
Koniambo	Falconbridge, SMSB	60
Goro	Inco	60
Barro Alto	Anglo	60
Voisey's Bay	Inco	50
Ravensthorpe	BHP Billiton	50
Vermelho	CVRD	45
Yakabindie	WNC	40
Onca	Puma Inco	33
Разом	-	398

Деякі з цих виробництв були задекларовані ще в 2001-2002 рр., проте на об'ємі інвестицій негативно відобразився досвід західно-австралійських проектів, що використовують в здобичі нікелю технологію вилуговування руд під тиском. Затримки з введенням в експлуатацію крупного проекту "Goro" компанії "Inco" також не додали оптимізму. Унаслідок зростання витрат, проект "Goro", на думку керівництва компанії "Inco", може бути здійснений тільки у 2007 р.

Копальня "Goro" компанії "Inco" в Новій Коледонії припускав перші відвантаження продукції в кінці 2005 р., а "Voisey's Bay" - в 2006 р. Руда, що здобувається, перероблятиметься в Канаді, оскільки запаси руди родовища "Tompson" швидко скорочуються. Так, канадська компанія "Inco" повинна здати в експлуатацію шахту «Voisey's Bay» з річним об'ємом виробництва близько 50 тис. т нікелю в концентраті.

Компанія BHP Billiton планує інвестувати 1,4 млрд. дол. США в розширення виробництва в Західній Австралії. Модернізація заводу Yabulu допоможе збільшити його потужності у 2007 року до 76 тис. т і продовжити термін експлуатації комбінату ще на 25 років.

Японські компанії "Sumitomo Metal Mining" і "Mitsui Bussan" повинні взяти участь в здійсненні нікелевого проекту "Goro" в Новій Коледонії, який "Inco" планує ввести в експлуатацію восени 2007 р. Планований річний рівень виробництва в рамках "Goro" за змістом нікелю складе 60 тис. т, а кобальту – 50 тис. т.

В кінці 3 квартала 2004 р. компанія "Rio Narcea Gold Mines Ltd." планувала почати здобич нікелю відкритим способом на ко-

пальні “Aquablanca” на півдні Іспанії. Запаси руди оцінюються в 15,7 млн. т з середнім змістом нікелю 0,65 % і міді - 0,45 %. При випуску нікелевого концентрату 10 тис. т в рік термін експлуатації копальні перевищить 11 років. Вартість введення в експлуатацію копальні складає 71 млн. дол. США. За розрахунками, витрати виробництва складуть близько 4 дол. США за кг продукції.

Не дивлячись на успіхи підприємств, розробляючих сульфідні родовища нікелю, багато фахівців як і раніше упевнені в тому, що майбутнє нікелевої промисловості буде пов'язано з експлуатацією латеритових покладів цього металу, які в загальній структурі світової бази запасів нікелю складають близько 80 %.

Достатньо крупні поклади латеритових нікелевих руд є на Кубі. Фірма “Moа Nickel” – дочірнє підприємства компанії “Sherritt International”, за домовленістю з урядом Куби продовжує нарощувати виробництво нікелю за технологією PAL на одній з двох копалень компанії “Cubaniquel”.

Китайські підприємства також виявляють підвищену цікавість до кубинських нікелевих запасів. Найбільші нікелеві компанії КНР – “Jinchuan Group” і “Jilin Ji En” - зацікавлені в розробці зарубіжних родовищ і мають намір брати участь в консорціумі, очолюваному “China Metallurgical”, з метою розробки нікелевого проекту “Ramu” в Папуа-Нової Гвінеї. Об'єм фінансових інвестицій на першому етапі оцінюється в 650 млн. дол. США, виробнича потужність складатиме до 32, 8 тис. т нікелю в рік.

Дорожчання металу, пов'язане із збільшенням споживання нікелю у виробництві неіржавіючих сталей, має свою негативну і позитивну сторону, оскільки примушує виробників випускати нові марки сталей з меншим змістом нікелю. При цьому ряд крупних гірничодобувних компаній налагоджують або розширюють здобич цього металу.

Так, французька компанія Erametal вже в 2005 році збільшила продуктивність свого плавильного заводу Doniambo в Новій Каледонії на 20 % (до 60...65 тис.т/рік). Бразильське підприємство CVRD, яке в даний час не веде операції на ринку нікелю, має намір побудувати до кінця 2009 року новий комбінат Vermelho, який протягом 40 років щорічно видаватиме по 46 тис. т нікелю.

Проте якщо всі перспективні нікелеві комбінати будуть побудовані і запущені на повну потужність, то ринок, можливо, буде пересичений, що послужить причиною зниження цін на цей метал.

3.2.3 Кобальт

У 1835 р. шведський хімік Георг Брандт виділив з саксонської руди сірий із слабким рожевим відтінком невідомий метал і при-власнив йому ім'я «кобальд», або «кобальт». Він же відзначив, що з металу можна виготовляти сафру - фарбу, що додає склу глибокий і дуже красивий синій колір. Але ще в Давньому Єгипті було відомо дуже синє скло, секрет виготовлення ретельно ховався. В середні віки в Європі широко поширено було венеціанське скло, зокрема синього кольору. Забарвлення стекол з'єднаннями кобальту має важливе значення і у наш час, хоча існують дешевші фарбники. Для технічних цілей часто потрібні стекла, поглинаючі і проникні промені певного кольору. Такі стекла необхідні у фотографії, сигналізації, калориметричному аналізі і інших випадках.

Кобальт, як і вольфрам, незамінний в металообробці - він служить найважливішою складовою частиною інструментальних швидкорізальних сталей. Одним з промислових твердих сплавів називають стеліт (від латинського слова *stella* - зірка). Так в одному із стелітів міститься більше 50 % кобальту. Карбід вольфраму або титану – основний компонент твердого сплаву - спекається в суміші з порошком металевого кобальту. Кобальт сполучає зерна карбіду і додає всьому сплаву велику в'язкість, зменшуючи його чутливість до поштовхів і ударів. Тверді сплави можуть служити не тільки для виготовлення ріжучих інструментів. Іноді доводиться наварювати твердий сплав на поверхню деталей, що піддаються сильному зносу при роботі машини. Такий сплав на кобальтовій основі може підвищити термін служби сталевій деталі в 4...8 раз.

Здатність зберегти магнітні властивості після одноразового намагнічення властива лише не багатьом металам, у тому числі і кобальту. До сталей і сплавів, з яких виготовляють магніти, пред'являють дуже важливу технічну вимогу: вони повинні володіти великою коерцитивною силою, інакше – опором розмагнічуванню. Магніти повинні бути стійкі і по відношенню до температурних дій, до вібрації (що особливо важливо в моторах), легко піддаватися механічній обробці.

Під дією тепла намагнічений метал втрачає феромагнітні властивості. Температура, при якій це відбувається (точка Кюрі), різна: для заліза – це 769°C , для нікелю – всього 358°C , а для кобальту досягає 1121°C . Вольфрам, молібден або хром додають магнітній сталі високу твердість, а кобальт підвищує її коерцитивну силу в 3,5 разу. Магніти з такої сталі виходять в 3...4 разу коротше і компактніше. Якщо вольфрамова сталь втрачає під дією вібрації свої магнітні властивості майже на третину, то кобальтові – всього на 2,0...3,5 %. Сучасні вимоги до постійних магнітів надзвичайно різноманітні. І одне з головних – це мінімальна вага при максимальній «силі». У останні десятиліття були винайдені такі магніти. Це сплави, названі «магніко» і «альніко» – по початкових буквах і назв металів, з яких вони складаються: перший з магнію, нікелю і кобальту, другий – з алюмінію, нікелю і кобальту. Властивості цих сплавів здаються незвичайними: магніт вагою 100...200 г утримує вантаж в 20...30 кг! Дуже сильні постійні магніти виходять також з інтерметалевих з'єднань кобальту з деякими рідкоземельними елементами (наприклад, SmCo_5 і ін.).

Найширше застосування в авіаційній і космічній техніці одержали сплави на основі кобальту. Кобальтові сплави своєю жароміцністю зобов'язані утворенню тугоплавких карбідів. Ці карбіди не розчиняються в твердому розчині. Вони володіють малою дифузійною рухливістю. Проте переваги таких сплавів перед нікелевими виявляються лише при температурах від 1038°C і вище. Кобальтові сплави хороші саме для найбільш ефективних високотемпературних двигунів. У конструкціях авіаційних турбін застосовують кобальтові сплави, які містять від 20 до 27 % хрому. Цим досягається висока «окалиностійкість» матеріалу, що дозволяє обходитися без захисних покриттів. Хром, до речі, єдиний елемент, що збільшує стійкість кобальту проти окислення і одночасно його міцність при високій температурі. Кобальтові сплави знайшли застосування у виготовленні феритів, виробництві інтегральних схем в радіотехнічній промисловості, при виготовленні квантових генераторів і підсилювачів.

Попит на кобальт визначається станом світової економіки і діловою активністю в галузях - крупних споживачах цього металу, таких як виробництво спеціальних сплавів, акумуляторних батарей, каталізаторів. Попит металевого кобальту по країнам дається у табл.3.37 [82, 83].

Таблиця 3.37 – Попит на металевий кобальт, тис. т

Країни	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.	2007 р.
Взагалі, в т.ч.	31,4	34,6	38,4	45,0	50,6	55,2	52,0
Японія	8,2	9,5	10,0	12,6	13,0	14,1	15,4
США	9,2	9,8	10,0	10,0	11,0	11,8	12,1
Європа	8,0	7,2	7,8	8,2	8,6	9,4	9,6
КНР	3,0	4,0	6,0	8,5	11,4	12,7	14,1
Інші країни	3,0	4,1	4,6	5,7	6,6	7,2	7,8
Надлишок постачань	4,7	6,7	3,6	1,7	1,87	-1,27	-2,75

У 2006 р. ряд чинників сприяв зростанню попиту на кобальт, зокрема високий рівень ділової активності в електронній промисловості крупних країн - споживачів металу, включаючи США і Японію.

Галузева структура споживання кобальту в США в 2004 р. характеризувалася наступними даними: виробництво спеціальних сплавів – 44 %, хімічна промисловість – 26 %, сфери, пов’язані з різними видами використання металів – 21 %, виготовлення спечених карбідів – 9 %.

Попит в Китаї, що є одним з лідируючих імпортерів кобальту, робить все більш значний вплив на тенденції розвитку світового ринку цього металу.

За даними “Metal Bulletin”, споживання кобальту в КНР в 2006 р. зросло на 12,7 % - до 10,64 тис. т. Попит на кобальт з боку китайських виробників електричних батарей збільшиться з 5,1 тис. т в 2004 р. до 5,24 тис. т в 2005 р.

У найближчі три роки ситуація на світовому ринку з постачаннями кобальту, як чекають, буде достатньо напруженою. Проте у майбутній перспективі положення може покращити з введенням в експлуатацію нових нікелевих копалень. До 2020 р. згідно прогнозу

“CRU Strategies”, середньорічний темп приросту попиту на кобальт в світі складе 3,0...4,5 %. Дещо знизяться темпи зростання потреб в кобальті з боку виробників електричних батарей. Протягом останніх 5 років попит на літєві батареї зростає в середньому на 30 % у рік, а в майбутні п'ять років темпи зростання можуть знизитися, як чекають, до 6,7 %.

Ілюстрацією споживання кобальту в Японії для виробництва каталізаторів в останні декілька років залишаються приблизно на одному рівні, табл.3.38 [84, 85].

Таблиця 3.38 Споживання кобальту в японському виробництві каталізаторів і твердих сплавів, т

Продукт	1999 р.	2000 р.	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.
Каталізатор	329	315	245	323	309	420
Тверді сплави	-	452	376	375	432	580

Велика частина ввезеного матеріалу використовується для виготовлення іонних літєвих батарей, каталізаторів і металевого мила. Споживання і прогноз споживання в Україні, табл.3.39, залишається приблизно на одному рівні і складає 140...143 т і в основному пов'язано з виробництвом твердих сплавів і жароміцних сталей [1, 5]. В Україні в невеликих об'ємах ведеться здобич силікатних нікелевих (з кобальтом) руд, які повністю переробляються у феронікель. Потребі на кобальт задовольняються за рахунок імпорту.

Таблиця 3.39 – Прогнозна потреба в кобальті України, т

Продукція	2000 р.	2010 р.
Кобальт	140	143

Найближчим часом очікується зростання споживання кобальту, завдяки підйому в авіабудівній промисловості, де суперсплави на основі цього металу застосовуються при виготовленні турбін, а також унаслідок зростання виробництва міні-акумуляторів, для яких, знову-таки, потрібен кобальт, і особливо розповсюдження "гідридних" автомобілів, оснащених двигунами на водні. За деякими прогнозами, "гідриди" в найближчі декілька років можуть захопити до 10 % світового автомобільного ринку, а це зажадає додат-

кових 30 тис. т кобальту, причому, сьогодні споживання цього металу в глобальному масштабі не перевищує 50 тис. т в рік. В той же час, крупних проектів розширення виробництва кобальту не буде до 2007-2008 років.

За оцінкою Геологічної служби США передбачувана база кобальту на кінець 2005 р. складала близько 13 млн. т. У США запаси кобальту оцінюються приблизно в 1,7 млн. т, велика частина яких зосереджена в шт. Міннесота, крім того, значні ресурси розташовуються в штатах Аляска, Каліфорнія, айдахо, Міссурі, Монтана і Орегон, табл.3.40.

Таблиця 3.40 – Світові запаси і база запасів кобальту, тис. т (2005г.)

Країни	Запаси	База запасів
Всього, в т.ч.	7000	13000
Австралія	1300	1600
Куба	1000	1800
Замбія	270	680
Н.Каледонія	230	860
Росія	250	350
Канада	130	350
Д.Рес. Конго	3400	4700
США	310	860
Інші країни	–	860

Враховуючи деякий дефіцит кобальту, ведуться роботи по введенню нових потужностей по його виробництву. За попередніми оцінками фахівців, запаси родовища Marlborough складають близько 72 млн. т руди, що містить в середньому 0,8 % нікелю і 0,006 % кобальту. Планується, що метал з руди витягуватиметься за технологією сірчаноокислотного вилуговування під високим тиском («HPAL”).

Після 2006 р. планується почати активну розробку нікелевих покладів копальні “Voisey’s Bay” компанії “Inco” на півострові Лабладор. Запаси руди на родовищі складають близько 30 млн. т із змістом нікелю 2,85 %, міді -1,68 %, кобальту – 0,14 %. Згідно розрахункам компанії “Inco”, новий плавильний завод на копальні “Voisey’s Bay”(з використанням гідрометалургійного методу) зможе проводити 55 тис. т нікелю, 2,5 тис. т кобальту і 5 тис. т міді в

рік. За інформацією Геологічної служби США, світова здобич кобальту характеризується наступними даними, табл.3.41.

Таблиця 3.41 – Світова здобич кобальту, тис. т

Країни	2002г	2003г	2004г	2005г.
Всього, в т.ч.:	47,6	48,4	46,9	46,9
Д.Р.Конго	12,5	12,0	11,0	11,0
Замбія	10,0	11,3	9,0	9,0
Австралія	6,7	6,9	7,0	6,5
Канада	5,1	4,3	5,2	5,7
Росія	4,6	4,8	4,8	5,0
Куба	3,4	3,0	3,4	3,7
Н.Каледонія	1,4	1,4	1,5	1,5
Ін. країни	3,9	4,7	4,0	4,7

За оцінкою “Mitsui Bussan”, у 2006 р. постачання кобальту на світовому ринку збільшилися в порівнянні з 2003 г на 28,3 %, а споживання – на 22,6 %. У 2007 р. було зафіксовано підвищення попиту на нього в світі на 6,9 % при збереженні пропозиції майже на незмінному рівні (+0,2 %). В результаті дефіцит постачань металу складає 2750 т. Попит і пропозиція на світовому ринку кобальту, за даними вказаного джерела, характеризуються таким чином, табл.3.42 [82, 84-86].

Таблиця 3.42 – Постачання на світовий ринок кобальту, тис. т

Показники	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.	2007 р.
Постачання, в т.ч.	41,30	42,00	46,74	50,47	53,92	56,25
OMG	8,20	8,00	7,89	8,17	8,30	8,50
Замбійські компанії	6,10	6,00	5,79	5,42	5,47	5,50
Falconbridge	4,00	4,60	4,67	5,02	5,00	5,00
ICCI	3,10	3,10	3,22	3,39	3,30	3,70
QNI	1,90	1,80	1,90	1,40	1,30	1,60
Inco	1,50	1,00	1,56	1,61	1,50	2,00
Gecamines	2,10	1,00	0,73	0,60	0,60	0,70
Sumitomo Metal Mining	0,30	0,30	0,43	0,47	1,00	1,10
Росія	–	–	4,52	4,75	4,60	4,90
Murrin	–	–	2,00	1,75	1,95	2,00
Tocontnis	–	–	1,15	1,13	1,10	1,20
Інші виробники	3,50	5,30	6,70	12,90	14,85	14,85

У США здобич і виробництво рафінованого кобальту не здійснюється, проте в незначній кількості він витягується як проміжний продукт на копальнях, що випускають інші метали. Близько 2,5 тис. т металу було витягнуто в 2004 г з купленого лому, що відповідає приблизно 31 % всього споживаного кобальту. У країні є два виробники надчистого кобальтового порошку. Один з них сировини використовує як імпортований первинний метал, а інший - вторинна сировина. Крім того, сім компаній випускали хімічні сполуки кобальту.

Характеристика американського ринку кобальту представлена в табл.3.43

Таблиця 3.43 – Характеристика американського ринку кобальту, т

Ринок	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.
Вторинне виробництво	2780	2800	2140	23,00	24,00
Споживання, у т.ч.:					
По звітах компаній	9540	7930	7640	84,50	90,00
Видиме	11800	98600	10000	9,92	11,00
Імпорт для споживання	9410	8450	8080	87,20	10,50
Експорт	3210	2080	2710	25,00	27,00
Відвантаження з державних запасів	3050	524	2380	16,30	10,00
Запаси в промисловості	1370	1200	1060	12,40	14,40

Постачальниками кобальту в США у формі металу, оксиду і хімічних солей в 2000-2003 рр. були: Фінляндія – 22 %, Норвегія – 18 %, Росія – 16 %, Канада – 9 %, інші країни – 35 %.

Крупні проекти здобичі нікель-кобальтових руд в Канаді і Новій Каледонії будуть реалізовані, найраніше, після 2007 року. Швидший ефект може дати реанімація африканських родовищ, але для цього необхідно, щоб уряди ДР Конго і Замбії допустили в галузь іноземних інвесторів. Правда, певний прогрес в цьому відношенні помітний, але в Африці від попередніх домовленостей до реального втілення планів в життя може пройти немало часу.

3.2.4 Свинець

Вісімдесят другий метал Періодичної системи Менделєєва Д.І. відноситься до «важких» кольорових металів (його щільність дорівнює $11,34 \text{ г/см}^3$), хоча відомі метали, які мають і вищу щільність. Характерною особливістю свинцю є висока його пластичність. За десятибальною «алмазною» шкалою Мооса порівняльна твердість свинцю виражається цифрою 1,5. Свинець має низьку температуру плавлення – 327°C . Щоб одержати на свинці яке-небудь зображення або напис, немає потреби вдаватися до чеканника, достатньо простого тиснення. Звідси – свинцева печатка старизни. До речі, саме слово «пломба» відбулося, мабуть, від латинської назви свинцю *plumbum*¹. Свинець легко кується і прокатується. Свинцевий дріт одержують, продавлюючи через філь'єру не розплав, а твердий свинець. Звичайним волочінням її зробити не можна із-за малої розривної міцності свинцю.

Сірчана кислота до 80 % кріпості, навіть нагріта, не роз'їдає свинець. Достатньо стійок він і до дії соляної кислоти. В той же час слабкі органічні кислоти – мурашина і оцтова – сильно діє на свинець. При дії сірчаної і соляної кислот на поверхні свинцю утворюється важко розчинна плівка сульфату або хлориду свинцю, що перешкоджає подальшому руйнуванню металу; органічні ж кислоти утворюють легкорозчинні свинцеві солі.

У сірчаноокислотній промисловості свинець - незамінний матеріал. Основне устаткування - камери, промивні башти, жолоби, труби, холодильники, деталі насосів - все це виготовляється з свинцю або свинцем облицьовувався. Важче аналогічним чином захистити від агресивного середовища рухомі деталі. Вихід з положення - деталі з свинцево-сурм'янистого сплаву гартблея. Потребує його і гальванотехніка. Хромові ванни з гарячим електролітом зсередини облицьовували свинцем.

¹ Українська і російська назва свинцю відбулася від слова «свиня», тобто важка. Свинцевий злиток дав назву групі злитків, призначених для подальшої переплавки – чушки (як синонім «свиней»)

Деякі з'єднання свинцю захищають метал від корозії не в умовах агресивних середовищ, а просто на повітрі. Ці з'єднання вводять до складу лакофарбних покриттів. Свинцеві білила володіють хорошою криючою здатністю, міцністю і довговічністю, стійкі до дії повітря і світла. Але є і анти достоїнства: висока чутливість до сірководню, і головне – токсичність.

Особливо багато свинцю раніше споживала кабельна промисловість, де їм оберігають від корозії телеграфні і електричні дроти при підземній або підводній прокладці. Багато свинцю йшло і на виготовлення легкоплавких сплавів (з вісмутом, оловом і кадмієм) для електричних запобіжників, а також для точного пригону контактуючих деталей. Але головне - це використання свинцю в хімічних джерелах струму. Свинцевий акумулятор з моменту свого створення зазнав багато конструктивних змін, але основа його залишилася тією ж: дві свинцеві пластини, занурені в сірчаноокислий електроліт. Широке застосування знаходять антифрикційні сплави на основі свинцю (бабіти, свинцева бронза, свинцевокальцієва лігатура). Те ж призначення мають і деякі припої, олово, що відрізняється низьким змістом, і, в окремих випадках, добавкою сурми.

Як відомо, свинець – важкий метал. Саме ця обставина послужила причиною масового використання свинцю у вогнепальній зброї (кулі, вибухові речовини). Свинець є одним з найбільш ефективних захисних матеріалів від гамма-променів радіоактивного розпаду. Споживання свинцю в світі в 2005 р., за різними оцінками, зросло на 3...4 % в порівнянні з 2004 р., чому сприяло зростання використання цього металу в КНР, зокрема в автомобілебудуванні і телекомунікаціях. У теж час споживання рафінованого свинцю в європейських країнах в 2005 р. скоротилося майже на 2 %.

В той же час багато споживачів свинцю в світі продовжують скорочувати застосування даного металу унаслідок його токсичності. Так, корпорація “Philips” припинила використання свинцю у виробництві моніторів, що стало слідством дотримання нових стандартів ЄС, які обмежують вміст шкідливих речовин в електроніці.

Цей стандарт Євросоюзу набув чинності з липня 2006 року. Аналогічні процеси йдуть в інших країнах ЄС і в Японії. В даний час альтернативи застосуванню цього металу в багатьох виробництвах немає, особливо в акумуляторній промисловості, де споживається 58 % всього вироблюваного в світі свинцю.

Всі спроби екологів промислово розвинених країн обмежити використання свинцю поки не дали належного ефекту. Якщо в електронній промисловості процес заміни свинцю іншими матеріалами набирає обороти, то виробництво автомобільних акумуляторів, що росте, лише загострює дефіцит рудної сировини і рафінованого свинцю в світі, що стимулює розширення гірничо-збагачувального виробництва у ряді регіонів. В цілому, в світі, споживання свинцю виросло, табл.3.44 [87-90].

Таблиця 3.44 – Світовий ринок свинцю по регіонах, тис. т

Регіони	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.
Гірничорудне виробництво						
Всього	2998	2829	3097	3055	3423	3473
Азія	728	772	1100	1097	13,09	14,48
Америка	1080	1022	1031	1012	10,13	10,29
Австралія	714	658	648	642	715	617
Європа	326	247	216	215	256	259
Африка	150	130	102	99	130	121
Виробництво металевого свинцю						
Всього	6579	6662	6723	6777	7636	7937
Азія	2209	2361	2624	2860	3486	3833
Америка	2072	2080	2073	1990	2043	2068
Європа	1893	1766	1573	1546	1702	1865
Африка	125	144	138	100	130	122
Австралія	280	311	315	281	276	249
Споживання свинцю						
Всього	6495	6648	6781	6969	7810	7949
Азія	2065	2369	2662	2797	3533	3743
Америка	2194	2061	2017	2018	2132	2157
Європа	2068	2041	1928	1981	2003	1910
Африка	123	135	132	133	113	111
Австралія	45	42	42	40	29	29
Дефіцит світового ринку	-84	-14	58	192	-174	-12

В даний час до швидкого розвитку КНР додалися позитивні зміни в економіці США і Японії, що також є крупними споживачами свинцю. Споживання свинцю в КНР за останнє п'ятиліття подвоїлося. Зростання споживання металу обумовлене збільшенням виробництва автомобілів і автомобільних акумуляторів. Зростання здобичі свинцю в світі в 2005 г склало 4 % в порівнянні з 2004 р., табл.3.45 [91] .

Таблиця 3.45 – Здобич свинцевих руд, тис. т (за змістом металу в руді)

Країни	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.
Всього	3090,0	2910,0	2950,0	3150,0	3270	3360
КНР	676,0	600,0	660,0	950,0	1080	1050
Австралія	714,0	683,0	694,0	678	766	780
США	466,0	451,0	460,0	445,0	426	430
Перу	289,54	290,0	308,0	306,0	319	120
Мексика	118,24	140,0	140,0	139,0	130	140
Канада	153,93	99,0	150,0	77,0	73	79
Ірландія	44,5	32,0	50,0	65,0	65	65
Марокко	76,74	75,0	38,0	65,0	31	42
Індія	25,6	28,6	33,1	40,0	58	60
ЮАР	50,77	49,0	40,0	37,0	42	50
Казахстан	37,7	40,0	40,0	40,0	44	55
Швеція	85,97	38,0	50,0	34,0	61	61
Інші країни	351,01	384,4	286,9	274	195	228

На представлені в таблиці країни доводиться 90 % витягування свинцевої сировини. Але ще більше 30 країн витягують свинець з руд, потужності їх виробництва коливаються 35 до 0,2 тис. т.

У останні десятиліття були істотно розширені запаси свинцево-цинкових і сріблосвинцевих руд в Австралії, Канаді, КНР, Ірландії, Перу, Мексиці. Нижче приведені дані характеризують запаси і базу запасів свинцю в руді в світі, табл.3.46.

Таблиця 3.46 – Сировинні запаси свинцю на початок 2007г, млн..т

Країни	Запаси	База запасів
Всього	67,0	140,0
КНР	11,0	36,0
Австралія	15,0	28,0
США	8,1	20,0
Канада	2,0	9,0
Польща	–	5,4
Казахстан	5,0	7,0
Перу	3,5	4,0
Мексика	1,5	2,0
Марокко	0,5	1,0
Швеція	0,5	1,0
ЮАР	0,4	0,7
Інші країни	19,5	25,9

Здобич концентратів свинцю в США в 2005 р. скоротилося на 1 % в порівнянні з 2004 р., також дещо скоротився випуск первинно металу. Шість крупних свинцевих копалень в країні знаходяться в шт. Міссурі, велика частина копалень, що залишилися, – в штатах Аляска, айдахо, Вашингтон і Монтана. Первинний свинець в 2005 р. проводився на рафінувальному підприємстві в шт. Міссурі. Вторинний свинець в США випускали 22 заводи, з яких на 14 підприємств з одиничними річними потужностями, 15 тис. т, що перевищують більше 99 % всього виробництва цього металу.

У 2005 р. в США свинець використовувався на 120 оброблювальних підприємствах. Основною сферою застосування металу в країні залишається виробництво транспортних засобів, де він використовується для випуску гальванічних елементів, паливних баків, припоїв, ізоляції і підшипників. Значна частина свинцю знайшла застосування в 2005 р. в електротехнічній і електронній промисловості, виробництві телекомунікаційного устаткування, військового спорядження, захисних покриттів (зокрема від радіації) і будівництві. Незначна частина металу, що залишилася, була використана у випуску вантажів і противаг, кераміки, кристалю, труб, фольги, дроту, хімікатів, друкарській справі, табл.3.47 [92, 93].

Таблиця 3.47 – Положення в свинцевій промисловості США, тис. т

Виробництво	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.
-------------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

Виробництво в т.ч.	1330	1332	1365	1248	1842	1695
У концентратах	466,0	451,0	460,0	445,0	426	430
Первинний метал	290,0	262,0	245,0	148,0	143	135
Вторинний метал	1040,0	1070,0	1120,0	1100,0	113	113
Імпорт в т.ч.	286,0	219,0	183,0	202,0	311	360
Рафінований метал	284,0	219,0	183,0	202,0	310	360
Експорт в т.ч.	216	284	376	375	1040	361
У концентратах	181,0	241,0	253,0	272	390	275
Рафінований метал	35,0	43,0	123,0	83,0	65	86
Споживання	1640,0	1450,0	1470,0	1440,0	1430	590

Основними постачальниками свинцю в концентратах на ринок США в 2001-2004 рр. були: Бразилія - 32 %, Мексика – 30 %, Польща – 16 %, Перу – 5 %. Рафінований метал (оброблений і необроблений) в ці роки імпортувався головним чином з Канади – 77 %, Китаю – 10 %, Австралії – 4 %, Мексики – 4 %.

У Європі споживання свинцю в 2004 р. збільшилося, а в 2005г. залишилось без зміни. У 2003 р. в Німеччині було використано 392 тис. т свинці, в Англії 330 тис. т. Зростання попиту в Європі було відмічене в Німеччині і Чеській Республіці, зниження – в Англії і Франції. Німеччина і Англія в значній мірі забезпечують власні потреби в рафінованому свинці за рахунок внутрішнього виробництва. Так, в 2003 р. вони випустили 352 і 338 тис. т свинці, відповідно, з яких 222 і 176 тис. т металу було проведено з вторинної сировини.

У КНР об'єм власного виробництва рафінованого свинцю вже перевершив рівень в США, проте він не може задовольнити внутрішнє його споживання, що швидко росте, оскільки різке збільшення виробництва сировини привело до виснаження запасів руд цього металу в країні. У зв'язку з чим китайські компанії прагнуть брати участь в розробці зарубіжних родовищ, створюючи спільні гірничорудні підприємства. До того ж в КНР практично відсутні внутрішні постачання свинцевого лому, але росте виробництво автомобільних акумуляторів (на 10 заводах).

Поступово збільшується імпорт металу до Росії, в основному з Казахстану, на який доводиться 70 % всього об'єму, що ввозиться. У Росії частка переробки свинцевого акумуляторного лому істотно

поступається рівню розвинених країн і середньосвітовому рівню, який складає майже 50 %. Аналітики позитивно оцінюють перспективи зростання здобичі свинцю в Росії, проте доцільність розвитку добувної галузі, орієнтованої на експорт, ставиться під сумнів екологами.

Об'єми виробництва рафінованого свинцю в світі в 2005 р. в цілому відставали від об'ємів споживання. На думку фахівців, в 2007 р. на світовому ринку цього металу також спостерігатиметься дефіцит в постачаннях свинцю. 24 держави здійснюють 93 % виробництва свинцю, всього ж 52 державах здійснюється виробництво рафінованого свинцю, табл.3.48 [90, 94].

Таблиця 3.48 – Виробництво рафінованого свинцю в світі, тис. т

Країна	2000 р.	2001 р.	2002 р.	2003 р.
Всього	6660,0	6580,0	6630,0	6820,0
КНР	1100,0	1200,0	1330,0	1580,0
США	1470,0	1390,0	1380,0	1390,0
Німеччина	415,0	374,0	390,0	357,0
Австралія	251,79	303,0	211,0	350,0
Англія	337,15	366,0	370,0	340,0
Японія	311,67	302,44	285,76	295,29
Канада	284,83	230,92	251,26	272,0
Мексика	253,22	253,52	238,24	250,0
Італія	235,0	203,0	205,0	214,0
Р. Корея	180,7	171,0	188,72	190,0
Казахстан	185,8	158,7	161,8	140,7
Перу	116,41	121,18	119,58	112,28
Іспанія	120,0	98,0	116,0	102,0
Франція	258,0	238,0	204,0	100,0
Індія	77,9	96,4	89,2	86,3
Швеція	77,85	75,37	69,7	76,2
КНДР	75,0	75,0	75,0	75,0
Польща	55,41	65,0	69,0	70,0
Болгарія	84,1	88,6	85,0	66,0
Бельгія	118,0	96,0	88,0	65,0
Марокко	69,81	61,17	74,84	64,47
ЮАР	46,0	55,0	61,0	62,0
Росія	59,0	67,5	60,35	60,5
Бразилія	50,0	50,0	50,0	50,0
Ін. країни	427,36	440,2	456,55	471,26

Виробництво рафінованого свинцю з вторинної сировини організоване у 40 державах, 13 з них здійснюють більше 84 % свинцю, табл.3.49 [89, 91].

Таблиця 3.49 – Виробництво рафінованого свинцю з вторинної сировини в світі, тис. т

Країна	2000 р.	2001 р.	2002 р.	2003 р.
Всього	3060,0	3000,0	3110,0	3110,0
США	1130,0	1100,0	1120,0	1150,0
КНР	102,0	211,0	230,0	250,0
Японія	182,2	175,08	178,01	189,83
Німеччина	205,0	142,0	150,0	150,0
Італія	160,0	121,0	130,0	144,0
Англія	170,74	163,0	165,0	140,0
Канада	125,64	103,92	117,44	120,0
Мексика	110,0	110,0	110,0	110,0
Іспанія	120,0	98,0	116,0	102,0
Франція	158,0	142,0	128,0	80,0
Швеція	47,25	44,05	39,7	52,0
ЮАР	46,0	55,0	61,0	62,0
Бразилія	50,0	50,0	50,0	50,0
Ін. країни	453,37	484,95	514,85	510,17

Дефіцит свинцю на ринку в 2004 р. зумовили такі чинники, як недостатнє інвестування в розширення виробничих потужностей в західних країнах, закриття ряду плавильних підприємств і затримки з виконанням контрактів на постачання сировини.

Виробництво свинцю переміщається з традиційних центрів виробництва - США, Японії і Західної Європи - до КНР, Мексики, Східної Європи і Південно-східної Азії, внаслідок чого скорочуються витрати виробництва.

Головна проблема свинцю полягає в негативній дії з'єднань цього важкого металу на навколишнє середовище взагалі і організм людини зокрема. От чому західні компанії не хочуть розробляти нові родовища свинцевої руди, оскільки з цим зв'язані високі витрати на екологію, і вже тим більше - займатися виплавкою металу. Крім того. У західних країнах послідовно застосовуються заходи по заміні свинцю іншими металами.

Потреби України в свинці в 2000 р. складала 8,2 тис. т, прогнозні потреби на 2010 рік складуть 14,0 тис. т. В 2000 р. Україна

імпортувала свинцю і виробів з нього – 12,9 тис. т на суму більше 7,2 млн. дол. США. Разом з тим Україна експортувала в 2000 р. 11,7 тис. т свинцю на суму 4 млн. дол. США за рахунок утилізації військової техніки і демонтажу виробничих комплексів, табл.3.50.

Таблиця 3.50 – Експорт свинцю з України, тис. т

Товар	2000 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.
Свинець і вироби з нього	11,7	15,078	16,17	12,85

Зростання цін на свинець стимулює збільшення його виробництва. Так, китайська компанія Chizhou Non-Ferrous Metal Group запустила нову виробничу лінію по випуску свинцю потужністю 50 тис. тонн в рік на заводі в місті Guichi, яка дозволить компанії збільшити об'єми випуску свинцю з 10 до 60 тис. т на рік. Британська компанія Ecometal планує побудувати завод по переробці вторинного свинцю в місті Sillamae в Естонії. Майбутній завод зможе переробляти до 9 тис. т свинцевих батарей і проводити близько 6 тис. т свинцевої заготівки на рік. Цього достатньо, щоб задовольнити попит в Балтійському регіоні. Як повідомляє лондонський Metal Bulletin, компанія Berzelius Metall - найбільший німецький виробник вторинного свинцю має намір придбати шведський завод по випуску вторинного свинцю Bergsøe, який є єдиним вторинним свинцевим заводом в Північній Європі. Berzelius управляє двома заводами по випуску вторинного свинцю в Німеччині із загальною продуктивністю 200 тис. т свинцю в рік, а також володіє заводом Berzelius Stolberg по виробництву первинного свинцю. У 2005 р. відмічене зростання світових цін на рафінований свинець.

3.2.5 Цинк

Як би голосно не називали наш час: «століття полімерів», «століття напівпровідників», «атомне століття» і так далі, по суті справи ми не вийшли ще із століття залізного. Цей метал як і раніше залишається основою промисловості. По споживанню чавуну і сталі і зараз судять про потужність держави. А чавун і сталь схильні корозії, і, не дивлячись на значні успіхи, досягнуті людством в боротьбі з «рудим ворогом», корозія щорічно губить десятки мільйонів тонн металу.

Нанесення на поверхню сталі і чавуну тонких плівок корозійностійких металів - найважливіший засіб захисту від корозії. А на першому місці серед всіх металевих покриттів – і по важливості, і по масштабах - коштують покриття цинкові.

Структура світового споживання цинку: оцинкована сталь – 41 %; латунь – 19 %; цинкові сплави – 16 %; порошок, оксид і солі – 15 %; листи і інші напівфабрикати – 7 %; інші – 2 %.

Сплав міді і цинку був одержаний раніше, ніж металевий цинк. Найстародавніші латунні предмети, зроблені приблизно в 1500 р. до н.е., знайдені при розкопках в Палестині. Введений в розумних межах цинк завжди покращує механічні властивості міді (її міцність, пластичність, корозійну стійкість). Цинк входить і до складу іншого стародавнього сплаву на мідній основі - бронзі. Сплав ОЦС-3-12-5 вважається бронзою, але цинку в ньому в чотири рази більше, ніж олово. Цинкові сплави в кінці 19 віку з'явилися і в друкарнях.

Широке застосування знаходить цинковий пил, наприклад, в піротехніці, металургії. Зокрема, порошковим цинком витісняють золото і срібло з ціаністих розчинів, використовують для очищення розчину сульфату цинку від міді і кадмію. Що головна становить частину цинкових білил – суміш оксиду цинку, цинкового порошку і льняного масла.

На властивостях цинку сильно позначається ступінь його чистоти. При 99,9 і 99,99 % чистоти цинк добре розчиняється в кислотах. Та варто «додати» ще одну дев'ятку (99,999 %), і цинк стає нерозчинним в кислотах навіть при сильному нагріванні. Цинк такої чистоти відрізняється і великою пластичністю: його можна витягати в тонкі нитки. А звичайний цинк можна прокатати в тонкі листи,

лише нагрів його до 100...150° С. Листовий цинк широко застосовується у виробництві гальванічних елементів.

Широке застосування знаходять хімічні сполуки цинку. Найпоширеніші зі всіх білих – це цинкові білила (суміш оксиду цинку і оліфи). Оксид цинку потрібен не тільки для малярних справ, ним широко користуються багато галузей промисловості. Скляний оксид цинку – для отримання гол кового скла і (у малих дозах) для збільшення термостійкості звичайних стекол. У гумовій промисловості і у виробництві лінолеуму оксид цинку використовується як наповнювач. Відома цинкова мазь насправді не цинкова, а оксид цинкова. Препарати на основі оксиду цинку ефективні при шкірних захворюваннях. У напівпровідниковій техніці застосовують з'єднання цинку: селеніди, телуриди, антимоніди і арсеніди. Ще більш важливо застосування деяких з'єднань цинку, перш за все з сульфїду, для покриття екранів телевізорів, осцилографів, рентгєнівських апаратів, що світяться.

Важлива біологічна роль цинку: очні цинкові краплі (25 % розчин сульфату цинку). Як присипка відвіку застосовується цинкова сіль стеаринової кислоти. Феносульфонат цинку - хороший антисептик. Суспензія, в яку входить інсулін, протамін і хлорид цинку - ефективний засіб проти діабету, що діє краще, ніж чистий інсулін.

Галузева структура споживання: будівництво – 48 %; автомобілебудування – 23 %; машинобудування – 10 %; товари народного споживання - 10 %; інфраструктура – 9 %. Споживання цинку щорічно росте і на 2005 г воно склало 10,78 млн. т, табл.3.51.

Таблиця 3.51. Споживання цинку в світі, тис. т

Споживання	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.
Всього	9830	10400	10780	1110

Чисто цинкові руди в природі майже не зустрічаються. З'єднання цинку (звичайно 1...5 % у перерахунку на метал) входить до складу поліметалевих руд. Одержані при збагаченні руди цинкові концентрати звичайно містять 48...65 % цинку, до 2 % мідь, 2 % свинцю, до 12 % заліза, частки відсотків розсіяних і рідкісних металів.

У табл.3.52 представлені основні країни, що мають запаси цинкових руд. До ним відносяться КНР, США, Австралія, Казахстан,

Канада, Перу, Мексика. Виходячи з цих даних, при нинішньому рівні споживання цинку їх вистачить на 20...25 років. Враховуючи, що забалансових руд, тобто руд оцінених орієнтовно, або що мають за справжніми мірками менший зміст цинку, приблизно 460 млн. т, то їх вистачить на 40...45 років, якщо не будуть відкриті нові родовища.

Таблиця 3.52 – Сировинні запаси цинку на початок 2006 р.,
МЛН. Т

Країни	Запаси	База запасів
Всього	220,0	460,0
КНР	33,0	92,0
США	30,0	90,0
Австралія	33,0	80,0
Казахстан	30,0	35,0
Канада	11,0	31,0
Мексика	8,0	25,0
Перу	16,0	20,0
Інші країни	59	87

В даний час виробництво цинку в сировині здійснюють більше 43 країн світу, але головними з них є КНР, Австралія, Перу, Канада, США, Мексика, Казахстан - 27, 3 %, табл.3.53 [90-95]. У меншій кількості, на рівні 250...100 тис. т, в Ірландії, Бразилії, Швеції, Індії, Польщі, Болівії, Росії, Ірані, КНДР, і ще в менших кількостях в 26 країнах.

Таблиця 3.53 – Світове виробництво цинку, тис.т (за змістом металу в руді)

Країна	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.
Всього	8360,0	9010,0	9600,0	10100,0
КНР	1550,0	1650,0	2300,0	2300,0
Австралія	1150,0	1480,0	1300,0	1400,0
Перу	1100,0	1250,0	1200	1300,0
Канада	894,0	1000,0	790,0	790,0
США	780,0	738,0	739,0	760,0
Мексика	475,0	460,0	460,0	380,0
Казахстан	390,0	395,0	360,0	370,0
Інші країни	2021	2037	2451	2800

Протягом останніх півтора років на ринку цинку спостерігається дефіцит сировини - цинкової руди, що, природно, не могло не відобразитися і на об'ємах виробництва металевого цинку. Так, в 2004 р. світовому ринку не вистачало приблизно 250 тис. т цинкової сировини. Притому, що світова здобич руди цього року збільшилася до 9,6 млн. т. Здобич цинкової руди знизилася в Австралії, Перу і США. Але зростання здобичі компенсували Бразилія, Індія, Ірландія, Казахстан, Росія, Намібія, Швеція, Таїланд і Китай. Останній в 2004 р. залишився найбільшим в світі виробником цинку.

Враховуючи різке поліпшення кон'юнктури ринку, а також потреби ринку в рудній сировині, в 2005 р. проекти по здобичі цинкової руди в різних районах миру активізувалися: продовжився вводиться до ладу шахти «Скорпіон» з річною потужністю в 150 тис. т; введені в дію потужності на родовищі «Ланпінг» з об'ємом виробництва 100 тис. т в провінції Юннань в Китаї; розширилася діяльність Hindustan Zinc в Індії, зокрема на родовищі «Рампура Ачуча» в Раджастане; відновило свою роботу родовище «Белмат» в США. При цьому виробництво цинкової руди збільшилося в Австралії, Ірландії, Мексиці і Перу.

Щорічно зростає виробництво рафінованого цинку, табл.3.54 [92-101]. Головними виробниками його є 23 країни: КНР, Канада, Японія, Австралія, Республіка Корея, Іспанія, США, Німеччина, Бельгія, Франція, Казахстан, Мексика, Росія, Нідерланди, Індія, Фінляндія, Перу, Бразилія, Польща, Італія, Норвегія, ЮАР, КНДР.

Таблиця 3.54 – Виробництво рафінованого цинку в світі, тис. т

Країна	2000 р.	2001 р.	2002 р.	2003 р.
Всього	9090,0	9340,0	9650,0	9880,0
КНР	1980,0	2040,0	2100,0	2300,0
Канада	779,9	661,17	793,48	700,0
Японія	698,75	684,05	673,91	686,12
Австралія	494,5	558,5	571,5	557,0
Р. Корея	473,9	508,0	600,03	600,0
Іспанія	386,3	418,0	488,0	530,0
США	371,0	311,0	294,0	303,0
Німеччина	356,0	358,3	360,0	388,0

Бельгія	251,7	259,3	260,0	244,0
Франція	350,0	347,0	350,0	253,0
Казахстан	262,2	277,1	286,3	294,97
Мексика	235,07	303,81	302,12	310,0
Росія	230,0	237,0	244,0	240,0
Нідерланди	216,8	204,8	203,0	223,0
Індія	201,0	232,0	255,4	277,9
Фінляндія	222,88	247,18	235,3	265,9
Перу	199,81	201,5	172,69	202,06
Бразилія	198,78	200,06	256,43	387,0
Польща	173,0	174,7	158,9	160,0
Італія	170,3	177,8	176,0	123,0
Норвегія	125,8	129,3	137,3	135,5
ЮАР	103,0	109,0	105,0	115,0
КНДР	100,0	100,0	100,0	100,0
Ін. країни	509,31	600,43	526,64	484,55

Окрім цього, ще 15 країн здійснюють виробництво рафінованого цинку в кількостях від 85 до 100 тис. т. У 2004 р. світове виробництво рафінованого цинку вперше перевищило 10 млн. т. Свою значну роль зіграли підприємства Намібії (Skorpion), Казахстану (УКСЦК), Китаю (Fukang Zinc, King Stone, Shui-Koushan, Shinli and Konming). Виросло виробництво також в Болгарії, Канаді, Фінляндії, Республіці Корея, Мексиці і США. У теж час скорочено виробництво в Австралії, у зв'язку із закриттям заводу Cockle Greek, а також в Росії, де знизилася виробництво на Челябінському цинковому заводі

У 2005 р. світова пропозиція цинкової руди збільшилося до 10,1 млн. т з подальшим зростанням до 10,47 млн. т в 2006 р. Це зростання в більшості базується на розширенні тих, що існують і відкритті нових шахт в Австралії, Китаї і Індії. Очікується, що з 2006 р. світовий попит на металевий цинк виросте до 11,12 млн. т. При цьому, не дивлячись на зниження виробництва в Європі, прогнозується приріст світового випуску металевого цинку. Даний приріст відбудеться в основному за рахунок розширення виробництва в Китаї і Індії. Ключовим чинником, що впливає на стан ринку цинку, є різке збільшення (майже на 50 %) випуску оцинкованої сталі в КНР (на сьогодні КНР споживає приблизно 1/5 частину

всього світового цинку), що привело до того, що країна з нетто-експортер цинку перетворилася його в нетто-імпортера. В цілому КНР має в своєму розпорядженні потужності для щорічного виробництва більш ніж 2 млн. т цинку. Мир звик до того, що Китай експортував цинк протягом десятиліття. Пік був пройдений в 2003 р., коли КНР поставила на світовий ринок більше 350 тис. т цинку. Проте в 2004 році ситуація принципово змінилася. Підсумки балансу виробництва і споживання цинку в Китаї по цинку змінився в протилежну сторону, табл. 3.55 [96].

Таблиця 3.55 – Баланс виробництва і споживання цинку в КНР

Рік	Виробництво		Споживання		Імпорт		Експорт	
	тис. т	зростання	тис. т	зростання	тис. т	зростання	тис. т	зростання
2004	2519	9,0 %	2700	16,0 %	840	76,0 %	284	-52 %
2005	2683	7,0 %	2948	18,0 %	490	10,5 %	177	-21 %
2006	2951	10,0 %	3089	5,0 %	480	16,0 %	256	45 %

У 2004 р. в південно-західних провінціях Китаю Гуанчжоу і Юннань була прийнята програма по виведенню з експлуатації невеликих цинкових заводів, зокрема із-за дефіциту електроенергії. Під поняття «невеликі» потрапляють всі підприємства, що випускають менше 50 тис. т цинку в рік. Власті провінції Юннань заявили про те, що рівень і якість виробництва цинку на великих державних підприємствах вельми хороші, а приватні невеликі заводи не відповідають всім вимогам китайського уряду і тому повинні бути закриті.

Уряд КНР активно впливає на металургійні компанії для розширення ними інвестицій в горно-геологічні роботи з метою забезпечення сировинної безпеки країни. Крім розробки родовищ в західних та центральних провінціях країни, де фірми, можуть розраховувати на податкові пільги, китайські компанії почнуть активно розвивати здобич за кордоном з подальшим ввезенням продукції в країну. Проте темпи зростання гірничодобувної промисловості КНР відстають від темпів зростання металургії, що збільшує залежність від імпорту сировини економіки країни в цілому. Проблема забезпечення сировиною цинкових підприємств в даний час актуальна для світових компаній. Проте, протягом 2004 р. дефіцит на внутрі-

шньому ринку вже був серйозним, китайці навіть скуповували власний метал, вивезений раніше. Причина в тому, що внутрішні ціни на цинк перевищували ціни на ЛБМ, приводячи до скорочення експорту металу з Китаю і збільшенню його імпорту. Попит на цинк в Китаї сьогодні росте дуже стрімко. Інтенсивне будівництво міст, промислових і олімпійських об'єктів, темпи зростання китайського автопрому (Китай планує до 2010 року стать третім в світі виробником автомобілів) вимагає величезної кількості оцинкованої сталі. Найактивнішими споживачами її є автомобілебудування, виробництво електропобутових приладів, будівництво. Дуже активно розвивається в КНР виробництво класичних (сольових електробатарей на експорт). Воно практично не охоплене статистикою, проте, є щонайпотужнішим споживачем цинку в Китаї.

Останніми роками в країнах Європи спостерігається істотний дефіцит в постачаннях рафінованого цинку. Також збільшуються витрати виробників металу в регіоні на переробку імпоротної сировини і вироблення енергії. У Європі попит на оцинковану сталь залишався високими і в 2006 р. Очікується подальше його зростання. Виробництво цинку у США представлено в табл.3.56 [100, 101]. З цих даних видно, що виробництво, починаючи з 2005 р. росте. Велика кількість рафінованого цинку імпортується, на експорт відправляється велика кількість руди і концентратів. Споживання цинку в країні схильне до деякого коливання, а в цілому, можна вважати знаходиться на одному рівні останніми роками.

Таблиця 3.56 – Положення з цинком в США, тис. т

Виробництво	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.
Виробництво в т.ч.	1045,0	962,0	955,0	928,0	1010	995
Руда	842,0	780,0	768,0	739,0	748	725
Первинний метал	203,0	182,0	187,0	189,0	191	120
Вторинний метал	108,0	113,0	116,0	117,0	118	150
Імпорт у т.ч.:	897,0	996,0	922,0	1043,0	880	925
Руда і концентрати	84,0	122,0	164,0	231,0	156	115
Рафінований метал	813,0	874,0	758,0	812,0	668	810
Експорт в т.ч.	697,0	823,0	843,0	748,0	901	770
Руда і концентрати	696,0	822,0	841,0	745,0	786	760
Рафінований метал	1,0	1,0	2,0	3,0	1,0	1,0
Споживання в т.ч.	1410,0	1420,0	1340,0	1400,0	1239	1350
Рафінований метал	1140,0	1180,0	1080,0	1140,0	999	1120

Здобич цинку в США здійснювалася 5 компаніями на 10 копальнях в 5 штатах, найважливішими з яких були Аляска, Міссурі, Вашингтон і Монтана. На ці штати в цілому доводилося 99,9 % виробництва цинку в руді, зокрема на копальню “Red Dog” (шт. Аляска) – близько 86 %.

Виплавку первинного рафінованого цинку в 2005 р. здійснювали дві компанії, а виробництво вторинного металу – 12 середніх і крупних фірм. Велика частина випущеного рафінованого металу (2/3 об'єму) споживалася сталеливарними компаніями в штатах Іллінойс, Індіана, Мічіган, Нью-Йорк, Огайо і Пенсільванія.

Структура використання цинку в США в 2005 р. була наступною: оцинкування сталевих листів – 55 %, випуск сплавів на основі цинку – 21 %, латунь і бронза – 16 %, інших товарів – 8 %. З'єднання цинку широко застосовуються в сільському господарстві, хімічній промисловості, виробництві лакофарбних матеріалів і гумотехнічних виробів. Основними побічними продуктами, що одержуються при переробці цинкових руд в США, є свинець, сірка, кадмій, германій, срібло і золото.

У 2005 р. із США було експортовано близько 45 тис. т цинкового лому, в основному в КНР, Індію і на Тайвань. Імпорт цинкового лому в країну склав 8 тис. т, велика частина цього кількості (84 %) була ввезена з Канади. Провідними постачальниками руд і концентратів цинку на ринок США в 2001-2004 рр. були: Перу – 61 %, Австралія- 22 %, Ірландія – 10 %. Постачання рафінованого металу здійснювалися в основному з Канади (60 %), Мексики (17 %) і Казахстану (6 %).

США є одним з найбільших в світі споживачів цинку і виробів з нього. Наявні в країні потужності по випуску первинного рафінованого цинку і вторинного металу покривають потреби США в цьому металі менш ніж на 1/3, що сприяє значному імпорту цинку з сусідніх країн - Канади і Мексики.

За даними російського Центру по розвитку цинкової промисловості, в 2006 р. споживання рафінованого цинку в Росії збільшиться до 170...180 тис. т. Споживання даного металу в Росії росте впродовж останніх років, і його структура відносно стабільна. Близько 65 % металу витрачається для оцинкування сталевих листів і

готових металоконструкцій, майже 14 % споживається при виробництві бронзи і латуні. Останніми роками в Росії йде швидке нарощування потужностей по виробництву оцинкованого листа (Новолипецький металургійний комбінат, Північсталь, Магнітогорський металургійний комбінат). Сумарний річний випуск всіх видів оцинкованого листа в Росії перевищив 1,5 млн. т в рік і росте випереджаючими темпами на 5...15 % у рік. Проте в 2005 р. НРМК і ММК, крім випуску оцинковки, нарощують використання оцинкованого листа на агрегатах нанесення полімерних покриттів. Продовжує активно розвиватися виробництво оцинкованого профлиста, профілів і метизів різного типу. Попит на цинк стійко росте

У Росії основними виробниками цинку є компанії Уральська гірничо-металургійна компанія (УГМК) – «Челябінський цинковий завод» (170 тис. т) і «Електроцинк» м. Владикавказ (75 тис. т). Головна проблема розвитку виробництва цинку в Росії – недостатня сировинна база. Намічається розширення сировинної бази УГМК за рахунок освоєння Тарньєрського родовища (передбачається здобувати близько 800 тис. т мідно-цинкової руди), а також на базі Бурібаєвського ГОКу, Учалінського ГОКа, мідно-сірчаного комбінату і ВАТ «Хайбулінська гірська компанія (Башкирія), що дозволить створити виробництво потужністю до 100 тис. т цинкової продукції в рік. Планується збільшення виробництва цинку до 2010 р. на заводі «Електроцинк» до 130 тис. т.

Проте в 2004 і 2005 рр. наголошується спад у виробництві цинку в Росії. Дефіцит металу компенсується покупкою металургійними комбінатами цинку на світовому ринку за світовими цінами, зокрема у Фінляндії. У 2005 р. на заводі «Електроцинк» почалось виробництво цинку високої чистоти.

Основними виробниками цинкових білил в Росії є ВАТ «Челябінський електролітний завод» (м. Челябінськ), ЗАТ «Эмпіс» (м. Ростов на Дні), ЗАТ «Оксид» (м. Челябінськ) ГУП «Хімпродукт» (м. Липецьк), ТОВ «Рент» (м. Санкт-Петербург). Основними споживачами цинку в Росії є «Північсталь», Магнітогорський МК, Новолипецький МК і підприємства по обробці кольорових металів.

У Казахстані найбільшим інтегрованим виробником цинку є АТ «Казцинк». Так в 2004 р. Компанія провела 293,3 тис. т цинку.

У Узбекистані найбільшим виробником цинку є ВАТ «Алма-ликській гірничо-металургійний комбінат», Основна продукція ВАТ – рафінована мідь (катоди), цинк металевий, свинцевий концентрат, срібло і золото.

В Україні на даний момент практично відсутнє виробництво цинку. Виробництво (отримання металу з відходів виробництва, в основному з цинкової ізгари, що поставляються з металургійних, машинобудівних і поліграфічних підприємств) складає не більше 20...30 т в рік. Це обумовлено практично відсутністю в Україні сировини для виробництва цинку.

Потреби України у цинку в 2000 році склали 59,6 тис. т, за прогнозами, потреби в 2010г. повинні скласти 66 тис. т. Протягом 2000 р. Україна імпортувала цинку і виробів з нього - 20,9 тис. т на суму більше 26 млн. дол. США. Разом з тим Україна офіційно експортувала в 2000 р. за рахунок утилізації військової техніки і демонтажу виробничих комплексів цинку - 1,35 тис. т на суму 1,1 млн. дол. США.

Основними переробниками цинкової ізгари в Україні є ДП «Техноскрап», ТОВ «Скрап» і «Мегатекс». Часто відновлений цинк використовується для власних потреб підприємств (наприклад, для виробництва латуні на «Техноскрап», ТОВ «Скрап»).

У 2003 р. на базі потужностей по виробництву цинкового купоросу і оксиду цинку Константиновського заводу «Укрцинк», колись крупного виробника свинцю, цинку, олова і їх сплавів, було створене ЗАТ «Цинк». Сьогодні підприємство займається виробництвом оксидів цинку і цинкового купоросу, поставляючи свою продукцію в основному для виробництва цинкових білил.

Основними споживачами цинку в Україні є металургійні підприємства - ММК ім. Ілліча, АЗОКМ, «Силур», лакофарбні підприємства - ЗАТ «Лакма» (м. Київ), ЗАТ «Дніпропетровський лакофарбний завод».

Не дивлячись на відсутність власної сировинної бази і закриття основного виробника, Україна відправляє на експорт цинк і його вироби. Так, в 2003 р. відвантажено 614 т цинкової продукції, у 2004 і 2005 р. - 85 і 73 т, відповідно.

3.2.6 Вісмут

Серед елементів періодичної системи вісмут – останній практично не радіоактивний елемент. І він же відкриває шеренгу важких елементів – природних альфа-випромінювачів. На відміну від сурми у вісмуті металеві властивості явно переважають над неметалічними. Вісмут одночасно крихкий і досить м'який, важкий (щільність $9,8 \text{ г/см}^3$), легкоплавкий (температура плавлення 271°C). Йому властиве сильний металевий блиск і білий з рожевим відтінком колір. Серед інших металів вісмут виділяють мала теплопровідність (гірше його тепло проводить тільки ртуть). У вісмуту є ще одна рідкісна властивість: тверднучи, він значно розширюється в об'ємі (на $3,32\%$) при 271°C . Цією властивістю користуються, коли потрібно одержати дуже точні і складні формою литі вироби.

У безкисневих кислотах вісмут не розчинне, добре розчиняють його лише азотна і концентрована сірчана кислоти. Атом вісмуту володіє досить великою спорідненістю до електрона, тому іон Bi^{3+} порівняно легко відновлюється до нейтрального атома. От чому в природі вісмут нерідко можна зустріти в самородному стані, іноді навіть в концентрації, що представляє практичний інтерес. При звичайній температурі на повітрі вісмут стійкий і лише злегка покривається характерною червонуватою мінливістю, але при температурі червоного коління він легко згорає, перетворюючись на оксид. Оксид тривалентного вісмуту не розчинимо у воді, легко розчиняється в будь-яких кислотах, але дуже важко - в лугах, навіть концентрованих.

Вісмут – рідкісний елемент, вміст його в земній корі складає лише $2 \cdot 10^{-5}\%$. У земній корі його менше, ніж срібла, талія, індію, кадмію. Вісмут володіє подвійним характером: з одного боку, він може концентруватися в мінералах, а з іншою – розсіватися в рудах (особливо сульфідних). Тим паче, скупчення багатих вісмутових руд зустрічаються дуже рідко. Мінерали вісмуту як би ховаються в рудах інших елементів: вольфраму, олова, міді, нікелю, молібдену,

урану, кобальту, золота і інших елементів. Велику частину світового попиту на вісмут задовольняються за рахунок мідних, свинцевих і срібних копалень держави Перу, свинцевих родовищ Мексики, мідних, свинцевих і срібно-кобальтових руд Канади мідних і свинцево-цинкових руд Японії, вольфрам-олов'яних і олов'яно-срібних руд Болівії і свинцевих руд Китаю.

У концентратах свинцю вісмуту містяться не більше сотих, рідше десятих відсотка, в початкових рудах поліметалевих родовищ від 0,0001 до 0,01 %. У мідній промисловості вісмут витягують з анодних шлаків, що утворюються при електролітичному рафінуванні міді. Джерелом вісмуту може бути і вторинна сировина. Наприклад, у ФРН значну кількість вісмуту витягують при переробці піритових огарків і з металевого лому.

Традиційні споживачі вісмуту – металургійна, фармацевтична і хімічна промисловість. У останні десятиліття до них додалися ядерна техніка і електроніка. Щоб спаяти скло з металом, використовують легкоплавкі сплави на основі вісмуту. Подібні ж сплави (з кадмієм, оловом, свинцем) застосовують в автоматичних вогнегасниках. Легкоплавкість вісмуту стала однією з причин застосування його в ядерній енергетиці. Тільки берилій поступається вісмуту по здатності розсіювати теплові нейтрони, майже не поглинаючи їх при цьому. Вісмут використовують як теплоносій, що охолоджує агенти в ядерних реакторах.

Окрім згадуваних вже легкоплавких сплавів і припоїв, вісмут (приблизно 0,01 %) використовують в сплавах на основі алюмінію і заліза. Ця добавка покращує пластичні властивості металу, спрощує його обробку.

У поточному десятилітті, мабуть, продовжиться зростання світового попиту на вісмут, у тому числі і у виробництві сталі, хоча тут темпи зростання відставатимуть від інших сфер використання даного металу. Підвищується споживання вісмуту і в хімічній промисловості, за рахунок його використання як нетоксичний замітник свинцю у виробництві пігментів і припоїв.

Деякі вісмутові сплави володіють унікальними магнітними властивостями. Сплави складу 88 % вісмуту і 12 % сурми в магнітному полі виявляють аномальний ефект магнітоопіру, з цього сплаву виготовляють швидкодіючі підсилювачі і вимикачі. Багато сплавів вісмуту при низькій температурі набувають властивості надпровідності. Широкому застосуванню вісмуту в металургії і електроніці сприяло те, що вісмут - найменше токсичний зі всіх важких металів.

Світові запаси і база запасів вісмуту на кінець 2005 р. характеризувалася наступними даними, табл.3.57 [102].

Таблиця 3.57 – Сировинні запаси вісмуту на кінець 2006 р., тис. т

Країни	Запаси	База запасів
Всього	320	680
КНР	240	470
Перу	11	42
Канада	5	30
Болівія	10	20
Мексика	10	20
США	9	14
Казахстан	5	10
Інші країни	30	74

Світові ресурси вісмуту в основному пов'язані з родовищами свинцевих руд, і тому вісмут звичайно проводиться як побічний продукт виробництва свинцю. Крім того, в Китаї вісмут витягується при переробці вольфрамової руди. Власне вісмутові мінерали в достатніх для здобичі цього металу кількостях зустрічаються украй рідко. Єдиним в світі підприємством, що витягує його з вісмуткової руди, є копальня "Tasna" в Болівії. Ряд вісмутвмісних родовищ в світі знаходяться на різних етапах дослідження. До їх числа входять «NICO» в Канаді, «Nui Phao» у В'єтнамі і «Bonfim» в Бразилії.

Останніми роками світове виробництво рафінованого свинцю залишалось в значному мірі стабільні, що обмежувало масштаби попутного витягання вісмуту. В основному підвищення його випуску було пов'язано з розширенням переробки вольфрамових руд, головним чином в Азії, табл.3.58 [103-106].

Таблиця 3.58 – Світове виробництво вісмуту, тонн (за змістом металу в руді)

Країна	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.
Всього	4070	3750	5100	5500	5600
КНР	1300	1200	2500	3000	3000
Мексика	1200	1000	1100	970	1100
Перу	1000	1000	1000	1000	960
Канада	189	200	145	190	190
Казахстан	150	150	150	140	160
Болівія	70	50	60	60	40
Інші країни	160	150	160	160	160

Майже половина всього виробництва вісмуту доводиться на КНР. Крупними виробниками є також Мексика і Перу. У Японії спостерігається високий попит на вісмут з боку виробників фарб і керамічних електронних пристроїв, таких як варистори і конденсатори.

3.2.7 Сурма

Разом із золотом, ртуттю, міддю і іншими елементами, сурма вважається доісторичним металом. У Вавілоні ще за 3 тис. років до н.е. з неї робили судини. Сурма (окрім найпоширенішою сіркою модифікації, відома також у вигляді жовтої і чорної модифікацій) виглядає як звичайний метал традиційно сіро-білого кольору з легким синюватим відтінком. Синій відтінок тим сильніше, чим більше домішок. Метал помірно твердий і виключно крихкий. Електрику і тепло сурма проводить набагато гірше більшості звичайних металів: при 0° С її електропровідність складає лише 3,76 % від електропровідності срібла. Металеві властивості виражені у сурми досить слабо, проте і властивості не метала властиві їй далеко не повною мірою. При нагріванні на повітрі сурма легко перетворюється на оксид – Sb_2O_3 – тверда речовина білого кольору, майже не розчинна у воді.

Сурма – порівняно рідкісний елемент, в земній корі її є не більше $4 \cdot 10^{-5}$ %. Не дивлячись на це, в природі існує понад 10 мінералів, до складу яких входить сурма. Металева сурма із-за своєї крихкості застосовується рідко. Проте, оскільки сурма збільшує твердість інших металів (олова, свинцю) і не окислюється за звичайних умов, металурги нерідко вводять її до складу різних сплавів. Найбільш відомі сплави сурми: гартблей (твердий свинець), друкарський метал, підшипникові метали.

Підшипникові метали - це сплави сурми з оловом, свинцем і міддю, до яких додають цинк і вісмут. Ці сплави порівняно легкоплавкі, з них методом литва роблять вкладиші підшипників. Найбільш поширені сплави цієї групи - бабіти - містять від 4 до 15 % сурми. Бабіти застосовуються в літакобудуванні, на залізничному і автомобільному транспорті. Підшипникові метали володіють достатньою твердістю, великим опором стиранню, високою корозійною стійкістю.

Сурма належить до не багатьох металів, що розширюються при твердінні. Завдяки цій властивості сурми друкарський метал - сплав свинцю (82 %), олова (3 %) і сурми (15 %) - добре заповнює форми при виготовленні шрифтів; відлиті з цього металу рядки дають чіткі відбитки. Сурма додає друкарському металу твердість, ударну стійкість і зносостійкість.

Свинець, легований сурмою (від 5 до 15 %), відомий під назвою гартблея, або твердого свинцю. Додаток до свинцю вже 1 % сурми сильно підвищує його твердість. Твердий свинець використовується в хімічному машинобудуванні, а також для виготовлення труб, по яких транспортують агресивні рідини. З нього ж роблять оболонки телеграфних, телефонних і електричних кабелів, електроди, пластини акумуляторів. Додають сурму і до свинцю, що йде на виготовлення шрапнелі, дробу і куль.

Широке застосування в техніці знаходять з'єднання сурми. Трьохсірчану сурму використовують у виробництві сірників і в піротехніці. П'ятисірчану сурму застосовують для вулканізації каучуку. У «медичної» гуми характерний червоний колір і висока еластичність, завдяки добавці з'єднань сурми. Жаростійка трьохокис сурми використовується у виробництві вогнетривких фарб і тканин. Фарба «сурмін», основу якої складає трьохокис сурми, застосовується для забарвлення підводної частини і надпалубних споруд кораблів. Інтерметалеві з'єднання сурми з алюмінієм, галієм, індієм

володіють напівпровідниковими властивостями. Сурмою покращують властивості одного з найважливіших напівпровідників – германію. Відоме застосування сурми в медицині (блювотний камінь, для лікування сонної хвороби), в живописі і кераміці. Світові природні запаси і базу запасів на початок 2006 р. оцінюють в 1,7 млн. т, а передбачуваних 3,77 млн. т, табл.3.59 [107].

Таблиця 3.59 – Сировинні запаси сурми на початок 2007 р., тис. т

Країни	Запаси	База запасів
Всього	1700	3900
КНР	790	2400
Росія	350	370
Болівія	310	320
ЮАР	44	200
Таджикистан	50	150
США	–	90
Інші країни	156	370

Найбільш значні світові природні запаси і база запасів сурми зосереджені в Китаї, країна є також домінуючим в світі виробником цього металу. Світова здобич сурми в 2005 р. і її географічна структура характеризувалася наступними даними, табл.3.60 [108-114]

Таблиця 3.60 – Світове виробництво сурми, тис. т

Країна	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.
Всього	148,0	142,0	113,0	137	131
КНР	139,0	125,0	100,0	120	110
ЮАР	5,8	5,7	5,3	5	5,7
Росія	5,0	4,5	.	3	3,3
Болівія	2,0	2,4	3,0	3,1	5
Таджикистан	3,0	2,5	2,0	2	2
Інші країни	2,0	2,0	2,8	3,9	4

На КНР доводиться близько 90 % світової здобичі сурми. З 2005 р. в США і більшості інших країн - крупних споживачів сурми попит на неї підвищився. В той же час крупні світові виробники цього металу, особливо китайські, продовжували скорочувати його випуск, що привело до виникнення дефіциту постачань на світовому ринку сурми.

3.2.8 Ртуть

Ртуть – єдиний метал, що знаходиться в рідкому стані в умовах, які називаються нормальними (тиск – 760 мм рт. ст., температура – 298 К). Саме ця властивість, вірніше поєднання властивостей металу і рідини (найважчої рідини – в 13,6 разу важче за воду), визначила особливе положення металу в нашому житті. Термометри, манометри і інші прилади знайшли широке застосування в техніці.

Сучасна бойова техніка теж використовують примітні властивості рідкого металу: підричник для зенітного снаряда. Невеликі добавки ртуті до сплавів позитивно впливають на якість металу.

Відома ще одна чудова властивість ртуті - здатність розчиняти інші метали, утворюючи тверді або рідкі розчини - амальгами. У минулому амальгамування було найважливішим технологічним процесом при витяганні золота з руд. Деякі метали, зокрема залізо, кобальт, нікель, практично не піддаються амальгамуванню. Це дозволяє транспортувати рідкий метал в ємностях з простої сталі. Особливо чисту ртуть перевозять в тарі з скла, кераміки або пластмаси. Окрім заліза і його аналогів, не амальгамується тантал, кремній, реній, вольфрам, ванадій, берилій, титан, марганець і молібден, тобто майже всі метали, вживані для легування сталі. Проте натрій амальгамується дуже легко. При виробленні хлору і їдкого натрію методом електролізу куховарської солі використовують катоди з металевої ртуті.

Ртуть закипає при 357° С, тобто тоді, коли більшість металів ще далекі від точки плавлення. Пірометалургійний спосіб витягання ртуті з руд і концентратів заснований на здатності її випаровуватися при відносно низьких температурах. Видиме свічення пари ртуті використане в конструкціях могутніх ламп освітлення. Всі солі ртуті отруйні. Проте вони широко використовуються в техніці. Наприклад, сильна отрута «сулема» потрібна в гальванопластиці, у виробництві олов'яних і цинкових сплавів тонкої структури, в процесі гравірування і літографії. Промисловий каталіз теж не обходиться без з'єднань ртуті: отримання оцтової кислоти і етилового спирту. Отруйність з'єднань ртуті обмежує їх застосування, але іноді ця властивість може виявитися корисною. Ртутними фарбами

покривають днища кораблів, щоб вони не обростали черепашками. Широко відомо застосування ртуті в медицині для виготовлення антисептичних засобів.

Геологічні ресурси ртуті в світі оцінюються в 600 тис. т і знаходяться в основному в КНР, Киргизії, Росії, Словенії, Іспанії і Україні, табл.3.61 [115].

Таблиця 3.61 – Світові запаси ртуті на кінець 2006 р., тис. т

Країна	Підтверджені	Передбачувані
Всього	46,0	240
Киргизія	7,5	13,0
Іспанія	–	90,0
Алжир	2,0	3,0
США	–	7,0
Італія	–	69,0
Інші країни	36,5	58,0

По запасах ртуті країни СНД займають друге місце в світі після Іспанії. Родовища цього металу відомі на території 7 країн Співдружність, сумарні запаси якої складають 125,1 тис. т або 38,5 % від загальних світових запасів цього металу, табл.3.62 [116].

Таблиця 3.62 – Підтверджені запаси ртуті в країнах СНД

Країни	Кількість родовищ	Запаси тонн	Середній вміст ртуті в розвіданих запасах, %	Частка в загальних запасах СНД, %
Всього СНД	46	126557		100
Киргизстан	3	44871	0,1...0,3	35,5
Росія	23	42198	0,453	33,3
Україна	5	25496	0,044...0,060	20,1
Таджикистан	3	6886	0,055	5,4
Казахстан	9	6069	< 0,01	4,9
Азербайджан	2	693	0,25...0,40	0,5
Узбекистан	1	344	0,3	0,3
Всього в світі	106	323700	0,42	–

Ртуть перестала бути стратегічним металом, оскільки було припинене виробництво ізотопу ⁶Li для зарядів водневих бомб, скорочено використання ртуті для виробництва хлору і каустичної со-

ди, давно заборонене амальгамування золота при його здобичі, обмежено застосування ртуті в вимірювальних і електричних приладах, в медицині, при виготовленні гербіцидів і т.д. Продовжують використовувати її тільки в амальгамовій металургії, виробництві електричних батарей, люмінесцентних ламп, у виготовленні різних боєприпасів до стрілецької зброї і спеціальних фарб. Світове виробництво ртуті приведене в табл.3.63 [117, 118]

Таблиця 3.63 – Світове виробництво ртуті, т

Країна	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.
Всього	1760	1530	1340	1650	1660
КНР	–	610	610	1100	1100
Киргизія	250	300	300	200	160
Іспанія	300	150	150	–	–
Алжир	800	300	110	300	400
Інші країни	410	170	170	–	–

Найкрупнішим виробником ртуті в 2002-2005 рр. був Китай, що проводив до 650 т, а експортером - США (щорічно близько 300 т).

3.2.9 Олово

Олово – один з не багатьох металів, відомих людині ще з доісторичних часів. Олово і мідь були відкриті раніше заліза, а їх сплав - бронза - це найперший «штучний» матеріал, приготований людиною. Бронза, що містить олово, як і раніше залишається важливим матеріалом і для машинобудування, і для мистецтва.

Олов'яні сплави широко застосовують як антифрикційні матеріали або припої. Зі всіх антифрикційних сплавів якнайкращими властивостям володіє олов'яна бронза, у складі якої 90 % олова. М'які і легкоплавкі свинцьоволов'яні припої добре змочують поверхню більшості металів, володіють високою пластичністю і опором втоми. Проте область їх застосування обмежується із-за недостатньої механічної міцності самих припоїв.

Олово входить також до складу гарту - друкарського сплаву. Нарешті, сплави на основі олова потрібні електротехніці. Найваж-

ливіший матеріал для електричних конденсаторів – станіоль, це майже чисте олово, перетворене на тонкі листи.

Сплавляючись, олово взаємодіє з кальцієм, магнієм, цирконієм, титаном і багатьма рідкоземельними елементами. Інтерметалеві з'єднання, що утворюються при цьому, відрізняються достатньо великою тугоплавкістю, Так, станид цирконію (Zr_3Sn_2) плавиться лише при $1985^\circ C$.

Із з'єднань з неметалами найбільше значення мають хлориди. У тетрахлориді олова розчиняються йод, фосфор, сірка і багато органічних речовин. Тому і використовують його головним чином як вельми специфічний розчинник. Діхлорид олова застосовують як протраву при фарбуванні і як відновник при синтезі органічних фарбників.

Промисловість обмежено використовує і оксиди олова. SnO застосовують для отримання рубінового скла, а SnO_2 – для отримання білої глазури. Золотисто-жовті кристали дісульфіду олова нерідко називають сухозлітним золотом, яким «золотять» дерево, гіпс. Станат барію застосовують в радіотехніці як чудовий діелектрик.

Багато «професій» у різних органічних сполук олова: препарати для боротьби з грибками, у ветеринарії як засіб проти гельмінтів; у хімічній промисловості як стабілізатор полівінілхлориду і інших полімерних матеріалів і як каталізатор. На основі олово органічних з'єднань створені ефективні інсектициди. Олово органічні стекла надійно захищають від рентгенівського випромінювання, полімерними свинець - і олово органічними фарбами покривають підводні частини кораблів, щоб на них не наростали молюски. Світове споживання олова представлено в табл.3.64 [119].

Таблиця 3.64 – Світове споживання олова, тис. т

Виробництво	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.
Всього	300	330	335	345

Споживання олова в 2007 р. збільшилось у зв'язку із зростанням його використання у виробництві припоїв. При цьому наміча-

ються тенденції руху у бік без свинцевих припоїв. Якщо раніше вміст олова в припоях складав 62...63 %, то в даний час – близько 95 %, що забезпечує більше 45 % попиту на нього. У структурі споживання олова на частку білій жерсті припадає 20 %, на долю хімікатів – 15 %. В Японії і Європі перехід на без свинцеві припої практично завершиться у 2007 року.

На користь стабілізації світового ринку олова в найближчій перспективі говорить і те, що багато компаній не нарощують здобич. Так, перуанська компанія Minsur в поточному році збереже виробництво олова на колишньому рівні. На думку U.S. Geological Survey, найближчим часом не очікується вводиться до ладу ніяких нових оловоздобуваючих підприємств, оскільки протягом двох минулих десятиліть інвестиції в гірське виробництво були незначними. За оцінками американських фахівців, рівень виробництва олова виявлених запасів в світі приведений в табл.3.65 [119, 120].

Таблиця 3.65 – Сировинні запаси олова на початок 2007 р., тис. т

Країни	Запаси	База запасів
Всього	6100,0	11000,0
КНР	1700,0	3500,0
Бразилія	540,0	2500,0
Малайзія	1000,0	1200,0
Перу	710,0	1000,0
Індонезія	800,0	900,0
Болівія	450,0	900,0
Росія	300,0	350,0
Австралія	1150,0	300,0
Тайланд	170,0	200,0
Португалія	70,0	80,0
США	20,0	40,0
Інші країни	190	630

Найбільшими виробниками олова в світі залишаються індонезійська компанія PT Timah, перуанська Minsur, малайзійська Malaysia Smelting, китайська Yunnan Tin, тайландська Thaisarco, китайська Liuzhou China Tin, болівійська CM Colquiri, бразильська Parapanema. Провідними постачальниками олов'яних концентратів на світовий ринок впродовж ряду років були Перу, Австралія і

Бурунді. Головними споживачами-імпортерами сировини виступають крупні виробники рафінованого металу - Малайзія і Таїланд, які скуповують до 90 % доступної сировини. Рафіноване олово поступає на світовий ринок в основному з Індонезії, Китаю, Малайзії, Таїланду і Болівії. Світова здобич олова в рудах приведена в табл.3.66 [121-127].

Таблиця 3.66 – Світова здобич олова в рудах, тис. т

Країна	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.
Всього	249,0	207,0	264,0	290,0	273,0
КНР	80,0	50,0	110,0	120,0	100,0
Індонезія	54,0	70,0	66,0	80,0	85,0
Перу	65,4	38,0	42,0	42,2	42,2
Болівія	15,2	15,0	16,8	18,7	18,4
Бразилія	13,0	14,2	12,2	12,8	11,8
В'єтнам	4,7	4,6	4,0	3,5	1,0
Росія	2,9	2,0	2,5	3,0	3,4
Малайзія	4,2	3,4	3,0	3,0	3,1
ДР Конго	.	.	2,0	0,1	2,1
Австралія	6,2	6,5	0,8	2,8	2,0
Таїланд	1,1	0,8	0,6	0,6	0,25
Португалія	.	1,0	0,5	0,2	0,
Інші країни	2,3	1,5	3,6	3,5	3,65

До найбільших світових виробників олова належать КНР, Індонезія і Перу, на які доводиться близько 80 % виробництва олова в концентратах і 72 % рафінованого олова. Уряд Індонезії має намір збільшувати виробництво олова і за допомогою централізації постачань олов'яних руд на плавильні підприємства, справитися з незаконною здобиччю і експортом олововмісного матеріалу, встановивши ціновий контроль за торгівлею оловом.

Споживання олова у виробництві припоїв останнім часом росте, особливо в КНР, що пов'язано з розширенням випуску продукції електронної промисловості. Попит на олово розширюється завдяки збільшенню застосування припоїв, що не містять свинець, які перспективніші з погляду екології. Припої, які звичайно містять близько 63 % олово, замінюються в основному припоями із змістом олова більше 95 %. Другим крупним виробником олова, після Китаю, є Індонезія. Державна здобич олова в Індонезії росте.

3.3 Рідкісні метали

3.3.1 Літій

Літій – найлегший метал (щільність $0,534 \text{ г/см}^3$ при 20° C). Завдяки малому атомному радіусу, літій володіє найміцнішою кристалічною решіткою, а, отже, і найбільшою твердістю серед лужних металів і в теж час вельми пластичний і в'язкий метал, добре обробляється пресуванням і плющенням, легко протягується в дріт, вільно ріжеться ножом. Серед всіх лужних металів літій найбільш тугоплавкий ($180,5^\circ \text{ C}$) і високо киплячий (1317° C). Літій легко утворює сплави майже зі всіма металами: з деякими (Mg, Zn, Al) утворює тверді розчини, з багатьма (Ag, Hg, Mg, Zn, Cd, Al, Tl, Sn, Pb, Bi і ін.) – інтерметалеві з'єднання; наприклад LiAg, LiHg, LiMg₂, Li₂Zn₃. Інтерметалеві з'єднання часто володіють великою твердістю, крихкістю, тугоплавкістю і трохи окислюються на повітрі; деякі з них мають властивості, характерні для напівпровідників.

Літій і його з'єднання використовуються в атомній техніці і електротехніці, чорній і кольоровій металургії, реактивній авіації і ракетній техніці, виробництві змащувальних речовин, хімічній промисловості і інших областях. Основними сферами використання з'єднань літію є керамічна і скляна промисловість, а також виробництво первинного алюмінію, на які в США в 2001 р. в сумі доводилося більше 60 % загального їх споживання в країні. У скляній і керамічній промисловості літій використовується в основному у формі природних мінералів петалиту і сподумену, карбонату, хлориду, фосфату, оксиду літію і інших з'єднань, табл.3.67.

Застосування карбонату літію як добавки в електролітичну ванну при виробництві алюмінію дозволяє понизити температуру «замерзання» електроліту, понизити емісію фтору, збільшити електропровідність електроліту, зменшити витрату анода, понизити витрату кріоліту і, отже, зменшити витрату електроенергії і відповідно понизити вартість одержуваного алюмінію або збільшити продуктивність ванни.

Таблиця 3.67 – Области застосування літію і його з'єднань [128]

Мінерал і з'єднання	Застосування
Петалит і сподумен	Кераміка, скло, емаль
Карбонат літію (Li ₂ CO ₃)	Сировина для бромиду літію, кераміка, скло, емаль. Електроліт для рафінування алюмінію. Флюс для безперервного розливання сталі. Матеріал для іонних літієвих батарей і лікарські засоби
Хлорид літію (LiCl)	Виробництво металевого літію, паяльний флюс, адсорбуючий агент. Лікарські засоби.
Гідроксид літію водний (LiOH·H ₂ O)	Сировина для виробництва хімікатів, лужних, полімерних і іонних літієвих батарей, мила, термостійких змащувальних засобів, ніобій-літієвих акумуляторних батарей
Гідроксид літію безводий (LiOH)	Флюс при зварці легких металів, виробництво металевого літію, сировина для отримання оксиду літію-кобальту, термостійкі змащувальні засоби
Фторид літію (LiF)	Зварювальний флюс, компонент ракетного палива
Бромід літію (LiBr)	Абсорбуючий агент. Кераміка. Оптика
Оксид літію (Li ₂ O)	Кераміка, скло, поглинач діоксиду вуглецю
Гідрид літію (LiH)	Синтетичний органічний відновник, каталізатор полімеризації, виробництво моносилану
Оксид літію-кобальту (LiCoO ₂)	Аноди літієвих іонних батарей
Монокристалічні оксиди (LiNbO ₃ , LiTaO ₃)	Підкладки для фільтрів, акумуляторні батареї
Алюмінат літію (LiAlO ₂)	Кераміка
Нормальний Бутил-літій (NBL)	Каталізатор при отриманні стирен-бутедієних смол (SBR), еластомерів (SBL), стирен-бутедієн-стирену
Металевий літій	Виробництво первинних літієвих батарей (катод), каталізатор у виробництві синтетичного каучуку, синтетичних смол; розкислювач, добавка до сплавів, охолоджувач для ядерних реакторів, відновник у фармацевтиці, електроліт для паливних елементів, виробництво гідриду літію

Мінерали (лепідоліт, амблгонит, петалит, частково сподумен) і хімічні сполуки (карбонат, силікат і ін.) літію широко використовуються у виробництві стекол для катодно-променевих трубок і телевізійних кінескопів, спеціальних стекол з електроізоляційними властивостями, світлочутливих, легкоплавких і інших ви-

дів стекол, фарфору, фаянсу, жаростійких і спеціальних стекол з електроізоляційними властивостями, світлочутливих, легкоплавких і інших видів стекол. Ці мінерали і хімічні сполуки значно підвищують їх якість - фарфор набуває білизни і термостійкості; глазур, емалі з літієм менш пористі, блискучіші і стійкіші до атмосферних дій. Введення оксиду літію скорочує час випалення, покращує хімічну стійкість керамічних виробів. Термостійка кераміка використовується в реактивних двигунах.

Добавки літію у вигляді солей і концентратів знижують в'язкість розплаву при виробництві скла і кераміки, знижують температуру плавлення і витрата палива. Продуктивність процесу підвищується на 10 %. Застосування літію в стеклах дозволяє позбавитися токсичних фтористих присадок.

Іншими крупними споживачами з'єднань літію є виробники змащувальних матеріалів, синтетичного каучуку і пластмас, де використовуються, зокрема, гідроксид літію, металевий літій, нормальний Бутил-літій, гідрохлорид літію. Літієві консистентні мастила, до складу яких входять літієві солі стеаринової і інших жирних кислот, відрізняються унікальною здатністю зберігати фізичні властивості в температурному інтервалі від -60 до $+150^{\circ}\text{C}$, мають високу в'язкість, нерозчинні у воді. Термостійкі змащувальні засоби використовуються в автомобілях, будівельній техніці і виробництві сталевого прокату.

Літій і його з'єднання використовуються також у фармацевтичній промисловості, виробництві сільськогосподарських хімікатів, рідин для систем кондиціонування повітря, деяких видів будівельних матеріалів (наприклад, цементів). У теперішній час зберігся інтерес до літієвих акумуляторних батарей для електромобілів, в портативних комп'ютерах і телефонах, відеокамерах, в калькуляторах, фотокамерах, електронних іграх і годиннику.

Європейська комісія по екології в 2005 р. висунула пропозицію заборонити використання в електромобілях акумуляторів із застосуванням кадмію. Комісія відзначає, що в даний час на ринку пропонуються акумуляторні батареї, здатні замінити нікель-кадмієві. Це нікель-металогідридні і літій-іонні акумулятори. Дана пропозиція зроблена на основі європейської директиви від 1990 р.

про переробку автомобілів, що вийшли з експлуатації, у відповідності, з якою машини, випущені на ринок після 1 липня 2003 р., не повинні містити важкі метали, зокрема свинець, ртуть, кадмій і т.п.

Із зростанням популярності мобільних телефонів збільшується конкуренція між різними моделями. У телефонах першого покоління, відносно великих і важких, використовувалися нікель-кадмієві акумулятори; в кінці 80-х років вони поступилися місцем нікель-металогідридним, які, у свою чергу, у середині 90-х були витиснені літій-іонними, а їм на зміну вже приходять літій-полімерні і призматичні літій-іонні джерела струму. Оксиди літію і кобальту в даний час є основним матеріалом для виробництва анодів літієвих іонних батарей. Нові літій-полімерні акумулятори надійні і зручні у використанні, оскільки не містять рідкої фази і скоро досягнуть рівня традиційних джерел струму на рідких електролітах. Росте попит на монокристалічні літій-ніобієві і літій-танталові оксиди для виробництва підкладок для фільтрів в портативному телекомунікаційному устаткуванні і відеоапаратурі, а також скляні підкладки для жорстких дисків на заміну алюмінієвих, оскільки вони володіють вищому опором удару.

Найбільшим в світі виробником літієвих іонних акумуляторних батарей є Японія (провідні фірми-виробники – "Sony", "Matsushita" і "Sanyo"). Літієві компанії розглядають виробництво літієвих елементів як найбільш перспективний ринок збуту своєї продукції з погляду темпів його зростання.

Металевий літій проводиться шляхом електролізу хлориду літію, який, у свою чергу, виходить з карбонату літію.

У кольоровій металургії літій використовується для поліпшення структури і фізичних властивостей міді, свинцю, благородних металів, бронзи і інших сплавів. Зокрема, добавка всього 0,0065 % літію до розплавлених кольорових металів сприяє отриманню більш однорідних відливаних з поліпшеною електропровідністю.

У металургії у 80-і – початку 90-х років великий інтерес привертало комбінування літію з іншим легким металом – алюмінієм, з метою виробництва алюміній-літієвих сплавів, які вважалися перспективними для авіакосмічної промисловості, проте на практиці фі-

зичні властивості і ціна цих матеріалів опинилися недостатньо привабливими для їх широкомасштабного використання, і ці сплави залишаються матеріалами, придатними для специфічних цілей. Хлорид і бромід літію, завдяки їх здатності поглинати дими, вуглекислоту, вологу, пари аміаку, органічні аміни, успішно застосовуються для кондиціонування повітря в різних приміщеннях.

У останнє десятиліття потреба літію в Україні (в основному для виробництва скла) складала орієнтовно 200...300 т/рік. При виробництві алюмінію літій не використовувався. Проте з урахуванням можливого зростання виробництва алюмінію до 400 тис.т/рік, споживання літію може скласти приблизно 800...1200 т/рік.

Підтверджені запаси літію (по металу) за кордоном оцінюються в 4100 тис. т (передбачувані 11000 тис. т), табл.3.68 [128].

Таблиця 3.68 – Запаси і база запасів літію в світі на кінець 2004 роки, тис. т

Країни	Запаси	База запасів
Всього	4100	11000
Болівія	–	5400
Чилі	3000	3000
КНР	540	1100
Бразилія	190	910
США	38	410
Канада	180	360
Австралія	160	260
Зімбабве	23	27
Інші	31	476

Із запасів літію більше 75 % пов'язано з літійвмісною ропою і близько 25 % з рідко металевими гранітними пегматитами. Найбільш крупні запаси мають в своєму розпорядженні, тис. т: Чилі – 3000; КНР - 540, Бразилія - 190; Канада – 180; Австралія – 150; США – 38; Зімбабве – 23; потенційні родовища знаходяться в Болівії – 5400; Заїрі – 318; Мозамбіку – 13,9; Фінляндії – 14; Намібії – 7; Аргентині – 5,1; Португалії – 0,93.

Крупні запаси не ідентифікованих літійєвих руд виявлені в Китаї. В одному родовищі міститься більше 5 млн. т багаті руди з се-

реднім змістом оксиду літію більше 10 %, що значно вище ніж на всіх копальнях, що розробляються в світі, де вказані показники складають 4,0...6,5 %. Потенційним джерелом карбонату літію є соляне озеро в автономному районі Тибету у Китаї. За оцінкою, це родовище може давати в рік понад 1 млн. т карбонату літію, а також калій і цезій.

Забезпеченість зарубіжних країн підтвердженими запасами літію по середньому рівню його виробництва 2003-2004 рр. перевищує 250 років.

Основні типи родовищ літію - комплексні рідкометальні пегматити, ропа соляних відкладень і озер; другорядні - танталоносні рідко металеві граніти, слюдисто-флюоритові метасоматити, цінвальдитові грейзени, літійвмісні глини, високо мінералізовані води, гідротермальні розсоли, попутні води нафтових свердловин. Вміст оксиду літію в пегматитових родовищах, що розробляються, звичайно складає 1,3...3,0 %. Роба промислових родовищ хлоридного або сульфатно-хлоридного типу містить від 0,04 до 2 % літію. Приповерхнева ропа стала основним в світі джерелом сировини для отримання карбонату літію завдяки нижчим витратам виробництва в порівнянні з витратами при розробці корінних родовищ на стадії їх здобичі і переробки.

В Україні є розвідані родовища літію, не поступливі багатьом головним родовищам Канади, США і Африки. Відповідно до даних геологів за економічними показниками заслуговують промислового освоєння Шевченківське родовище в Донецькій області і Полоховське родовища літію (петалити) в Кіровоградській області, перспективні Станковатське, Надія (петалит-сподуменове). По більшості критеріїв Полоховське родовище має ряд переваг, головне з яких – розташування в безпосередній близькості від діючого гірничодобувного підприємства, що веде підземний відробіток руд і що має залізничну вітку.

Основним в світі джерелом сировинних матеріалів, використовуваних для виробництва карбонату літію, стала ропа, оскільки витрати її здобичі нижчі, ніж руди. Літієві мінерали, що здобуваються в світі, споживаються в основному у вигляді рудних концентратів, а не є сировиною для отримання з'єднань літію. Крупними

продуцентами рудних концентратів є Австралія, Канада і Зімбабве. До числа широко поширених літєвих руд входять такі мінерали, як сподумен, лепідоліт і петалит.

На світовому ринку сировини для виробництва карбонату літію домінують два соляні підприємства в Чилі. На соляних родовищах Аргентини проводиться хлорид літію і в обмежених масштабах карбонат літію. У США є єдиний діючий завод по випуску карбонату літію з ропи, що здобувається в країні, соляних озерах шт. Невада.

Виробництво карбонату літію з морської води до теперішнього часу було дорогим, оскільки ступінь його витягання з цієї сировини низка. Указується, що фірма “Lithium Pacific” розробила агент абсорбції, який дозволяє здійснювати ефективну екстракцію літію з морської води. Проте на абсорбуючі агенти доводиться близько 75 % витрат на здійснення екстракції літію з соляних розчинів і тому можливість промислового застосування визначатиметься його ціною. Основними виробниками літію з сировини – Чилі, Австралія, Китай, США (табл.3.69), а літєвих з’єднань і металу – США, Німеччина і Японія [129-132].

Таблиця 3.69 – Світове виробництво літію в концентратах і ропі, т (по металу)

Країна	1990 р.	1998 р.	2000 р.	2001 р.	2003 р.	2004 р.	Вид сировини
США	2700	2270	–	–	–	–	Ропи Концентрат
Чилі	1800	3400	5300	6400	6580	6600	Розсіл
Австралія	1500	–	2400	2400	3450	3450	Сподумен
Росія	1100	200	2000	2000	–	–	Сподумен розсіл
КНР	474	–	2400	2500	2500	2700	Сподумен
Канада	440	–	710	700	710	700	Сподумен
Зімбабве	300	–	740	700	480	360	Петалит
Бразилія	60	–	55	30	240	240	Сподумен
Намібія	27	–	–	–	–	–	Петалит
Португалія	15,4	–	140	140	190	190	Лепідоліт
Аргентина	3,15	3,8	200	200	960	1300	Сподумен
Всього	8425	5874	15000	15100	15100	15500	

Лідируючим світовим виробником хімічної літієвої продукції є Чилі. До числа її крупних виробників входять також Аргентина, КНР, Росія і США. Здобич літієвих руд зосереджена, в першу чергу, в Австралії, Канаді і Зімбабве.

Виробничі потужності основних підприємств миру на 2004 р. склали (тонн по металу): Чилі – 6600; Австралія – 3450; КНР 2700; Аргентина – 1300; Зімбабве – 360; Португалія – 190; Канада – 700; Бразилія – 240.

Основними виробниками концентратів літієвих мінералів є компанії: Gwalia Consolidated в штаті Західна Австралія, що проводить сподуменові концентрати, скляних, керамічних і універсальних марок; Tantalum Mining в провінції Манітоба (Канада), що проводить сподуменові концентрати і монтебразит; Vikita Minerals в Зімбабве, що проводить петалит стандартних, низьколуужних і скляних марок, сподуменові концентрати і полуцит; Sociedad Minería de Pegmatites в Португалії, яка добуває лепідоліт.

У Китаї карбонат літію витягується з місцевих і австралійських сподуменових руд. Потенційним джерелом карбонату літію є соляне озеро в автономному районі Тибету Китаю. Плани по освоєнню цього родовища раніше були відкладені у зв'язку з тим, що воно розташоване у віддаленому і труднодоступному районі.

У Росії виробництво літію з власної сировини (рідкометальні пегматити Завітінського родовища) припинене в 1997 р. і останніми роками повністю базується на імпортному (гідромінеральному).

США в 2004г. залишалися найбільшим споживачем літієвих мінералів і з'єднань, а також провідним виробником літієвих матеріалів з доданою вартістю. Основними сферами використання з'єднань літію в США є керамічна і скляна промисловість, а також виробництво первинного алюмінію, на які в цілому проводиться більше 60 % всього споживання даних матеріалів в країні. Літій застосовується також у виробництві змащувальних матеріалів, акумуляторних батарей і синтетичного каучуку.

Найбільш перспективною сферою споживання літієвих з'єднань з погляду потенційного зростання попиту є виробництво літієвих акумуляторних батарей, що особливо перезаряджаються,

використовуваних, зокрема, в могутніх відеокамерах, портативних комп'ютерах, телефонах. Інтерес до літієвих батареям проявляють виробники гібридних електромобілів і деяких видів електродвигунів, хоча поки в гібридних автомобілях, що випускаються в комерційних масштабах, літієві батареї не застосовуються. Літієві батареї, що не перезаряджаються, використовуються в калькуляторах, фотокамерах, комп'ютерах, електронних іграх, годиннику і деяких інших пристроях.

Лідуючим в світі виробником літієвих матеріалів залишається США. Американська компанія "FMC" зі своїм підприємством в м. Бесемер-Сіті (шт. Північна Кароліна) – найбільшим в світі вертикально інтегроване підприємство по виробництву металевого літію і хімічних сполук, а також бутил літію, каталізаторів, акумуляторних батарей і літієві сплави на трьох заводах: м. Бесемер, Бромборо (Великобританія) і Нагава (Японія). Одна компанія в США переробляє вторинну сировину з метою отримання невеликої кількості карбонату літію.

Найбільшим в світі виробником з'єднань літію є Чилі. У 1997 р. Чилійська компанія "Cyprus Foote Mineral Co." – виробник добрив – вийшла на ринок карбонату літію. Ця компанія для стабілізації ринку понизила ціни на продукцію приблизно на 50 % і сприяла підвищенню сумарного попиту, особливо в нових сферах споживання. Підприємства з вищими витратами виробництва закрилися, але ринки залишилися стабільними.

У Китаї літій у вигляді карбонату літію витягується з місцевих і австралійських сподуменових руд. У 1999 р. його виробництво в країні було обмеженим зважаючи на наявність на світовому ринку дешевого матеріалу з Чилі.

В Австралії компанія "Gwalia Group Consolidated" здобуває багатий літієм сподумен з низьким змістом заліза і проводить два види сподуменових концентратів.

У Канаді фірма "Tantalum Mining Corp" ("Tanco") проводить сподуменовий концентрат на копальні поблизу Берник-Лейк і поставляє його виробникам скла і кераміки в США.

У Зімбабве компанія "Bikita Minerals" проводить петалит, високосортний і скляного сорту сподуменовий концентрат.

У Португалії фірма “Soliedad Miniria de Pegmatites” проводить лепідоліт.

У Бразилії в продовж майже 30 років проводилася невелика кількість літієвих мінералів.

Невелика кількість пегматита в Аргентині проводиться в провінції Катамаркам Луїсі Сану.

Новим джерелом постачань літієвої продукції стає Нова Зеландія. Компанія “Litium New Zealand” почала виробництво металевого літію і карбонату літію з хлориду літію.

Російський виробник “Novosibirsk Chemicals” потужністю 25 тис тон переробляв сподуменів концентрат.

Україна в даний час не проводить літієвих продуктів. У середині 50-х років 20-го століття на Дніпровському алюмінієвому заводі працювали установки по отриманню металевого літію із сподуменових руд вакуум-термічним методом. Потім це виробництво було перенесено до Новосибірська.

3.3.2 Берилій

Історія елемента № 4 – **берилію** – почалася з того, що його довго не могли відкрити. Багато хіміків 18 століття аналізували берил (основний мінерал берилію), але ніхто з них не зміг виявити в цьому мінералі нового елемента.

Навіть сучасному хіміку, озброєному фотометричним, полярографічним, радіохімічним, спектральним, радіоактивацією і флюорометричними методами аналізу, нелегко виділити цей елемент, що немов ховається за спину алюмінію і його з'єднань - настільки схожі їх ознаки.

У 1798 р. французький хімік Луї Нікола Воклен, займаючись порівняльним аналізом берилу і смарагду, відкрив в них невідомий оксид - «землю». Він був дуже схожим на оксид алюмінію (глинозем), проте Л. Воклен відмітив і відмінності. Оксид розчинявся у вуглекислому амонії (а окисел алюмінію не розчиняється); сірчанокисла сіль нового елемента не утворювала кvasців з сірчанокислим калієм (а сірчанокисла сіль алюмінію такий галун утворює). Саме

цією різницею у властивостях цієї «землі» Л. Воклен і скористався для розділення оксидів алюмінію і невідомого елемента

Оксид був одержаний, але ще довгий час нікому не вдавалося виділити берилій в чистому вигляді. Тільки через 30 років Ф. Велер і А. Бюссі одержали небагато порошкоподібного металу дією металевого калію на хлористий берилій, але метал цей містив багато домішок. Прошло ще майже 70 років, перш ніж П. Лебо зміг одержати (у 1898 р.) чистий берилій електролізом берилійфтористого натрію.

Берилій є типовий рідкісний елемент, На тонну земної речовини в середньому доводиться лише 4,2 г берилію. Це, звичайно, не так вже мало, якщо порівняти його з іншими елементами. Наприклад, відомий елемент – свинець, міститься в земній корі в два рази менше, ніж берилій. Звичайно берилій зустрічається як незначна домішка в різних мінералах земної кори, і лише нікчемна частина земного берилію сконцентрована у власних берилієвих мінералах. Їх відомо 30, але тільки шість з них вважаються більш менш поширеними (берил, хризоберил, берtrandит, фенакіт, гелвин, даналит). Промислове значення має поки тільки один берил.

Берил зустрічається в гранітних пегматитах, наявних майже у всіх країнах земної кулі. Але, на жаль, пегматитові родовища дуже малі, і здобувати з них берил в широких промислових масштабах не вдається. Проте є і інші джерела берилію, в яких його концентрація набагато вище. Це так звані пневмато-гидротермальні родовища (тобто родовища, що утворилися в результаті взаємодії високотемпературної пари і розчинів з певними типами гірських порід).

Цей метал сріблито-сірого кольору в півтора рази легший за алюміній (щільність його складає $1,82 \text{ г/см}^3$) і в той же час міцніший за спеціальних сталей. Температура плавлення берилію 1285°C , кипіння 2970°C . Особливо важливо те, що берилій і багато його сплавів не втрачають корисних властивостей при температурі $700\text{...}800^\circ \text{C}$. Чистий берилій дуже твердий – їм можна різати скло. На жаль, його твердості супроводить крихкість.

Берилій дуже стійкий проти корозії. Як і алюміній, він покривається при взаємодії з повітрям тонкою окисною плівкою, що за-

хищає метал від дії кисню навіть при високих температурах. Лише за порогом 800°C йде повільне окислення берилію, а при температурі 1200°C металевий берилій згорає, перетворюючись на білий порошок оксиду берилію. Берилій легко утворює сплави з багатьма металами, додаючи їм велику твердість, міцність, жаростійкість і корозійну стійкість. Один з його сплавів – берилієва бронза – це сплави міді з 1...3 % берилію. На відміну від чистого берилію берилієва бронза добре піддається механічній обробці, з неї можна, наприклад, виготовити стрічки товщиною всього 0,1 мм. Міцність на розрив цієї бронзи більша, ніж у багатьох легованих сталей. Ще одна примітна деталь: з часом більшість матеріалів, у тому числі і метали, «втомлюються» і втрачають міцність. Берилієві бронзи при старінні збільшують міцність. Вони не магнітні, не яскріють при ударі. З них роблять пружини, ресори, амортизатори, підшипники, шестерні і багато інших виробів, від яких потрібні велика міцність, хороша опірність втоми і корозії, збереження пружності в широкому інтервалі температур, високі електро- і теплопровідні характеристики. Одним із споживачів цього сплаву стала авіаційна промисловість.

Добавки берилію ушляхетнюють сплави на основі алюмінію і магнію. Невелика кількість берилію (достатньо 0,005 %) набагато зменшують втрати магнієвих сплавів від горіння і окислення при плавці і литві. Одночасно поліпшується якість відливань, значно спрощується технологія. За допомогою берилію можна збільшити міцність, жорсткість і жаростійкість інших металів, насищаючи їм поверхню деталі. Цікавими властивостями відрізняються і бериліди - інтерметалеві з'єднання берилію з танталом, ніобієм, цирконієм і іншими тугоплавкими металами. Бериліди володіють винятковою твердістю і стійкістю проти окислення.

Берилію відповідає малий перетин захоплення нейтронів і великий перетин їх розсіювання. Берилій (а також його оксид) може розсіювати нейтрони, змінює напрям їх руху і уповільнює їх швидкість до таких величин, при яких ланцюгова ядерна реакція може протікати більш поволі. Зі всіх твердих матеріалів берилій вважається кращим сповільнювачем нейтронів. Берилію властива також

значна радіаційна стійкість, що зберігається і при дуже високій температурі. Окисел берилію став важливим матеріалом для виготовлення оболонок тепловиділяючих елементів (твелів) атомних реакторів. Велика теплопровідність (в 4 рази вище, ніж у сталі), велика теплоємність і жароміцність дозволяє використовувати берилій і його з'єднання в теплозахисних конструкціях космічних кораблів.

У ще більшій мірі для космічної техніки привабливі в берилії легкість, міцність, жорсткість, і особливо – незвичайне високе відношення міцності до ваги. Зокрема, завдяки здатності зберігати високу точність і стабільність розмірів берилієві деталі використовують в гіроскопах – приладах, що входять в систему орієнтації і стабілізації ракет, космічних кораблів і штучних супутників Землі.

Кераміка на основі оксиду берилію стала матеріалом корпусів ламп хвилі, що біжить. Рентгенотехніці металевий берилій дав прекрасні вікна для рентгенівських трубок.

Берилій типовий амфотерний метал. З воднем берилій не реагує навіть при нагріванні до 1000°C , зате він легко з'єднується з галогенами, сіркою і вуглецем. Берилій добре розчиняється у всіх мінеральних кислотах, окрім азотної. Висока тугоплавкість оксиду берилію (температура плавлення 2570°C), значна хімічна стійкість і велика теплопровідність дозволяють застосовувати його в багатьох галузях техніки, зокрема для футерування без сердечникових індукційних печей і тиглів для плавки різних металів і сплавів. Оксид берилію абсолютно інертний по відношенню до металевого берилію. Це єдиний матеріал, з якого виготовляють тиглі для плавки берилію у вакуумі.

Оксид берилію порівняно давно використовують у виробництві скла. Добавки його збільшують щільність, твердість, показник заломлення і хімічну стійкість стекол. За допомогою оксиду берилію створюють спеціальні стекла, що володіють великою прозорістю для ультрафіолетових і інфрачервоних променів. Скловолокно, до складу якого входить оксид берилію, може знайти застосування в конструкціях ракет і підводних човнів. Деякі з'єднання берилію служать каталізаторами хімічних процесів. З лугами берилій реагує, утворюючи берилати (солі берилію), подібні алюмінатам.

Світові ресурси берилію перевищують 80 тис. т і пов'язані в основному з відомими пегматитовими родовищами. Близько 65 % всіх ресурсів берилію сконцентровані в США, головним чином в штатах Юта і Аляска. У США є вельми невелика кількість берилу, витягання якого з не пегматитових родовищ економічно вигідно. Spor Mountain в шт. Юта є берtrandитовим родовищем, що містить крупну базу запасів витягнуваного тут берtrandиту. У підтверджених запасах цього мінералу в шт. Юта міститься близько 16 тис. т берилію.

Найбільшим в світі виробником берилію є США. Компанія Spor Mountain в шт. Юта здійснює здобич берtrandитової руди і витягує з неї, а також з імпортного берилу гідроксид берилу. Гідроксид берилію відвантажується на завод в шт. Огайо, де з нього одержують металевий берилій, його сплави і оксид. У США в сумарному споживанні 80 % берилію (у формі сплавів, металу і оксиду) доводиться на такі сфери, як виробництво електронних і електротехнічних компонентів, авіакосмічна і військова промисловість. Зважаючи на токсичність берилію, його виробництво і споживання здійснюється під екологічним контролем, що росте, табл.3.70 [133-135].

Таблиця 3.70 – Світове виробництво берилієвих руд і металу, т

Країна	1999 р.	2000 р.	2001 р.	2002 р.	2004 р.*	2005 р.*	1999 р.
Всього	5608	5052	3025	3045	114	138	127
США	5070	4510	2480	2500	90	110	100
КНР	500	500	500	500	20	20	20
Мадагаскар	20	25	25	25	Н.д.	Н.д.	Н.д.
Бразилія	11	13	12	12	Н.д.	Н.д.	Н.д.
Португалія	4	4	5	5	Н.д.	Н.д.	Н.д.
Замбія	3	3	3	3	Н.д.	Н.д.	Н.д.
Мозамбік					3	6	6
Інші країни					1	2	1

* Здобич (по металу)

У 2005 р. споживання берилію у США склало 70 т. Близько половини всього споживаного в країні берилію було використано у виробництві компонентів для телевізорів і телекомунікаційного

устаткування, а решта частини - в авіакосмічній, військовій, електротехнічній і автомобільній галузях промисловості, а також у виробництві промислових деталей і інших сферах.

У США здійснюється також вторинне витягання берилію в основному з нового лому з підприємств, що випускають берилійовмісні компоненти. У 2001-2004 рр. постачання в США берилію у формі руди, металу, лому і лігатури здійснювалися з Японії – 14 %, Казахстану – 22 %, Росії – 21 %, ФРН – 16 %, інших країн – 27 %.

У КНР увійшло до експлуатації знов побудоване підприємство по рафінуванню берилію, яке стало другим в країні заводом цього профілю. Його проектна потужність складає 100 т оксиду берилію і 1 тис. т берилієво-мідної лігатури в рік.

3.3.3 Вольфрам

Вольфрам відноситься до стратегічних матеріалів і в значній мірі впливає на розвиток гірничодобувної, газової, машинобудівної, електротехнічної і електронної промисловості. Основною областю споживання вольфраму залишається виробництво карбиду вольфраму для виготовлення ріжучих і зносостійких матеріалів. Другою по значущості областю споживання вольфраму є виробництво феросплавів для швидкорізальних сталей і спеціальних сталей для бурових установок.

Структура споживання вольфраму в країнах Західної Європи, США, Японії, КНР, Росії певною мірою розрізняються, так, якщо для Європи і США до 60 % вольфраму витрачається для виробництва твердих сплавів, то в Японії і КНР до 45 % – для виробництва твердих сплавів і до 25 % – на жароміцні сплави. Деяка частина вольфраму витрачається для виробництва спеціальних сплавів і сплавів кольорових металів: сплави вольфраму з міддю і сріблом для електричних контактів; сплави вольфраму з міддю, залізом, нікелем (так звані “важкі” сплави) для оборонної і авіаційної промисловості.

У електротехнічній і електронній промисловостях вольфрам застосовується для виробництва дроту, ниток розжарення в елект-

ролампах, катодів для електронних трубок, нагрівальних елементів у високотемпературних печах радіаційного екранування, електродів для зварювання в інертному газі, а також аерокосмічній промисловості.

У хімічній промисловості вольфрам застосовується для виробництва фарбників, емалей, пігментів, каталізаторів, хімічних реагентів. Наголошується підвищення попиту на метавольфрамат амонію для нафтопереробної промисловості.

Відкриті останнім часом нові сфери застосування вольфраму: виробництво елементів в кольорових телевізорах, аерозолі для нанесення твердого антикорозійного жароміцного покриття на автомобільні і авіаційні двигуни, електроніка, виготовлення спеціального скла на основі оксиду вольфраму.

Перспективною областю застосування вольфраму є виробництво озброєння (протитанкові снаряди), а також виготовлення обв'язувачів для спортивного і медичного устаткування, броні для захисту супутників від мікрометеоритів, керамічних пластин для бронежилетів і армування техніки. Споживання вольфраму з 1998 г до 2001 р. поступово зростало, табл.3.71 [136]. Повних даних по країнах за 2002 р. не знайдено. Проте деякі публікації дозволяють зробити висновок, що відбувся деякий спад в споживанні вольфраму в Європі (за перше півріччя воно склало всього 4500 т), але в Японії і КНР дещо зросло до 9000 т.

Таблиця 3.71 – Споживання вольфраму, т (по металу)

Країна/континент	2000 р.	2001 р.
Європа	17000	17000
США	14700	14000
Японія	4918	3903
КНР	8203	8200
СНД	3500	3300
Інші	3499	2300
Сума	51720	48703

У 2003 г попит на вольфрам на японському внутрішньому ринку підвищується в першу чергу з боку виробників спеціальних сталей і інструменту з надтвердих сплавів і повернеться до рівня

2000 р., при цьому він в значній мірі задовольняється за рахунок імпортованих матеріалів. Характерна структура споживання вольфраму для вольфрамової промисловості КНР, табл.3.72, що змінюється [137].

Таблиця 3.72 – Структура споживання вольфраму в КНР

Продукт	2000 р.		2001 р.		2010 р.	
	тон	%	тон	%	тон	%
Твердий сплав	3672	44,7	3674	44,8	4440	50
Феровольфрам	2960	36,2	2960	36,1	2450	27,7
Заготовки вольфраму	685	8,3	550	6,7	830	9,3
Інші сплави	414	5	1016	12,4	450	5
Хімічні сполуки	472	5,8			710	8
Разом	8203	100	8200	100	8800	100

Згідно «Національній програмі розвитку і реформування гірничо-металургійного комплексу України до 2010 року» споживання вольфраму в Україні в 2000 р. складало 435 т і твердих сплавів 920 т, прогноз на 2005-2010 рр. по вольфраму – 460...480 т, по твердих сплавах 1090...1380 т, відповідно.

На споживання вольфраму певною мірою робить вплив ціни на початкову сировину, проміжні і кінцеві продукти. Розглядаючи зміну цін за період 1992 р. по серпень 2003 г можна відзначити періоди їх коливання від найнижчого рівня до максимального. Так, наприклад, на початку 1994 г ціни на вольфрамові концентрати (min 65 % WO₃) були найбільш низькими і складали 28...39 долл.США/кг. У другій половині 1995 р. (червень-грудень) вони виростили до 62...72 долл.США/кг. Потім наступив період поступового падіння і вже в кінці 1999 р. (грудень) знов впали до 32...42 долл.США/кг. Період з 1999 р. аж до початку 2003 р. були періоди зростання (43...55 долл.США/кг – грудень 2000 р.) і падіння (до січня 2002 р.) до 30...43 долл.США/кг. Практично з початку 2003 р. спостерігається певна стабілізація в цінах на вольфрамові концентрати.

Сировина. Світові запаси вольфраму на кінець 2001 р. оцінюються в 1,92 млн. т, табл.3.73 [136, 137]. Розподіл запасів (підтверджених) по регіонах миру виглядає таким чином: Азія – 45,3 %; Америка – 23,9 %; СНД – 13 %; Європа – 1,84 %; Австралія і Океа-

нія – 0,34 %; інші – 15,7 %; по основних країнах: КНР- 40 %; Канада – 13,5 %; Росія – 13 %; США – 7,3 %.

Таблиця 3.73 – Запаси вольфраму, тис. т

Континент країна	1992 р.		2001 р.	
	підтвер- джені	передбачу- вані	Підтвер- джені	передбачу- вані
КНР	1050	1400	770	1100
Канада	260	493	260	490
Росія	–	–	250	420
США	150	210	140	200
Р. Корея	53	Н.д.	58	77
Болівія	58	110	53	100
Таїланд	30	30	30	30
Португалія	26	26	25	25
М'янма	15	34	15	34
Австрія	10	15	10	15
Бразилія	20	20	8,5	20
Австралія і Океанія	5	129	7	79
КНДР	58	77	Н.д.	35
Туреччина	65	–	–	–
Малайзія	15	–	–	–
Перу	40	–	–	–
Мексика	15	–	–	–
Аргентина	9	–	–	–
Англія	70	–	–	–
Іспанія	21	–	–	–
Франція	20	20	–	–
Алжир	13	–	–	–
Узбекистан	–	–	–	20
Ін. країни	–	–	300	450
Всього	2003	2276	1926,5	3095

По запасах вольфрамових руд на другому і четвертому місцях знаходяться Канада і США. Проте, з 1994 р. не працюють копальні Канади і з 1996 р. – копальні США. У цих країнах використовується імпортна сировина (з КНР, Росії, Перу, Болівії і ін.), а також вторинна сировина. Таким чином, США зберігають свої стратегічні запаси. На третє місце можна віднести запаси п'яти вольфрамових

копалень Росії, перш за все Лермонтовського (Приморський край), Джидінського (Читинська область) і Тирни-Аузського (Північний Кавказ).

На Україні вольфрамівих родовищ, що розробляються, немає. Прогнозні запаси вольфрамівих руд в Україні суперечливі. Хоча протягом останніх років виявлено декілька вольфрамівих родовищ і потрібні значних засобів для своєї оцінки. В середньому Побужжі і на Кіровоградському блоці українського щита (УЩ) відомі знахідки порід із змістом вольфраму 0,7...2,5 %, але вони відносяться до дрібних геологічних тіл. У значніших об'єктах УЩ зміст вольфраму не перевищує 0,03...0,06 %. З цього виходить, що в найближчі 5...10 років чекати рішення задачі отримання власної вольфрамової сировини не доводиться. Постачання сировиною для вольфрамової галузі можливо за рахунок його імпорту і організації переробки вторинних відходів.

Вже протягом більш півстоліття КНР є найбільшою сировинною вольфрамовою державою. Проте деякі експерти вважають, що в довгостроковій перспективі вольфрамів промисловість КНР має обмежені можливості із-за неоптимального складу сировинної бази, чверть якої представлена вольфрамітом і три чверті – шеєлітом. Обидва види руди по мінералогічному і хімічному складах вельми специфічні і складні в переробці. Тривалий контрабандний вивіз з країни високосортних вольфрамівмісних сировинних видів продукції нині виражається у вигляді хронічного недоліку багатих руд, що ставить копальні перед необхідністю відпрацьовувати збіднені і за балансові запаси. За останнє десятиліття сумарні запаси вольфраму в країні скоротилися. Тільки 51,3 % запасів вольфраму мають зміст триоксиду вольфраму близько 0,5 %, що складає тільки 290,0 тис. тонн вольфрамового ангідриду, економічно вигідного для витягання, решта запасів же містить менше 0,4 % триоксиду вольфраму. В цілому в порівнянні з 1950 р. валовий вміст триоксиду вольфраму у вольфрамівих рудах країни знизився з 1,0 до 0,32 %, з чого виходить, що для забезпечення кінцевих переділів вольфрамової промисловості країни якісною сировиною необхідно залучати до переробки більшу кількість вольфрамівих руд і значно підвищити ступінь їх збагачення. Необхідно відзначити, що фундаментальні зміни в міжнародній торгівлі вольфрамом відбулися після того, як КНР, в короткий термін корінним чином перебудувала свою вольфраміву промисловість, перемкнулася на масове виробництво і екс-

порт високотехнологічних видів продукції з вольфраму, вольфрамових сплавів і суперсплавів.

Виробництво. У табл.3.74 приведені дані світового виробництва вольфрамових концентратів [137, 138].

Таблиця 3.74 – Виробництво вольфрамових концентратів, т (по металевому вольфраму)

Країна	1998 р.	1999 р.	2000 р.	2001 р.
КНР	23859	20185	23441	26866
Росія	3000	3500	3500	3600
Австрія	1400	1610	1600	1700
Португалія	832	450	750	800
КНДР	900	700	700	600
Болівія	497	334	381	390
Узбекистан	200	200	200	150
М'янма	200	87	82	90
Тайланд	20	29	30	50
Бразилія	50	50	14	15
Ін. країни	355	130	190	190
Всього	31313	27275	30698	34451

Примітка. У 2006 р. виробництво вольфрамових концентратів у Китаї досягло 62000 т.

Зіткнувшись ще на початку 90-х років минулого сторіччя з перевиробництвом вольфрамової продукції і, перш за все, вольфрамових концентратів, уряд КНР почав з середини 90-х років робити кроки до скорочення виробництва, табл.3.75 [138].

Таблиця 3.75 – Експорт вольфрамової продукції КНР, т

Продукт	1998 р.	1999 р.	2000 р.	2001 р.	2002 р.
Концентрат	190	80	–	–	–
ПВА	12675	10507	9276	12200	–
Інші вольфрамати	1665	1605	818	–	–
Вольфрамова кислота	547	266	607	–	–
Оксид вольфраму	3668	3648	4569	–	–
Інші оксиди	5299	5799!	4576	–	–
Порошок	2348	2632	3484	–	–
Метал і заготовки	402	535	959	–	–
Твердий сплав	1340	1303	1500	–	–
Феровольфрам	3340	4106	5109	5800	5000
Сума	33625	33266	35914	–	–

На перших етапах вони були мало ефективними, оскільки скорочення виробництва на державних підприємствах практично не відображалось на виробництві приватних підприємств. Значна кількість продукту поступала на світовий ринок контрабандними шляхами. На другому етапі урядових дій стали робитися жорсткіші кроки. З цього часу припинився експорт концентратів, почалося скорочення експорту виробів вольфраму (типу ПВА), тоді як продаж виробів з оксиду вольфраму, порошку, твердого сплаву і заготовок збільшувався. Не вводились квоти для твердого сплаву, заготовок вольфраму і феровольфрам.

Ще в 1999 році уряду вдалося добитися закриття дрібних нелегальних підприємств, встановити мінімальні ціни на руду, об'єднати основні заводи під егідою асоціації виробників і обмежити експорт шляхом видачі ліцензій.

В рамках процесу реструктуризації промисловості КНР деякі підприємства об'єдналися з підприємствами по збагаченню і виплавці металу. “Zhuzhou hard Alloy Co”- найбільший виробник твердих сплавів (споживає більше 10 тис. т вольфраму в концентратах) і “Shizhuyuan Non-ferrous Metall Co” – найбільший виробник вольфрамових концентратів підписали угоду про створення спільного підприємства “Diamond tungsten Products Ltd”. “Shizhuyuan Non-ferrous Metall Co” має в своєму розпорядженні великі запаси шеєліту (приблизно 690 тис. т), що еквівалентно 49 % розвіданих запасів КНР і 21 % світових запасів шеєліту. Нова компанія має намір побудувати сучасний завод, здатний проводити 10 тис. т триоксиду вольфраму в рік.

Ще раніше „Minmetals” був реструктурований після злиття компанії з іншою державною торговою компанією CNITC. Крупна компанія «Luoyang Luanchuan Molybdenum Group», що належить державі, має потужності по виробництву до 10 тис. т збагаченої вольфрамової руди на рік. У 2002 р. виробництво вольфрамової сировини в КНР знизилося, що було викликано низькими цінами на концентрати, а також встановленням китайським урядом (у серпні 2002 р.) квот на виробництво вольфрамової сировини, при цьому право на здобич залишалось тільки у 100...120 копалень, а сумарне річне виробництво на них було обмежено 22,5 тис. т. Приблизно 60

% всієї китайської вольфрамової руди здобувається в провінції Цзянси.

Wailing Enterprises developmen Corp. в жовтні 2003 р. ввело в дію нове підприємство по виробництву вольфрамового порошку (потужністю 3000 т), карбіду вольфраму (1000 т), змішаного порошку (1000 т) і злитків (500 т) в Шанхаї.

Ще одне підприємство введено у виробництво у області Hunan – Zhuzhou Cemented Carbide Corp. (ZCC), яке поставить близько 10 тис. т ПВА і вольфраму, причому 70 % цього продукту споживатиметься на власному виробництві твердих сплавів і інших виробів вольфраму, інше на експорт залежно від стану ринку. На цьому підприємстві використовується сучасна технологія і устаткування. Це дозволить закрити старе підприємство в м. Zhuzhou.

У травні 2003 року було остаточно оформлене створення корпорації China Rare Earth & Rare Metals Tungsten Group, що утворилася завдяки злиттю державної зовнішньоторговельної компанії Minmetals і одного з найбільших в країні виробників вольфрамової продукції Jiangxi Rare Earth & Rare Metals Tungsten Group Corp. Сукупні виробничі потужності China Rare Earth оцінюються в 20 тис. т вольфрамової продукції в рік, не рахуючи заводу Ganzhou Jiangwu Ferro-Tungsten (компанії належить 51% його акцій). У серпні поточного року на Ganzhou Jiangwu повинна бути введена в дію нова плавильна електрична піч, що підвищить його продуктивність до 8 тис. т феровольфраму в рік.

Згідно Chinas National Statistics Bureau Китай поставив в період січня-травня 2003 р. 22589 т вольфрамового концентрату. Китайські постачальники останнім часом все більше орієнтуються на укладення довгострокових контрактів. У 2003 р. китайський уряд встановив квоту на експорт вольфрамової продукції у розмірі 17 тис. т в рік, але навряд чи вона буде заповнена повністю. На думку експертів China Rare Earth, спад на світовому ринку вольфраму в 2003 році продовжиться, а, означає, немає сенсу нарощувати випуск, коли натомість можна зайнятися збільшенням цін.

У США виробництво вольфрамових концентратів не здійснюється з 1996 р. У 2001 г в країні вісім компаній переробляли вольфрамові концентрати, паравольфрамат амонію, оксид вольфраму і

вольфрамвмісний лом з метою отримання порошків вольфраму, карбиду вольфраму і/або хімічних сполук цього металу. Переробка вторинного матеріалу знаходиться на рівні 6000 т, що відповідає приблизно 43 % видимого споживання вольфраму.

На достатньо високому рівні знаходиться виробництво різних видів вольфрамової продукції в Японії, табл.3.76 [139-141].

Таблиця 3.76 – Виробництво вольфрамової продукції в Японії, т

Матеріал	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.
Виробництво	3678	3383	3419	4254	4131	3659
Вольфрамові продукти у т.ч.:	411,0	441,7	474,7	602,8	560,5	589,1
Пруток	107,4	121,9	136,6	163,7	165,1	202,3
Тонкий дріт	87,0	93,3	96,6	107,1	97,6	90,5
Мідні сплави	79,7	98,1	91,5	130,6	102,3	107,1
Торійований вольфрам	40,6	32,7	36,2	53,6	51,9	47,6
Серебрянніє сплави	20,0	14,2	18,5	21,4	24,2	27,6
Контакти	12,1	10,0	8,8	9,2	8,1	–
Вироби	–	–	86,5	117,2	111,3	107,8
Інші	63,6	71,5	–	–	–	–

Японія власних вольфрамових родовищ не має і імпортує концентрати, ПВА, лом і інші проміжні продукти, порошок, пруток і злитки і експортує порошок, дріт, прутки, лом, табл.3.77.

Таблиця 3.77 – Структура японського імпорту і експорту вольфрамових сировинних матеріалів і кінцевих продуктів, т (по металу)

Матеріал	2001 г.	2002 г.	2003г.	2004г.	2005г	2006р.
Імпорт						
Всього, у т.ч.	5195	3570*	–	–	–	–
Руда,	951	887	738	–	–	–
ПВА	3991	2683	1987	–	–	–
Продукти, у т.ч	1417,8	1056,6.	1143,7	1159,2	1247,8	1765,1
Порошок	693,2	492,9	452,4	663,5	698,6	778,1
Дріт	113,6	167,9	208,8	243	245,7	241,7
Пруток і лист	94,1	78,4	104,7	191,1	251,3	230
Металевий	–	–	–	–	–	127,8
Лом	–	–	–	–	–	515,3
Інше	74,6	52,0	41,3	61,6	52,2	42,95

Експорт						
Всього	2020,9	1826,3	1757,3			
Продукты, у т.ч.	290,6	–	–	–	854,64	1049,57
Порошок	112,5	81,2	111,0	–	189,5	203,49
Дріт	119,4	111,7	100,8	–	102,32	113,69
Пруток і лист	30,2	43,2	59,4	–	285,8	351,55
Металевий	–	–	–	–	48,45	77,53
Лом	–	–	–	–	176,76	205,05
Інше	28,5	38,5	35,5	–	51,81	93,26

У 2001 р. Приморський ГОК (Далекий Схід) завершив модернізацію виробництва, довівши потужність до 5500 т, але провів близько 2750 т вольфрамівих концентратів. Приморський найбільший виробник в Росії, близько половини його продукції прямує до Японії, США і Європи. Інша половина поступає головним чином на Гидрометзавод (м. Нальчик), де проводиться до 7600 т ПВА і оксид вольфраму.

У російських і зарубіжних оглядах немає згадки про роботу Тирнауського і Джідінського ГОКів, а також про роботу Ськопінського гідрометалургійного заводу, втім, і інших відомих підприємств: Московського комбінату твердих сплавів, Кіровоградського заводу твердих сплавів, “Побідит”.

Представниками твердосплавної підгалузі в Україні є Світловодській комбінат твердих сплавів і тугоплавких матеріалів (СКТСИТМ), АТ ТОРЕЗТВЕРДОСПЛАВ (р. Торез, Донецька обл.), Державний інженерний центр твердих сплавів СВИТКЕРМЕТ (ГИЦТС СВИТКЕРМЕТ, р. Світловодськ), концерн АЛКОН НАН України, Державне спеціальне виробничо-технологічне бюро ИНОС (ГСПТБ ИНОС), Державне підприємство ИНМА.

На дочірньому підприємстві Маріупольського металургійного комбінату імені Ілліча – ХМФ (колишній Донецький хіміко-металургійний завод) проводили феровольфрам (виробнича потужність до 1800 т/рік).

СКТСИТМ – спеціалізоване підприємство по випуску виробів з тугоплавких матеріалів і твердих сплавів. Виробничі потужності

комбінату складали (на рік): 510 т твердих сплавів, зокрема 470 т сплаву марки ВК, 7 т виробів з безвольфрамових твердих сплавів; 1600 тисяч штук виробів з металокераміки, 2000 млн. м вольфрамової нитки, 50 тонн вольфрамового дроту, 60 т вольфрамових штапиків. Сировина у вигляді ПВА або вольфрамової кислоти поступало з Росії. Основні споживачі продукції - українські підприємства металообробної галузі, а також підприємства по виробництву електроламп і електроніки.

АТ «ТОРЕЗТВЕРДОСПЛАВ» оснащений сучасним устаткуванням. У номенклатуру його продукції входять прутки, порошки на основі заліза для покриття зносостійким шаром, реліт, наплавлювальні електроди, наплавлювальна стрічка і дріт і ін. Сировина поступала в основному з Росії і 80 % продукції поставляється також до Росії.

Концерн «АЛКОН» НАН України, в який входить Інститут надтвердих матеріалів, може проводити до 80 т/рік твердосплавних виробів. Основною продукцією цього концерну є твердосплавні вставки апаратів високого тиску, елементи бурового інструменту, деталі інструментів для обробки металів тиском і різанням.

ГП «ИНМА» може випускати до 15 т/рік твердих сплавів. Основними напрямками виробництва цього підприємства є безвольфрамових і вольфрамо-титанові тверді сплави.

У «Національній програмі розвитку і реформування гірничо-металургійного комплексу України до 2010 року» [2а] приведені дані по виробництву твердих сплавів і вольфрамового дроту, табл.378 [141].

Таблиця 3.78 – Виробництво вольфрамової продукції на Світловодському комбінаті твердих сплавів і тугоплавких металів, т

Продукція	1999 р.	2000 р.	2001 р.	2002 р.
Вольфрамовий дріт	186,9	69,1	0	0
Тверді сплави	1,9	5,5	45	0,9

3.3.4 Молібден

Молібден є одним з вірних союзників заліза. Назва елемента походить від грецького слова «молібдос». Відкриття його пов'язане з ім'ям шведського хіміка К.В. Шеєле і відноситься до 1778 року. Металевий порошок молібдену, сильно забруднений карбідами, одержав П.Я. Гельм. Лише сорок років опісля відносно чистий молібден одержав і визначив багато його властивостей Й.Я. Берцеліус.

Перша згадка про молібден з'явилася декілька сторіч тому, коли мінерал молібденіт почали використовувати як грифелі. І зараз по-грецьки олівець називається «молібдос». У наші дні сердечники олівців заповнені графітом. Але дисульфід молібдену (природний молібденіт) знайшов собі інше застосування у вигляді твердого мастила.

Ще в XI-XII століттях в країні Східного Сонця виготовляли холодну зброю великої гостроти і міцності. Секрет цього вдалося відкрити в 19 сторіччі, коли в 1886 г на Путіловському заводі в Петербурзі була виплавлена сталь, що містить молібден і ряд інших елементів. Додатки молібдену до заліза дозволили одночасно підвищити і твердість, і в'язкість металу, тоді як звичайно, збільшення твердості супроводжується зростанням крихкості.

Початок широкого розвитку виробництва молібденових сталей відноситься до 1910 р., коли були виявлені особливі властивості гарматних сталей.

Але техніці потрібні не тільки молібденові сталі, але і вироби з чистого молібдену. У 1907 році в лабораторних умовах методом порошкової металургії вперше була одержана молібденова нитка. У СРСР молібденовий дріт почали випускати в 1928 році.

Молібден відноситься до тугоплавких металів (температура плавлення $2620 \pm 10^\circ \text{C}$ і кипіння $\sim 4800^\circ \text{C}$). Вищі точки плавлення мають тільки вольфрам, реній і тантал. Серед інших фізичних властивостей молібдену необхідно відзначити високу температуру кипіння і електропровідність (менше, ніж у міді, але більше, ніж у заліза і нікелю) і порівняно малий коефіцієнт лінійного розширення (приблизно 30 % від коефіцієнта міді).

На вигляд компактний молібден схожий на сталь. Кристалізується в решітці об'ємноцентрованого куба. Висока легуюча здатність молібдену обумовлена тим, що він має таку ж кристалічну решітку, як і залізо. Радіуси їх атомів також дуже близькі між собою.

Молібден затримує зростання зерна в процесі кристалізації стали і тим самим додає їй дрібну однорідну структуру. Більшості легованих сталей властива так звана крихкість після відпустки. Стали, що містять молібден, можна піддавати термічній обробці, не побоюючись виникнення внутрішніх напруг. Молібден помітно підвищує прожарювану сталь і характеризується також значною міцністю при високих температурах і великим опором повзучості.

Механічні властивості молібдену в більшій мірі залежать від чистоти металу і попередньої механічної і термічної його обробки. Молібден достатньо пластичний матеріал, який порівняно легко прокатується і кується. Проте такі властивості виявляються при його нагріві.

Важлива властивість молібдену – малий перетин захоплення теплових нейтронів і складає 2,6 барн.

На повітрі молібден стійкий. Помітне окислення металу (кольори мінливості) настає при 400...500° С, при вищих температурах відбувається швидке окислення. З азотом молібден реагує при температурі вище 1500° С, а з вуглецем і вуглецьвмісними газами при 1000...1200° С.

З воднем молібден хімічно не взаємодіє аж до плавлення. Проте при нагріванні металу у водні відбувається деяке поглинання газу з утворенням твердого розчину. Так, при 1000° С розчинність водню складає 0,5 см³ в 100 г металу.

Молібден стійкий холоду в соляній і сірчаній кислотах, але поволі кородує при 80...100° С. В азотній кислоті і царській горілці при нагріванні молібден швидко розчиняється.

У плавиковій кислоті молібден стійкий, але в суміші її з азотною кислотою швидко розчиняється.

Головне використання молібдену (до 80 %) пов'язане з чорною металургією, зокрема у виробництві сталей (неіржавіючої і

спеціальних сплавів – 30 %, низьколегованої – 30 %, інструментальної і швидкорізальної - 10 %, ливарних сплавів – 10 %).

Як конструкційний матеріал молібден знайшов застосування в енергетичних ядерних реакторах. Тут він поєднує міцність при високих температурах з порівняно малим перетином захоплення теплових нейтронів. З молібдену можна виготовляти деталі активної зони реактора – труби, оболонки, контейнери і ін.[142]. Світове споживання молібдену приведене в табл.3.79 [143-145].

Таблиця 3.79 – Світове споживання молібдену, тис. т

Країни	1990 г.	1995 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005г.	2006р
Всього	98	105	126,5	131,1	144,24	158,3	161,94	195
Західна Європа	38,1	45	48,3	50,8	55,34	58,97	58,97	64,35
США	23,6	30	29,5	30,4	30,4	35,4	35,38	41,53
Японія	16,7	18,52	20,8	21,8	24,5	25,4	26,76	28,47
КНР	3,7	7,5	13	14	14,5	16	18	21,06
Інші	15,9	8,0	14,9	14,1	10,0	22,53	28,83	39,59

Неіржавіючі і спеціальні сталі забезпечують 37,4 %, низьколеговані і високоміцні сталі – 27,9 %, каталізатори – 9,2 %, металевий молібден – 7,4 %, інструментальні і високоякісні сталі – 5,9 %, суперсплави і спеціальні сплави – 5,1 %, продукти ливарного виробництва – 3,9 %, фарби і очищення стічних вод – 2,4 %, мастила і інші напрями використання – 1,7 %.

В даний час в КНР, США і країнах Європи спостерігається високий попит на молібден з боку виробників спеціальних сталей і каталізаторів для нафтохімічної промисловості. Японія є одним з істотних споживачів феромолібдену і молібденової продукції. Характерними в структурі споживаних матеріалів молібдену є напівпровідникові матеріали для мішеней і магнетронів, електроніки, освітлювальні лампи, а також виробництво будівельних матеріалів, вогнетривів і інших матеріалів. У КНР споживання молібдену за 2001–2005 рр. подвоїлося і досягло 18 тис. т. Основною сферою застосування молібдену є виробництво сталі. Для виплавки неіржавіючої сталі використовується 28 % всього споживаного молібдену в світі, легованої сталі – 15 %, інструментальної і швидкорізальної

– 10 %, високоміщної низьколегованої - 9 %, вуглецевої – 9 %. Крім того, молібден застосовується як каталізатор на нафтопереробних заводах (8 %). До 2010 р. середньорічний темп приросту попиту в цій сфері оцінюється приблизно на 5 % на рік. Середньорічний темп зростання світового попиту до 2010 р. складе близько 4 %. Найбільш високими темпами ростиме попит на молібден з боку виробників неіржавіючої сталі.

За оцінкою Геологічної служби США, світові достовірні запаси і база запасів молібдену на кінець 2005 р. характеризувалися наступними даними, табл.3.80 [143].

Таблиця 3.80 – Світові запаси молібдену по континентах і країнах на кінець 2005 р., тис. т

Континент країна	Достовірні	Передбачувані
Всього	8600	19000
Америка, в т.ч.	4480	9270
США	2700	5400
Чилі	1100	2500
Канада	450	910
Перу	140	230
Мексика	90	230
Азія, в т.ч.:	3380	8490
КНР	3300	8300
Іран	50	140
Монголія	30	50
СНД, в т.ч.:	730	1290
Росія	240	360
Казахстан	130	200
Вірменія	200	400
Узбекистан	60	150
Киргизія	100	180

Достовірні світові ресурси молібдену оцінюються приблизно в 8,6 млн. т, з яких 3,3 знаходяться в КНР; 2,7 млн. т в США і 1,1 млн. т в Чилі.

В Україні немає родовищ молібдену, що розробляються. Проте є перспективні родовища: на північному заході Українського щита, в Середньому Придністров'ї і північній частині Криворіжжя.

Світове виробництво молібдену в концентратах приведене в табл.3.81 [144-149].

Таблиця 3.81 – Світове виробництво молібдену в концентратах (по металу), тис. т

Країна	Рік								
	1990	1995	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Всього	118,5	119,7	123,8	112,6	127,5	129,3	139,2	152,9	163,46
Первинна сировина	118,5	117,5	123,6	112,6	124,5	127,3	137,3	151,1	158,8
США	61,5	63,3	44,1	32,1	28,5	31,6	33,6	37,3	56,9
Канада	12,9	8,4	5,9	6,0	7,7	7,7	8,6	8,6	9,8
Чилі	13,8	17,4	27,3	27,0	34,6	29	33,7	40,8	45,5
Перу	2,5	4	4,4	4,5	8,3	8,9	10	10,4	9,7
Мексика	3,2	0,9	6,0	6,0	5,6	3,4	3,5	5,9	3,5
КНР	13,6	19	27,9	28,0	28,2	33,5	33,5	32,6	28,5
Росія	11,3	4,5	2,4	2,5	2,5	2,9	5,0	5,0	3,0
Вірменія	–	–	2,5	2,5	2,5	2,5	4,0	4,0	2,8
Казахстан	–	–	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,21
Узбекистан	–	–	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5
Киргизія	–	–	–	–	–	0,2	0,2	0,3	0,25
Монголія	–	–	1,7	1,8	1,8	1,6	1,5	1,5	1,3
Іран	–	–	0,6	0,6	0,6	1,7	1,7	1,7	1,5
Ін. країни	–	2,2	0,2	–	3,4	3,8	1,3	2,3	-
Вторинне	–	–	–	–	5	3,7	4,1	4,1	-

Найбільшим в світі виробником молібдену є США, що підвищили його випуск до 56,9 тис. т, при цьому завантаження потужностей на гірничодобувних підприємствах склало приблизно 40 %.

У табл.3.82 даються порівняльні дані по світовому виробництву і споживанню молібдену [147-149].

Таблиця 3.82 – Порівняльні дані по світовому виробництву і споживанню молібдену по роках, тис. т

Найменування	Рік								
	1990	1993	1995	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Виробництво	118,5	93,6	119,7	123,8	112	127,5	129,3	139,2	152,9
Споживання	98	85,2	102,9	104,3	112,5	126,5	131,1	142,9	151
Баланс	+20,5	+8,4	+16,8	+19,5	-0,5	+1	-1,8	-3,7	+1,9

В Україні виробничі потужності по отриманню феромолібдену є на хіміко-металургійної фабриці ВАТ «ММК ім. Ілліча» і складають близько 1200 т/рік. В цілому, не пов'язуючи проблему «благородних» феросплавів з цим заводом, необхідно відзначити, що і в сприятливіші цінові часи на початкову сировину, на Україні не приділялася необхідна увага на отримання і застосування цих феросплавів.

3.3.5 Реній

Історія 75 елементу періодичної таблиці, подібно до історії багатьох інших елементів, починається з 1869 г, року відкриття Періодичного закону. Д.И. Менделєєва. Проте перший грам порівняно чистого металевого ренію одержаний подружжям Ноддак в 1928 р. Щоб одержати цей грам, їм довелося переробляти більше 600 кг норвезького молібденіту. Пізніше були встановлені нові закономірності розповсюдження ренію в різних рудних родовищах, виявлені умови, сприятливі для накопичення цього рідкісного і розсіяного елементу. За підрахунками академіка А.П. Виноградова, вміст ренію в земній корі не перевищує $7 \cdot 10^{-8}$ %. Це означає, що в природі його в 5 разів менше, ніж золото, в 100 разів менше, ніж срібло, в 1000 разів менше, ніж вольфрам, в 900 тис. менше, ніж марганцю, і в 51 млн. разів менше, ніж залоза.

Про розсіяність ренію можна судити по таких фактах. У природі він практично завжди зустрічається лише у вигляді ізоморфної домішки в мінералах інших елементів. Його виявили в десятках мінералів: від повсюдно поширеного піриту до рідкісних платинових руд. Сліди його знаходять навіть в бурому вугіллі і нафті.

Найбагатшим промисловим ренійвмісним мінералом залишається молібденіт MoS_2 , у якому знаходять до 1,88 % ренію. Не випадково ренієвий потенціал всіх родовищ оцінюють в декілька тисяч тонн.

У повній відповідності з положенням в таблиці Д.И. Менделєєва реній багато в чому схожий на марганець. Проте він набагато

важче (при 20° С його щільність складає 21,02 г/см³). По стійкості до дії більшості хімічних реагентів реній наближається до своїх сусідів справа – платиновим металам, а по фізичних властивостях – до тугоплавких металів VI групи - вольфраму і молібдену. З молібденом його ріднить і близькість атомного і іонних радіусів. Наприклад, радіуси іонів Re⁴⁺ і Mo⁴⁺ відрізняються всього на 0,4 Å. Сульфіди MoS₂ і ReS₂ утворюють до того ж однотипні кристалічні решітки. Саме цими причинами пояснюють геохімічний зв'язок ренію з молібденом.

Реній – один з самих тугоплавких металів. По температурі плавлення (3170° С) і кипіння (5870° С) він поступається лише вольфраму (T_{пл} = 3410° С і T_{кип} = 6690° С). Реній важчий за вольфрам. Але реній набагато пластичніше вольфраму. Його можна прокатувати, кувати, витягати в дріт за звичайних умов. Проте пластичність його сильно залежить від чистоти.

Ще одна важлива властивість ренію – висока жароміцність. При температурі до 2000° С реній краще зберігає міцність, ніж молібден, вольфрам і ніобій. Міцність у нього (у інтервалі від 500 до 2000° С) більш ніж у цих тугоплавких металів. В той же час металевий реній володіє високою корозійною стійкістю: у звичайних умовах він майже не розчиняється в соляній, плавиковій і сірчаній кислотах. Це одна з рис, що ріднять реній з платиною.

Компактний реній – сріблястий метал. При невисокій температурі він роками абсолютно не блякне на повітрі. При 300° С можна спостерігати помітне окислення цього металу, інтенсивно воно йде лише при температурі вище 600° С. Це означає, що реній краще протистоїть окисленню, ніж молібден і вольфрам; до того ж він абсолютно не реагує з азотом і воднем. Сприятливе поєднання фізичних і хімічних властивостей (плюс хороша зварюваність) визначило інтерес до ренію з боку тих областей науки і техніки, яка може дозволити собі великі витрати ради досягнення потрібних властивостей. Реній в основному йде в сплави, дешевші, ніж він сам, а з чистого ренію роблять лише особливо відповідальні малогабаритні деталі, і, звичайно, ренієм покривають інші метали.

Реній - метал високих технологій. Високоміцні суперсплави для космічної і авіаційної техніки, що містять від 4 до 10 % ренію, витримують температури до 2000 градусів і більш без втрати міцності. З них виготовляються корпуси і лопаті турбін, сопла двигунів ракет і літаків. Крім того, реній використовується в нафтохімічній промисловості - в біметалевих каталізаторах при крекінгу і риформінгу нафти. Ренієво-платинові каталізатори дозволили набагато збільшити вихід бензинів з високим октановим числом. Більш того, використання цих каталізаторів натомість чисто платинових дозволило на 40...45 % збільшити пропускну спроможність установок.

Він застосовується в електроніці і електротехніці (термопари, антикатоди, напівпровідники, електронні трубки і т. д.).

Встановлено, що реній підвищує одночасно і міцність, і пластичність молібдену і вольфраму. Такі сплави, як вольфрам з 5; 20 або 27 % ренію і молібден – з 8; 20 і 47 % ренію, а також молібден–вольфрам–ренієві сплави високоміцні, добре зварюються, пластичні і, отже, технологічні. Вироби з них зберігають свої властивості і форму в найскрутніших умовах експлуатації. Реній працює на морських судах і літаках, в космічних кораблях і в полярних експедиціях.

Реній став важливий для приладобудування: з рениймісних сплавів роблять, зокрема, керни вимірювальних приладів вищих класів точності (кern – це опора, на якій обертається рамка приладу). Матеріали для кернів повинні бути немагнітні, корозійностійкі, тверді. Керни повинні якомога повільніше зношуватися в процесі експлуатації. Таким умовам відповідає багатокомпонентний сплав на кобальтовій основі К-40НХМР, легований 7 % ренію, Цей же сплав використовують для виробництва пружних елементів крутильних вагів і гіроскопічних приладів. У геодезичних – маркшейдерських приладах дуже важлива робота стабілізуючих пристроїв - оптичних або механічних вузлів, закріплених на тонких металевих підвісках.

Термопари, в яких працюють сплави ренію і вольфраму, служать для вимірювання високої температури (до 2600° С). Такі термопари значно перевершують стандартні термопари з вольфраму і молібдену.

Для атомної техніки сплави, що містять реній - необхідний конструкційний матеріал. Суцільнотягнуті трубки із сплаву вольфрам-реній з 26 % ренію використовуються для виготовлення оболонок тепловиділяючих елементів і деяких інших деталей, що працюють в реакторах при температурі від 1650 до 3000° С.

Нафтопереробна промисловість ще одне джерело споживання ренію. Ренієво-платинові каталізатори дозволили набагато збільшити вихід бензинів з високим октановим числом. Більш того, використання цих каталізаторів натомість чисто платинових дозволило на 40...45 % збільшити пропускну спроможність установок.

Найбільша кількість ренію споживається в США, табл.3.83 [150, 151].

Таблиця 3.83 – Характеристика ринку металевого ренію США, т

Ринок	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.
Виробництво	5,5	4,0	3,9	5,9	6,9
Споживання	28,9	20,9	18,4	26,1	35,8
Імпорт	23,4	16,9	14,5	20,2	29,9

Споживання ренію в США в 2005 р. збільшилося в порівнянні з 2004 р. на 37 %. У 2001-2005 рр. цей метал ввозився в США з Чилі – 91 %, Казахстану – 3 %, ФРН – 3 %, інших країн – 3 %.

Основними сферами споживання ренію є виробництво каталізаторів для нафтопереробної промисловості і тугоплавких спеціальних сплавів, вживаних для виготовлення деталей турбін. У цих галузях в США в 2005 р. було використано, відповідно, від 40 до 50 % всього спожитого в країні ренію. У нафтопереробній промисловості реній застосовується при отриманні високооктанових вуглеводнів, використовуваних у виробництві безсвинцового бензину; при цьому спостерігається витіснення біметалічними платино-ренієвими каталізаторами багатьох видів монометалічних систем. Додавання ренію до спеціальних сплавів на основі нікелю підвищує їх міцнісні характеристики при високих температурах (1000° С). Ренієві сплави застосовуються у виробництві тиглів, електричних контактів, електромагнітів, електронно-променевих трубок і мішеней, термопар, регуляторів температури, нагрівальних елементів,

іонізаційних манометрів, масс-спектрографів, металевих покриттів, напівпровідників, електровакуумних приладів і іншої продукції.

За оцінкою Геологічної служби США, світові встановлені ресурси ренію складають приблизно 10 тис. т, з яких близько 4,5 тис. т доводиться на США, табл.3.84 [150-152].

Таблиця 3.84 – Світові запаси ренію на кінець 2005 р., т

Континент, країна	Підтверджені	Передбачувані
Всього	2400	10000
Чилі	1300	2500
США	390	4500
Росія	310	400
Казахстан	190	250
Вірменія	95	120
Перу	45	550
Канада	–	1500
Інші країни	91	360

Найбільш характерна властивість ренію – його яскраво виражена геохімічна схожість з молібденом. Обидва елементи проявляють однаково високу спорідненість до сірки. Вищі галогениди молібдену і ренію володіють підвищеною летючістю і близькою реакційною здатністю. Іонні радіуси чотирьохзарядних іонів Re^{4+} і Mo^{4+} практично однакові. Ноддак встановив, що дисульфід ренію і молібдену можуть утворювати безперервний ряд твердих розчинів – вони одержали декілька зразків штучного молібденіту із змістом ренію від 0,5 до 10 %. Тому не дивно, що значна частина ренію в земній корі зустрічається у вигляді домішки в молібденіті. Крупні родовища молібденіту є в США, Вірменії, Узбекистані, Китаї, Норвегії, Чилі, Німеччині. Молібденіт – не єдиний мінерал, що містить реній, досить великий вміст ренію в мінералах гранітних пегматитів (альвиті, гадолініті, цирконі, колумбіті, танталіті і ін.). У них реній знаходиться у вигляді тонко розсіяних сульфідів. Реній виявлений і в мінералах платини і вольфраму. Відносно великий вміст ренію в метеоритному залізі – 0,01 г/т, що значно перевищує кларк ренію в земній корі. Причиною відсутності ренію в мінералах марганцю є, швидше за все, помітна відмінність і радіусах іонів Mn^{2+} ,

Mn³⁺ і Re⁴⁺. Великі кількості ренію зосереджені в мідистих пісковиках, прикладом яких є група родовищ Джезказганського регіону в Казахстані. Наголошується накопичення ренію, разом з іншими важкими металами, в бітумінозних залишках. Наприклад, Мансфельдське родовище (Німеччина) мідистих сланців служило основним джерелом виробництва ренію до Другої Світової війни.

Світова здобич ренію в 2005 р. виросла в порівнянні з 2004 р. на 17,7 % - до 43,2 т, Основними виробниками ренію є Чилі, Казахстан, США, Перу, табл.3.85 [150-152].

Таблиця 3.85 – Світове виробництво ренію, т

Країна	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.
Всього	31,0	33,0	36,7	43,2
Чилі	14,1	15,0	18,1	18,9
Казахстан	2,6	2,9	2,6	8,0
США	4,4	4,6	5,9	6,9
Перу	5,0	5,0	5,0	5,0
Росія	–	–	1,4	1,4
Канада	1,7	1,7	1,7	1,0
Вірменія	0,8	0,8	1,0	1,0
Ін. країни	2,4	2,5	1,0	1,0

Підвищення світової здобичі ренію в 2005г. було обумовлено, в першу чергу, триразовим зростанням його виробництва в Казахстані, якому сприяло утворення республіканської державної компанії “Zherrfzganredmet” під патронажем Міністерства промисловості і торгівлі країни. Значне збільшення здобичі ренію спостерігалось також в США (на 17 %), що було викликано зростанням попутного виробництва молібденових концентратів на мідьпорфірових родовищах країни. Випуск молібдену на п’яти діючих мідно-молібденових копальнях США в 2005 р. впритул наблизився до рівня проектних потужностей підприємств. Крім того, здобич ренію в 2005 р. підвищилася і в Чилі (на 4 %).

Останніми роками в США здійснюється переробка молібден-ренієвого і вольфрам-ренієвого лому. Крім того, вторинній переробці піддаються всі відпрацьовані платина-ренієві каталізатори.

*Якби не було ванадію –
не було б і мого автомобіля.
Генрі Форд*

3.3.6 Ванадій

Ванадій є одним з найбільш ефективних легуючих елементів у високоякісних сталях, що складає до 85...81 % від його загального споживання. Незначна добавка ванадію (долі відсотка) робить сталь дрібнозернистою, додає їй велику пружність, високу міцність. Така сталь легше переносить удар і вигин, наполегливіше чинить опір стиранню, краще протистоїть розриву. Адже саме ці якості потрібні автомобільним деталям: клапанні пружини, ресори, осі, вали, шестерні і т.д. От чому так високо оцінив роль ванадію Генрі Форд.

Академік Ферсман А.Е. сказав про ванадій: «...казкові ті сили, які він додає залізу і стали, озброюючи їх твердістю і міцністю, в'язкістю і гнучкістю, незруйновністю, необхідною для осі автомобіля».

Не обходиться без ванадію і хімія: його оксид – відмінний каталізатор при виробництві сірчаної кислоти, крекінгу нафти, отриманні багатьох складних органічних сполук. Найбільшими сферами його застосування є також виробництво титанових сплавів для авіа космічної промисловості, деталей ядерних реакторів. Перспективною областю застосування ванадієвих сплавів вважається виробництво конструктивних елементів печей для ядерного синтезу. Металевий ванадій використовується як добавка у водневих сплавах абсорбції для нікель-гідридних акумуляторних батарей і як матеріал розсіюючих мішеней, вживаних в електронній промисловості.

Алюміній-ванадієві лігатури використовуються як сировина у виробництві таких титанових сплавів, як Ti-6Al-4V, які застосовуються в літакобудуванні, виробництві стільникового телекомунікаційного устаткування і споживчих товарів.

Про динаміку зростання споживання ванадію в світі можна судити за відомостями, представленими в табл.3.86 [153, 154].

Таблиця 3.86. Споживання ванадію в світі, тис. т (по пентоксиду ванадію)

Країна	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.
Всього	65,77	68,04	76,4	86,9	88,8	94,9
Півн. Америка	18,14	18,14	17,2	17,7	18,6	19,1
Західна Європа	17,01	17,24	17,7	18,6	18,6	19,1
КНР	5,44	6,35	8,6	14,5	15,9	17,7
Японія	8,16	7,71	8,6	9,1	10,0	10,2
СНД	4,99	5,9	6,4	7,0	8,2	9,5
Респ. Корея	3,17	3,17	3,17	3,17	3,2	2,7
Східна Європа	1,36	1,81	2,27	2,5	3,6	4,5
Інші країни	7,5	7,73	12,46	14,33	9,5	9,5

Основними країнами – споживачами ванадію є Західна Європа (Німеччина, Англія, Франція), США, Японія, КНР.

На світовому ринку прогноз попиту на ванадій визначається виключно перспективами розвитку чорної металургії. Для виробництва сталі розподіл ванадію складає: сталь вуглецева – 32 %; низьколегована сталь – 23 %; високолегована сталь – 21 %; сталь інструментальна – 9 % і інше – 15 %.

Світові природні запаси ванадію по металу і в перерахунку на пентоксид ванадію оцінюються приблизно в 13 млн. т, а прогнозні – в 38 млн. т. Запаси розподіляються таким чином, табл.3.87 [154].

Таблиця 3.87 – Світові запаси ванадію, млн. т (на кінець 2004 р.)

Країна	Достовірні металевий ванадій	Прогнозні металевий ванадій
Всього	13,045	38,0
ЮАР	3,0	12
Росія	5,0	7,0
США	0,045	4,0
КНР	5,0	14,0
Інші	....	1,0

В цих даних не враховані резерви у вуглистих відкладеннях, відходах переробки уранових, фосфорних руд і бокситів.

Близько 65 % світових запасів ванадію зосереджено в осадових родовищах, зокрема в бітумінозних сланцях, сирій нафті, нафтоносних пісках і фосфатних породах, тоді як витягується ванадій в

основному з титаномагнетитових і ільменіт-магнетитових руд. Навіть, виходячи із запасів ванадію в цій сировині, забезпечуються потреби промисловості в ньому на сотні років.

У 1 тоні нафти важких сортів міститься до 300 г ванадію і близько 40 г нікелю, в бітумах ці показники в 7...10 разів вище. При спалюванні або переробці нафти і нафтопродуктів концентрація ванадію в кубовому залишку або золах зростає в 100...1000 разів. Таким чином, за рахунок використання вказаного джерела в світі в перспективі можливо значне збільшення об'єму виробництва ванадію. При цьому помітну роль гратиме ванадійвмісна нафта Венесуели. Вміст ванадію в нафті Ірану, Кувейту і Саудівської Аравії складає 20...180 г/т. Представляють інтерес бітумінозні сланці Швеції і Австралії. Можливо, в майбутньому важливим джерелом отримання ванадію стануть фосфати, асфальтити і боксити.

У бокситах знаходиться від 0,001 до 0,2 % ванадію. Найбільш багаті ванадієм (0,12...0,17 %) угорські боксити. У північноуральських бокситах його міститься 0,02...0,03 %, у гвінейських і ямайських – не менше 0,01 %. Витягання ванадію в алюмінатні розчини залежить від загального його вмісту в них, долі п'ятивалентного ванадію, концентрації в оборотному розчині і від умов вилуговування бокситів. Тому витягання ванадію складає від 20 до 80 %. На Запорізькому і Уральському алюмінієвому заводах витягання змінюється в межах 30...40 %, а на Павлодарському – 40...60 %. При автоклавному лужному розкладанні бокситів ванадій в значній мірі переходить в розчин. Орієнтовні розрахунки надходжень п'ятиокису ванадію на Миколаївському глиноземному заводі (НГЗ) і Запорізькому алюмінієвому комбінаті (ЗАЛК) показують, що з відходами виробництва втрачається значна кількість цієї хімічної сполуки, що сумарно перевищує потреби України, табл.3.88 [154].

Таблиця 3.88 – Кількість п'ятиокису ванадію, що поступає з бокситами на НГЗ і ЗАЛК

Боксит	Зміст V ₂ O ₅ , %	Підприємство	Виробнича потужність по бокситу, млн.т/рік	Надходження V ₂ O ₅ , т/рік
Гвінейський	0,05	НГЗ	2,3	1150
Індійський	0,1...0,15	ЗАЛК	0,55	550...825

Розвіданих родовищ ванадію (по типу світових) на території України практично немає. Проте є родовища, в яких ванадій знаходиться, як попутний компонент при витяганні основних металів, наприклад титану і алюмінію. У ільменітових концентратах Само-тканського і Іршанського родовищ України, що переробляються в даний час, зміст оксиду ванадію складає 0,12...0,19 %. Світове виробництво ванадію приведене в табл.3.89 [155].

Таблиця 3.89 – Світове виробництво ванадію, тис. т (у перерахунку на пентоксид ванадію)

Країна	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.
Всього	75,01	77,11	72,35	79,83	93,4	99,8
ЮАР	31,75	30,39	33,57	35,83	39,0	40,8
США	8,8	9,97	9,98	10,43	11,7	11,3
КНР	19,3	22,0	17,92	18,6	26,1	29,8
Європа і Росія	15,19	14,74	10,89	14,97	16,6	17,9

В Україні сировинними джерелами отримання ванадію можуть бути: алюмо-ванадієві кеки виробництва титанової губки; відпрацьовані каталізатори сірчаноокислотних і коксохімічних заводів; золи від спалювання мазуту; відходи переробки бокситів і ільменітових концентратів на пігментний двоокис титану.

При металургійній переробці ільменітових концентратів для отримання титану утворюються відходи, що містять від 60 до 80 т оксиду ванадію в рік. Відходи, що утворюються при переробці ільменітових концентратів для отримання пігментного двоокису титану, містять до 200 т/рік оксиду ванадію.

Накопичення ванадію в розчинах робить несприятливий вплив на основне виробництво глинозему: знижується стійкість алюмініатних розчинів при згущуванні червоних шламів, в процесі декомпозиції розчинів утворюється більше дрібнокристалічного гідроксиду алюмінію. Невелика кількість ванадію (0,001 %) в електроліті знижує вихід по струму на 1,85 %, підвищуючи витрату електроенергії на виробництво алюмінію.

Слід враховувати також і екологічні аспекти, пов'язані з негативним впливом ванадієвих з'єднань на навколишнє середовище і людину.

3.3.7 Ніобій

Ніобій – сорок перший елемент таблиці Д.І. Менделєєва, має багату історію розвитку. У середині 17 сторіччя в басейні річки Колумбії (Північна Америка) був знайдений важкий чорний мінерал із золотистими прожилками слюди. Без малого 150 років пролежав цей мінерал в Британському музеї, числившись в списку експонатів зразком залізняку. У 1801 році хімік Ч. Хатчет зацікавився їм і після численних досліджень встановив в ньому наявність нового кислотного оксиду. Новий елемент Ч. Хатчет назвав колумбієм. Тільки через сто років (1907 р.) німецькому хіміку Вернеру фон Больтону вдалося одержати цей метал в компактному вигляді і вивчити деякі його примітні властивості. Проте ще довгий час цей елемент не знаходив свого гідного місця серед подібних йому металів. Так, ще в 1930 г загальний попит на вироби з ніобію складав всього 10 кілограм. Незабаром прийшло покликання, а разом з ним різко зросло і виробництво цього металу.

Ніобій зумів довести, що він з повним правом може бути названий «вітаміном» стали. Присадка його до хромистої сталі поліпшила її пластичність, збільшила корозійну стійкість. Введення в неіржавіючу сталь ніобію (до 1 %) запобігає виділенню карбїду хрому по межах зерен і, отже, усуває міжкристалічну корозію. Добавка до конструкційних сталей значно підвищує опір удару при знижених температурах; сталь набуває здатності легко витримувати змінні навантаження, що має велике значення, наприклад, в авіабудуванні. Важливу роль має ніобій в зварювальній справі. До тих пір, поки зварці піддавали лише звичайні сталі, ніяких труднощів цей процес не представляв. Але при переході на зварку спеціальних легованих сталей, наприклад неіржавіючих, виявилось, що зварний шов втрачає багато цінних властивостей. Добавки в сталь ніобію дозволили проводити зварку не турбуючись про якість шва.

Як легуючий елемент ніобій широко відомий в кольоровій металургії. Так, алюміній, що легко розчиняється в лугах, не реагує з ними, якщо в нього ввести всього 0,05 % ніобію. Мідь і її сплави при добавці цього елемента набувають твердості, титану, молібдену і цирконію стають міцнішими і жаростійкими. При низьких тем-

пературах багато сплавів і сталі крихкі, як скло. Невелика добавка ніобію дозволяє металу зберігати свою міцність навіть при восьмидесятиградусних морозах. Ця якість особливо важлива для деталей реактивних літаків, що літають на великих висотах.

Ніобій охоче вступає в союз з іншими елементами. Ряд цінних якостей додають ніобію добавки інших металів. Вольфрам і молібден підвищують теплостійкість металевого ніобію, алюміній робить його міцніше, мідь значно покращує його електропровідність. Чистий ніобій проводить електричний струм майже вдсятеро гірше, ніж мідь. Сплав же ніобію з 20 % міді володіє високою електропровідністю і при цьому він удвічі міцніше і твердіше за чисту мідь. У союзі з танталом ніобій здатний протистояти сірчаній і соляній кислотам навіть при 100° С.

Для виготовлення такої продукції, як стрижні, труби, лист і смуга, цирконій сплавляється з оловом, залізом, хромом і нікелем з тим, щоб одержати матеріал сорту “zircaloy”, або з ніобієм, зміст якого може досягати 2,5 %.

Свого часу використання титану в медицині було обмежено, оскільки сплав Т1-6А1-4V виявився токсичним. В даний час він замінений нетоксичним сплавом Т1-6А1-7Nb. Цей сплав майже удвічі міцніше за чистий титан, а його еластичність досягає рівня, характерного для сплавів золота.

Основні області використання ніобію, табл.3.90 [156, 157]:

– у вигляді фероніобію – жароміцні сталі для авіації, неіржавіючі низьколеговані сталі для машинобудування, суднобудування, трубної промисловості;

– у вигляді металу - електролітичні конденсатори, надпровідникова техніка, матеріали, використовувані в оптиці і акустoeлектроніці.

Споживання фероніобію в кінцевих сферах його використання складає: вуглецеві сталі – 27 %, спеціальні сплави – 27 %, швидко-різальні низьколеговані сталі – 17 %, неіржавіючі і жароміцні сталі – 13 %, інша продукція 16 %.

Таблиця 3.90 – Структура світового споживання ніобію в 2005 р., тис. т

Всього, у т.ч.:	32,83
Фероніобій марки HSLA (ASTM A514, Сорт В)	29,24
Хімічні сполуки (оксид і хлорид)	1,53
Фероніобій вакуумного сорту нікель-ніобій	1,3
Чистий метал в злитках, порошку, прокаті, ломі	0,45
Сплави в порошку, прокаті, ломі (ніобій–тантал і ніобій–цирконій)	0,31

Ніобій споживається у вигляді фероніобію, який є важливим компонентом високоміцної низьколегованої сталі марки HSLA. Крім того, у вигляді ніобієвих сплавів і чистого металу ніобій широко використовується в авіакосмічній промисловості, Тугоплавкість і висока корозійна стійкість ніобію роблять його одним з основних компонентів спеціальних сплавів для виробництва деталей реактивних двигунів, ракетних агрегатів і топкового устаткування. Ніобій в сплаві з цирконієм застосовується в ядерній техніці. У деяких електронних схемах використовуються такі твердотільні конденсатори, у виробництві яких замість танталу споживається порошковий металевий ніобій. Потенційною областю застосування ніобію в цій сфері є виробництво низьковольтних схем на 4,6, 10 і 16 В. За даними ТІС (Міжнародної Асоціації Виробників ніобію і танталу) світове споживання чистого ніобію приведене в табл.3.91 [157, 158].

Таблиця 3.91 – Динаміка світового споживання чистого ніобію, т

Споживання	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.
Всього, в т.ч. по Nb ₂ O ₅	5219,5	4027,8	4619,9	5140,8	6284,8
По Nb металу	3649,7	2816,4	3230	3594,7	4394,6
Nb метал і сплави по Nb ₂ O ₅	3504,7	2211,3	2542,2	2948,5	4196,8
З'єднання Nb по Nb ₂ O ₅	1714,7	1816,5	2077,7	2192,3	2088,0

Споживання ніобію в Україні відмічене «Національною програмою розвитку і реформування гірничо-металургійного комплексу України до 2010 р.». Зокрема, в 2000 р. споживання ніобію в Україні склало 50 т., а до 2010 р. планується збільшення споживання ніобію до 250 т.

Світові запаси ніобію. Основними видами природної ніобієвої сировини є мінерали пірохлор і колумбіт, в яких цей метал міститься разом з танталом. До середини 60-х років минулого сторіччя головним джерелом ніобію були колумбітові мінерали, що одержуються як побічний продукт здобичі олова, в першу чергу в Нігерії і Конго. У середині 70-х років ситуація радикально змінилася в результаті виявлення найбільших в світі запасів пірохлору на родовищі "Агаха" (шт. Міна-Жейрас, Бразилія), а також на родовищі Ока в провінції Квебек (Канада). Світові і потенційні запаси ніобію на кінець 2005 р., за оцінкою Геологічної служби США, приведені табл.3.92 [156].

Таблиця 3.92 – Світові запаси ніобію, тис. т

Країна	Достовірні	Потенційні
Всього	4500	5700
Бразилія	4300	5200
Канада	110	400
Нігерія	61	90
Австралія	29	–

В даний час приблизно 90 % всього первинного виробництва ніобію в світі доводиться на його витягання з мінералу пірохлору. Запаси на копальні "Агаха" (Бразилія) складають 460 млн. т руди, що містить в середньому 2,5 % оксиду ніобію. Природні запаси ніобію є також в Ефіопії, Руанді, Демократичній Республіці Конго (ДРК) і низці інших країн.

В Україні є родовища ніобію. Перш за все, це Мазуровське і Азовське родовища в Приазов'ї, Новополтавське в Запорізькій області, а також Сущано-Пержанські і Ганевсько-Звенігородські зони в північно-західній частині Українського щита.

Виробництво. В даний час 80 % світового виробництва ніобію доводиться на Бразилію. Компанія "СВММ" розробляє родовище Агаха і забезпечує близько 70 % світового попиту ніобієвих продуктів. Здобич сировини в країні здійснюється відкритим способом. Руда переробляється з метою витягання пірохлору, звичайно використовуюваного для отримання фероніобію із застосуванням алюмотермічного методу.

Другим за величиною виробником ніобієвої сировини в Бразилії і в світі є фірма "Catalao de Goias" ("MCG"), розробляюча родовище Catalao. В цілому в геологічному аспекті воно схожий з родовищем Агаха, але середній вміст оксиду ніобію в руді складає 1,34 %. Витягувана пірохлорова мінеральна сировина переробляється в 57 %-й концентрат, що відправляється на експорт і частину його використовується для отримання фероніобію сорту "HSLA", річний випуск якого рівний приблизно 3,6 тис. т.

Третій по величині в світі виробник ніобію – канадська копальня "Niobek" (пров. Квебек) є спільним підприємством, партнерами якого на паритетних початках є компанії "Combior" і "Mazarin Mining Corp.". Здобич ніобієвої сировини на підприємстві здійснюється підземним способом. Випуск фероніобію складає приблизно 4,25 тис.т/р, табл.3.93 [157,158].

Таблиця 3.93 – Світове виробництво ніобію в концентратах, т (за змістом металу)

Континент, країна	1999 р.	2000 р.	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.
Всього	23640	32600	32605	29900	29800	34179	34543
Бразилія	21100	30000	30000	26000	26000	29900	29900
Канада	2370	2290	2300	3410	3400	3450	3400
Росія	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	397	639
Австралія	140	160	200	290	250	200	200
Нігерія	30	35	30	30	–	170	170
Мозамбік	–	–	–	5	5	130	110
Руанда	–	28	25	76	80	63	63
Конго	–	–	50	50	50	52	52
Ефіопія	–	7	5	6	5	6	6
Уганда	–	–	–	3	3	8	2
Намібія	–	–	–	–	–	1	1

На Україні виробництво ніобію організоване на Донецькому хіміко-металургійному заводі (нині ДХМЗ) в середині 60-х років минулого сторіччя. Було організоване виробництво по переробці ніобієвого продукту, що одержується на Солікамському магнієвому заводі, що включає розчинення гідроксидів в плавиково-кислому розчині з перекладом ніобію і танталу в розчин і подальшою екст-

ракцією трибутилфосфатом. В результаті розробленої і освоєної на заводі технології одержували роздільні чисті хімічні сполуки ніобію і танталу. На заводі також була освоєна технологія отримання металевого ніобію алюмотермічним відновленням оксиду ніобію. В результаті цього одержували ніобієві лігатури на рівні 80...125 т/г, табл.3.94. На заводі здійснювався процес електронно-променевої переплавки з отриманням злитків ніобію [156].

Таблиця 3.94 – Виробництво ніобієвих лігатур на ДХМЗ, т

Лігатура	1989 р.	1990 р.	1991 р.	1992 р.	1993 р.	1994 р.
Nb лігатура у т.ч.:	87,2	109,2	125	40	2	20
НБА-0	53,9	41,0	–	7,2	–	–
НБА-1	33,3	68,6	–	32,8	2	20

3.3.8 Тантал

В період відкриття ніобію шведський хімік Андрес Густав Екеберг проводив дослідження (1802 р.) з скандинавським мінералом і відкрив нову «землю», але виділити з «землі» новий метал йому так і не вдалося. Мабуть, на згадку про свої муки Екеберг назвав новачка «танталом» (танталові муки - муки бога Танталу). Через деякий час з'ясувалося, що у танталу є близнюк (колумбій), який з'явився на світ роком раніше, але майже не відрізнявся від нього за властивостями. Після довгих суперечок учені дійшли помилкового висновку, що мова йде об однім і тому ж елементі - танталі. Помилятися ученим призначено було більше сорока років. Лише в 1844 році німецькому хіміку Генріху Розе вдалося довести, що колумбій, як і тантал, має повне право претендувати на індивідуальне існування. А вже оскільки в наявності були споріднені зв'язки цих елементів, нове ім'я колумбію стало – ніобій (міфологічна богиня Німба: Ніобея – дочка Танталу). Проте ще більше староків в США в публікаціях замість «ніобій» звучало слово «колумбій». Тільки в 1950 р. на конгресі Міжнародного союзу чистої і прикладної хімії йому була додана назва «тантал».

Впродовж багатьох десятиліть промисловий світ не проявляв до танталу ніякого інтересу. У чистому компактному вигляді тантал вдалося одержати тільки в 1903 році. І тоді ж його стали використовувати для ниток електроламп, використовуючи його тугоплавкі властивості. Проте незабаром на його місце став більш тугоплавкий і технологічніший в цих цілях вольфрам. Знову потягнулися не тільки роки неробства, але й роки шукань властивостей. У 1922 р. він був успішно застосований у випрямлячах струму, а через рік – в радіолампах.

Тантал це важкий світло-сірий метал із злегка синюватим відливом. По тугоплавкості він поступається лише вольфраму і ренію. Висока міцність і твердість поєднуються в ньому з відмінними пластичними характеристиками, Чистий тантал добре піддається механічній обробці, легко штампується, розкочується в листи (товщиною в соті долі міліметра) і дріт. Важливою властивістю танталу є виняткова хімічна стійкість – в цьому відношенні він поступається тільки благородним металам, але не у всіх випадках. Тантал не розчиняється навіть в таких грізних хімічних агресорах, як царська горілка і концентрована азотна кислота. Це робить тантал цінним конструкційним матеріалом для хімічної промисловості. Унікальна якість танталу його висока біологічна сумісність з живими тканинами, тобто здатність уживатися з тканинами тіла, не викликаючи їх роздратування. На цій властивості засновано широке застосування його в медицині.

Дуже важлива область застосування танталу – виробництво жароміцних сплавів, в яких все більше і більше має потребу ракетна і космічна техніка. Карбід танталу відрізняється дуже високою твердістю, завдяки якій він широко застосовується у виробництві твердих сплавів. При швидкісному різанні метал настільки нагрівається, що стружка приварюється до ріжучого інструменту – кромка його фарбується, ламається. Різцям, виготовленим з твердих сплавів на основі карбіду танталу, фарбування не загрожує, і вони служать вельми тривалі термін табл.3.95 [159].

Таблиця 3.95 – Споживання танталу, т (по металу)

Країна	1999 р.	2000 р.	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.
США	555	650	550	500	500	520	540
Японія	352	552	296	371	444	462	439
Інші країни	907	1033	715,2	524,2	930	1587	1099,8
Всього	1814	2235	1561,2	1395,2	1874	2107	2078,8

Ринок танталу можна розділити на два основні сектори:

- Тантал металургійної якості, де, залежно від технології, як початкова сировина використовується або танталіти (min 25 % Ta_2O_5), або пентаоксиду металеві якості (min 99 %), або фтортанталат калію, з виробництвом металевого танталу в ідеї злитків, металургійних і конденсаторних порошків, прокату і карбіду танталу, На цьому ринку використовується 80...90 % всього вироблюваного танталу. Споживання танталу у виробництві конденсаторних порошків складає близько 50 % всього ринку танталу металургійної якості, близько 20 % доводиться на виробництво суперсплавів і танталовий прокат і близько 10 % використовується у виробництві твердих сплавів;

- хімічних сполук високої чистоти (min 99,9 %) для виробництва оптики і монокристалів танталату літію для електроніки і ряду інших застосувань, де використовується 10...20 % всього вироблюваного танталу. Ринок хімічних сполук представлений, в основному, п'ятиокисом з чистотою 99,95 % і вище, використовуваних в оптиці і електроніці.

Крім того, розвиваються нові ринки збуту танталу, зокрема, оксиди танталу знаходять застосування в електронній промисловості, зокрема у виробництві процесорів і компонентів пам'яті комп'ютерів. У перспективі відповідне виробництво може стати крупним споживачем танталу, хоча тут витрата металу з розрахунку на одиницю продукції вельми невелика. Крім того, останніми роками наголошувалося зростання попиту на карбіди танталу зважаючи на їх придатність для виготовлення друкарської платні, і очікується, що в найближчій перспективі попит на тантал у вказаній сфері збільшуватиметься в середньому приблизно на 5 % у рік.

Світові запаси і база запасів танталу, за оцінкою Геологічної служби США, на кінець 2004 р. характеризувалися наступними даними (тис. т, за змістом металу), табл.3.96 [160].

Таблиця 3.96 – Світові запаси танталу, тис. т

Країна	Запаси	База запасів
Всього	44,5	160
Австралія	40	80
Бразилія	–	73
Нігерія	–	7
Канада	3	5
США	1,5	–

Основними постачальниками на ринки металургійного танталу і хімічних сполук є фірми «H.C. Starck» (Німеччина), Cabot (США), OTIC (Китай), Mitsui Maning & Smelting (Японія), УМЗ (Ульбінській металургійний завод - Казахстан), AS Silmet (Естонія), Fluminense (Бразилія), ряд китайських виробників і СМЗ (Соликамський магнієвий завод – Росія). Світове виробництво металевого танталу приведене в табл.3.97 [159, 161-164].

Таблиця 3.97 – Світове виробництво танталу в концентратах (по металу), т

Континент, країна	2000 р.	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.
Всього	836	1100	–	1210	1270
Австралія	485	640	499	765	800
Бразилія	90	300	–	200	200
Канада	57	50	–	55	55
Мозамбик	–	–	–	75	75
Ефіопія	38	30	–	35	35
Намібія	4	4	–	11	30
Нігерія	–	–	–	23	25
ДР Конго	130	60	–	15	20
Бурунді	–	–	–	14	15
Руанда	–	–	–	14	15
Уганда	–	–	–	2	2
Зімбабве	–	–	–	1	1
Ін. країни	32	30	–	–	–

По сукупності, у виробництві оптики, електроніки і авіакосмічної галузі використовується більше 75 % всього світового виробництва танталу і від динаміки розвитку цих галузей залежить динаміка попиту на тантал.

3.3.9 Титан

Титан володіє вдалим поєднанням високих механічних властивостей і порівняно невеликою щільністю ($4,5 \text{ г/см}^3$). Сплави титану відрізняються термостійкістю і особливо високою питомою міцністю (відношення міцності до щільності) при температурах до 600°C . Ці характеристики титану перевершують характеристики основних марок сталей і інших металів конструкційного призначення. Ця перевага титану значно збільшується у його сплавах, питома міцність яких може бути підвищена в 1,5...2 разу і зберігається при підвищеній температурі, тоді як багато інших конструкційних матеріалів в значній мірі втрачають міцність. По пластичності титан не поступається іншим металам. Чистий титан може бути підданий всім видам холодної і гарячої механічної обробки, аж до отримання фольги завтовшки 0,1...0,01 мм.

Механічні властивості титану залежать від його чистоти. Впровадження кисню і азоту в титан збільшує твердість, міцність, межу текучості і знижує пластичність металу. Водень є однією з найбільш шкідливих домішок, оскільки різко знижує пластичність металу і особливо ударну в'язкість. Титан і багато його сплавів добре зварюються. Проте присутність в металі в помітній кількості кисню, азоту, вуглецю і особливо водню погіршує зварюваність титану і сприяє освіті в зварних швах холодних тріщин. Позитивною якістю титану є широке його розповсюдження в природі. За змістом в земній корі (0,6 %) серед металів основного конструкційного призначення він поступається тільки алюмінію і залізу.

Іншою важливою гідністю титану є його виключно висока хімічна стійкість по відношенню до дуже багатьох агресивних середовищ неорганічного і органічного походження, морської води, фізіологічних розчинів і харчових кислот. Причому в багатьох агре-

сивних середовищах корозійна стійкість титану зіставляються з корозійною стійкістю найбільш стійких матеріалів, наприклад, платини. Висока корозійна стійкість, низька щільність і теплопровідність, висока міцність обумовлює його широке застосування в аерокосмічній, хімічній і суднобудівельній галузях промисловості.

З іншого боку, нелегований титан володіє недоліками, що обмежують застосування його в чистому вигляді: низька міцність і досить швидка втрата міцності металу із зростанням температури, а також схильність металу до повзучості, пониження втомної міцності і корозійної стійкості. Завдяки своєму відносно легкій вазі, теплостійкості і опору корозії, титан знаходить широке застосування в аерокосмічній області. Метал використовується у виробництві газових турбін для літакобудування, деталей двигунів (роторні лопатки, диски, кільця, корпуси і т.д.). Межа текучості титану в п'ять разів вище, ніж у алюмінію, і майже в три рази - чим у заліза. Недивно, що коли перед авіаконструкторами виникло питання, якому металу довірити подолання звукового бар'єру, вибір ліг на титан.

Не дивлячись на те, що титан ще досить доріг, заміна їм дешевших матеріалів у багатьох випадках виявляється економічно вигідною. Завдяки своїй відносній інертності, титан не надає шкідливої дії на навколишнє середовище. Він є рециркулюючим на 100 % і відповідає всім вимогам до будівництва. Серед всіх архітектурних металів титану властиве найбільший термін служби. Успішне застосування титанового прокату пов'язане з виробництвом паперу, в ливарному виробництві, у виготовленні устаткування для нафтової промисловості. Вже зараз цей метал затребуваний у виготовленні двигунів для гоночних автомобілів, витих авто ресор і ін. Знайшли йому застосування в нафтогазовій галузі - там титан почали використовувати для виготовлення опор морських нафтовидобувних платформ (титанові удвічі гнучкіше за сталевих). Вельми перспективним матеріалом є титан в морській справі для буріння глибоководних свердловин, оскільки титан зберігає працездатність в таких умовах до 50 років.

Сегмент ринку споживчих товарів в даний час є таким, що найбільш швидко росте в титановому ринку. Тоді як десять років тому він складав тільки 1...2 % титанового ринку, сьогодні він виріс

до 8...10 % . В цілому споживання титану у виробництві споживчих товарів росло приблизно в два рази швидше, ніж весь титановий ринок. Можна привести декілька прикладів цього напрямку. Однією з областей є спортивний інвентар – велосипеди, ключки для гольфу і ін. В основному використовуються труби із сплаву титану Ti-3Al-2,5V. Привабливість його в цьому напрямі зв'язана поєднанням щодо малої ваги і високої міцності. Використання титану у виробництві ключок для гольфу почалося в кінці 80-х років в Японії. Зараз до 90 % американських ключок для професійного спорту оснащені титановими головками. Розроблені леза з титану для ковзанів. У альпінізмі і туризмі - пляшки, чашки, набори для приготування їжі, столовий посуд з комерційно чистого титану, компактні печі, стійки і кріплення для наметів, льодоруби і льодобури. Виробники озброєння почали проводити титанові пістолети, як для спортивної стрілянини, так і для правоохоронних органів. Споживча електроніка (корпуси портативних комп'ютерів, плазмових телевізорів з плоским екраном і інше електронне устаткування) є достатньо новим ринком, що швидко росте, для титану. У багатьох випадках застосування титану в цьому ринку викликане не тільки його прекрасними властивостями, але і привабливим зовнішнім виглядом. Використання титану у виробництві акустичних динаміків забезпечує кращі акустичні властивості у зв'язку з легкістю титану в порівнянні із сталлю. Титановий годинник, вперше упроваджений на ринок японськими виробниками, зараз є одним з найбільш доступних і визнаних споживчих товарів. Світове споживання титану у виробництві традиційних виробів побутового призначення вимірюється десятками тонн. Титан широко використовується у виробництві морського кріплення і фурнітури, де важливо поєднання високої корозійної стійкості і міцності. Використання титану для виготовлення легкого і зручного інструменту (лопати, обценьки, монтування, топірці, ключі) вперше почалося в Радянському Союзі ще на початку 80-х років.

Титан широко використовується в медицині як хірургічний інструмент, внутрішні і зовнішні протези, включаючи такі критичні, як серцевий клапан. Переваги – міцність, опір корозії, і головне те, що у деяких людей виникає алергія на нікель (обов'язковий еле-

мент неіржавіючих сталей). Навпаки, до титану не виявлена алергія. Клітки можуть регенеруватися на титані, а кістки можуть продовжувати рости після імплантації цього металу. Проте встановлено, що використовувати титановий сплав з добавками ванадію протипоказано, оскільки сплав Ti-6Al-4V є токсичним. В даний час він замінений нетоксичним сплавом Ti-6Al-7Nb. Цей сплав майже удвічі міцніше за чистий титан, а його пластичність досягає рівня, характерного для сплаву золота. У Японії розроблено більш півтора десятків нових сплавів для медичного застосування з добавками в них алюмінію, цирконію, ніобію, танталу, молібдену і гафнію. Приблизно 19 тонн кобальтово-хромових сплавів в рік використовувалося в Японії в стоматології. Якщо вони будуть замінені на титанові, то споживання сплавів складе 7,5 т/р. Очікується, що попит може перевищити вказану величину, якщо титанові сплави застосовуватимуться також для виготовлення зубних коронок і мостів. Ринок медичних виробів останніми роками став стабільною областю споживання титану. Більше 1000 т матеріалу щорічно використовується в імплантатах: титан не схильний до корозії і біосумісний з людською тканиною. За повідомленням американської стоматологічної Асоціації, споживання титану в стоматології за останнє десятиліття зросло в 3 рази і склало 2000 т/р.

У США з'явилися установки, що дозволяють оперувати в магніторезонансному полі. Традиційні інструменти із сталі ускладнюють проведення операції в магнітному полі, із-за спотворення магнітного поля. А титан не володіє магнітними властивостями і на відміну від пластмаси, більш готується. На підприємстві «Севмаш» створили ділянку по виробництву титану для медичних цілей. В даний час на ділянці приступили до розробки операційних столів.

На думку представника італійської фірми Roggipolim, що проводить титанову продукцію для гоночних машин «Формула-1», титан дуже перспективний для автомобільного сектора. Якщо проводити клапани, пружини, болти для автомобілів з титану, то попит на нього може зрости до 16 тис. т на рік. З'явилися повідомлення про те, що вельми рентабельним є застосування титану у вихлопних системах нових моделей автомобіля Chevrolet Corvette Z06: збільшується економія палива і опір корозії.

У табл.3.98 представлені галузі промисловості і основні області застосування металевого титану [165-167].

Таблиця 3.98 – Области застосування титану

Галузі промисловості	Области застосування титанової продукції
Оборонне застосування	
Ракетно-космічна, авіація суднобудування	Конструкції, деталі двигунів апаратів, корпуси підводних човнів, обшивка, деталі судів, труби турбіни, катери
Танкобудування	Танкова броня
Гражданське застосування	
Нафтохімічна, газова	Бурове устаткування: бурові вежі, морські платформи, труби, нафтопроводи, насоси і ін.
Енергетика	Теплообмінники, лопатки турбін деталі електро- і надпровідникових генераторів, термоядерні реактора, випарники, трубопроводи
Електронна	Маски для напилення
Хімічна, харчова целюлозно-паперова, текстильна	Обезсоллювачі, теплообмінники автоклави, трубопроводи, аноди електролізерів, насоси, баки
Металургія чорна, кольорова гальванотехніка	Розкислювачі, що легують сплави деталі устаткування (ванни, скрубери), насоси, катоди для електролізу і рафінування кольорових, рідкісних і благородних металів
Автомобільна, металообробна, друкарська	Деталі двигунів і інших вузлів ріжучий інструмент, деталі друкарських машин
Силікатна	Металокераміка, стекла
Медицина	Апаратура, інструменти, протези, імплантати
Споживчі товари	Спортінвентар, біжутерія СВЧ- печі, оправы окулярів та інші
Архітектура	Деталі для обробки будівель, ангари, крівля

Застосування титану в мистецтві відноситься до 1967 року, коли в Москві був поставлений перший титановий монумент. Матеріал є привабливим за кольором, зовнішньому вигляду, міцності і

опору корозії. Все ширше титан застосовується у виготовленні в сувенірах і біжутерії.

У Радянському Союзі промислове виробництво губчастого титану було організовано на початку 50-х років. Перший губчастий титан був одержаний в лютому 1954 р. на Подільському хіміко-металургійному заводі. Тут же були відпрацьовані режими основних технологічних переділів. У березні 1954 р. прийнято ухвала про будівництво в м. Запоріжжі Дніпровського титано-магнієвого заводу, в серпні 1954 г почалася закладка перших фундаментів, а 28 червня 1956 р. на заводі був одержаний перший губчастий титан.

Крім того, в Україні було створене виробництво титанових труб (ЮТЗ, р. Нікополь), товстого листа з титанових сплавів (р. Алчевськ) і деяких видів титанових напівфабрикатів. На ряду машинобудівних заводів було організоване крупне виробництво різного устаткування і виробів з титану і його сплавів, табл.3.99 [165-168].

Таблиця 3.99 – Динаміка зростання об'ємів реалізації губчастого титану і злитків на Україні, т

Виробництво	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.
Об'єм реалізації губчастого титану, у т.ч.:	6120	6975	7571	7850	9000
Споживання в Україні	575	827	1668	4111	5000
Об'єм випуску титанових злитків, в т.ч.	525	664	1265	1300	1300
Споживання в Україні	395	344	236	–	–
Виробництво титанових труб, в т.ч.	35	145	122	140	–
Сплави	20,1	137	110,3	–	–

В період 50-60-х років в СРСР були побудовані ще два крупні заводи. В результаті планомірного розвитку галузі в кінці 80-х років Радянський Союз проводив близько 85...90 тис. т титанової губки і 100 тис. т титанових злитків. Це зразково у півтора рази більше, чим проводилося в США, Європі і Японії разом узятих. При цьому 55 % титану йшло в авіацію, 15 % - в космос і ракетобуду-

вання, 20...25 % - на морський флот, а інше – в базові галузі промисловості.

Сировина. Основними природними титановими компонентами є мінерали ільменіт і рутил. Постачання ільменіту задовольняють близько 90 % всього світового попиту на титанові мінерали.

За оцінкою Геологічної служби США світові запаси природних титанових мінералів - достовірних (передбачуваних) на кінець 2004 р., за змістом двооксиду титану в ільменітових рудах складають 660 (1300) млн. т, табл.3.100 [165-167].

Таблиця 3.100 – Світові запаси титанової сировини, млн. т

Країна	Запаси	База запасів
Ільменіт, в т.ч.:	660	1300
КНР	200	350
Австралія	200	250
ЮАР	63	220
Індія	85	210
Норвегія	37	60
США	6	59
Канада	31	36
Україна	5,9	13
Бразилія	12	12
В'єтнам	2,4	5,9
Інші країни	21,0	78,0
Рутил, в т.ч.:	54,0	130,0
Австралія	22,0	34,0
ЮАР	8,3	24,0
Індія	7,4	20,0
Бразилія	3,5	3,5
Україна	2,5	2,5
США	0,4	1,8
Інші країни	9,5	45,0

Споживання. Світовий титановий ринок відноситься до нестабільних. За останнє десятиліття були закриті виробництва титанової губки таких компаній, такі як Oremet і RMI Titanium в США, Deeside у Великобританії, Showa Dinko в Японії, сумісні виробничі потужності яких склали до 19 тис. т на рік.

Останнє падіння споживання титан (кінець 2001-2003 рр.) пов'язано з терористичними актами в США і припиненні здійснення проектів розвитку авіації. Проте з кінця 2003 р., весь період 2004 і 2005 років характеризується певним зростанням споживання. У зв'язку з необхідністю істотної заміни літакового парку передбачається зростання споживання в період 2005-2008 рр.: 2005 р. до 70 тис. т, 2006 р. - 75 тис. т; 2007 р. - 77,5 тис. т; 2008 р. - 84 тис. т. При цьому передбачається наступне споживання по країнах: США – 34 %; Європа – 26 %; Японія – 15 %; КНР – 11 %; Росія – 7 %; інші – 7 %. Прогнозне світове споживання титану приведене табл. 3.101 [168].

Таблиця 3.101 – Споживання титанової продукції в деяких країнах і регіонах, тис. т

Країна	Рік									
	1998	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2007	2012	2017
Титанова губка										
Всього	60,3	51,4	57,1	51,2	51,8	63,3	70	96	154	237
США	28,2	25,5	23,0	16,2	15,7	19,3	–	33	50	74
Японія	15,2	11,4	14,3	16,8	12,9	18,0	20,0	14,0	23	37
ЄС	16,4	5,2	6,2	5,5	5,5	6,8	–	20,5	31	44
КНР	-	2,0	3,5	4,0	4,8	5,5	–	10	20	40
Россія	-	6,8	10,0	10,0	11,0	13,3	–	6	10	16
Україна	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	–	–	–	–
Країни Азії	–	–	–	5,7	–	–	–	12,5	20	26
Злитки										
Всього	–	52,5	72	71	67	81	–	–	–	–
Прокат										
Всього	–	–	–	60	44	48	–	65	–	–

Структура світового споживання титану в 2004 г складала: промисловість – 45 %; цивільне літакобудування – 34 %; військова техніка – 13 %; споживчі товари – 8 %. За даними аналітиків спільне виробництво літаків цивільного призначення провідними виробниками Боїнг і Айрбас склав в 2005 р. 680 літаків, в 2006 р. - 760, за прогнозами в 2007 р. виробництво літаків складе 790 шт., а в 2008 р. - 815 літаків.

Внутрішній ринок споживання титану в Україні обмежений кризовим станом економіки, що все ще залишається. Промисловість України нарощує споживання титанових сплавів для заміни неіржавіючих сталей, що містять нікель, молібден, які в Україні не проводяться.

Найбільшим в світі споживачем металевого титану є США. У країні дві компанії випускають титанову губку, вони також проводять метал в злитках і ще дев'ять фірм випускають злитки. Близько 30 компаній використовують титанові злитки для виробництва титанового прокату і відливань.

Структура світового споживання титану приведена в табл.3.102 [169].

Таблиця 3.102 – Структура світових споживачів титанової продукції, тис. т

Споживач	Рік								
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Всього	51,4	57,1	51,2	51,8	63,3	70	75	77,5	83
Військові літаки	3,0	4,0	4,0	5,0	5,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Енергетика	7,5	7,0	7,0	7,0	8,0	8,0	9,0	9,0	9,0
Цивільні літаки	20	23	16,5	17,5	21,0	23,5	25,0	27,5	26,0
Інша промисловість	20,9	23,1	23,7	22,3	29,3	32,5	35	35	42

У Європі провідним сектором споживання залишається авіапромисловість, де використовується 60...75 % титану. Все більш перспективними вважаються нафтова, газова і будівельна промисловості. Одним з головних показників стану титанового виробництва є виробництво губчастого титану, табл.3.103 і табл.3.104 [170, 171].

Таблиця 3.103 – Світові потужності виробництва титанової губки, тис. т

Країна	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.
Всього	69,5	92	112,9	140,8
Росія	26	26	29	32
Японія	18,5	30,7	37	37,8
США	8,0	8,6	8	18
КНР	4,0	3,0	9,5	18

Таблиця 3.104 –Світове виробництво титанової губки, тис. т

Країна	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Всього	80,0	60,0	63,2	84,8	79,7	81,9	94,1	112,9	135,2
Японія:	24,2	19,2	25,0	25,0	22,5	18,5	23,5	37	37,8
Simitomo Titanium	9,6	–	10,5	14,2	13,8	11,5	14,5	22	22,8
Toho Titanium	14,6	–	9,5	10,8	8,6	7,0	9,0	15	15
Росія (АВІСМА)	22,0	16,0	11,0	23,0	23,0	26,0	26,0	29	32
Казахстан (УКТМК)	10,0	10,0	8,2	14,0	14,0	14,0	14,0	21	25
Україна (ЗТМК)	1,2	2,5	4,0	6,1	6,2	6,9	7,6	8,4	10
США	–	–	12,0	8,0	8,5	8,5	8,5	8	12,4
КНР	2,5	2,5	3,0	4,7	5,5	8,0	8,0	9,5	18

Нові ринки титану пов'язані з виробництвом автомобілів, зброї, медицини, архітектури і ювелірних виробів.

У Японії титан вже близько 25 років використовується в архітектурі і будівництві. Але останніми роками споживання його в цих областях зросло не тільки в Японії. У Об'єднаних Арабських Еміратах побудовано новий аеропорт, в споруді якого буде використано 680 т титана, відкриття очікується в 2006 р. Нові об'єкти, в будівництві яких застосовується титан, зводяться в Швейцарії, Сінгапурі і Єгипті, завершені об'єкти в США, Канаді, Великобританії, Німеччині, Бельгії і Перу.

У найближчій перспективі збережеться позитивна динаміка зростання попиту на титановий прокат. Це ґрунтується на тому, що за період з 2005 по 2009 роки потрібна істотна заміна літакового парку і зокрема на найбільш титаноємні широко фюзеляжні машини. Починаючи з 2006 г фірма Airbus почала серійний випуск супераеробусів А380, а фірма Boeing планує з 2008 р. крупно серійне виробництво нового літака - В767 Dreamliner, в конструкції яких використовується титанові сплави.

Світовий попит на титановий прокат в період до 2017 р., за прогнозом «Chori», характеризуватиметься наступними даними, табл.3.105 [170, 171].

Таблиця 3.105 – Світовий попит на титановий прокат, тис. т

Країна	2002 р.	2007 р.	2012 р.	2017 р.
Всього	60	96	154	237
США	23	33	50	74
Європа	15	20,5	31	44
КНР	6	10	20	40
Японія	7,3	14,5	23	37
Росія	3	6	10	16
Інші країни	5,7	12,0	20	26

Найближчими роками продовжиться зростання споживання титанового прокату в неавіаційному секторі: хімічна і енергетична промисловості Китаю і країн ЮВА, а також для споруди опреснювальних установок в країнах Середнього Сходу.

3.3.10 Цирконій і гафній

Компактний **цирконій** - світло-сірий, блискучий метал, що має щільність $6,52 \text{ г/см}^3$, температуру плавлення 1852°C . Чистий метал кується і добре піддається обробці тиском, проте механічні властивості сильно залежать від чистоти металу. Домішки кисню, водню, азоту і вуглецю роблять його крихким. По антикорозійній стійкості цирконій перевершує титан і наближається до танталу і ніобію. Виняткові механічні властивості і корозійна стійкість металевого цирконію визначають його особливу роль у виробництві ядерних реакторів і в хімічній промисловості. Важливість цирконію для ядерного сектора частково базується на його корозійній стійкості при високих температурах, а також на високій гнучкості і здібності до обробки, але найбільш істотною у вказаній сфері є така властивість даного металу, як слабе поглинання нейтронів, що утворюються в процесі ділення ядер. Це робить цирконій незамінним у виробництві кожухів, усередині яких міститься паливо, трубок Піто і інших частин ядерних реакторів [172, 173].

Для виготовлення такої продукції, як стрижні, труби, лист і смуга, цирконій сплавляється з оловом, залізом, хромом і нікелем з тим, щоб одержати матеріал сорту “zircaloy”, або з ніобієм, зміст якого може досягати 2,5 %. Американська компанія “Amorphous

Technologies Inc.” розробила цирконієвий сплав з титаном, міддю і берилієм із змістом цирконію 50...80 %, призначений для отримання некристалічного матеріалу, який в даний час є єдиним масивним «металевим склом». У хімічній промисловості використовують цирконій, де цінується його стійкість до широкого круга рідин - більшості мінеральних і органічних кислот і всім лугам. Цей метал звичайно володіє вищою корозійною стійкістю, чим неіржавіюча сталь, але меншої, ніж тантал.

З використанням цирконію проводять багато сортів броньових, гарматних, неіржавіючих і жароміцних сталей. Для введення в сталь використовують феросплав на основі цирконію - так званий феросілікоцирконій, що містить 40...45 % цирконію, 20...24 % кремнію, 30...40 % заліза. Як легуючий елемент, цирконій покращує дуже багато властивостей сталі: рідкотекучість, міцність, твердість, прожарюваність, оброблюваність, зварюваність і т.д. Введення цирконію в конструкційні марки сталі підвищує її окалиностійкість і корозійну стійкість. Наприклад, звичайна сталь, витримана протягом 3 часа при температурі 820° С, втрачає у вигляді окалини масу в 6...7 разів більшу, ніж сталь із змістом 0,2...0,3 % цирконію, випробувана в тих же умовах. Цирконій вмісна сталь витримує нагрівання до дуже високих температур, не перегріваючись, що дозволяє інтенсифікувати процеси її термообробки, кування, штампування. Рідкотекучість цирконієвої сталі, її дрібнозерниста структура і висока міцність дають можливість відливати більш тонкостінні деталі з неї - товщину стінок деталей можна зменшити в 2...3 разу в порівнянні із звичайною сталлю при тих же міцностних характеристиках.

Металевий цирконій використовується також у виробництві цирконій-мідяних і цирконій-алюмінієвих сплавів, які підвищують провідність алюмінієвих кабелів для передачі енергії. Фероцирконій застосовують як добавку до сталей, сприяючи видаленню кисню і сірки. Крім того, додавання приблизно 2 % фероцирконію до самарій-кобальтових магнітів істотно підвищує рівень їх магнітних властивостей. Найширше застосовують добавки цирконію в сплавах на основі магнію: у них він найефективніше подрібнює зерно,

роблячи ці «легкі» сплави ковкими і виключно стійкими. До складу магній-цинкових сплавів цирконію додають всього 0,6...0,8 %.

Магній-рідкоземельні сплави з добавками цирконію від 0,25 до 0,6 % є ливарними сплавами і завдяки своїй підвищеній міцності при високих температурах використовуються при відливанні складних великогабаритних деталей з численними переходами перетинів, при відливанні лопаток турбін і т.п. Широко поширені магній-торієві сплави з добавками до 0,7 % цирконію. Цей сплав використовують в авіаційній і ракетно-космічній техніці. Дуже великий асортимент сплавів з добавками цирконію відомий на основі алюмінію. Ці добавки в кількості 0,05...0,28 % впливають головним чином на дрібнозернистість і відповідно на температурно-міцнісні характеристики сплавів. Сплави алюмінію з добавками цирконію і деяких інших металів - «циркаллої» (найбільш поширені «циркаллої-2» і «циркаллої-4») - використовують в ядерних реакторах. Надпластичний алюмінієвий сплав «супраль» є дуже важливим матеріалом для вузлів конструкцій, що працюють при змінних навантаженнях - автомобільних бамперів, сильно навантажених обшивок конструкцій літальних апаратів, деталей, що працюють при температурах від -70 до +100° С, деталей вузлів тертя в оптичних приладах і в двигунах внутрішнього згорання (поршнів циліндрів, головок, блоків, вихлопних труб), газодувки для газотурбінних установок, деталей теплообмінників і установок для опріснення морської води.

Промислове застосування має цирконій в сплавах на основі міді при виробництві бронзи, ливарні (мідь-нікель-кремній). Ця бронза володіє достатньо високою здібністю до дисперсійного твердіння, проте механічні властивості її не відрізняються стабільністю. Добавка в бронзу всього 0,25 % цирконію помітно покращує відтворюваність властивостей литого сплаву, особливо при випробуваннях на розтягування. У виробництві нікелевих сплавів цирконій застосовують у вигляді лігатури, що містить: нікелю - 40...50 %, цирконію - 25...30 %, алюмінію - 15 %, кремнію - до 10 % і заліза - до 5 %. На основі нікелю, а також кобальту і хрому з добавками цирконію випускають спеціальні жароміцні, зносостійкі і корозійностійкі сплави для авіаційної і ракетно-космічної техніки.

Відносно зверхжаростійкості особливо перспективні сплави на основі титану і молібдену. Наприклад, промислові і експериментальні сплави на основі титану з цирконієвими добавками налічують до декількох десятків найменувань. Їх застосовують для виготовлення деталей двигунів надшвидкісних військових літаків, таких, як бомбардувальники В-1, винищувачі F-18.

Вельми перспективні для промислового використання сплави цирконію з ніобієм, хромом, ітрієм, сріблом. Відомі дисперсно-зміцнені нітридом або карбідом цирконію сплави ніобій-цирконій і ніобій-цирконій-титан, використовувані для виготовлення лопаток газових турбін, клапанів і вузлів високотемпературних газових систем електронних пристроїв, форм, ливарень, ядерних реакторів, високомагнітних матеріалів і надпровідників. Наприклад, сплав ніобій-цирконій (1 % ніобію) вперше був застосований для "твелів" атомного криголама «Ленін». Багатший ніобієм сплав $Zr_{2,5}Nb$ використовувався спочатку для касет реактора тільки однієї Нововоронежської АЕС, а потім сплави цього типу стали широко застосовуватися для "твелів", касет, каналів в реакторах більшості АЕС країн СНД. Сплав цирконію (3 %) з сріблом (97 %) застосовують в електротехніці для пристрою розривних контактів, що комутують електричний струм в широкому інтервалі струмових навантажень.

Застосування цирконію в хімічній промисловості для виробництва різних типів апаратів і устаткування цієї галузі засноване на його високому опорі корозії, причому в лужних, кислих і в інших середовищах. Цирконій володіє дуже низькою швидкістю корозії в азотній, соляній, сарною кислотах, в розчинах їдкого натру і їдкого калію, в сухому хлорі до $200^{\circ}C$, в розчинах галогенідів і гіпохлорита натрію, в звичайній і морській воді. Ця властивість поєднується в цирконії з високою механічною міцністю, пластичністю, ковкістю і хорошою оброблюваністю, що робить цей метал придатним, а іноді і незамінним для виготовлення хімічного устаткування - насосів, вентилів, теплообмінників, фільтрів, труб, реакторів, різних місткостей і ін.

Аналогічні деталі з цирконію використовують в устаткуванні харчової і фармацевтичної промисловостях. У гальванотехнічному виробництві цирконій застосовують для облицювання баків, ванн

того, що труїть, інших апаратів, а також при виготовленні трубок для 20 %-й сірчаної кислоти, що містить органолюжні з'єднання. У текстильній промисловості використовують цирконієві філь'єри для виробництва штучного шовку. Цирконій застосовується в самих різних електронних лампах, де використовується властивість металу інтенсивно поглинати гази, тому він ефективно служить поглинаючим (геттером) залишкових газів, що не розпилюється.

Використання цирконію в електроніці обумовлюється його низькою вторинною електронною емісією. В результаті з цирконію можна робити сітки ламп, різних утримувачів катода, захисних екранів, цирконієвого дроту. Дуже важливим напрямом використання цирконію в електротехніці є його застосування в електролітичних конденсаторах і випрямлячах. Для цих же цілей перспективні конденсатори з цирконієвою фольгою, оскільки по своїх корозійних властивостях цирконій близький до танталу і на його поверхні швидко утворюється ізолююча плівка оксиду. Недоліком є вищий (у 5...20 разів) струм витoku у цирконієвих конденсаторів в порівнянні з танталовими. У електротехніці цирконій може використовуватися і для виготовлення спеціальних ниток розжарення в електролампах з більшою силою світла при меншій витраті енергії на її одиницю. Такі лампи служать точковим джерелом світла високої інтенсивності для оптичних систем (безлинзові збільшувачі, мікроскопи, медичні ендоскопи і т. п.). У медицині цирконій і сплави на його основі можуть застосовуватися для виготовлення різних хірургічних інструментів, протезів, шпильок, гвинтів і т.п. Встановлено, що чистий цирконій не викликає яких-небудь реакцій і змін в м'язових тканинах, в кістках і в мозку людини. В цьому відношенні він ідентичний танталу і значно перевершує срібло. У медичній промисловості цирконій і його з'єднання використовують також в процесі виробництва різних фармацевтичних препаратів, антибіотиків, зуботехнічних складів.

Необхідно так само відзначити, що в даний час із загальної витягуваної і використовуваної цирконієвої сировини тільки близько 5 % прямує на виробництво металу. Основними областями споживання цирконію і гафнію є вогнетриви, кераміка, ливарне виробництво. Вони використовуються для утворення широкого класу хі-

мічних сполук: оксидів, хлоридів, нітратів, сульфатів, фторидів, карбідів, нітридів і т.д. Крупною областю застосування цирконієвих концентратів є керамічна промисловість. На основі двооксиду цирконію випускається як побутова кераміка типу облицювальної керамічної плитки або фарфорових виробів особливої білизни, так і кераміка спеціального призначення - електротехнічна і технологічна. Також проводяться високовольтні керамічні (фарфорові) ізолятори, інші види технічного високовольтного фарфору, вироби радіокераміки з високим електричним опором. Керамічні елементи на основі цирконієвих з'єднань широко застосовуються в ультразвукових датчиках і медичних приладах, в піроелектричних детекторах інфрачервоного випромінювання, в пристроях відтворення оптичної інформації і ін. Випускають спеціальну жароміцну металокераміку для покриття деталей турбінних лопаток авіаційно-реактивної техніки, високоміцну кераміку для виготовлення розмельних куль, ступок, тиглів, штампів, пресових матриць, деталей складної конфігурації для систем, що працюють у високому вакуумі, пічної фурнітури для випалення барій-титанових конденсаторів, теплоізоляційних матеріалів, для металопроводів машин безперервного литва міді і інших металів для твердосплавних пластинок, шліфувальних стрічок, кругів і т.п.

На основі стабілізованого двооксиду цирконію в Японії створені особливо міцні види цирконієвої кераміки. Цей новий перспективний матеріал застосовується для виготовлення деталей двигунів різного призначення. Керамічна промисловість широко використовує циркон і двооксид цирконію для виготовлення високоміцної і жаростійкої глазурі і емалей. У ливарному виробництві цирконієві з'єднання використовують для приготування протипригарних фарб, паст, формувально-стрижньових сумішей, що забезпечують високий клас точності відливань, особливо при виготовленні крупних і складних сталевих відливань. При цьому значно зменшуються припуски відливань. У виробництві крупних складних сталевих відливань годиться тільки циркон. Для виготовлення форм в литві по моделях, що виплавляються, широко використовують порошкоподібний цирконовий концентрат. Його додають до кварцового піску для зміцнення поверхні стандартних піщаних форм.

Традиційною областю застосування цирконових концентратів є виробництво плавлених вогнетривів для скловарних печей (при цьому збільшується термін служби печей в 3...4 рази), а також чорна металургія - в технології безперервного розливання стали для футерування сталерозливних ковшів. Структура світового попиту на цирконовий концентрат представлена в табл.3.106 [174-176].

Таблиця 3.106 – Галузева структура світового попиту на цирконовий концентрат, тис. т

Продукція	2000 р.	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.
Всього, у т.ч.:	998	1017	10932)	1129	1159	1188
Кераміка	479	499	571	589	607	626
Відливання	170	168	163	168	170	170
Вогнетриви	165	162	167	171	173	174
Оксид і з'єднання цирконію	87	87	82	90	95	98
Телевізійне скло	80	81	88	91	93	98
Інше	17	20	22	23	23	23
По регіонах, у т.ч.:						
Європа	–	–	400	407	417	426
КНР	–	–	221	229	237	248
Півн. Америка	–	–	154	164	168	169
Японія	–	–	75	75	75	75
Країни АТР	–	–	149	154	159	166
Інші країни	–	–	94	99	102	104

Потреба російської промисловості в цирконовому концентраті складає 13...15 тис. т і задовольняється за рахунок постачань з України і виробництвом баделеїту – цирконійвмісного мінералу - на «Ковдорському ГОК» (Росія). У 2005 р. попит на цирконові концентрати в Росії досяг 20...25 тис. т.

Останнім часом на структуру споживання циркону в світі істотний вплив робить Китай. З 1990 р. він став крупним членом світової керамічної промисловості. У 2002 р. китайський імпорт циркону складав 221 тис. т, тоді як в 1990 р. він був лише 11 тис. т. Світове забезпечення сировиною на 2004 р. знаходиться на рівні 38 млн. т, табл.3.107, з яких 36,8 % доводиться на ЮАР; 25,9 % на Австралію; 10,5 % на Україну і далі США, Індію, Бразилію, КНР [177].

Таблиця 3.107 – Світові запаси діоксиду цирконію за станом на кінець 2006 р.

Країна	ZrO ₂ , млн. т	
	Підтверджені	Передбачувані
Всього	38	72
ЮАР	14	14
Австралія	9,1	30
Україна	4,0	6,0
США	3,4	5,3
Індія	3,4	3,8
Бразилія	2,2	4,9
КНР	0,5	3,7
Інші	0,9	4,1

Виробництво природного баделеїту складає приблизно 17 тис. т в рік, з яких «Palabora Mining Co» («РМС») проводить – 8...9 тис. т на рік, «Foskor Ltd.» (ЮАР) – 2...3 тис. т на рік, «Kovdor Mining» (Росія) – 6,3...6,85 тис.т/рік, табл.3.108 [174-176].

Таблиця 3.108 – Виробництво цирконових і баделеїтових концентратів, тис. т (за даними Геологічної служби США)

Країна	1998 р.	1999 р.	2000 р.	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.
Всього:	845	941	1040	1049	1089	1119	1092	1079
Австралія	500	400	400	400	417	426	402	387
ЮАР	265	400	400	400	420	420	420	420
США	100	100	100	100	132	150	155	160
Україна	60 1	60 1	33	33	33,7	34.	34	34
Бразилія	17	19,5	19	30	27	27	27	27
Індія	20	19	19	19	17	17	20	23
КНР	15 1	15 1	15 1	15 1	47	45	35	30
Росія	6,3	6,16	6,8	6,8	Н.д.	Н.д.	Н.д.	Н.д.
Малайзія	4	2,5	-	-	-	-	-	-
Шрі-Ланка	12,5	13	-	-	-	-	-	-
Інші	30	Н.д.	41,8	45,2	127,3	184	188	192

На Україні в м. Вільногорську діє державне гірнорозробляюче і металургійне підприємство Вільногорській Державний Гірничометалургійний Комбінат (ВДГМК), на якому в 2002 р. проведено до 33,7 тис. т цирконових концентратів.

Виробництвом металевого цирконію займаються підприємства США, Франції, Японії, Китаю, Росії, України, Індії. Світові виробничі потужності губчастого цирконію оцінюються в 6700 т, гафнію – в 132 т, табл.3.109 [177].

Таблиця 3.109 – Світові потужності по виробництву металевого цирконію і гафнію

Країна, підприємство	Цирконій, т
США	
Oremet – Wah Chang	3600
Western Zirconium Inc	1400
Франція, Cezus	2000
Японія, Nippon Mining Co.	140
Китай, Jinzhou Ferroalloy Group	150
Індія	80
Росія	1000
Всього:	6700

У останні декілька років збільшився попит на оксид цирконію з бадделейту і циркону, особливо в Японії і США. Інтерес до двооксиду цирконію зростає. У європейських країнах (Великобританії, Німеччині, Італії, Франції, Іспанії) превалює використання двооксиду цирконію у виробництві керамічних пігментів. В даний час в Україні діють більше 30 скляних заводів, що використовують більше 2 тис. т електроплавлених бакорових вогнетривів 6К-33. На ВДГМК з березня 2003 р. почато виробництво плавлених вогнетривів на основі власних цирконових концентратів для скляної промисловості. Цирконієва промисловість України володіє досить унікальними можливостями для стабільної роботи і розвитку. Це, перш за все, пов'язано з тим, що Україна має ряд родовищ цирконової сировини, розвинений гірничо-металургійний комплекс, прокатно-трубне виробництво. Переробкою цирконових концентратів Само-тканського родовища займаються два металургійні підприємства – ВДГМК і Придніпровський хімічний завод (ПХЗ), перший орієнтований на отримання різних хімічних сполук цирконію і гафнію і металевого гафнію, другий - на отримання цирконієвої губки. Слід згадати також про Донецький хіміко-металургійний завод (ДХМЗ; нині фабрика у складі Маріупольського металургійного комбінату ім. Ілліча), де законсервовані потужності по отриманню пірофор-

них порошків цирконію і йодидного цирконію і гафнію. У Україні абсолютно не використовується вторинна сировина, як у вигляді сплавів, лому, відпрацьованих вогнетривів, так і у вигляді технічних відвалів.

Гафній – аналог цирконію, маючи дуже близькі з ним хімічні і багато механічних властивостей, володіє відносно високим перетином захоплення теплових нейтронів $115 \cdot 10^{24} \text{ см}^2$. Оскільки в сировині і практично при всіх хіміко-металургійних операціях гафній супроводить цирконію, то певною мірою це негативно позначається на організацію процесу отримання «атомного» цирконію. Обов'язковою умовою для цього є необхідність видалення гафнію, що здорожує процес їх отримання. Проте використання гафнію як регулюючі стрижні атомних реакторів на теплових нейтронах певною мірою позитивно позначається на можливості його використання. Та все ж деяка кількість гафнію накопичується в продуктах переробки сировини для «атомного» цирконію, що вимагає проведення досліджень по його ширшому застосуванню і, можливо, зниження ціни на гафнієві продукти. Оскільки гафній так само може використовуватися для відмічених цілей, то у принципі немає в необхідності проводити їх розділення і, отже, це дозволяє спростити технологію отримання сплавів цирконію з гафнієм і іншими металами. Світові запаси двооксиду цирконію і гафнію, а також світові потужності по виробництву металевого гафнію представлені в табл.3.110 та 3.111 [177].

Таблиця 3.110 – Світові запаси двооксиду цирконію і гафнію за станом на кінець 2003 р.

Країна	HfO ₂ , тис. т	
	Підтверджені	Передбачувані
Всього	610	1100
ЮАР	280	290
Австралія	180	600
Україна	Н.д.	Н.д.
США	68	97
Індія	42	46
Бразилія	44	91
КНР	Н.д.	Н.д.
Інші	Н.д.	Н.д.

Таблиця 3.111 – Світові потужності по виробництву металевого гафнію

Країна, підприємство	Гафній, т
США:	
Oremet – Wah Chang	72
Western Zirconium Inc.	28
Франція, Cezus	32
Японія, Nippon Mining Co.	3
Китай, Jinzhou Ferroalloy Group	-
Індія	-
Росія	2,4,3
Всього:	132

В Україні до 1993 р. проводилися приблизно 18 т цирконію губчастого ПО ПХЗ; близько 0,5 т електролітичного гафнію - на ВДГМК при потужності до 4,3 т/рік (сума Hf і HfO₂); до 17 т порошкового цирконію; 2,2 т гафнію йодидного, гафнію порошкового - 650 кг проведено на ДХМЗ [178].

3.3.11 Рідкоземельні метали

До рідко земельних металів відносяться 15 металів:

- *легкі* - лантан, церій, празеодим, неодим, прометій;
- *середні* - самарій, європій, гадоліній, тербій, диспрозій, гольмій;
- *важкі* - ербій, тулій, ітербій, лютецій, а також не вхідні в ці групи ітрій і скандій.

Відоме так само інше розділення рідко земельних елементів (РЗЕ) на наступні дві підгрупи:

- *церієву*, таку, що включає лантан, церій, празеодим, неодим, прометій, самарій і європій;
- *ітрієву*, таку, що включає ітрій, гадоліній, тербій, диспрозій, гольмій, ербій, тулій, ітербій і лютецій.

Особливості електронної будови, наприклад, лантаноїдів обумовлюють багато специфічних фізичних і хімічних властивостей цих металів і їх з'єднань, зокрема парамагнітну сприйнятливність. Деякі з них (гадоліній, диспрозій, гольмій) проявляють феромагнітні властивості: α -лантан переходить в стан надпровідності при 4,9

K; β -лантан – при 5,85 K. У інших лантаноїдів надпровідність не виявлена навіть при температурі нижче за десяти долі градуса Кельвіна.

Підвищена стійкість повністю вакантної, напівзаповненої і заповненої 4f-оболочки обумовлює періодичність зміни деяких властивостей елементів ряду лантаноїдів, забарвлення іонів, зміну стійкості двох- і чотиривалентного стану, що і зумовило ділення їх на церієву і ітрієву підгрупи.

За нормальних умов всі рідко земельні метали (РЗМ), окрім європію, мають щільно упаковану структуру: гексагональну, подвійну гексагональну гранецентровану і ромбоедричну типу α -Sm.

Для більшості РЗМ характерні поліморфні (або алотропічні) перетворення. Як правило, поліморфні перетворення відбуваються при високих температурах, а при низьких температурах перетворення встановлені тільки у церію, причому в порівняно великому температурному інтервалі (230...263 K).

Деякі РЗМ мають вельми високий перетин захоплення теплових нейтронів, наприклад: гадоліній - 44000 барн; самарій - 6500 барн; європій – 4500 барн (для порівняння у кадмію – 2500 барн, бору – 715 барн).

РЗМ високої чистоти пластичні, мають твердість близько 20...30 одиниць по Брінелю і легко піддаються деформації (куванню, плющенню). Твердість зростає у міру збільшення атомного номера і сильно залежить від змісту домішок, особливо таких елементів, як кисень, сірка, азот і вуглець. Найбільш пластичними є ітербій і самарій.

Всі рідко земельні метали окислюються на повітрі при температурі вище 180...2000° C з утворенням оксидів типу R_2O_3 (за винятком церію, празеодиму і тербію, утворюючих CeO_2 , Pr_6O_{11} , Tb_4O_7). По характеру окислення церій істотно відрізняється від інших рідко земельних металів тим, що оксид церію (Ce_2O_3), що утворюється при його окисленні, легко окислюється до двоокису. Це є причиною пірофорності церію, яка не характерна для інших рідко земельних металів і спостерігається тільки у сплавів, багатих церієм, наприклад у мішметала. При температурі 320° C компакт-

ний церій займається з таким виділенням тепла, що розплавляється оксид церію, що утворюється. Лантаноїди утворюють міцні оксиди, галогеніди, сульфідиди. Так, наприклад, оксид церію плавиться при температурі близько 2500° С, оксид лантану – вище 2000° С, сульфід лантану – 2100...2150° С, сульфід церію – 2000...2500° С. Сульфідиди цих металів, будучи тугоплавкими, є також хімічно міцними і жаростійкими, що дозволяє використовувати їх як вогнетриви, наприклад тиглів для плавки металів.

Наголошуються і інші примітні властивості рідко земельних елементів і їх з'єднань, що підтверджується широтою областей їх використання, а деякі області є унікальними і пов'язані з передовими технологіями. За останні 10-15 років області застосування РЗЕ істотно змінилися і розширилися, табл.3.112 [179-181]. Рідко земельні елементи входять до складу багатьох матеріалів, вживаних у виробництві високотехнологічної продукції. Найширше вони споживаються в електроніці, автомобілебудуванні, виробництві промислової кераміки і високоякісного скла, а також в нафтопереробній промисловості. У вказаних галузях вони використовуються для виготовлення екранів комп'ютерів і телевізорів, надпровідників, постійних магнітів, каталітичних фільтрів-нейтралізаторів вихлопних газів автомобілів, УФ-поглинаючого скла, а також акумуляторних батарей з тривалим терміном експлуатації, призначених для комп'ютерів, електромобілів, кіно- і фотоапаратів.

Основні області застосування рідко земельних металів церієвої групи можна підрозділити на традиційні, освоєні, або такі, що істотно розширилися в 90-х роках і досліджувані [179].

Таблиця 3.112 – Области застосування РЗЕ по галузях і країнах, %

Рік	Країна	Металургія	Каталізатори	Скло Кераміка	Нові Матеріали	Інші
1992 р.	КНР	44,2	22,8	11,0	9,5	12,6
	США	13,7	47,3	30,4	7,4	1,2
1996 р.	КНР	34,1	24,0	9,6	11,1	21,2
	США	0,8	80,0	6,0	5,0	3,0
	Японія	2,0	-	40,0	53,0	5,0
1998 р.	КНР	30,8	22,3	9,7	16,1	21,1
	США	15,0	45,0	30,0	5,0	5,0

1999 р.	КНР	31,5	18,1	16,9	24,4	9,1
	США	7,2	50,0	21,8	18,6	2,4
	Японія	13,9	12,6	43,5	27,5	2,5
	Європа	1,8	45,4	34,5	16,5	1,8
2000 р.	США	9,0	34,0	39,0	17,0	1,0
2004 р.	США	13	7	14	46*	20**
2005 р.	<u>В світі</u>	<u>14</u>	<u>28,5</u>	<u>27,5</u>	<u>26,5</u>	<u>3,5</u>

* виробництво каталітичних фільтрів-нейтралізаторів вихлопних газів автомобілів

** виробництво люмінофорів для освітлювальних приладів, телевізорів, комп'ютерних моніторів, радарів і що підсилюють рентгенівське випромінювання плівок 5; постійних магнітів- 3; інші сфери – 12.

З 16 елементів, сукупно званих рідкісними землями, найбільший попит на ринку в даний час мають неодим, празеодим, тербій і диспрозій.

Металургія. Традиційно в металургії рідко земельні метали знаходять застосування для підвищення якості спеціальних сталей, чавунів і деяких продуктів кольорової металургії. При введенні в сталь, чавун і сплави РЗМ взаємодіють з киснем, сіркою, азотом, фосфором, воднем і вуглецем, при цьому відбувається очищення розплаву за рахунок утворення міцних тугоплавких з'єднань, що викликає підвищення механічних властивостей легованих металів і сплавів. По хімічній спорідненості до кисню РЗМ перевершують алюміній і кальцій. РЗМ утворюють також тугоплавкі з'єднання з шкідливими домішками і усувають легкоплавкі евтектичні включення, що викликають червоноламкість (фосфор і миш'як в сталі, свинець, олово і вісмут в мідних сплавах). Крім того, вони є ефективними модифікаторами, тобто покращують структуру металевих відливань, для цього головним чином використовують фероцерій або мішметал.

У чавуноливарному виробництві застосовується сілікоміш-метал при тонкостінному литві. Ітрієвий чавун має кращу рідко текучість, велику стійкість до стирання і зміцнює металеву основу. Ітрієм можна легувати чавун в ширших межах, чим церієм, оскільки його добавки не викликають «відбілювання» чавуну, зберігають його властивості при багатократних переплавленнях. Це дозволяє виготовляти з чавуну найбільш відповідальні деталі: поршневі кі-

льця і гільзи циліндрів для двигунів внутрішнього згорання, диски для шарику підшипників і т.д.

Добавки 0,1...0,2 % РЗМ ліквідує спадкову червоноламкість аустенітних сталей з хромом, нікелем і молібденом. Внаслідок цього значно поліпшується їх плющення, в деяких випадках ковкість стає чудовою, збільшується вихід годного, зменшується брак.

Рідко земельні елементи роблять позитивний вплив на трансформаторну сталь, оскільки знижуються втрати потужності, поліпшується деформованість, зменшується брак на кромці і тим самим збільшується вихід годного, дозволяє понизити вміст кремнію в сталі, що в свою чергу веде до поліпшення її деформованості в процесі плющення.

Добавки РЗМ (15 % РЗМ з переважанням Nd) в магнієві сплави, наприклад сплав марки QH21A (0,6...1,5 % РЗМ, з яких 70 % Nd), сплави WE-43 і WE-54 (2,0...2,5 % і 1,5...2,0 % Nd), підвищують їх міцність, пластичність, ливарні властивості, стійкість проти окислення на повітрі при нагріві і т.д.

У 90-і роки істотно розширилося використання РЗМ при обробки стали, що забезпечило підвищення в два рази її пластичних властивостей, значно поліпшило ударну в'язкість і зумовило сприятливі зміни морфології і розподіл неметалічної фази.

За допомогою легування одержані конструкційні матеріали на основі алюмінію, що містять РЗЕ і їх оксиди, що володіють механічними властивостями, аналогічними алюмінієвим конструкційним сплавам, і здатні ефективно уловлювати нейтронне випромінювання в широкому діапазоні енергій нейтронів, що робить їх перспективними матеріалами для контейнерів зберігання, перевезення і поховання відходів ядерного палива (ВЯП). В даний час такі контейнери виготовляють з неіржавіючої сталі типу X18H10T, що містить як компонент, що уловлює нейтрони, бір, самарій, гадоліній, європей і інші елементи з великим ефективним перерізом захоплення нейтронів. Матеріал на основі алюмінію значно легше, ніж сталь, і має вищу теплопровідність, що важливо при тривалому зберіганні ВЯП.

Добавка церію в кількості 0,10...0,30 % у сплав марки AL24M понизила його гаряче ломкість на 20...25 %, підвищила жароміц-

ність і поліпшила рідко текучість сплаву. В зв'язку з цим обернено увагу на приготування заевтектичних алюмокремнієвих сплавів для виробництва блоків двигунів внутрішнього згорання методом литва під тиском, при цьому вони можуть конкурувати з ковким чавуном. Силуміни з добавками мішметала мають низький коефіцієнт розширення, хорошу зносостійкість і задовільну обробляємость.

Досліджуються модифікатори з сілікомішметала або комплексних модифікаторів з мікро добавками демодифікаторів, наприклад, титану для отримання високоміцного чавуну. Захисні покриття на основі Nd_2O_3 і NdCrO_3 , для сталі марки AlSi_3O_4 , різко зменшують швидкість її окислення.

Безкремнієві лігатури (БКЛ) на основі рідко земельних металів володіють модифікуючими, рафінуючими, легуючими здібностями, добре і стабільно засвоюються розплавами сталей. Введення БКЛ в ливарні сталі дозволяє у декілька разів збільшити їх ударну в'язкість при підвищенні характеристик по міцності на 20...30 % і в 3...4 раз поліпшити зносостійкість деталей.

Дріт із сплавів на основі Mo-La характеризується вищою пластичністю, в'язкістю і міцністю при розтягуванні, чим тільки з мо-лібдену.

Випробуваний порошковий алюмінієвий сплав (4 % Ce і 8 % Fe) для заміни титанового сплаву, використовуваного для деталей компресора ГТД, а також захисне покриття з $\text{Ce}(\text{NO}_3)_3$ на алюмінієвий сплав, що підвищує його корозійну стійкість і знижує токсичність.

Серед «наймолодших» жароміцних матеріалів слід назвати сплави, що зміцнюються дрібнодисперсними виділеннями оксиду ітрію. Вони вже використовуються для робочих лопаток і конкурують з ливарними монокристалічними сплавами. Чудовими механічними властивостями при температурі більше 1250°C , корозійної і термостійкістю (більше 250 циклів при 1370°C) володіє кераміка $\text{Si}_3\text{N}_4\text{Y}_2\text{O}_3$ (5 %). Перспективні що також кристалізуються евтектики $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3\text{-Al}_2\text{O}_3$ і інтерметалеві з'єднання типу Ti_3Al , TiAl .

При виплавці високоміцних ливарних хромистемарганцевих сталей широко використовуються різні лігатури, що містять рідко-

земельні метали (церій, лантан) і лужноземельні метали (магній, кальцій). Це дозволяє підвищити величину ударної в'язкості цих сталей в 1,5...2,5 разу, особливо при негативних температурах. Так, розкислювання швидкодіючої сталі Рб сілікоцирконієм СЦр50-1, а високолегованих марок стали (типу 07Х25Н13, 08Х21НЮГ6 і ін.) - фероцерієм ФЦ дозволило збільшити вихід годного при гарячій пластичній деформації на 2...6 %.

У чавуноливарному виробництві застосовується церій, лантан і інші РЗМ у складі сілікомішметалу як мікродобавки, що графітують, для тонкостінного литва з сірого чавуну.

Каталізатори. Традиційною областю використання РЗЕ є каталізатори на їх основі при проведенні крекінгу нафти для окислення метанолу до формальдегіду (добавка від 5 до 60 % La, Nd і їх сумішей із залізом). Крім того, РЗЕ використовують у виробництві ксилола, полібутадієнової гуми, деяких видів поліетилену, в органічному синтезі (суміш La і Mn із структурою перовскита), в перетворенні метану у вищі вуглеводні (оксид празеодиму).

Протягом багатьох років в процесі каталітичного крекінгу нафти використовували алюмокремнієві каталізатори, які були замінені молекулярними ситами на натрієвій і кальцієвій основах. Проте виявлено, що ці каталізатори швидко „отруюються”. Ця трудність була подолана з розробкою каталізаторів, в яких іони натрію заміщені РЗМ. При цьому значно збільшилася продуктивність установок і вихід високооктанових бензинів.

У 90-і роки минулого сторіччя новою областю використання РЗЕ стали каталізатори для автомобілів. Зокрема, в США близько 60 % всіх РЗЕ використовується для виробництва автокаталізаторів. Оксидами РЗЕ покривають вихлопні труби, використовують промотори (до 20 % La₂O₃), що фільтрують мембрани (нітрати Ce, La, Nd-Pr у вигляді сумішей різного складу). Крім хороших антидетонаційних властивостей, рідко земельні з'єднання знижують кількість токсичних речовин у вихлопних газах, а по своїх каталітичних властивостях вони не поступаються платиновим каталізаторам.

Виробництво скла. Скляна промисловість - один з крупних споживачів РЗЕ, перш за все, завдяки великій термічній стійкості, твердості і високій температурі плавлення оксидів РЗМ, окислюва-

льним властивостям деяких з них, наприклад, двооксиду церію, їх високій здатності абсорбції і іншим якостям. Так, скло з добавкою 2...4 % оксиду церію не пропускає ультрафіолетові промені і служить для виготовлення захисних окулярів при складуваних і зварювальних роботах. Широко відомі спеціальні стекла для захисту від радіації (2...4 % CeO_2). Добавки РЗЕ використовують проти потемніння екранів ТБ (50...60 % Се концентрат). Також РЗЕ використовують у виробництві оптичних лінз для відеокамер, волоконно-оптичного скла у високочутливих рентгенівських екранах (до 35 % La_2O_3).

Широке застосування оксиди РЗЕ знайшли в оптичній промисловості як абразив (полірит) для поліровки скла кінескопів, очкової оптики, лінз фотокамер, оптичних інструментів, різного типу напівкоштовних каменів, дзеркал; у виробництві плоских панелей для дисплеїв на рідких кристалах, мовних процесорів і персональних комп'ютерів; друкарської платні жорстких дисків; у виробництві різної продукції, вживаної в електроніці, такий як фотошаблони, напівпровідники і прилади із зарядовим зв'язком та інші.

Кераміка. З традиційно відомих областей застосування РЗЕ в керамічній промисловості є виробництва глазурі, конденсаторів, пігментів, білого глушника фарфору (25 % CeO_2), жовтого фарбника керамічної плитки (5 % Pr_6O_{11}), термостійкого фарфору з ZrO_2 (CeO_2 - 1...5,5 %, Y_2O_3 - 1,5...5 %), який не зазнає змін в процесі роботи і використовується для виготовлення окремих деталей турбін і при обробці металів, електронно-оптичної кераміки для збільшення оптичної прозорості (~ 10 % La).

Спечений матеріал з добавками La_2O_3 і Y_2O_3 застосовується для виготовлення ріжучих інструментів, зносостійких деталей клапанів і футерування циліндрів двигунів внутрішнього згорання.

У 90-і роки минулого сторіччя стали застосовувати кераміку на основі оксидів церію і ітрію в інструментах для обробки мідних сплавів волочінням і плющенням.

До традиційних областей застосування РЗЕ слід також віднести виготовлення п'єзоелектричних елементів, люмінофорів і твердотільних лазерів. П'єзоелектричні елементи з LaV_6 використовуються для виготовлення катодів іонних джерел струму в циклотро-

нах і синхрофазотронах, електронних гармат, зварювальних апаратів і печей для електронної плавки металів і сплавів, катодів мікротронів з великим струмом. Люмінесцентні лампи (оксид празеодиму) – найекономні джерела світла. Інша область застосування люмінофорів - кольорове і чорне-біле телебачення: екрани осцилографічних і радіолокацій трубок, електронно-оптичні перетворювачі (прилади нічного бачення), рентгенівські екрани, фарби, що світяться.

Вогнетриви. У 90-х роках 20-го сторіччя освоєно і істотно розширилося застосування РЗЕ у виробництві вогнетривів. Одним з найперспективніших вогнетривких матеріалів є двооксид цирконію, оскільки його теплопровідність нижча, ніж у будь-якого з відомих тугоплавких оксидів. Проте використання чистого двооксиду цирконію обмежується наявністю поліморфних перетворень. Для стабілізації двооксиду цирконію використовують спеціальні добавки - тугоплавкі оксиди, близькі по іонному радіусу до оксиду цирконію і створюючи з ним тверді розчини. Найбільш поширеними стабілізаторами є оксиди кальцію і магнію. Проте тверді розчини на цій основі схильні до розпаду при тривалій дії підвищеної температури (1000...1400° С), двооксид цирконію при цьому дестабілізувався. Оксид ітрію утворює з двооксидом цирконію стабільні тверді розчини і витримує температуру до 2200° С.

Крім високих вогнетривких властивостей, двооксид цирконію, стабілізований оксидом ітрію, відрізняє також хороша електропровідність при високій температурі, тому цей матеріал широко використовують як твердого електроліту і для виготовлення стійких в окислювальному середовищі нагрівачів. Електролітичні елементи з електролітом із стабілізованого оксидом ітрію оксиду цирконію використовують як кисневі насоси для видалення останнього з газової фази, а також як датчики змісту кисню в різних середовищах.

Багато з'єднань РЗМ, маючи високі температури плавлення, стійкі до розплавлених металів і перспективні для виготовлення вогнетривів. Крім оксидів, до таких з'єднань відносять сульфіді і гексабориди. Ці з'єднання можна використовувати для виготовлення вогнетривів, що працюють при 2000° С.

Магніти і акумуляторні батареї. Широкого розповсюдження досягли нікель-гідридні батареї (La і мішметал) і тверді паливні елементи. Батареї застосовуються у виробництві персональних комп'ютерів і мобільних телефонів. Тверді паливні елементи використовують у виробництві катодів (LaMnO_3), провідників (LaCrO_3), електролітів (ітрій-цирконієва кераміка) і ін.

Магніти і батареї стають областями, що конкурують за об'ємом споживання РЗМ з металургією, нафтопереробкою і іншими традиційними областями їх використання. Зокрема тому, тільки за останні 7 років в Японії майже в 4 рази зросло споживання неодиму, майже в 2 рази - церію, в 1,6 разу - лантану, в 4,4 разу - мішметалу. Щорічні темпи зростання попиту на ринках батарей і магнітів складають 10...15 % .

Постійні магніти Nd-Fe-B застосовуються у виробництві портативних електронних пристроїв, двигунів, стартерів, склоочисників, гальмівних систем, насосів, вентиляторів, магнітних сепараторів в гірській промисловості, асинхронних двигунів в пристроях для утримання плазми. Зростання попиту збільшилося з використанням у виробництві осьових двигунів для регулювання пристроїв персональних комп'ютерів, що запам'ятовують.

Анізотропні зв'язані магніти проводяться на основі Sm-Fe-N магнітних порошків, що володіють вищими магнітними властивостями, чим ізотропні спресовані неодим-залізо-борні зв'язані магніти.

Самарій-кобальтові магніти все ще має важливу перевагу перед магнітами на основі неодиму - це вища корозійна стійкість і збереження магнетизму при вищих температурах. Так, наприклад, магніти Nd-Fe-B використовують до 150°C , тоді як Sm-Co - до 550°C .

Прикладами виробів, що включають самарій-кобальт, є: магнетрони для посилення мікрохвильових сигналів; ізолятори для мікрохвиль; гіроскопи; двигуни, генератори і приводи головок для авіації і космосу; колеса імпульсу для орієнтації космічного корабля і зберігання енергії; медичні і хірургічні пристрої; нові системи відображення. Масштаби світового попиту на самарій-кобальтові магніти важко точно встановити через велику кількість дрібних

споживачів. Промислове споживання коливається в широкому діапазоні - від 400 т (виключаючи країни Східної Європи і СНД) до більш ніж 1000 т в рік.

До нових досліджуваних областей застосування РЗМ відносять:

- оптичні волокна для інфрачервоної області спектру в лазерній техніці і для передавальних інфрачервоних систем (GdF_3 , LaF_3 , YF_3);
- надпровідники з лантанової кераміки (критична температура до 900 K);
- напівпровідники - легування епішарів InP;
- захисні покриття з $LaPO_4$ на сапфірі в оксидних композитах;
- високо енергетичні надшвидкоохолоджувані сплави $(Sm,Zr) \cdot (Fe,Co)_9N_x$. Додатки цирконію і бору покращують якість і гомогенність кристалічних гранул і підвищують магнітну коерцитивну силу;
- пігменти для будівельних пластмас на основі сульфїду церію, замість токсичних кадмієвих фарбників;
- сільське господарство (додаток до мікродобрив). Багаторічними дослідженнями встановлено, що додатки оксиду лантану, церію і хлориду церію здатні прискорити фотосинтез рослин, підвищити врожайність і стійкість до хвороб сільськогосподарських культур, формувати поглинання азоту, фосфорної кислоти і калію. Так, наприклад, додаток азотнокислих солей рідко земельних елементів (церій, лантан, самарій) підвищує урожай гороху: сухої наземної частини - на 65 %, при цьому середня вага сухого насіння збільшується на 45 %, а середня вага сухого коріння - на 50 %. Китай має тривалий досвід використання РЗМ в сільському господарстві до 1500 т в рік. Комбінування РЗМ з карбонатом амонію так само приводить до зростання урожаю зернових культур;
- матеріали для виробництва місткостей для зберігання водню;
- постійні магніти - сплав $Pr_{15}Fe_{75}Co_{10}$ володіє якнайкращими магнітними властивостями; розробляються нові сплави з використанням Ho_xPr_{1-x} ;
- фармацевтика - препарати для лікування тромбів.

Розвиваються також області застосування ітрієвих лантаноїдів: Er - в атомній енергетиці і виробництві волоконнооптичних пристроїв; Tb, Dy, Gd, Sm - в магнітострикційних сплавах; Nd, Gd, Er - в пристроях магнітного охолодження. Перспективною областю використання гольмію може стати надпровідна кераміка, яка в порівнянні з ітрієвою має вищу критичну щільність струму. З 2000 р. випереджаюче зростання одержали такі метали, як неодим, церій, європій, ербій, ітрій.

Споживання. Ринок рідко земельних продуктів складається з двох сегментів:

- неподілені рідко земельні оксиди (РЗО), використовувані як каталізатори в нафтохімії (азотнокислі розчини), і металургії для виробництва сплавів (мішметал і лігатура з РЗМ), а також абразивних матеріалів для поліровки стекол, виробництві акумуляторних батарей, що перезаряджаються;
- розділені матеріали: оксиди, метали, з'єднання, вживані в автокаталізаторах (оксид церію), магнітах (неодим, самарій), люмінофорах (ітрій, європій, тербій), конденсаторах (лантан), оптичному склі (лантан, церій), кераміці (ітрій), високотехнологічних абразивних матеріалах (церій), рентгенівських плівках (гадоліній, лантан, диспрозій), пігментах на основі сульфїду і оксиду церію.

У 70-і роки використовували неподілені рідко земельні матеріали (елементи) в основному для виробництва каталізаторів в нафтопереробній промисловості, сплавів в металургії, скла і інш. У 80-і роки відкрилися нові області споживання: люмінофори (ітрій і європій), постійні магніти (самарій і пізніше неодим). В результаті елементи ітрієвої групи подорожчали, а церієві метали не знаходили збуту як окремі елементи. У 90-і роки попит на розділені рідкісні землі продовжував рости. В даний час найбільш затребувані є неодим і диспрозій завдяки їх використанню в постійних магнітах. Попит на неодим росте в середньому більш ніж на 10 % у рік, на ітрії і європій він утримується на стабільному рівні, на лантан і празеодим попит досить слабкий, а на самарій - в кращому разі його можна назвати млявим.

Зараз приблизно третина всіх споживаних в світі рідкісних земель використовується у виробництві каталізаторів. Цей ринок під-

розділяється на два крупні сегменти: виробництво промислових каталізаторів (крекінг нафти і синтез каучуку і полімерії) і каталітичних фільтрів-нейтралізаторів вихлопних газів автомобілів. Споживання рідкісних земель у виробництві каталізаторів для нафтопереробної промисловості в даний час, мабуть, стабілізувалося.

Поява самарій-кобальтових сплавів для постійних магнітів викликала революційні перетворення в багатьох галузях промисловості. Постійні магніти на основі неодим-залізо-бору сплав $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ є могутнішими, ніж самарій-кобальтові, і їх виробництво вимагає менших витрат. Внаслідок цього випуск неодим-залізо-бор магнітів, росте вельми високими темпами.

В даний час на ринку рідко земельних магнітів домінує Японія, проте, у зв'язку з тим, що китайська фірма "Sua Nan" стала частково контролювати крупного продуцента спечених магнітів - компанію "Magnaquench International" (США), а також, враховуючи провідне положення Китаю у виробництві сировинних матеріалів, можна чекати, що світовий центр виробництва магнітів переміститься з Японії до Китаю.

Виробництво люмінофорів (включаючи пігменти) у вартісному виразі є найбільшою в світі сферою споживання рідкісних земель ітрієвої групи (ітрію, європію, тербію). З'єднання цих елементів, використовувані в телевізорах, моніторах комп'ютерів, компактних лампах. Розробляються нові продукти для плоских екранів телевізорів і моніторів. У вказаній сфері очікується стабільне зростання попиту на рідкісні землі. В даний час найбільшим світовим центром виробництва рідко земельних люмінофорів стає Китай, чому сприяє передача в країну відповідних технологій японськими продуцентами, які для зниження витрат прагнуть перебазувати свої підприємства за рубіж.

У виробництві скла для виготовлення полірувальних порошків для лінз, дзеркал і електроннопроменевих трубок використовуються церієві концентрати. Недавно продуценти полірувальних порошків адаптували свої виробничі технології до потреб комп'ютерного виробництва, де порошки використовуються для механохімічній поліровки чипів. Цей новий сектор промисловості в даний час розширюється темпами, що перевищують 50 % у рік.

Важливим ринком збуту рідкісних земель в індустріально розвинених країнах є виробництво промислової, електротехнічної і електронної кераміки. Очікується, що попит в цій сфері послідовно ростиме. Рідкісні землі є ключовою складовою багатьох твердих оксидних паливних елементів, що розробляються.

Акумуляторні батареї, що перезаряджаються, підрозділяються на три види: NiCd, NiMH і Li-іонні. Батареї, що містять рідкоземельні елементи - NiMH (нікель-мішметал-гідридні), приблизно 8 років тому стали новими важливими системами, а в останні 5 років зважаючи на розвиток ринків комп'ютерів і мобільних телефонів спостерігалось бурхливе зростання попиту на Li-іонні батареї, які, ймовірно, найбільшою мірою домінуватимуть на ринку портативних персональних комп'ютерів і високоякісних стільникових телефонів, особливо в Японії, де для споживачів важливіше стиль, а не ціна виробу. У Європі ж підтримується достатньо високий попит ні NiMH-батареї. Вони і надалі повинні залишитися привабливими системами для продуцентів деяких видів стільникових телефонів і портативних персональних комп'ютерів.

Основними країнами споживачами РЗЕ є КНР, США, Японія, деякі країни Західної Європи. Зростає роль країн Південно-східної Азії.

Відповідно до Комплексної програми розвитку кольорової металургії України виробництво і споживання РЗМ приведене в табл.3.113 [181].

Таблиця 3.113 – Виробництво і споживання РЗМ в Україні, т

Продукт	1992 р.	1998 р.	2000 р.	2005 р.	2010 р.
Виробництво					
Церій і його з'єднання	-	-	-	50,0	50,0
Лантан і його з'єднання	-	-	-	5,0	60,0
Ітрій металевий	-	-	-	10,0	10,0
Споживання					
Церій і його з'єднання	7,0	1,8	1,8	3,0	4,5
Лантан і його з'єднання	60,0	5,0	5,0	6,5	8,0
Ітрій металевий	1,1	0,8	0,8	0,8	1,0
Оксиди РЗМ	Н.д.	Н.д.	20,0	50,0	200,0

Сировинні запаси. Загальний вміст РЗМ в земній корі відносно великий. Сумарний кларк РЗМ рівний 0,0146 % (по А.Е. Ферсману), вище ніж у В, Сu, Со, Zn і Ni. Для індивідуальних РЗМ кларки знаходяться в межах $10^{-3} \dots 10^{-4}$ і лише для тулію він складає $8 \cdot 10^{-5}$, що більше, ніж у Sb, Bi, I, Cd, Se.

Найважливішими сировинними джерелами лантаноїдів і ітрію є наступні мінерали: бастнезит (містить в середньому 75 % рідкоземельних оксидів (РЗО)); монацит (70 % РЗО); ксенотим (до 63 % оксиду ітрію); «іонні» руди; лопарит (28...32 %); фосфорити; апатити (1...2 %); вторинний монацит і відходи від витягання урану. Бастнезит, монацит і лопарит містять головним чином "легкі" лантаноїди (від лантану до неодиму), ксенотим і «іонні» руди збагачені ітрієм, а також "середніми" і "важкими" лантаноїдами.

В даний час попит на елементи ітрієвої групи задовольняється в основному за рахунок переробки іонних руд, а попит на церій - за рахунок переробки бастнезита. Обидва ці види рідко земельної сировини використовуються також для отримання неподілених елементів, попит на які в більшості крупних сфер споживання в останнє десятиліття був стабільним. Монацит, зважаючи на вміст в ньому торію, більше не має істотного комерційного значення, проте в обмежених кількостях ще здобувається в КНР і Індії. Світові запаси і база запасів рідкісних земель за станом на кінець 2004г. оцінюються наступними даними, табл.3.114 [182].

Таблиця 3.114 – Світові запаси рідкісних земель, тис.т

Країна	2001 р.		2006 р.	
	Запаси	База запасів	Запаси	База запасів
Всього ¹⁾ , у т.ч.:	100	110	88	150
КНР	43	48	27	89
СНД	19	21	19	21
США	13	14	13	14
Австралія	5,2	5,8	5,2	5,8
Індія	1,1	1,3	1,1	1,3
Малайзія	0,03	0,035	0,030	0,035
Інші країни ²⁾	18,67	19,65	22	23

¹⁾ Орієнтовні дані. ²⁾ У 2001 р. – включно СНД

Найбільшим в світі постачальником рідко земельних металів є Китай, на який доводиться майже 50 % їх світових природних запасів і понад 93,5 % їх світового річного виробництва. У число інших країн з крупними запасами рідко земельних металів входять країни СНД, США, Австралія, Бразилія, Індія, Канада і ЮАР. Тому особливих проблем із забезпеченням світової промисловості рідкоземельною сировиною в найближчому майбутньому не передбачається.

Найбільшим джерелом рідко земельної сировини є карбонатитове родовище Байунебо у Внутрішній Монголії на півночі Китаю, де залягає 95 % всіх запасів рідко земельних металів, наявних в країні. Основні мінерали - бастнезит і монацит з вмістом РЗО в руді – 5...6 % із запасами неодиму, лантану і церію. Проте потужностей по розділенню і рафінуванню рідкісних земель недостатньо, оскільки дрібні і середні підприємства були закриті по екологічних міркуваннях. Здобич бастнезиту у Внутрішній Монголії склала в 2004 р. 58 тис. т. По попередній оцінці експертів в 2005-2007 рр. зростання виробництва рідкісних земель тут було маловірогідне.

По запасах рідко земельної сировини Росія займає друге місце після КНР. Враховані запаси по 14 родовищам, це, перш за все, лопаритові концентрати Ловозерського родовища Кольського півострова, що забезпечують в даний час 75...80 % здобичі РЗМ церієвої групи. Вміст РЗО в руді складає 0,9...1,4 %. Проте, слід підкреслити, що це родовище є комплексним, окрім РЗО (28...32 %) в лопариті міститься також оксид титану (до 40 %), п'ятиокису ніобію і танталу (до 8 %). Ще одним перспективним джерелом сировини для рідкісних і рідко земельних металів є нове унікальне родовище Томтор в Республіці Саха (Якутія). Середній вміст РЗМ в руді складає: Nd_2O_5 - 4,5 %; Y_2O_3 - 0,8 %; Sc_2O_3 - 0,06 %; сума РЗМ по La-Nd - 12,0 %; по Sm-Dy - 1,0 %; по Ho-Lu - 0,1 %; P205 - 13,0 %; V_2O_5 - 0,9 %. Запаси Томтора по сумі оксидів РЗМ оцінюються гігантською цифрою в 157,7 млн. т.

Виробництво. Відомості про світове виробництво рідкоземельних оксидів в концентратах представлені в табл.3.115 [183-186]. Світова здобич рідкісних земель в останні півтора десятиліття росла вельми швидкими темпами. За період з 1990 р. по 2004 р. вона збільшилася приблизно удвічі – з 53,2 до 101,55 тис. т. У 2005 г ви-

робництво ще зросло до 126 тис. т, в 2006 р. до 127,1 тис. т, хоча передбачалося, що виробництво рідкоземельної сировини в основному його виробнику Китаї буде всього 86,2 тис. т, табл. 3.115.

Таблиця 3.115 – т Виробництво рідко земельних оксидів в концентратах, тис. т

Країна	1998 р.	2000 р.	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.
Всього	79,7	83,15	84,85	93,54	98,83	101,55	126,65	127,1
КНР	75,0	73	78,0	88,0	92,0	95,0	119	120
Індія	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
Росія	2,0	2,0	3,8	2,6	1,68	1,6	2,0	2,0
Таїланд	–	–	–	–	2,2	2,0	2,2	2,2
Малайзія	–	0,45.	0,35	0,24	0,25	0,25	0,75	0,2

Витягання розділених рідкісних земель з концентратів або частково оброблених матеріалів здійснюється порівняно невеликим числом країн. Китай поставляє на світовий ринок більше 93,5 % всіх споживаних рідкісних земель (РЗЕ).

В Україні, не дивлячись на наявні власні родовища, за своїми показниками не поступливі деяким зарубіжним, не одержують початкову сировину. На ПО "Придніпровський хімічний завод" (ПО ПХЗ) в 1998 г був включений в роботу новий каскад екстракційного розділення рідкісних земель на дві групи - церієву і ітрієву, що дозволяє мати потужності по отриманню великої гамми з'єднань рідко земельних металів:

- гідроксиду сумарного рідко земельного концентрату, на 70 % церію, що складається з елементів групи, і на 30 % - з ітрію;
- оксидів і карбонатів сумарного рідко земельного концентрату, потужність по церієвій групі складає 900...1050 тонн в рік, а по ітрієвій - 450 тонн/рік;
- сплав "дидим" (неодим+празеодим).

Також на заводі раніше були проведені промислові випробування азотно кислотної технології розкриття лопаритового концентрату. До 1995 р. розгорталося будівництво цеху по виробництву люмінофорів, проте, воно заморожене.

3.3.12 Германій

Германій - один з найважливіших елементів технічного прогресу, будучи напівпровідниковим матеріалом. У 1870 р. Д.І. Менделєєв з великою точністю передбачив на основі відкритого ним періодичного закону властивості невідомого тоді елемента IV групи, умовно названого «экасиліцієм». Через 15 років в 1886 р. Вінклер відкрив в мінералі аргіродит новий елемент, названий германієм. Елементарний германій метал світло-сірого кольору, має щільність $5,323 \text{ г/см}^3$, температуру плавлення - $958,5^\circ \text{ C}$, температуру кипіння – 2690° C . Питомий опір монокристалічного високочистого германію при 25° C складає $55...60 \text{ Ом}\cdot\text{см}$. Володіє негативним коефіцієнтом температурного електричного опору. Воно істотно змінюється і під впливом опромінювання і при механічних деформаціях. На електричні властивості германію сильно впливають навіть нікчемні кількості домішок, не менш важлива і їх хімічна природа.

Добавка елементів V групи дозволяє одержати напівпровідник з електронним типом електропровідності. Додавши ж елемент III групи, створюють дірковий тип електропровідності. Поєднання областей з електронним і дірковим типом електропровідності (створення p-n-переходу) лягло в основу створення напівпровідникових приладів - діодів і транзисторів. Германієві діоди і транзистори знайшли широке застосування в радіоприймачах і телевізорах, рахунково-вирішальних пристроях і в різноманітній вимірювальній апаратурі. У електроніці крім напівпровідникових діодів і транзисторів германій застосовується у виробництві терморезисторів, фотоелементів із замикаючим шаром, термоелементів, плівкових опорів. Германій застосовують для вимірювання низьких температур, для виявлення інфрачервоного випромінювання і т.д. Германій виявився також причетний до рішення іншої важливої задачі – створенню надпровідних матеріалів, що працюють при температурі рідкого водню. На початку 1970-х років була одержана плівка із сплаву германію з ніобієм товщиною всього в декілька тисяч атомів. Ця плівка зберігає надпровідність при температурі $24,3 \text{ K}$ і нижче. Навіть дуже чистий германій при кімнатній температурі крихкий (як

скло), але вище 550° С піддається пластичній деформації. Чистий компактний германій стійкий на повітрі при звичайній температурі і швидко окислюється при 600...700°С з утворенням двооксиду германію.

Широке застосування германій знайшов у виробництві напівпровідникових приладів. Останніми роками найбільш широке застосування германій знайшов у сфері виробництва поліетилентерефталату (ПЕТ) для виробництва пластикових пляшок (двооксид германію) і оптичних волокон для виробництва оптико-волоконних кабелів і інфрачервоної техніки (тетрахлорид германію). Найбільш поширеною в світовому ринку формою германію є двооксид германію, що володіє прозорістю як в інфрачервоній, так і у видимій областях спектру. Він є високоефективним полімеризуючим каталізатором. Германієві стекла і лінзи застосовують в приладах нічного бачення, системах наведення різних видів військової техніки, в лазерних системах. Крім того, германій використовується в лазерній техніці і геліоенергетиці. Зокрема, використовувані в супутниках зв'язки сонячні батареї з арсеніду галію, будуються на германієвих підкладках. Розширюється використання германію і в цивільних сферах споживання, пов'язаних з сучасними технологіями, таких як виробництво германій-олово-теллурового сплаву ($\text{Ge}_2\text{Sn}_2\text{Te}_5$), який грає ключову роль у виготовленні цифрових відеодисків (DVD). Очікується, що в найближчі 10 років диски, в яких використовується даний сплав, замінять відеокасети. Германій застосовується також як люмінофор у флуоресцентних лампах, а також використовується в лінзах ширококутних фотоапаратів і об'єктивів мікроскопів. В даний час розвивається виробництво, де використовується германій в автомобільних системах нічного бачення. Потенційно можлива заміна пристроїв на основі арсеніду галію на кремній-германієві в бездротовому телекомунікаційному зв'язку. Разом з відміченими галузями германій використовують в ядерній техніці для детекторів гамма-випромінювання; у металургії – як легуючі добавки в алюмінієві і магнієві сплави, а також трансформаторну сталь; у медицині – для виготовлення рентгенівських трубок, амальгами для зубного протезування, хіміко-терапевтичних препаратів. Регіональна структура світового попиту на германій представлена в табл.3.116 [187]. Основними споживачами германію залишаються Японія і США.

Таблиця 3.116 – Структура світового попиту на германій, т

Країна	1999 р.	2000 р.	2001 р.	2002 р.	2003 р.
Всього, в т.ч.:	113	96	91,8	90	90
Західна Європа	5,5	4	4,8	4	4
Японія	31	32	33	36	36
США	31	30	29	28	27
Україна	0,5	0,5	–	–	–
Інші регіони	45,0	30	25,0	22	23

Крупними сферами використання германію в світі є: виробництво каталізаторів для отримання пластмас – 31 %, оптоволоконних систем – 24 %, інфрачервоної оптики – 23 %, електронних та сонячних електричних пристроїв – 20 % і іншого (люмінофори, металургія, хіміотерапія) – 10 %. Галузева структура споживання германію представлена в табл.3.117 [187, 188].

Таблиця 3.117 – Галузева структура світового споживання германію, т

Вид продукції	2000 р.	2001 р.	2003 р.	2004 р.
Всього, у т.ч.	105	91,8	90	100
Поліетилентерфталат (оксид германію)	21	18,36	30,6	35
Оптичні волокна (високочистий хлорид германію)	52,5	45,9	27	20
Інфрачервона оптика (металевий германій)	15,75	13,77	19,8	25
Люмінофори (оксид германію)	–	–	4,5	-
Сонячні батареї (метал і монокристали германію)	10,5	9,2	3,6	12
Інші (метал і оксид германію) *	5,25	4,57	4,5	8*

* До інших сфер відносяться наукові дослідження, металургія, хіміотерапія.

Уявляють певний інтерес зведення про структуру споживання германію в технології виготовлення поліетилентерфталата для пляшок, табл.3.118 [189, 190].

Таблиця 3.118 – Структура попиту на вироби з поліетилен-рефталату в Японії, тис. т

Вид продукції	1999р.	2000р.	2001р.	2002р.	2003р.	2004р.
Всього, в т.ч.	370,48	401,39	442,78	445,87	470,7	475,4
Упаковка для харчових продуктів, в т.ч. для:	348,55	378,08	418,82	427,95	452,6	457,1
Безалкогольних напоїв	308,22	338,65	380,37	391,12	413,0	417,1
Соевих соусів	12,5	12,83	11,26	12,07	12,6	12,7
Інших приправ	14,27	13,65	12,84	12,65	13,77	13,9
Алкогольних напоїв	11,48	10,46	11,09	9,36	11	11,1
Масла	2,08	2,49	3,26	2,73	2,25	2,3
Упаковка для нехарчових товарів в, т.ч. для:	22,94	23,31	23,95	17,92	18,1	18,3
Лікарських засобів	6,16	7,34	10,64	7,03	6,55	6,6
Косметики	6,15	6,52	7,31	5,86	7,9	8,0
Чистячих засобів і шампуню	9,63	9,44	6,0	5,0	3,67	3,7

Германій в земній корі знаходиться в основному в розсіяному стані у вигляді ізоморфних домішок в сульфідах, сидеритах і інших мінералах. Власні мінерали германію украй рідкісні і утворюють незначні концентрації. Основною сировиною для отримання германію є збагачені германієм цинкові, мідні, свинцеві концентрати і продукти їх переробки. Значні його ресурси пов'язані з родовищами вуглеводневої сировини, зокрема вугілля. За даними геологічної служби США світові запаси германію на кінець 2001 р. оцінювалися в 3,95 тис. т (витягуванні) і 4,6 тис. т (підтверджені), табл.3.119 [191, 192].

Таблиця 3.119 – Світові запаси германію, т (на кінець 2001 р.)

Континент, країна	Витягуванні	Підтверджені
Всього	3950	4600
Африка, в т.ч.:	2000	2400
Заїр	200	260
Північна Америка, в т.ч.:	1150	1300
Канада	700	800
США	450	500
КНР	-	5300
Європа	800	900

Головний мінерал - концентратор германію в цинкових рудах - сфалерит, містить його від 0,01 до 0,05 %. Зокрема, вміст германію в цинкових концентратах США коливається від 0,008 до 0,030 %. У свинцевих концентратах зміст даного металу порівняно низьке - 0,0002...0,002 % і витягання його з них не завжди рентабельно. Вміст германію в мідних концентратах складає 0,007...0,008 %. Найбільш високі концентрації германію характерні для деяких германієвих сульфосолей і сульфідів: аргиродит – 5...7 %; германіт – 8...11 %; рен'єрит – 6...8 %; бриартит – 13...18 % і ін. У збагачених свинцевих рудах родовищ КНР зміст германію складає 0,0002...0,002 %, у цинкових рудах – 0,009...0,015 %.

Аргиродит – порівняно рідкісний мінерал, який найширше представлений в олово-срібних родовищах Болівії, але і тут, як джерело германієвої сировини, він не має промислового значення.

Германіт і рен'єрит родовищ Цумеб (Намібія) і Кіпуши (Заїр) входять складовою частиною в колективні концентрати флотацій, що містять 0,1...0,5 % германію. До кінця 1970-х років ці родовища були основними постачальниками германієвої сировини за рубіж. У вугіллі різного типу зміст германію коливається від 0,001 до 0,04 %.

У Англії до середини 1970-х років германій витягували із золи і шлаків ТЕЦ, що працюють на бурому вугіллі, де зміст германію досягав до 0,01 %.

За оцінками фахівців запаси германію в Китаї складають приблизно 5,3 тис. т. Повідомлялося про виявлення в цій країні, в провінції Внутрішня Монголія, парагенетичного вугільно-германієвого родовища Силін'хаоте, запаси германію в якому оцінюються в 1,6 тис. т, це родовище є найбільшим в Китаї. Тут можлива широкомасштабна здобич відкритим способом.

В світі в комерційних масштабах германій проводиться як побічний продукт випуску інших металів, зокрема цинку. Тому виробництво германію залежить від масштабів виробництва цинку. Потенційні світові ресурси германію можуть збільшитися на декілька мільйонів тонн у випадку, якщо германій витягуватимуть із золи і пилу, що утворюються при спалюванні деяких видів вугілля.

У світовому виробництві германію домінують КНР і США. Лідируючим китайським виробником є “Yunnan Chihong Zinc-Germanium Co Ltd.”, дочірня фірма групи “ Yunnan Metallurgical Group Gegtral Co”, що випустила в 2004 р. 10 т германію. “Shanghai Longtai Industry Corp. ” є одним з найбільших в КНР германієвих плавильних підприємств, його потужність складає близько 800 кг в місяць. Сумарні потужності виробництва германію в Китаї оцінюються приблизно в 50 т/рік. США знаходиться на другому місці в світі по виробництву германію. Здобич германійвмісної руди в країні в 2004г. здійснювалася на двох цинкових копальнях в штатах Аляска і Вашингтон (у шт. Вашингтон почалася здобич багаті германієм руди на новій копальні). У 2004г. його сумарний випуск на різних рафінувальних заводах країни склав 15 т. Германійвмісною сировиною для цих підприємств є новий лом, імпортні концентрати і відходи з американських цинкових копалень.

Найбільшим європейським виробником високочистого германію і його з'єднань (зокрема, двооксиду германію) є бельгійська компанія “Umicore”. Велику частку германію, поверненого у виробництво (більше 50 %), складає обрізання скрапу, уламки і кінцеві частини монокристалів, порошки, що утворюються при різке, шліфовці і поліровці виробів, браковані заготовки, утилізовані при виготовленні електронних і оптичних приладів. Скрап поступає також з відпрацьованих оптичних систем і пристроїв, а також у вигляді двооксиду германію, того, що осаджуваного з відпрацьованих розчинів. Германій з використаних мікромініатюрних напівпровідникових приладів витягується в незначному ступені зважаючи на складність його переробки.

Світові виробничі потужності по випуску германію в 2004 р., включаючи витягання з вторинної сировини, склали 40 т, табл.3.120 [193].

Таблиця 3.120 – Світове виробництво металевого германію, т

Країна	2000 р.	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.
Всього	43	47	36	36	40	90
КНР	14	21	20	20	18	25,2
Канада	-	-	-	-	-	23,5
США	23	20	12	12	15	4,5
Японія	2	2	1	1	1	1
Ін. країни	4	4	3	3	7	35,8

У 2005 р. невеликий дефіцит на світовому ринку германію зберігся, причому його величина дещо зросла. За прогнозом, дефіцит постачань збережеться, щонайменше, і в 2007 р. Переробка скрапу продовжує збільшуватися, Крім того, за межами КНР і Росії знов з'явився інтерес до витягання германію з вугільного зольного пилю. Зростання попиту на германій в 2005 г було обумовлене розширенням використання волоконної оптики на базі германію на Далекому Сході, збільшенням використання лінз на базі германію, що працюють в інфрачервоній області спектру і призначених для приладів нічного бачення в дорогих автомобілях, і що продовжуються зростанням попиту на устаткування нічного бачення з боку військової промисловості. Можливо виникнення нової сфери споживання германію, обумовлене потенційною заміною арсеніду галію на силіко-германій (SiGe) в приладах бездротового телекомунікаційного зв'язку. Перевага SiGe-чипів в тому, що вони об'єднують в собі високошвидкісні властивості германію і недорого добре встановлену технологію виробництва кремнієвих чипів. Не блякнутий срібний сплав марки "Argentum" вимагає зміст 1,2 % германію. Продовжуються дослідження підкладок германій на ізоляторі як заміна кремнію на мініатюрних чипах і твердотільних світлодіодах на основі германію. До 1991 р. Україна була крупним виробником германію. Динаміка зміни виробництва германію в Україні представлена в таблиці 3.121 [190].

Таблиця 3.121 – Виробництво германію в Україні, т

Вид продукції	1991 р.	1992 р.	1993 р.	1994 р.	1995 р.	1996 р.
Двооксид германію	36,77	27,54	–	14,36	3,92	1,3
Германій полікристалічний	24,68	26,35	–	7,2	0,82	0,87
Германій монокристалічний	5,98	8,82	0,2	0,27	–	–

Номенклатура вироблюваних германієвих матеріалів включала: двооксид германію, тетрахлорид германію, полі- і монокристалічний германій, в т.ч. зонно очищений, вироби з германію для оптичних структур.

Джерелом отримання напівпровідникового германію в Україні є аргіліти (бітумінозні сланці Сахаліну), які спалюють в циклонних печах Північнодонецького хімічного комбінату, що дозволяє в декілька ступенів одержувати в перегонах багатий по германію концентрат і потім традиційними методами хімічного збагачення одержувати будь-які види германієвих продуктів. Витягання германію з сировини в перегони досягає 85...87 %, а з перегонів в тетрахлорид германію – 93...94 %. Глибоке очищення тетрахлориду германію від металевих і органічних домішок здійснюється на виробничих площах комбінату ЗТМК (м. Запоріжжя). В кінці 1990-х років це джерело сировини стало поступати не ритмічно, а при зниженні ціни на германієву продукцію до 250...350 дол.США/кг – двооксиду германію і іншу – це виробництво було законсервовано.

В період існування СРСР виробництво германію з вугілля України, що коксується, знаходилося під жорстким контролем міністерств чорної і кольорової металургії. Початкова сировина строго класифікувалася на різні сорти, у тому числі і за змістом германію. Вугілля прямувало на конкретні коксохімічні заводи (зокрема, Запорізький і Ясиноватській), де було організоване витягання германію з над смольних вод. В даний час виробництво германію на ЗТМК працює періодично під час вступу з Росії «давальницької» сировини – аргілітів. Для вирішення завдання завантаження германієвого виробництва була прийнята «Національна програма розвитку ГМК України до 2010 г.». Зокрема на 2002-2004 рр. була розроблена програма «Створення сировинної бази для виробництва германієвої продукції, двооксиду германію з бурого вугілля Беганського родовища». У 2004 р. світові постачання первинного германію були нижче попиту, при цьому недолік матеріалу компенсувався постачаннями із запасів, що раніше скопилися. Вважають, що ринок германію має позитивні перспективи, оскільки попит на інфрачервоні прилади (зокрема, на охоронні пристрої для автомобілів і військове устаткування), що підвищився в 2004 р., очікується вирости на 3...4 %.

У ряді країн продовжується розробка нового кремній-германієвого з'єднання (SiGe), яке в перспективі могло б замінити

компоненти на основі арсеніду галію в бездротових засобах комунікації. Цей матеріал мав би перевагу над тими, що існують, дякуючи як виключно високої швидкості спрацьовування, так і його дешевизні.

3.3.13 Галій

Галій – елемент з атомним номером 31, відомий як один з трьох металів, передбачених і найбільш детально описаних Д.І. Менделєєвим (1869 р.). Французький хімік Поль Еміль Лекок де Буабодран в 1875 р., досліджуючи спектр цинкової обманки, виявив нову спектральну лінію, відповідну фіолетовому кольору. Нова лінія свідчила про присутність в мінералі невідомого елемента. Після проведення ряду досліджень ученому вдалося одержати новий елемент і вивчити деякі його фізичні і хімічні властивості. Виявилось, як і передбачав Д.І. Менделєєв, галій вельми легкоплавкий метал ($29,75^{\circ}\text{C}$). Це єдиний з металів, який залишається рідиною у величезному інтервалі температур від 30 до 2230°C , причому летучість його пари мінімальна. Навіть в глибокому вакуумі він помітно випаровується лише при 1000°C . Надзвичайно низька температура плавлення галію пояснюється незвичайною будовою його кристалів. Його кристалічна решітка утворена не окремими атомами (як у "нормальних" металів), а двоатомними молекулами. Молекули Ga дуже стійкі, вони зберігаються навіть при перекладі галію в рідкий стан. Пари галію на відміну від твердого і рідкого металу одно атомні. Перетворення двоатомного комплексу в два атоми вимагає великих витрат енергії; цим і пояснюється трудність випаровування галію. У рідкому стані галій щільніший і важчий, ніж в твердому. Електропровідність рідкого галію також більша, ніж твердого.

Великий температурний інтервал рідкого стану зумовив його можливості використання в техніці - виготовлення високотемпературних термометрів і манометрів. Галієві термометри дозволяють вимірювати температуру більш ніж 1000°C , при якій ртутні термо-

метри не можуть бути використані, оскільки вже при температурі 357°C ртуть кипить.

Легкоплавкість в поєднанні з широким інтервалом існування розплаву роблять галій потенційним теплоносієм для атомних реакторів. Проте рідкий галій при підвищених температурах вельми активно взаємодіє з більшістю металів і сплавів, обмежуючи можливість використання його для цих цілей. І в той же час невеликі добавки галію (до 5 %) до магнію підвищують його антикорозійні властивості, а разом і міцність.

Цікава ще одна особливість галію: величина електричного опору кристалів галію залежить від того, уздовж якої кристалографічної осі проходить струм. Відношення максимуму до мінімуму рівне 7, тобто більше, ніж у будь-якого іншого металу. Те ж і з коефіцієнтом теплового розширення, який змінюється залежно від напрямку струму майже втричі.

Крім того, у нього є властивості, не властиві жодному елементу. Розплавлений галій може багато місяців залишатися в переохоложеному стані при температурі нижче за точку плавлення.

Рідкий галій відображає 88 % падаючого на нього світла, твердий трохи менше. Тому роблять дуже прості у виготовленні галієві дзеркала – галієве покриття можна наносити звичайною кистю. Галієві дзеркала не блякнуть навіть при підвищених температурах. Іноді використовують здатність галію добре змочувати тверді поверхні, замінюючи їм ртуть в дифузійних вакуумних насосах.

Добавка галію в скляну масу дозволяє одержати скло з високим коефіцієнтом заломлення світлових променів, а стекла на основі оксиду галію добре пропускають інфрачервоні промені.

Галій йде на виробництво легкоплавких сплавів, використовуваних в сигнальних пристроях. Наприклад, сплав галію з індієм плавиться при 16°C . Це самий легкоплавкий сплав.

Введення галію в поєднанні з індієм в сплави платини і паладію знижує температуру плавлення і поверхневе натягнення, сприяє видаленню газів, отриманню хороших злитків, зменшуючи тенденцію до окислення і потемніння.

Галій сприяє створенню в напівпровіднику «діркового» типа електропровідності, тому його використовують як присадку до германію і кремнію для регулювання їх напівпровідникових властивостей. Інтерметалеві з'єднання галію з елементами п'ятої групи – сурмою і миш'яком – володіють напівпровідниковими властивостями.

Арсенід галію використовується у виробництві світлодіодів (у видимій і інфрачервоній областях спектру), лазерних світлодіодів і електронних пристроїв. Фосфід галію використовується у виробництві світлодіодів для видимої області спектру. Перспективно використання нітриду галію у виробництві напівпровідникових приладів.

Найбільшою сферою споживання галію, що найбільш швидко розвивається, є виробництво напівпровідникових матеріалів для сотових телефонів. Хоча використовуваний виробниками сотових телефонів арсенід галію дорожчий, ніж звичайно вживані кремнієві напівпровідники, схеми на арсеніді галію забезпечують вищі робочі характеристики (швидкодія) і можуть діяти при нижчій напрузі, таким чином, вимагаючи менше енергії, що дозволяє використовувати мініатюрніші і легші акумуляторні батареї.

Інша ключова область використання галію пов'язана з виробництвом оптоелектронних приладів, в першу чергу світлодіодів. Крім того, до вказаної групи товарів відносяться лазерні діоди (їх споживання підвищується зважаючи на розширення випуску цифрових відеодисків і плеєрів для компакт-дисків), фотодетектори, сонячні батареї (для супутників) і оптоволоконне телекомунікаційне устаткування. Раніше розвиток ринку галієвих світлодіодів стримувався унаслідок обмежень відносно вихідної потужності випромінювання і діапазону довжин хвиль, що випускаються (уявлення про ці пристрої асоціювалися головним чином тільки з маленькими червоними лампочками, в яких червоне випромінювання випускається арсенідом галію). Проте тепер ситуація змінилася. Ринок галієвих світлодіодів, мабуть, значно розшириться (разом з цим і підвищиться попит на галій у вказаній сфері), оскільки стали дешевше дотепер відносно дорогі світлодіоди на основі нітриду га-

лію (синє випромінювання) і з'явилася можливість створення пристроїв з повним діапазоном кольорів (жовто-зелене випромінювання випускається фосфідом галію).

Сфера діяльності хімічних сполук галію постійно розширюється. Їх можна зустріти сьогодні в обчислювальних пристроях і радарних установках, термоелементах для сонячних батарей і напівпровідникових приладах ракетної техніки. Вони беруть участь у виготовленні лазерів, люмінесцентних речовин, працюють каталізаторами процесів органічної хімії.

Галій останнім часом знаходить все більш широке застосування у виготовленні рідкокристалічних дисплеїв і плівкових конденсаторів в мобільних телефонах, а також в медицині [194].

Довгий час вважалося, що галій токсичний, але ця помилкова думка спростована.

Галій є типовим розсіяним елементом, розповсюдження якого в земній корі пов'язане головним чином з алюмінієм, цинком і залізом. Початковою сировиною для промислового виробництва є боксити і відходи цинкового виробництва. Вміст галію в бокситах – 0,001...0,04 %, у цинкових рудах – в середньому 0,005 % (у сфалериті).

До потенційних джерел витягання даного металу можна віднести фосфатні руди; нефелінові сієніти (США, Росія, Україна); золи від спалювання вугілля (Канада, Югославія, США); лужне ефузивне родовище Брокмен (Австралія); золи бітумінозних пісковиків і сланців; залізняк (Китай).

Згідно оцінкам Гірського бюро США, ресурси галію, виходячи з світових запасів бокситів, можна оцінити в 1 млн. т (середній вміст металу в бокситах складає 50 г/т), підтверджені запаси по регіонах і країнах складають тис. т: Європа – 8,4, зокрема, Греція – 7,8; Югославія – 4,8; Угорщина – 3,6; Азія – 50,8; зокрема Індія – 33,6; Індонезія – 12,9; КНР – 3,6; Африка – 93 (зокрема Гвінея – 70,8); Америка – 149,5 (зокрема Бразилія – 58); Гвіана – 18; Австралія – 110.

Запаси галію в земних надрах в сотні і тисячі разів перевищують сучасний рівень його споживання. Проте можливості його ви-

робництва обмежені потужностями глиноземного виробництва і рівнем організації на них виробництва галію. Враховуючи значні запаси бокситів, у принципі галію вистачить на дальню перспективу. Проте слід зазначити, що в даний час при переробці бокситів безповоротно втрачається значна його кількість.

Географічна структура попиту на високо чистий галій характеризується наступними даними, табл.3.122 [195-198].

Таблиця 1 – Споживання галію в світі по країнах, т

Країна	1999 р.	2000 р.	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.
Всього в т.ч.:	201	241	168	200	185	190
Японія	116	140	96	130	120	130
США	41	51	29	32	29	30
Зах. Європа	11	13	11	10	10	15
КНР	8	8	8	14	13	10
СНД	7	8	8	Н. Д.	Н. д.	5
Інші країни	18	21	16	14	13	–

Світові постачання високо чистого галію (чистотою 99,9999% і більш), включаючи вторинний метал, в 2004 р. склали 333 т, з яких 60 % доводиться на Японію.

Оцінка світових постачань галію в 2004 р. представлена в табл.3.123 [195-198].

Таблиця 3.123 – Оцінка світових постачань галію в 2004 г, т

Регіони, країни	Первинний метал*	Високо чистий метал**
Всього	158	333
Японія	8	230
Зах. Європа	40	48
США	–	30
КНР	70	20
Росія і Вост. Європа	40	5

* чистота 99, 99 %; ** чистота 99,9999 % і вище

Виробництво галію здійснюють також у Франції, ФРН, КНР, США, Казахстані, Росії. У менших масштабах галій проводиться в Угорщині, Словаччині, Україні. У світовому виробництві рафінованого галію лідирує Франція, де як сировина для його отримання

використовується чорновий метал з Німеччини. Найбільшими виробниками рафінованого галію є також Японія і США. Вторинне виробництво цього металу здійснюється в Німеччині, Японії, Великобританії і США.

У СРСР виробництво первинного галію було організовано в Росії і Казахстані в достатніх кількостях, необхідних для задоволення потреби електронної промисловості.

У Україні рафінування галію і отримання напівпровідникових матеріалів було організовано на заводі «Чисті метали», м. Світловодськ, табл.3124 [197].

Таблиця 3.124 – Виробництво галію, арсеніду і фосфіду галію на заводі «Чисті метали», т

Продукт	1990 р.	1991 р.	1992 р.	1993 р.	1994 р.	1995 р.
Ga	–	7,8	2,5	2,9	2,5	2,3
GaAs	12,1	12,27	5,5	1,4	0,05	0,165
GaP	0,037	0,218	0,092	0,025	0,198	0,164

В кінці минулого сторіччя на Миколаївському глиноземному заводі було організоване виробництво первинного галію (чистота 99,0...99,9 %). В даний час потужності по виробництву первинного технічного галію досягло 10 т/рік. Проте цей продукт не знаходить збуту в Україні і тому повністю йде на експорт. Цікаво вислів японського експерта «... всі говорять про вищу чистоту, але коли мають можливість одержати її, то не бажають платити вищі ціни». У державах з високим потенціалом передових технологій прагнуть розвивати кінцеві технологічні процеси, які у меншій мірі відображаються на екології, менш витратні, а кінцева продукція дорожча.

3.3.14 Індій

З давніх пір в Європі високо цінувалася що привозиться з країни чудес Індії яскраво-синя фарба «індиго». По чистоті кольору вона могла змагатися з синіми променями сонячного спектру. Власники текстильних підприємств не скупилися на витрати, щоб придбати цю королеву фарб, що застосовувалася для фарбування сукна

і других тканин. Коли в кінці XVIII віку Франція виявилася відрізаною англійським військовим флотом від Індії і інших південних країн, багато заморських товарів, у тому числі і знаменита фарба «індиго», стали вельми дефіцитними. Наполеон, що бажав зберегти для своєї армії традиційні темно-сині мундири, пообіцяв колосальну премію: мільйон франків! – тому, хто знайде спосіб отримання чудової фарби з європейської сировини.

Цю фарбу знайшли німці, Але мільйон франків вони не одержали. І не тільки тому, що майже сторіччям пізніше, але ще і тому, що навряд чи Наполеон зміг би спожити цей фарбник для мундирів свого війська. Ярко-синій колір був одержаний в результаті спектрального аналізу. Німцям дісталася слава. Адже так був відкритий новий елемент, що одержав назву завдяки схожості свого спектрального кольору з фарбою, що завозиться раніше з Індії. У 1863 році німецькі хіміки Райх і Ріхтер піддали спектроскопічному аналізу хлорид цинку, сподіваючись виявити в ньому талій, який характеризується яскраво-зеленою лінією. Дійсно, така лінія там опинилася, але не вона принесла німецьким хімікам світову популярність. У спектрі була ще лінія синього кольору – приблизно такого ж, який дає відомий фарбник індиго походженням з Індії. Ні у одного з звісних на той час елементів такої лінії не було. Це був індій, названий за кольором характерній для нього індиговій лінії в спектрі.

Індій – м'який блискучий сріблясто-білий метал, що має відносно низьку температуру плавлення – 156°C : стійкий до окислення в нормальних умовах. З вісмутом, свинцем, оловом, кадмієм, галієм створює легкоплавкі сплави.

Механічно дуже неміцний метал: шматочок від нього можна відщипнути нігтями. У індію межа міцності на розтягування в 6 разів менше, ніж у свинцю; він в 20 разів м'якше свинцю і в 20 разів м'якше за чисте золото. Але добавки індію збільшують міцність свинцю і олова. Будучи розплавленим, індій добре прилипає до багатьох матеріалів і після охолодження добре ними схоплюється.

Однією з перших областей застосування індію стало виготовлення високоякісних дзеркал, необхідних для астрономічних приладів, прожекторів, рефлекторів і тому подібних пристроїв. Виявляється, звичайне дзеркало не однаково відображає світлові промені

різних кольорів. Індій же не тільки володіє надзвичайно високою відбивною здатністю, але і проявляє при цьому щонайповнішу об'єктивність, абсолютно однаково відносячись до всіх барв веселки – від червоного до фіолетового. На відміну від срібла, індій не блякне на повітрі, зберігаючи високий коефіцієнт віддзеркалення [199]. Структура світового попиту на індій приведена в табл.3.125 [200-204].

Таблиця 3.125 – Структура світового попиту на індій, т

Області	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.	2007 р.
Всього, в т.ч.	400	600	715	887	1049
Виробництво мішеней	280	308	590	737	884
Новий метал	-	-	236	258	265
Вторинний метал	-	-	354	479	619
Виробництво сплавів	120	120	125	150	165

Основними споживачами індію є Японія, США і країни Західної Європи. Індій є важливим сировинним матеріалом ринку інфрачервоних технологій (близько 70 % світового попиту), зокрема при виробництві рідкокристалічних і плазмових дисплеїв з плоскими панелями для комп'ютерних моніторів і телевізорів, а також люмінесцентних ламп. Плівки з оксиду індію і олова є ключовими матеріалами, вживаних в цілому ряду технологій.

Другим за величиною ринком збуту індію є виробництво припоїв, паяльних паст і легкоплавких сплавів. Важливою сферою використання індію є також виробництво електронних компонентів і напівпровідників. Напівпровідникові з'єднання індію застосовуються в інфрачервоних приладах, високошвидкісних транзисторах, високоефективній фотоапаратурі, світло діодах.

Цінна властивість індію – його висока стійкість до дії їдких лугів і морської води. Цієї здатності набувають і мідні сплави, в які введено навіть невелику кількість індію. Обшивка нижньої частини корабля, виконаного з такого сплаву, легко переносить тривале перебування в солоному підводному царстві. Підшипникам, вживаним в сучасній техніці, наприклад в авіаційних моторах, доводиться трудитися в досить важких умовах. Щоб метал підшипників не під-

давався ерозії, запропоновано наносити на них тонкий шар індію. Термін служби підшипників зростає в п'ять разів.

За оцінкою японських фахівців, глобальний попит на індію в 2004 р. склав близько 600 т, а в 2005 р. – 715 т, з яких 590 т доводилося на виробництво мішеней з оксидів індію і олова (в основному в Японії), а інше 125 т – на інші ринки (головним чином на виробництво припоїв, легкоплавких сплавів і стоматологічних сплавів). Попит на новий метал оцінюється в 361 т. З 2008 р. прогнозується зниження попиту на індію з боку виробників оксидів індію і олова.

Монокристалічний фосфід індію використовується у ввідних-вивідних пристроях, заснованих на волоконній оптиці. Очікується, що найближчими роками розширення попиту у вказаній сфері розповсюдиться на Європу, Японію і інші азійські країни.

За прогнозом “Samsung Electronics”, світовий попит на рідкокристалічні комп'ютерні монітори типу TFT піднімається з 26,7 млн. шт. в 2002 г до 36,2 млн. в 2005 р. Очікується також істотне зростання попиту і на інші види дисплеїв. Наголошується, що одним з ринків дисплеїв, що найбільш швидко ростуть, є Китай. Отже, домінуючою сферою споживання буде виготовлення плівок з оксиду індію і олова. Менш ємні сфери споживання, такі як виробництво припоїв, легкоплавких сплавів і напівпровідників також збережуть надійні позиції. Зважаючи на унікальні властивості даного металу можливі і інші області його використання.

Поширеність індію в земній корі приблизно така ж, як у срібла: середній зміст індію рівне 10^{-5} %. Дуже рідко зустрічається самородний індію; у вигляді незначних з'єднань він входить до складу мінералів (реквизита CuInS_2 , індіта FeIn_2S_4 і джілїндіта $\text{In}(\text{OH})_3$). Ці природні мінерали не мають промислового значення. Оскільки індію відноситься до халькофільних елементів, підвищена концентрація його спостерігається в різних сульфідних мінералах. Вміст індію в сфалериті і халькопїриті коливається від 0,01 до 1,4 %. Світові запаси металевого індію на початок 2001 р. склали 2600 т, передбачувані – 5700 тис. т., табл.3.126 [203].

Таблиця 3.126 – Запаси індію по країнах на 2001 р., т

Країна	Підтверджені	Передбачувані
Канада	700	2000
КНР	400	1000
США	300	600
Росія	200	300
Японія	100	150
Перу	100	150
Інші країни	800	1500
Всього	2600	5700

Підтверджені джерела сировини мають в своєму розпорядженні Канада, КНР, США, Росія, Японія, Перу. Кількісно не вказується, але достовірно відома наявність індію в родовищах Казахстану, Узбекистану. Передбачається наявність індію в Болівії, Австралії, Африці, Індії. За кордоном основним джерелом отримання індію є відходи цинкового виробництва. При пірометалургічному виробництві цинку індію накопичується в пилі коксування брикетів, в чорновому свинці, при очищенні, ректифікації цинку, і в залишках, реторт. При гідрометалургійній переробці цинку джерелом витягання індію є перегони вельц- або фьюмін-процесів. У виробництві свинцю джерелом індію є продукти рафінування чорного свинцю – дроби, а також пил і шлаки відбивної або шахтної плавки, у виробництві олова – пил від плавки олов'яних концентратів і електроліт при анодному рафінуванні олова. Світове виробництво рафінованого індію (чистота 99,99 %) неухильно зросло до 2003 р. і досягло величини 345 т. Проте, починаючи з кінця 2002 р. виробництво почало падати, табл.3.127 [204-206].

Таблиця 3.127 – Виробництво рафінованого індію, т

Країни	2000 р.	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.
Всього	335	345	335	295	300-350	466	511
Китай	95	100	85	100	150-160	200	230
Франція	65	65	65	10	10	10	10
Японія	50	50	60	70	70	70	55
Канада	45	45	45	50	–	50	50
Р. Корея	–	–	–	–	–	30	70
Бельгія	40	40	40	40	50	50	50
США	–	–	–	–	20	15	15
Росія	15	15	15	15	10	15	15
Перу	5	5	5	5	6	6	6
Інші	20	20	20	20	–	10	10

* Виключаючи вторинний і низькосортний метал

Компанії і підприємства, що мають потужності по випуску індію: Бельгія (Unicore), Канада (Falconbridge, Teck Comico Metals), КНР (Ряд цинкових рафінувальних підприємств), Японія (Dowa Mining, Nikko Metals, Toho Zinc), Республіка Корея (Korea Zink), Росія (Челябінський цинковий завод) Україна (Укрцинк), США (Undium Corp. Of America). Світове виробництво мішеней з оксиду індію-олова в 2006 р. збільшиться на 25 %, а в 2007 р. – ще на 20 %. При цьому ступінь витягання вторинного індію з відпрацьованих мішеней підвищиться в 2007 р. до 65 %, а в 2007 р. до 70 %. Зростання попиту на індій з боку виробників сплавів в 2006г. склав 20 %, у 2007 р. складе 10%, а витягання вторинного індію з лому індіюмісних сплавів залишається стабільним. У останні десять років найбільшим виробником індію є КНР.

Зросло застосування індію в так званих "чистих електродах", за допомогою яких формується інформація на екрані монітора, де індій застосовується у вигляді оксидів. Індію-олов'яні оксиди можуть також використовуватися як покриття проти запотівання стекол автомашин і для регулювання температури приміщення. Припої з індію вживають у виготовленні матеріалів мішеней установок для розпилювання, напівпровідників на основі фосфіду індію і срібно-індієвих стоматологічних сплавів.

У інших сферах споживання, таких як виготовлення змінних регулювальних стрижнів для ядерних реакторів, люмінофорів і легкоплавких сплавів попит на індій залишиться стабільним. Деяка кількість індію використовується в акумуляторних батареях. В умовах розвитку тенденцій до скорочення використання токсичних металів в лужних акумуляторах і перезарядки батарей компанія "Мацусито" почала проводити експерименти з індієм як заміник ртуті.

Численні розробки здійснюються по застосуванню індію в геліоенергетиці, зокрема запропоновані тонко плівкові сонячні елементи на основі Cu-In-Se для створення наземних порівняно дешевих джерел енергії, які можна наносити на скляні або сталеві підкладки. Для роботи в космосі придатні фотоперетворювачі сонячної енергії на основі фосфіду індію, стійкі до дії жорсткої радіації протонів, під дією яких різко падає ККД кремнію і арсеніду галію.

Ведуться активні роботи із створення гібридних мікросхем з арсеніду галію і кремнію з проміжним шаром з індію. Розробляються оптичні комп'ютери з напівпровідниками на основі In-Ga-As-P, In-P-As-Sb та інші. Створений матеріал у вигляді суміші стибнітів галію і індію, який можна використовувати в носіях з багатократним переписом інформації.

В Україні на підприємстві “Укрцинк”, м. Константиновка, Донецькій області було організоване виробництво технічного індію з імпортованих цинкових концентратів. На Світловодському заводі чистих металів організовано виробництво різних напівпровідникових матеріалів з використанням індію. Зокрема, ще в 1989 р. на цьому заводі було проведено 204 кг арсеніду індію, проводився зонноочищений індій. Проте в даний час на цьому підприємстві зайняті іншими питаннями і напівпровідникові матеріали на основі індію не проводять. В цілому цей шлях розвитку ще вимагає дозволи ряду принципових питань від інформації про його джерела, об'єми зборів і технології витягання металу до розробки економічніших способів витягання. Припускають, що до 2008 р. темпи приросту витягання індію з вторинної сировини підвищаться з нинішнього рівня, що дещо перевищує 40 %, приблизно до 60 %. Споживання первинного індію збільшуватиметься на 4 % у рік, тоді як відповідний показник для вторинного металу складе майже 19 %.

3.3.15 Селен

Селен - аналог сірки. Так само, як і сірку, його можна спалити на повітрі. Горить синім полум'ям, перетворюючись на двоокис (SeO_2). Тільки SeO_2 не газ, а кристалічна речовина, добре розчинна у воді. Селен за кольором багатолікий: від яскраво-червоного до густо бордового і чорно-аморфного порошку. Є різновид кристалічного моноклінного селену. Але найзвичайніший металевий селен – сірий і має кристали гексагональної системи. Щільність сірого селену $4,79 \text{ г/см}^3$, температура плавлення 217° C , а кипіння

684,8...688° С. Однією з поширених областей застосування селену є скляна і керамічна промисловості. Селен, як і марганець, додають в скляну масу, щоб знебарвити скло, усунути зеленуватий відтінок, викликаний домішкою з'єднань заліза, З'єднання селену з кадмієм – основний фарбник при отриманні рубінового скла; цією ж речовиною додають червоний колір кераміці і емалям.

У порівняно невеликих кількостях селен використовують в гумовій промисловості – як наповнювач, а в сталеливарній – для отримання сплавів дрібнозернистої структури. Проте найбільш широке використання селену пов'язане з його напівпровідниковими властивостями. Селенові фотоелементи, сонячні батареї ксерокопіювальні машини – далеко не повний перелік використання селену. Виключно важливо призначення селену в життєдіяльності людини. Оптимальні концентрації позитивно впливають на організм людини. Виявилось, що селен і в живому організмі займається перетворенням світлової енергії в електричну, а, точніше - в енергію електричного потенціалу сітківки ока. Встановлені також вплив селену на багато ферментативних реакцій і захисні властивості деяких з'єднань цього елемента при променевому ураженні. Великі дози селену шкідливі, оскільки він уповільнює окислювально-відновні реакції в організмі, порушують синтез незамінної амінокислоти метіоніну, недолік якої приводить до важких функціональних розладів. Селен належить до досить рідкісних елементів. Поширеність його в земній корі складає $5 \cdot 10^{-6} \%$. Украй рідко він зустрічається у вигляді самородків. Рідкісні і його власні мінерали. Селен входить до групи розсіяних металів і присутній в багатьох видах мінеральної сировини: у всіх типах мідних і поліметалевих родовищ, уранових і золотовмісних сульфідних рудах, вугіллі, нафті і фосфоритах, бітумінозних сланцях, морських залізо-марганцевих конкреціях, морській воді. Основним промисловим джерелом селену є мідь-порфірові, мідь-колчеданні, свинцево-цинкові і мідь-нікелеві родовища. Джерелом отримання селену служать шлами мідь-електролітних заводів, сірчаноокислотного і целюлозно-паперових виробництв, табл. 3.128 [207-210].

Таблиця 3.128 – Світові запаси селену, тис. т (на кінець 2004г.)

Країни	Запаси	База запасів
Всього	82	170
Чилі	16	37
США	10	19
Канада	6,4	16
Перу	5	8
Філіппіни	2	3
Сербія і Чорногорія	1	2
Інші країни	42	90

База запасів селену пов'язана з виявленими економічними родовищами міді. Крім того приблизно в 2,5 разу більше селену міститься на родовищах міді і інших металів, що ще не розробляються. Селен в концентраціях від 0,5 до 12 частин на мільйон міститься також у вугіллі, але його витягання з цієї сировини в осяжному майбутньому не очікується. Структура світового виробництва рафінованого селену характеризується наступними даними, табл. 3.129 [207-210].

Таблиця 3.129 – Світове виробництво селену, т

Країна	2003 р.	2004 р.
Всього	1430	1500
Японія	715	750
Канада	230	250
Бельгія	200	200
ФРН	100	100
Фінляндія	40	50
Чилі	40	40
Філіппіни	40	40
Перу	16	20
Швеція	20	20
Сербія і Чорногорія	20	20
Індія	12	12

Світове виробництво селену в 2005 р. оцінюється в 3 тис. т. Основні виробники селену сконцентровані в США і КНР. Окрім перерахованих країн, рафінований селен випускається також в Австралії, КНР, Казахстані, Росії і Англії. Світове споживання селену в

2004 р. оцінювалося приблизно в 2,7 тис. т. Використання селену в скляній промисловості залишається на високому рівні, тоді як його застосування в копіюванні продовжує знижуватися. Як і раніше з екологічних міркувань йде процес витіснення свинцю селеном у виробництві без свинцевої латуні, вживаної у водопровідній системі. Розширюється використання селенових добавок в їжу людей і корм тварин, а також в добрива для агропромислового комплексу. У КНР споживання селену в 2004 р. продовжувало рости завдяки інтересу, що зберігся, до нього як що становить частини добрив, добавки до скла і замітника двооксиду сірки в процесі виплавки магнію. Крупним імпортером селену є також США.

У США галузева структура споживання селену в 2004г. характеризувалася наступними даними: скляна промисловість – 37 %, виробництво хімікатів і пігментів – 20 %, електронна промисловість – 10 %, інші сфери (включаючи сільське господарств і металургію) – 33 %. Вторинний селен витягується з відпрацьованих матеріалів копіювальних систем електронних пристроїв і ін.

3.4. БЛАГОРОДНІ МЕТАЛИ

Представниками дорогоцінних металів є золото, срібло і метали платинової групи: платина, паладій, родій, рутеній, іридій, осмій. Благородні метали призначені для промислового використання (електроніка, техніка, медицина і ін.), є об'єктом інвестування, використовуються для виготовлення ювелірних прикрас, чеканки монет і медалей, а також у вигляді золотого запасу країни. Основними учасниками ринку благородних металів є: добувні компанії, копальні, шахти і копальні, асоціації виробників золота і інших дорогоцінних металів. Перша четвірка золотодобувних компаній представлена наступними: “Newmont Mining” і “Barrick” (США), “Gold Fields Ltd.” і “AngloGold Ashanti Ltd.” (ЮАР) [211].

3.4.1 Золото

Золото – дуже м'який метал, його легко розплющити, перетворити на якнайтонші пластинки і листи. Температура його плавлення складає 1063°C . По електропровідності золото займає третє місце після срібла і міді.

При контакті золота з міддю під тиском у відновному середовищі або у вакуумі процес дифузії – проникнення молекул одного металу в іншій - йде досить швидко. Деталі з цих металів з'єднуються між собою при температурі, значно нижчій, ніж температура плавлення міді, золота або будь-якого їх сплаву. Їх використовують при виготовленні деяких видів радіоламп, хоча міцність таких золотих з'єднань дещо нижча за міцність з'єднань, одержаних шляхом сплаву. Із сплавів золота з сріблом або міддю роблять волоски гальванометрів і інших точних приладів, а також мініатюрні електричні контакти, призначені для прийому величезного числа замикань і розмикань. Безвідмовно працюють сплави золота з паладієм (30%) і платиною (10 %), паладієм (35 %) і вольфрамом (5 %), цирконієм (3 %), марганцем (1 %).

Золото і його сплави стали конструкційним матеріалом не тільки для мініатюрних радіоламп і контактів, але і для гігантських прискорювачів елементарних частинок. Зміцнюючи кільця і шайби для прискорювачів роблять з м'якого пластичного золота, золотом паяють стики камери. В деяких випадках пластичність золота виявляється незамінною якістю, а в інших, навпаки, створює утруднення. Одне із старих застосувань золота - виготовлення зубних протезів. Звичайно, м'якому металу легше надати потрібну форму, але зуби з чистого золота порівняно швидко зношуються. Тому зубні протези і ювелірні вироби виготовляють не з чистого золота, а з його сплавів з сріблом або міддю. Залежно від змісту срібла такі сплави мають неоднаковий колір: при 20...40 % срібла виходить зеленувато-жовтий метал, при 50 % - блідо-жовтий.

Золото - один з найважчих металів, тільки осмій, іридій, вольфрам і платина перевершують його по щільності. Якби носилки фараонів були дійсно золотими, вони були б в два з половиною рази важче залізних. Носилки були дерев'яними, покритими якнайтон-

шою золою фольгою. Золоті покриття відомі з глибокої старовини. Якнайтонші листи золота приклеювали до дерева, міді, а пізніше і до заліза спеціальними лаками. В деяких випадках виріб покривали шаром спеціального клею і посипали якнайтоншим золотим порошком. Золоті покриття відрізняються високою стійкістю і добре відображають світло.

В даний час золоченню піддають деталі провідників у високовольтній радіоапаратурі, окремі частини рентгенівських апаратів. Позолоченою була поверхня декількох супутників Землі: позолота оберігала супутники від корозії і надмірного тепла. Деякі з'єднання золота мають промислове застосування. В першу чергу, це хлорне золото $AuCl_3$. За допомогою цього з'єднання одержують високоякісне червоне скло - золотий рубін. Перші спроби застосовувати золото в медичних цілях відносяться ще до часу алхімії. Відомі препарати з золота, які використовували і використовують для лікування вовчаку, туберкульозу, прокази. Після відкриття радіоактивних ізотопів золота його роль в медицині зросла. Колоїдні частинки ізотопів використовують для лікування злоякісних пухлин. Ці частинки фізіологічно інертні, і тому їх не обов'язково якнайскоріше виводити з організму. Введені в окремі області пухлини, вони опромінюють тільки уражені місця. За допомогою радіоактивного золота вдається виліковувати деякі форми раку.

Істотною особливістю ринку золота є торгівля, яка прив'язана до місця знаходження металу (location). Основними центрами торгівлі є: Лондон (Loco London), Цюрих (Loco Zurich), Нью-Йорк (Loco New York), Токіо (Loco Tokyo). Найбільший світовий центр по торгівлі золотом – Лондон. Це місце здійснення поставок золота незалежно від того, де була поміщена операція. Такі операції називають «Локо Лондон», тобто «з поставанням в Лондоні». Функціонування ринків золота не припиняється ні на хвилину, і свою роботу в календарній добі вони починають в Новій Зеландії (Велінгтон), проходячи послідовно пізніші вартові поясу (відповідно – Сідней, Токіо, Гонконг, Сінгапур, Москву, Франкфурт, Лондон) і закінчуючи день в Нью-Йорку і Лос-Анджелесі [211].

За станом на 2001 р. світові ресурси золота оцінені в 100 тис. т, при цьому в Південній Африці зосереджена приблизно половина

цих ресурсів, Бразилія і США мають близько 9 %, кожна від загальних ресурсів. Росія займає третє місце в світі по загальних запасах золота в надрах (7...8 % підтверджених запасів) після ЮАР і США. Географічна структура світової здобичі золота в 1993-2004 рр., а також дані про резерви золота представлені в табл.3.130 [211-215].

Таблиця 3.130 – Географічна структура світової здобичі золота, т

Країна	Рік							
	1993	1997	2000	2001	2002	2003	2004	2005
ЮАР	619,2	489,2	431	393,5	395	376	343	296,3
США	331	351,4	353	350	300	281	276	261,7
Австралія	247,2	311,4	296	290	264	283	284	262,9
КНР	130	156,8	180	185	200	206	194	225
Росія	149,5	137	126	165	181	182	177	160
Перу	н/д	н/д	133	140	157	172	172	172
Канада	152,9	168,5	154	160	147	141	142	155
Індонезія	42,1	101,4	125	120	158	164	164	110
Інші країни	н/д	н/д	735	829,5	785	788	717	1248,8
Всього	2289	2464	2533	2623	2587	2593	2464	2490

Динаміка зміни світової здобичі золота представлена на рис.3.5.

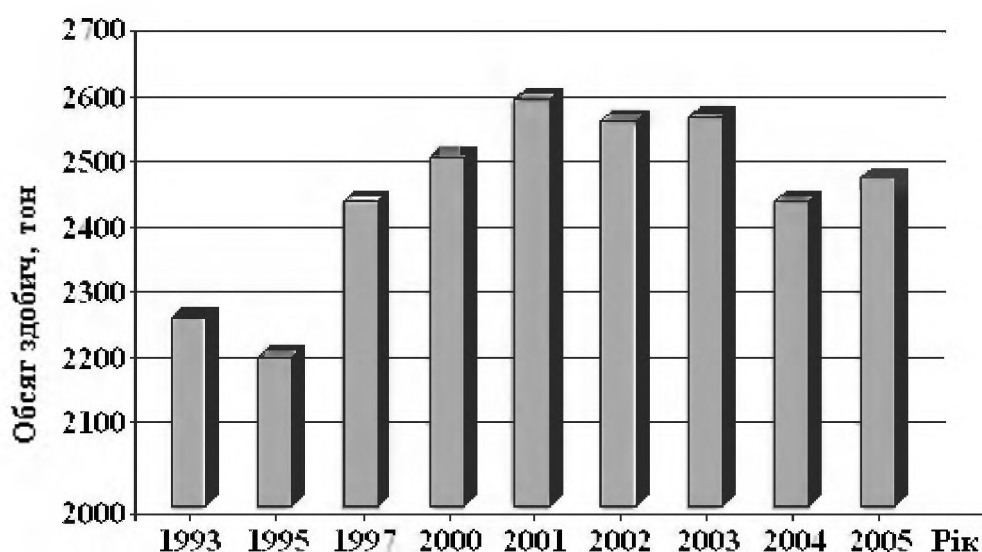


Рисунок 3.5 – Динаміка зміни світової здобичі золота

Представлені дані відображають негативну тенденцію в здобичі золота, починаючи з 2002 р., а саме, світова здобич золота в 2002 р. скоротилася в порівнянні з 2001 р. на 1,4 %, що обумовлено зниженням здобичі золота в США і Канаді (сумарно на 9 %), Бразилії (на 9 %), Чилі (на 11 %), Індонезії (на 14 %), Австралії і деяких інших країнах. Проте в той період спостерігалось зростання здобичі золота: в ЮАР на ~ 0,4 %, Китаї на 4,7 %, Перу на 2 % і Росії на 9 %.

У 2004 р. наголошувалися найбільш високі темпи зниження світового золотодобування за період з 1943 р. (на 5 % в порівнянні з 2003 р.). Це було обумовлено такими чинниками, як закриття ряду копалень, несприятливі погодні умови і уповільнення темпів виробництва металу. Особливо значно здобич золота в 2004 р. скоротилася в Індонезії на 30 %, ЮАР - на 9 %, Австралії - на 9 %, США і Канаді - сумарно на 7 %, що частково компенсувалось зростанням здобичі в інших країнах, в першу чергу в КНР - на 6%. В Росії в 2004 р., після літнього періоду зростання, здобич золота залишилася практично стабільною (зниження приблизно на 0,2 %). У Латинській Америці цього року наголошувалося зростання здобичі золота на 1 % - до 411 т. Введення в експлуатацію нових потужностей в Узбекистані сприяло підвищенню здобичі золота в країні в 2004 р. на 5% - до 83,7 т. Крім того, в Папуа-Новій Гвінеї в 2004 р. виробництво золота виросло на 9 % і досягло 74,5 т [215].

Здобич золота в першому півріччі 2006 р. впала на 1,5 % в порівнянні з відповідним періодом минулого року, до 1,168 тис. т. Падіння зумовили в першу чергу Індонезія, а також ЮАР, Австралія, США і Канада. Збільшили здобич країни Латинської Америки, Малі і КНР виросла на 14 % і склала: I кв. – 549 т; II кв. – 533 т; III кв. – 637 т. Підсумки 2005 р. показали збільшення об'єму виробництва золота в світі до 2,5 тис. т., при цьому об'єм ринку склав 35422 млн. дол. [215]. Південноафриканська золотодобувна компанія Anglo Gold Ashanti Ltd збільшила в другому кварталі 2006 р. здобич золота на 6 % - до 1,415 млн. унцій в порівнянні з аналогічним періодом 2005 р. СРСР займав друге місце в світі, здобуваючи майже 300 т золота в рік. У СНД здобич цього металу ведеться в першу чергу в Росії (до 160...170 т) і Узбекистані (приблизно 60 т).

У Киргизії з недавнього часу його здобич складає близько 20 т, в Казахстані в рік здобувається приблизно 10 т золота. В даний час в Росії золото здобувають майже 659 підприємств в 28 регіонах. У Росії розвідано близько 6 тис. родовищ золота. Найбільші об'єми здобичі дає Красноярський край – понад 30 т. За ним слідує Магаданська область (родовища Омолон, Кубака, Наталка) з об'ємом здобичі 23 т. Тут традиційно здобувається чверть російського золота. На третьому місці Хабаровський край, об'єм здобичі – 21 т. Значні об'єми здобуваються в Іркутській області (Суша Балка). У сумі їх запаси оцінюються в 2.3 тис. т. З лідерів здобичі золота можна назвати МНПО «Поліметалл», який включає до 10 гірничодобувних компаній в Хабаровському краю, Свердловської області і Карелії, а також проектний інститут в Санкт-Петербурзі. Поки це єдиний в галузі холдинг, побудований за принципом замкнутого виробництва, починаючи від геологорозвідки і закінчуючи випуском готової продукції. ТОВ «Русдоромет» належать золоторудні родовища в Хабаровському краю, Читинської області і в Чукотському окрузі. Об'єм здобичі – до 10 т золота на рік. Є ще ряд добувних підприємств. В даний час багато російських компаній готові до укрупнення, що узгоджується із загальносвітовою тенденцією.

Зараз в Росії 85...90 % металу йде в ювелірне виробництво, 5...6 % використовує стоматологія. Частка російських ювелірних виробів на вітчизняному ринку складає всього 15 %, поступаючись дешевим і низькоякісним турецьким прикрасам. Серед ювелірних операторів слід виділити Красноярський завод кольорових металів, контролюючий до 1/4 ринку ювелірних виробів із золота в Росії. Тут переробляється до 30 т металу в рік.

Узбекистан входить в першу десятку держав-виробників золота. Основними виробниками залишаються Навоїйський і Алмаликський гірничо-металургійний комбінати, а також узбецько-американське СП «Зерафшан Ньюмонт». Основним виробником золота є державний концерн «Кизикумредметзолото», а його основним активом залишається Навоїйський ГМК. Виробництво золота тут останніми роками складало 3/4 загальної здобичі в країні.

У Киргизії основним оператором є АТ «Киргизалтин». На тутешніх родовищах – Іакмал, Терексай, Солтон-Сари проводиться

більше 2 т металу в рік. У Казахстані розташовані дрібні рудні поклади з невеликими запасами золота. В даний час золото в країні здобувається не стільки із золотоносних руд, скільки з поліметалевих. У 2000 р. здобуто 16,4 золота, що на 50 % більше, ніж в 1999 р. У подальші роки об'єми здобичі склали: 2001 р. – 16,4 т, 2003 р. – 9,9 т; 2004 р. – 9,5 т.

На Україні спроби налагодити здобич золота в значному об'ємі робляться з моменту розпаду СРСР. Загальні прогнозні запаси цього металу на українських родовищах, за даними Держкомгеології, складають 3,2 тис. т. Всього ж в країні є понад 230 родовищ золота, з якого 10 - родовища із запасами по 80...135 т. В процесі розвідки знаходиться 12 родовищ золотовмісних руд. Останніми роками виявлені рудні запаси з низьким змістом золота (5...7 г/т). Для розробки вибрано Мужієвське родовище в Закарпатті. Аналіз показав, що при обширності запасів рівень змісту золота в породі дуже низький і залягає воно дуже глибоко. У результаті в 1999 р. був відлив першого злитка з Мужієвського родовища, проте висока собівартість золота не дозволила розвинути це виробництво.

Золото займає приблизно 85...90 % українського ринку дорогоцінних металів, до 10 % доводиться на срібло, інше – на платину і паладій. Вважається, що на Україні, як і в Росії, переважає ювелірно-промисловий і епізодично – інвестиційний попит на дорогоцінні метали. Державні золоті запаси країн - найбільших утримувачів золота на лютий 2006 г характеризувалися наступними даними, табл.3.131.

Таблиця 3.131 – Державні золоті запаси країн - найбільших утримувачів золота

Країна	Золотий запас, т
США	8136
ФРН	3428
Франція	2809
Італія	2452
Швейцарія	1290
Японія	765
Нідерланди	684
КНР	600
Іспанія	458
Португалія	417

Світовий попит на золото з боку електронної промисловості в 2004 р. виріс на 11 % - до 261 т. Найбільше зростання в даному секторі наголошувалося в США - на 18 % (або 7,8 т) - до 51,9 т (максимального рівня з 2000 р.) і в Японії - на 8 т і склав 108 т. У стоматології спостерігалось помірне зростання попиту на золото в 1 %, головним чином за рахунок Німеччини. У США зростання попиту в цій сфері склало 2 % після 5 %-го зниження в 2003 г..

Стан світового ринку золота в 2001-2005 рр. представлений в табл.3.132 [214-217].

Таблиця 3.132 – Стан світового ринку золота в 2001-2005 рр., тон

Найменування показника	Рік				
	2001	2002	2003	2004	2005
Пропозиція	3920	3978	4149	3851	3755
Здобич	2623	2587	2593	2464	2292
Постачання старого золотого лому	708	835	939	828	811
Продаж офіційним сектором	529	556	617	478	652
Нетто-деїнвестиції	61	-	-	81	н/д
Попит	3920	3978	4149	3851	3834
Попит в промисловості	3522	3175	2994	3164	3260
Виробництво ювелірних виробів	3038	2689	2481	2610	2839
Інші галузі	484	486	513	554	422
Попит на злитки для накопичення	248	252	178	246	н/д
Нетто-хеджування продуцентами *)	151	423	279	442	н/д
Нетто-інвестиції	-	128	699	-	575

*) - нетто-хеджування продуцентами включає продаж продуцентами на термін, опціони і позики.

3.4.2 Срібло

Срібло відоме людству з глибокої старовини. Пояснюється це просто: як і золото, срібло колись досить часто зустрічалося в самородному вигляді. Його не доводилося виплавляти з руд. Температура плавлення срібла не так вже висока - 969,5° С, нижче, ніж у золота (1063° С) і міді (1083,2° С). Найбільш раннє його використання пов'язане з виробництвом монет, припоїв і виготовлення дзеркал. Срібло – кращий електропровідник за нормальних умов, але, на відміну від багатьох металів і сплавів, воно не стає надпровідни-

ком в умовах гранично допустимого холоду. Як ні парадоксально, але саме ця чудова по електропровідності властивість металу використовується як електроізолятор при наднизьких температурах. Срібло було і залишається ювелірним металом і матеріалом для художніх виробів. Особливе місце займає використання срібла у фотографії.

У січні 1934 р. була відкрита штучна радіоактивність, що виникає під впливом обстрілу нерадіоактивних елементів альфа-частками. Трохи пізніше Енріко Фермі спробував інші «снаряди» - нейтрони. При цьому реєстрували інтенсивність виникаючого випромінювання і визначали періоди напіврозпаду нових ізотопів. Особливо високу радіоактивність під дією бомбардування нейтронами набувало срібло, а період напіврозпаду випромінювача, що утворюється при цьому, не перевищував 2 хвилини. Саме тому срібло стало робочим матеріалом в подальших дослідженнях Фермі, при яких було відкрите таке практично важливе явище, як уповільнення нейтронів. Пізніше цією особливістю срібла скористалися для створення індикаторів нейтронного випромінювання, а в 1952 р. срібло «доторкнулося» і до проблем термоядерного синтезу: перший залп нейтронів з плазмового «шнура» був зафіксований на срібних пластинах.

Важко перерахувати всі сучасні служби срібла. Срібло потрібне машинобудівникам і скловарам, хімікам і електротехнікам. Географічна структура світової здобичі срібла представлена в таблиці 3.133 [218, 219].

Таблиця 3.133 – Географічна структура світової здобичі срібла, тон

Країни	2001 р.	2002 р.	2003 р.	2004 р.	2005 р.	2006 р.
Мексика	2824	2852	2551	3085	2870	3000
Перу	2680	2761	2757	3060	3191	3200
Австралія	1978	2077	1872	2237	2407,3	2150
КНР	1454	1396	2000	1985	2012,2	2550
Польща	1169	1192	1358	1344	1250	1300
Чилі	1356	1085	1313	1331	1368,5	1400
Канада	1283	1386	1309	1262	1262	1310
США	1653	1455	1242	1250	1250	1100
Росія	н/д	н/д	1067	1180	1303,1	1300
Інші країни	н/д	н/д	2740	2997	2454,2	2190
Всього в світі	18324	18221	18209	19731	19368,3	19500

Як видно з таблиці, світова здобич срібла росте, починаючи з 2003 р. і досягла в 2006 р. величини 19,5 тис. т., причому це зростання було пов'язане із збільшенням попутного виробництва металу на мідних і свинцево-цинкових копальнях, тоді як на золотодобувних підприємствах виробництво срібла скоротилося [220]. Найбільшим в світі виробником срібла є Перу, де в 2006 р. його виробництво збільшилося до 3200 т. Мексика є другим за величиною виробником срібла в світі, де в 2006 р. його виробництво досягло 3000 т. Третє місце в світі займає Австралія, що збільшила здобич срібла в 2006 р. - 2150 т [221].

Виробництво срібла в Китаї до 1990-х років не було великомасштабним, проте, в останнє десятиліття воно росло в середньому на 9,5 % у рік і в 2006 р. досягло 2550 т, що дозволило країні зайняти третє місце в світі у ряді його виробників. Велика частина продукції була одержана в результаті попутного витягання на мідних і свинцево-цинкових копальнях, в менших масштабах - на власне срібних і золотих копальнях [222]. У Європі, окрім Польщі, виробником срібла є Швеція до 292 т. У Росії в 2005 р. постачання срібла з копалень склали 1303 т. Динаміка зміни попиту і пропозиції срібла на світовому ринку в 2001-2005 рр. представлена на рис.3.6.

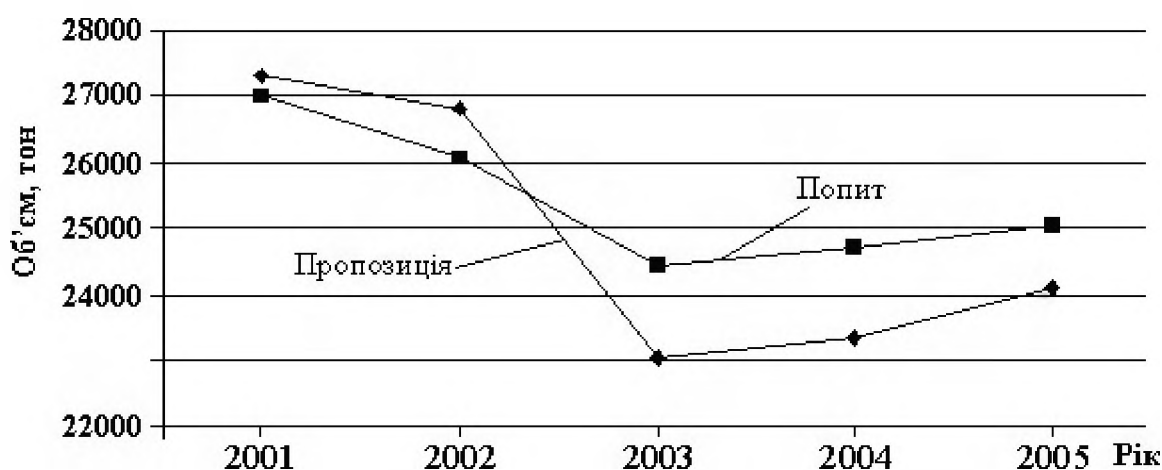


Рисунок 3.6 – Динаміка зміни попиту і пропозиції срібла на світовому ринку в 2001-2005 рр.

У 2005 р. пропозиція срібла на світовому ринку складала 25852 т, з них 18189 т доводилося на метал, що знов здобувається, і бли-

зько 7660 т на вторинний метал. Найбільш високий попит наголошувався з боку промисловості – 11595 т, далі слідували – виробництво ювелірних виробів - 7076,8 т, фотографія – 4672,1, чеканка монет – 1151 т, інвесторський попит - 1346,6 т.

3.4.3 Платина

«Біле золото», «гниле золото», «жаб'яче золото» - під цими назвами платина фігурує в літературі XVIII в. Цей метал відомий давно, його білі важкі зерна знаходили при здобичі золота. Але їх ніяк не могли обробити, тому довгий час платина не знаходила застосування. Перше практичне застосування цьому металу вже у середині XVIII в. знайшли фальшивомонетники. У той час платина цінувалася в два рази нижче, ніж срібло, а щільність її велика - близько $21,5 \text{ г/см}^3$, і із золотом і сріблом воно добре сплавляється. Користуючись цим, стали підмішувати платину до золота і срібла, спочатку в прикрасах, а потім і в монетах. Здавалося б, раз платина зустрічається в природі в самородному стані, отримання її не представляє ніякої праці. Насправді ж це процес складний і багатостадійний.

Платина – елемент рідкісний і в природі знаходиться в розсіяному стані. Самородна платина звичайно є природним сплавом з іншими благородними (паладій, іридій, родій, рутеній, осмій) і неблагородними (залізо, мідь, нікель, свинець, кремній) металами. Така платина (її називають сирою або шихтовою) зустрічається в розсипах у вигляді важких зерен розміром від 0,1 до 5 мм. Вміст елементарної платини в цьому природному сплаві коливається від 65 до 90 %. Найбагатші уральські розсипи містили по декілька десятків грамів сирової платини на тонну породи. Такі розсипи дуже рідкісні, як і крупні самородки. Платину можна вважати типовим елементом восьмої групи, Цей важкий сріблясто-білий метал з високою температурою плавлення ($1773,5^\circ \text{C}$), великою тягучою і хорошою електропровідністю недаремно віднесли до розряду благородних. Він не кородує в більшості агресивних середовищ, в хімічні реакції вступає нелегко. Як і покладено елементу восьмої групи, платина може проявляти декілька ступенів окислення: 0, +2, +3, +4,

+5, +6 і +8. Майже так само, як валентність, важлива інша характеристика - координаційне число. Воно означає, скільки атомів (або груп атомів), лігандів, може розташуватися навколо центрального атома в молекулі комплексного з'єднання. Найбільш характерний ступінь окислення платини в її комплексних з'єднаннях +2 і +4; координаційне число в цих випадках рівне відповідно чотирьом або шести. Комплекси двовалентної платини мають площинну будову, а чотиривалентної - октаедричне.

Кислотостійкість, термостійкість і постійність властивостей при прожаренні давно зробили платину абсолютно незамінною у виробництві лабораторного устаткування. У платинових тиглях розкладають гірські породи - найчастіше, сплавляючи їх з содою або обробляючи плавиковою кислотою, Платиновим посудом користуються при особливо точних і відповідальних аналітичних операціях. Найважливішими областями застосування платини стали хімічна і нафтопереробна промисловість. Як каталізatori різних реакцій зараз використовується велика кількість всієї споживаної платини.

Платина – кращий каталізатор реакції окислення аміаку до оксиду азоту в одному з головних процесів виробництва азотної кислоти. Платинові каталізatori прискорюють багато інших практично важливих реакцій: гідрування жирів, циклічних і ароматичних вуглеводнів, олефінів, альдегідів, ацетилену, кетону, окислення SO_2 у SO_3 у сірчаноокислотному виробництві. Їх використовують також при синтезі вітамінів і деяких фармацевтичних препаратів. Не менш важливі платинові каталізatori в нафтопереробній промисловості. З їх допомогою на установках каталітичного риформінгу одержують високооктановий бензин, ароматичні вуглеводні і технічний водень з бензинових і лігроїнових фракцій нафти. Ще одним крупним споживачем платини стала автомобільна промисловість, яка теж використовує саме каталітичні властивості цього металу - для допалювання і знешкодження вихлопних газів.

Стабільність електричних, термоелектричних і механічних властивостей платини плюс висока корозійна і термічна стійкість зробили цей метал незамінним для сучасної електротехніки, автоматики і телемеханіки, радіотехніки, точного приладобудування. З

платини роблять електроди паливних елементів. Із сплаву платини з 5...10 % родію роблять філь'єри для виробництва скляного волокна. У платинових тиглях плавлять оптичне скло, коли особливо важливо не порушити рецептуру. У хімічному машинобудуванні платина і її сплави служать чудовим корозійностійким матеріалом. Апаратура для отримання багатьох особливо чистих речовин і різних фторвмісних з'єднань зсередини покрита платиною, а іноді і цілком зроблена з неї. Незначна частина платини йде в медичну промисловість. З платини і її сплавів виготовляють хірургічні інструменти, які, не окислюючись, стерилізуються в полум'ї спиртного пальника. Сплави платини з паладієм, сріблом, міддю, цинком, нікелем служать відмінним матеріалом для зубних протезів.

До 1987 р. найбільшою сферою споживання платини в світі була автомобільна промисловість, що використовує цей метал для виробництва каталітичних фільтрів-нейтралізаторів вихлопних газів. З 1988 р. ситуація змінилася - перше місце серед споживаючих галузей зайняла ювелірна промисловість, попит якої на платину зростає швидкими темпами, а саме, якщо в 1985 р. він складав 28,3 % сумарного попиту на метал, то в 2002 р. досяг 43,3 % (максимальний рівень в 51,5 % був зафіксований в 1999 р.) [218, 219]. Попит в автомобілебудуванні підвищився до 118,8 т з урахуванням використання вторинного металу. Найбільше зростання спостерігалось у Європі, зважаючи на посилювання екологічного закону і подальшого розширення продажів автомобілів з дизельними двигунами. Внесок в загальне зростання попиту вніс також зростання виробництва легкових автомобілів в КНР і інших країнах Азії.

Світовий попит на платину в 2005 г виріс в порівнянні з попереднім 2004 роком на 2,5 %, табл.3.134 [219, 220-225].

Таблиця 3.134 – Світовий ринок платини, т

Показники	2003 р.	2004 р.	2005 р.
Виробництво, у т.ч.:	192,82	201,84	206,19
ЮАР	144,00	155,81	158,92
Росії	32,66	26,28	27,68
Півн. Америка	9,17	11,97	11,20
Ін. країни	7,00	7,78	8,40
Попит, у т.ч.:	203,08	203,39	208,37

Продовження табл. 3.134

Автомобільна промисловість	81,64	87,08	94,86
Ювелірне виробництво	78,06	67,18	60,96
Електротехнічна і електронна промисловість	8,09	9,33	11,20
Виробництво скла	6,53	9,02	11,04
Хімічна промисловість	9,55	10,11	10,42
Нафтопереробна промисловість	3,73	4,67	4,82
Середньорічна ціна, дол./унц.	691,9	687	685

Продовжувалося розширення використання цього металу у виробництві жорстких дисків, а попит на платину з боку виробників скла досяг рекордного рівня унаслідок розширення потужностей по випуску скла для рідкокристалічних дисплеїв в Азії. Споживання платни у виробництві каталізаторів для хімічної і нафтопереробної промисловості також збільшилося. Продаж злитків і монет з пробою залишалися відносно стабільними, але японські інвестори були нетто-продавцями крупних злитків, що було обумовлено динамікою цін на метал. Постачання платини з ЮАР в 2005 р. збільшилися в порівнянні з 2004 р. на 2 %. Виробництво рафінованої платини групою “Anglo Platinum” залишилося стабільним і дорівнювало приблизно 76,1 т/год. Продаж платини Росією збільшилося в 2005 г на 5 % - до 27,7 т. Головним виробником є компанія «Норильський нікель». Виробництво металу на алювіальних родовищах Далекого Сходу Росії підтримувалося на відносно стабільному рівні.

3.4.4 Паладій

Як і всі метали платинової групи, паладій досить мало поширений. У земній корі його $1 \cdot 10^{-6}$ %, тобто приблизно удвічі більше, ніж золото. Найбільш відомі розсипні родовища платинових металів, а отже і паладію, знаходиться в Росії на Уралі, в Колумбії, на Алясці і в Австралії. Невеликі домішки паладію часто знаходять в золотоносних пісках. Головним постачальником цього металу стали родовища сульфідних руд нікелю і міді. З шести платинових ме-

талів, окрім самої платини, тільки паладій зустрічається в самородному стані.

Сріблясто-білий паладій зовні більше схожий на срібло, ніж на платину. По щільності паладій ($12,02 \text{ г/см}^3$) ближче до срібла ($10,49 \text{ г/см}^3$), чим до платини ($21,40 \text{ г/см}^3$). Паладій найлегший з платинових елементів, і самий легкоплавкий - температура плавлення 1552°C . Закипає рідкий паладій лише при 3980°C . Перед плавленням він розм'якшується. Розігрітий паладій добре кується і зварюється. Але і при кімнатній температурі він м'який і легко обробляється. Паладій відмінно полірується, не блякне і не схильний до корозії. Після холодної обробки твердість паладію підвищується (у 2...2,5 раз). Сильно впливають на його властивості і добавки споріднених металів. Звичайно межа його міцність на розтягування рівний $18,5 \text{ кг/мм}^2$. Але якщо до паладію додати 4...5 % рутенію і 1 % родію, то межа міцності подвоїться. Такий сплав застосовують в ювелірній справі. Привабливі і хімічні властивості паладію. Він володіє високою хімічною стійкістю. На нього не діє навіть газоподібний фтор при нормальній температурі. Проте при температурі 500°C і вище він взаємодіє не тільки з фтором, але і з іншими сильними окислювачами.

Як і всі платинові метали, паладій – відмінний каталізатор. Процеси гідрування багатьох органічних продуктів паладій прискорює навіть краще, ніж такий випробований каталізатор, як нікель. Паладій застосовують у виробництві ацетилену, багатьох фармацевтичних препаратів і інших продуктів органічного синтезу. У апаратах хімічної промисловості паладій застосовують звичайно у вигляді «черні» або у вигляді оксиду паладію (у апаратах гідрування). Примітно властивість паладію поглинати водень. При кімнатній температурі один об'єм паладію вбирає в себе до 950 об'ємів водню.

Попит і пропозиція на світовому ринку паладію наведені в табл.3.135 [222-225].

Таблиця 3.135 - Попит і пропозиція на світовому ринку паладію, т

Галузь і країна	2003 р.	2004 р.	2005 р.
Попит			
Всього	168,87	204,02	218,94
Автомобілебудування	94,54	101,39	98,90
Ювелірне виробництво	8,09	28,92	44,47
Електронна промисловість	27,99	28,61	30,01
Стоматологія	25,66	26,61	30,01
Хімічна промисловість	8,24	9,64	9,95
Інші сфери	4,36	9,02	9,33
Пропозиція			
Всього	200,60	266,84	260,93
Росія	91,75	149,28	143,68
ЮАР	71,15	77,13	80,55
Північна Америка	29,08	32,19	28,15
Інші країни	7,62	8,24	8,55

Постачання паладію Росією склали в 2005 р. 143,68 т, знизившись в порівнянні з 2004 р. на 3,8 % після різкого зростання. Виробництво паладію «Норильським нікелем» в 2005 р. перевищило 97,3 т. У 2005 р. завдяки пом'якшенню законодавства Росії відносно секретності, що стосується виробництва металів платинової групи, компанія вперше дістала можливість повідомити детальні відомості про випуск паладію. Решта російського металу поставлялася на ринок через Гохран і компанію «Stillwater Mining Co».

Виробництво паладію в ЮАР збільшилося в 2005 р. на 4 % - до 80,55 т. Його випуск підвищили всі крупні гірничодобувні групи за винятком «Anglo Platinum», яка переривала випуск паладію у зв'язку з проблемами на плавильному підприємстві «Polokwane».

Постачання Північної Америки в 2005 р. знизилися на 12 % - до 28,15 т. Хоча випуск металу компаніями «Stillwater», «Inco» і «Falconbridge» залишався стабільним, виробництво «North American Palladium» впало на 43 % зважаючи на здобич біднішої паладієм руди, зниження показника витягання металів платинової групи і технічних проблем із заводським устаткуванням.

Традиційно найбільшою сферою споживання паладію в світі є автомобільна промисловість, де цей метал використовується в ка-

талізаторах вихлопних газів (фільтрах-нейтралізаторах). Наявність цієї тенденції разом з такими чинниками, як підвищення випуску легкових автомобілів і послідовне посилювання екологічного законодавства, що стосується норм змісту шкідливих речовин у вихлопних газах, привели до значного зростання попиту на паладій з боку азійських виробників автомобілів. Закупівлі металів для виробництва каталітичних систем в Японії збільшилися в 2005 р. на 4 % - до 20,53 т, в КНР – на 43 % - до 4,67 т, в решті країн регіону – на 16 % - до 18,04 т.

У Європі закупівлі паладію для виробництва автомобільних каталітичних систем знизилася на 10 % - до 31,07 т. На рівень попиту робило вплив скорочення виробництва і продажів легкових автомобілів з бензиновими двигунами, що продовжується, обумовлене збільшенням ринкової частки, що доводиться на дизельні автомобілі, а також тенденція до економічнішого питомого витрачання паладію на одиницю продукції. В цілому вказані чинники привели до того, що в 2005 р. світовий попит на паладій з боку виробництва каталітичних фільтрів-нейтралізаторів вихлопних газів автомобілів збільшився тільки на 0,5 %.

Кількість паладію, витягнутого з лому автомобільних каталітичних систем, продовжувало рости і в 2005 р., оскільки в Європі і Північній Америці збільшилося число систем, що поступили на переробку, з підвищеним середнім вмістом цього металу.

Закупівлі паладію для використання в ювелірному виробництві виросли в 2005 р. на 545 % – до 44,47 т. Закупівлі китайськими ювелірами підвищилися на 71 % - до 37,32 т, оскільки виробники розширили виробництво виробів з тим, щоб задовольнити високий попит з боку оптової і роздрібною торгівлі. Роздрібні торговці в 2005 р. продовжували формувати свої складські запаси паладієвих ювелірних виробів. Поява і швидке визнання ювелірних виробів “Pd990” (99 % паладію) була важливим чинником, що викликав зростання попиту на метал, оскільки багато роздрібних торговців поступово створювали їх запаси разом з наявними запасами виробів з “Pd990”.

Споживачам паладій надає доступну можливість придбання ювелірних виробів з білих дорогоцінних металів. Близькість пала-

дію до платини (білий колір, мала поширеність, чистота, міцність) також є сприятливим чинником, сприяючим розширенню продажів паладієвих виробів. Зокрема, чистота забезпечує їм значні переваги перед виробами з «білого» золота (максимальний зміст золота – 75 %), оскільки чистота залишається важливою якістю для менш багатих споживачів.

Рівень роздрібних продажів паладієвих ювелірних виробів визначити важче, ніж масштаби попиту на метал з боку їх виробників, Проте, поза сумнівом, що в 2005 р. в КНР продажу таких виробів споживачам розширилися, але їх збільшення було нижче 71 %-го приросту закупівель металу даною галуззю. У інших країнах найбільшою мірою попит на паладій з боку ювелірного виробництва визначається його використанням разом з платиною і в сплавах «білого» золота. Проте в торгових кругах Північної Америки в 2005 р. підвищився інтерес до паладієвих ювелірних виробів і нові виробники приступили до виробництва обмеженого круга продуктів.

Споживання паладію в електронній промисловості досягло в 2005 р. 30,01 т, збільшившись в порівнянні з 2004 р. на 5 %. Зростання попиту на метал було обумовлене головним чином розширенням його використання у сфері виробництва покриттів, при цьому збільшилося використання паладію у виготовленні з'єднувачів (замість золота) і інтегральних схем. Проте споживання паладію у виробництві багатошарових керамічних конденсаторів знизилося в результаті здійснення економічнішого використання цього металу в провідних пастах, а також зважаючи на мініатюризацію конденсаторів.

Попит на паладій для виготовлення стоматологічних сплавів в 2005 р. злегка знизився (на 0,6 %), тоді як його закупівлі з боку промисловості і інших сфер його споживання збільшилося на 3 %. Продаж паладієвих монет і невеликих злитків приватним інвесторам в Північній Америці збереглися на високому рівні, при цьому інтерес до дорогоцінних металів в основному стимулювався зростанням цін на золото.

За прогнозом, в 2006 р. після трирічного різкого зростання сумарний світовий попит на паладій може знизитися. Проте при цьому попит з боку автомобільної промисловості, поза сумнівом, під-

вищиться у всіх регіонах, окрім Європи, Прогноз щодо ситуації в ювелірному виробництві є менш визначеним.

3.4.5 Родій

На вигляд компактний родій - красивий сріблястий метал з голубуватим відтінком. Плавиться він при температурі 1960°C і володіє незначною летучістю аж до температури кипіння - 2500°C . На відміну від золота і платини родій погано піддається механічній обробці. Тому прокатати або протягнути його в дріт можна лише при $800\text{-}900^{\circ}\text{C}$. Родій легко утворює сплави з платиною, паладієм, міддю і іншими металами.

Родій відносять до благородних металів не тільки за ефектну зовнішність: як і покладено «металу-аристократу», він володіє дуже високою хімічною стійкістю. На компактний родій не діють ні кислоти, ні луги. Лише дрібно роздроблений родій поволі розчиняється в гарячій царській горілці або концентрованій сірчаній кислоті. Родій вельми стійкий і до дії галогенів: з хлором, бромом і навіть фтором він реагує лише після тривалого нагрівання. При цьому залежно від температури проведення реакцій виходять галогеніди різного складу. Одна з важливих особливостей родію - характер його взаємодії з киснем при високій температурі. При нагріванні родію в кисні утворюється оксид родію. Але процес йде дуже поволі. Щоб окислити на повітрі десяти долі грама дрібнодисперсного родію, його потрібно багато годин безперервно протримати в печі при температурі близько 1000°C .

Висока стійкість родію до дії агресивних середовищ і підвищених температур дозволяє застосовувати його в самих різних галузях промисловості.

Родій – один з дорогих металів, але попит на нього випереджає виробництво. Найважливіший споживач родію - хімічна промисловість. Із сплаву платини з родієм виготовляють каталітичні сітки, на яких при температурі $800\text{-}900^{\circ}\text{C}$ відбувається окислення аміаку в оксиди азоту - головна стадія процесу отримання азотної кислоти. Присадка 5...10 % родію набагато підвищує міцність сітки,

і втрати платини в процесі виробництва зменшуються в півтора-два рази. Більш того, ця присадка збільшує каталітичну активність каталізатора. Інший крупний споживач родію – скляна промисловість. Із сплаву родію з платиною (звичайно 7 % родію) роблять судини для плавлення скломаси і отримання якнайтонших скляних і кварцових ниток. Сплави платини з 1...3 % родію йдуть на виготовлення лабораторного хімічного посуду, від якого потрібні висока хімічна і термічна стійкість і здатність не міняти свою вагу при тривалому прожаренні.

Стабільність термоелектричних властивостей і велика тугоплавкість давно зробили родій виключно важливим матеріалом для термопар в техніці вимірювання високих температур. Наприклад, термопара з платинородієвого дроту (1...40 % родію) дозволяє вимірювати температуру 1800° С. Поверхня родію володіє високою відбивною здатністю (80 %) для видимої частини спектру. Відбивна здатність родію менше, ніж у срібла (95 %), але його стійкість до дії кородуючих газів і високих температур набагато більше. Родіровані поверхні не блякнуть навіть в атмосфері дуги Вольта. Тому родієм покривають рефлектори прожекторів і технічні дзеркала прецизійних вимірювальних інструментів самого різного призначення. Світовий ринок родію характеризується даними, приведеними в табл.3.136 [218, 219, 226-228].

Таблиця 3.136 – Попит і пропозиція на світовому ринку родію, тон

Показники	2003 р.	2004 р.	2005 р.
Постачання			
Всього, в т.ч.:	22,52	22,39	23,45
ЮАР	16,92	18,26	19,50
Росія	4,35	3,11	2,80
Півн. Америка	0,81	0,53	0,62
Ін. країни	0,44	0,50	0,53
Попит			
Всього, в т.ч.:	19,28	22,67	25,25
Автомобілебудування	16,67	19,22	21,27
Виробництво скла	0,81	1,43	1,71
Хімічна промисловість	1,21	1,34	1,45
Електротехнічна промисловість	0,19	0,44	0,28
Інші сфери	0,40	0,44	0,53

Зростання світових поставок родію в 2005 р. було обумовлене підвищенням його виробництва в ЮАР на 7 % - до 19,5 т, викликаним в основному загальним розширенням здобичі металів платинової групи в країні. При цьому продаж родію Росією скоротилися минулого року на 0,31 т – до 2,8 т. Компанія «Норильський нікель» продала весь випущений нею метал, але відвантаження з державних запасів були обмеженими.

У 2005 р. світове споживання родію у виробництві автомобільних каталітичних систем збільшилося тільки в помірних масштабах. На відміну від цього закупівлі металу (первинного і вторинного) автомобільними компаніями виросли на 8 % - до 25,53 т. Невідповідність, що здається, викликана тим, що в 2004 р. здійснювалося значне скорочення складських запасів родію, в результаті якого закупівлі металу на ринку були нижчі його споживання. У 2005 р. в умовах відносної стабільності рівня запасів попит у вказаній сфері більшою мірою наближався до масштабів реального використання металу.

У автомобільній промисловості США витрачання складських запасів родію було найбільш значним, у зв'язку з чим попит на цей метал в даній галузі виріс на 31 % - до 9,08 т, Проте споживання родію у виробництві каталітичних систем тут збільшилося тільки на 3 %. Це указує на наявність довгострокової тенденції до поступового повільного збільшення змісту цього металу в легкових автомобілях з бензиновим двигунами, викликаній посилюванням екологічних норм відносно вмісту оксидів азоту у вихлопних газах.

У європейській автомобільній промисловості попит на родій в 2005 р. залишився стабільним і склав 5,6 т. У Японії виробники автомобілів купили 6,72 т родію, що на 8 % менше, ніж в попередньому році. Як і в Північній Америці, на динаміку попиту на метал вплинула зміна рівня його складських запасів в 2004 р. Спожи-

вання родію а виробництві автомобільних каталітичних систем в Японії в 2005 р. було відносно стабільним.

У КНР і решті країн світу попит на родій для виробництва каталітичних фільтрів-нейтралізаторів вихлопних газів автомобілів виріс в 2005 р. на 11 % - до 4,14 т, зважаючи на підвищення випуску легкових автомобілів в країнах Азії і Південної Америки.

У Північній Америці і Європі в 2005 р. продовжувало розширюватися витягання вторинного родію з відпрацьованих автомобільних каталітичних систем. У Японії воно скоротилося унаслідок того, що уживані автомобілі все більш активно експортувалися, а не відправлялися на вторинну переробку.

Світові закупівлі родію для використання в скляній промисловості виростили в 2005 р. на 20 % і досягли нового рекордного рівня в 1,71 т, головним чином в результаті розширення потужностей по виробництву скла для рідкокристалічних дисплеїв в країнах Азії. Виробники скла здійснили крупні інвестиції в будівництво нових печей з тим, щоб задовольнити попит, що росте на їх продукцію з боку компаній, що випускають рідкокристалічні та інші плоско панельні дисплеї. Підвищення попиту на родій наголошувалося також з боку азіатських виробників скловолокна. У виробництві каталізаторів для хімічної промисловості попит на родій в 2005 р. збільшився на 9 % - до 1,46 т в значній мірі унаслідок будівництва нових заводів по виробництву оксоспиртів і миш'якової кислоти.

Протягом 2005 р. родій продовжував різко дорожчати. Середньорічна ціна на родій виросла в 2005 р. на 109 % в порівнянні з 2004 р. – з 981,73 до 2056,18 дол./унц. Підвищення цін в основному було результатом браку світових поставок металу для задоволення попиту, що росте із сторони автомобільної, скляної і хімічної галузей промисловостей.

3.4.6 Рутеній і іридій

Рутеній – один з аналогів платини. Він найлегший з ряду платинових металів. Рутеній - самий «багатовалентний» елемент: він може існувати принаймні в дев'яти валентних станах.

По багатьох механічних, електричних і хімічних характеристиках він може змагатися з багатьма металами і навіть з платиною і золотом. Проте на відміну від цих металів рутеній дуже крихкий, і тому виготовити з нього які або вироби вельми важко. Температура його плавлення – 2250°C , а точка кипіння $\sim 4900^{\circ}\text{C}$. Поглинаюча здібність рутенію до водню складає 1500 об'ємів водню. При температурі $0,47\text{ K}$ він стає надпровідником.

Компактний металевий рутеній не розчиняється в лугах, кислотах і навіть в киплячій царській горілці. Але частково розчиняється в азотній кислоті з добавками сильних окислювачів – перхлоратів або броматів. Рутеній можна розчинити в лужному середовищі гіпохлоритами або в кислому середовищі електрохімічним методом.

При нагріванні на повітрі рутеній починає частково окислюватися. Максимальна швидкість окислення спостерігається при температурі 800°C . До температури 1000°C рутеній завжди окислюється тільки в двоокис, але якщо нагрівати його 1200°C і вище, він починає перетворюватися на летючий чотириокис, проявляючи вищу валентність +8. Рутеній - рідкісний і дуже розсіяний елемент. Одна з найприкметніших хімічних властивостей рутенію - його численні валентні стани. Легкість переходу рутенію з одного валентного стану в інший і велика кількість цих станів приводить до надзвичайної складності і своєрідності хімії рутенію.

Рутеній – най благородніший з платинових металів, проте йому властиво більшість їх властивостей. Рутеній, так само як платина і паладій, володіє каталітичними властивостями, але часто відрізняється від них більшою селективністю і вибірковістю. У гетеро-

генному каталізі використовуються металевий рутеній і його сплави. Найбільш ефективні каталізатори виходять при нанесенні рутенію на різні носії з сильно розвиненою поверхнями. У багатьох випадках його застосовують разом з платиною для того, щоб збільшити її каталітичну активність. Сплав родію, рутенію і платини прискорює окислення аміаку у виробництві азотної кислоти. Рутеній застосовують для синтезу синильної кислоти з аміаку і метану, для отримання граничних вуглеводнів з водню і оксиду вуглецю.

Важливе значення придбали рутенієві каталізатори для реакції отримання гліцерину і інших багатоатомних спиртів з целюлози шляхом її гідрування. Металоорганічні з'єднання рутенію знаходять застосування в гомогенному каталізі для різних реакцій гідрування, причому по селективності і каталітичній активності вони не поступаються визнаним каталізаторам на основі родію. Головне достоїнство рутенію – каталізатора в його високій виборчій здатності.

Невеликі добавки рутенію звичайно збільшують корозійну стійкість, міцність і твердість сплаву. Сплави рутенію з лантаном, церієм, скандієм, ітрієм володіють надпровідністю. Термопари, виготовлені із сплаву іридію з рутенієм, дозволяють вимірювати найвищі температури. Тонкі покриття з благородних металів, і зокрема з рутенію знайшли своє застосування в електроніці, радіо- і електротехніці, хімічної промисловості, а також в ювелірній справі.

Цікава властивість металевого рутенію – сорбувати і пропускати водень - з успіхом може бути використано для витягання водню з суміші газів і отримання надчистого водню.

Світовий попит на рутеній в 2005 р. виріс на 17 % - до 24,5 т за рахунок підвищення попиту з боку електронної промисловості. Продаж металу хімічної промисловості дещо знизилися, але все ще залишалися вище за середній рівень, що спостерігається протягом цілого ряду передуючих років, табл.3.137 [218, 219, 229].

Таблиця 3.137 – Галузева структура світового попиту на рутеній і іридій, тон

Показники	2004 р.	2005 р.
Рутеній		
Всього, у т.ч.:	20,90	24,51
Електронна промисловість	12,07	15,74
Хімічна промисловість	3,83	3,64
Електрохімічна промисловість	2,99	2,99
Інші сфери	2,02	2,15
Іридій		
Всього, в т.ч.:	3,73	3,86
Електронна промисловість	0,93	0,96
Хімічна промисловість	0,84	0,87
Електрохімічна промисловість	0,78	0,81
Інші сфери	1,18	1,21

Закупівлі рутенію для використання в електронній промисловості в 2005 р. різко зросли (на 30,4 % - до 15,74 т). Істотно збільшилося споживання цього металу у виробництві жорстких дисків, чому сприяло значне зростання продажів споживчого електронного устаткування. Додавання рутенію до матеріалів для виготовлення компакт-дисків дозволяє виробникам подолати ліміт місткості пам'яті, що був раніше. У даній сфері спостерігалось великомасштабне накопичення складських запасів рутенію, оскільки виробники жорстких дисків в очікуванні подальшого підвищення попиту формували свої запаси, користуючись можливістю придбання металу в період його щодо низьких і стабільних цін. Зростання попиту на рутеній в електронній промисловості стимулювалося також розширенням використання цього металу у виробництві панелей плазмових дисплеїв, що конкурують з рідко кристалічними дисплеями на ринку телевізорів з великоформатними екранами. Якість зображення, що дається плазмовими дисплеями, виробники можуть підвищити шляхом введення рутенію у виробничу пасту, що наноситься на внутрішню поверхню екрану. Крім того, значно збільшилося

споживання рутенію у виготовленні провідних паст, використовуваних в компонентах резисторів.

Продаж рутенію хімічними компаніями в 2005 р. трохи знизився з високого рівня, що спостерігається протягом попередніх двох років. Минулого року спостерігалася знижена тенденція в закупівлях каталізаторів на основі рутенію для використання у виробництві таких хімікатів, як миш'якова кислота, оскільки в експлуатацію вводився менший об'єм відповідних виробничих потужностей, чим в 2004 р.

Масштаби використання рутенію в електрохімічній промисловості в 2005 р. не змінилися в порівнянні з 2004 г, тоді як споживання іридію у вказаній сфері збільшилося на 3,6 %. Це було викликано тим, що в хлор-лужном виробництві здійснюється поступовий перехід від застосування рутенієвого покриття анодів до іридій-рутенієвого.

Попит на іридій в електронній промисловості в 2005 р. підвищився на 3 %. Основною сферою споживання цього металу в даній галузі є виготовлення тиглів, використовуваних у виробництві високоякісних монокристалів. Попит на метал в цій сфері в основному концентрується в Північній Америці, де розширення продажів вживаних в медицині сканерів для позитрон-емісійної топографії стимулювало зростання виробництва сцинтиляційних кристалів. Збільшення світового попиту на іридій в 2005г було помірнішим і склало 3 % (зростання до 3,86 т), причому його підвищення наголювалося у всіх основних сферах споживання цього металу.

У 2005 р. спостерігалася також помірне збільшення продажів іридію хімічній і автомобільній галузям промисловості. Іридій разом з рутенієм використовується в каталізаторах, вживаних у виробництві миш'якової кислоти. Крім того, розширюється його споживання у виготовленні електродів свічок запалення. Ціни рутенію в 2005 г піднялися від 55 до 87 дол. США, а іридію від 145 до 196 дол. США.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ

Контрольні питання до глави 1

1. Що називають металургією?
2. Скільки відоме елементів Періодичної таблиці Д.І. Менделєєва?
3. Загальні ознаки металевого стану?
4. Ділення металів на групи.
5. Які метали відносяться до чорних металів?
6. Підрозділ кольорових металів.
7. Які елементи відносяться до неметалів?
8. Назвіть основні важкі кольорові метали.
9. Назвіть супутники важких кольорових металів.
10. Назвіть легкі кольорові метали.
11. Особливості легких металів.
12. Які метали відносяться до благородних?
13. Рідкісні метали і їх класифікація.
14. Які метали відносяться до легких рідкісних металів?
15. Які метали відносяться до тугоплавких рідкісних металів?
16. Які метали відносяться до розсіяних рідкісних металів?
17. Які метали відносяться до легких рідкісних металів?
18. Які метали відносяться до рідко земельних рідкісних металів?
19. Які метали відносяться до радіоактивних рідкісних металів?
20. Чим характеризується IV-II тисячоліть розвитку кольорової металургії на Україні?
21. Період мідного століття.
22. Період бронзового століття.
23. Період залізного століття.
24. Назвіть початок освоєння металургії міді.
25. Які райони України наголошуються як центри мідеплавильної промисловості?
26. У яких печах плавили мідь в стародавні часи?
27. Які райони України характеризуються як бронзоліварні?
28. Що стримувало розвиток кольорової металургії України?
29. Які способи литва були відомі на Україні в стародавні століття?
30. Який метал проводили в Микитовці (Донецька область) в дореволюційній Україні?
31. Дореволюційна історія Микитовського ртутного заводу.
32. За рахунок чого задовольнялися потреби України в кольорових металах?

33. Що говорив академік Вернадський В.І. про виробництво кольорових і рідкісних металів на Україні і в Росії?
34. Чим займалася комісія КЕПС?
35. Який вплив зробив академік Вернадський В.І. на розвиток науки в Україні?
36. Яка ухвала корінним чином вплинула на розвиток кольорової металургії України?
37. Довоєнний період розвитку Микитовського ртутного комбінату
38. Зародження алюмінієвої промисловості України - перші кроки.
39. Основні цехи довоєнного Дніпровського алюмінієвого комбінату.
40. Особливості отримання глинозему на Дніпровському алюмінієвому комбінаті в передвоєнні роки.
41. У якому році був одержаний перший алюміній на Дніпровському алюмінієвому комбінаті?
42. У якому році був здійснений урядовий пуск Дніпровського алюмінієвого комбінату?
43. У якому році введений в промислове виробництво електродне виробництво
44. У якому році Дніпровський електродний завод виділився в самостійне підприємство?
45. Історія будівництва Дніпровського магнієвого заводу в передвоєнний період.
46. Вторинна кольорова металургія в передвоєнні роки.
47. Зародження рідко металової промисловості України в передвоєнні роки.
48. Післявоєнний період розвитку Запорізького алюмінієвого комбінату.
49. Коротка технологічна схема отримання глинозему на Запорізькому алюмінієвому комбінаті.
50. Основні види продукції Запорізького алюмінієвого комбінату, що випускається.
51. Історія Іршанського гірничо-збагачувального комбінату
52. Особливості переробки ільменітових пісків Іршанського гірничо-збагачувального комбінату
53. Яким чином здійснюється розділення колективного концентрату на мономінеральні фракції?
54. Які продукти випускає Іршанський гірничо-збагачувальний комбінат?
55. Перевага струменевого методу подрібнення концентрату перед подрібненням в кульових млинах.
56. Складіть технологічну схему переробки пісків Вольногорського (Самотканського) родовища.
57. Основні віхи розвитку ВДГМК (Вольногорськ).
58. Основні продукти, що одержуються на ВДГМК.

59. Коли був введений в дію металургійний комплекс ВДГМК?
60. Представте принципову технологічну схему металургійного виробництва ВГМК.
61. Основні віхи розвитку виробництва ЗТМК до зупинки підприємства.
62. Розвиток підприємства після нового пуску ЗТМК.
63. Особливості переходу ЗТМК на нові апарати відновлення і сепарації титанової губки.
64. Плани подальшого розвитку ЗТМК.
65. Робота германієвого виробництва на Північно-Донецьком хіміко-металургійному заводі.
66. Основні віхи розвитку НГЗ.
67. Коротка технологія переробки бокситів на НГЗ.
68. Історія Світловодського комбінату твердих сплавів і тугоплавких матеріалів.
69. Історія відкриття Мазуровського родовища і роботи Донецького хіміко-металургійного інституту
70. Основні види продукції, які випускав Донецький хіміко-металургійний завод в період його діяльності.
71. Коротка технологічна схема переробки технічного гідроокису ніобію і танталу
72. Коротка технологічна схема переробки цирконового концентрату.
73. Перерахуйте основні технологічні процеси, які були організовані на ДХМЗ
74. Основні віхи розвитку Сумського хімічного заводу
75. Номенклатура продукції, що випускається, на Сумському хімічному заводі
76. Основні віхи розвитку БАК «Титан»
77. Номенклатура продукції, що випускається, на БАК «Титан»
78. Номенклатура продукції, що випускається, заводом «Чисті метали»
79. Призначення Дніпровського електродного заводу.

Контрольні питання до глави 2

1. Поняття Кларк.
2. Назвіть 10 основних елементів земної кори
3. Поняття «геохімічна зірка»
4. Покажіть на прикладі титана зв'язок його з іншими елементами періодичної системи Менделєєва Д.І.
5. Поняття ізоморфізму
6. Оцініть потреби України в 2007-2010 рр. міді.
7. Які основні родовища міді відомі в Україні.

8. Родовища нікелевих руд в Україні.
9. Оцінні потреби України в нікелі.
10. Оцінні потреби України в свинці і цинку.
11. Перспективні родовища України на свинець і цинк.
12. Оцінні потреби олова України.
13. Перспективні оловорудні родовища України.
14. Дайте характеристику Суцансько-Пержанської металогенічної зони.
15. Типи рідкометального зруднення і їх основні корисні елементи.
16. Дайте характеристику Високопільського родовища бокситів України.
17. Основні мінерали нефелінових сієнітів Приазов'я
18. Дайте загальну характеристику маріуполитів.
19. Особливості лужних масивів Донбасу.
20. Зміст рідкісних металів Мазуровського родовища.
21. Назвіть інші види нефелінових родовищ України.
22. Алунітові руди України
23. Рудні мінерали магнію
24. Характеристика карналіту
25. Основні родовища магнію України.
26. Характеристика Кримських озер і затоки Сиваш як джерела отримання магнію.
27. Які цінні елементи міститися в Кримських озерах і затоці Сиваш.
28. Бішофітові родовища України.
29. Магnezитові родовища України
30. Доломітові родовища України.
31. Основні родовища золота України
32. Характеристика Мужієвського родовища України.
33. Золотоносні руди Донбасу і їх потенційні можливості.
34. Головна золотоносна провінція України
35. Потреби в літій України.
36. Які родовища літєвих руд є в Україні.
37. Берилієві родовища України.
38. Вольфраміві родовища України
39. Родовище ніобій-танталових руд Приазов'я.
40. Які мінерали міститися в рудах Мазуровського родовища.
41. Основні складові металів в рудах Мазуровського родовища
42. Комплексний характер руд Мазуровського родовища.
43. Зразковий склад лежалих хвостів Мазуровського родовища.
44. Яку цінність представляють лежалі хвости Мазуровського родовища.
45. Дайте загальну характеристику основних мінералів Мазуровського родовища.
46. Результати збагачення лежалих хвостів Мазуровського родовища.

47. Хімічний склад пірохлор-цирконових концентратів Мазуровського родовища.
48. Особливості Новоуполтавського родовища рідкометальних руд України.
49. Основні титан-цирконові родовища України.
50. Особливості Іршанського родовища титанових руд
51. Малишевське родовище титан-цирконових руд
52. Можливості отримання ванадію з комплексних руд Стремігорського і Торчинського родовищ.
53. Піски Самотканського родовища і їх особливості.
54. Характеристика Ястребіцького родовища.
55. Азовське рідкометальне родовище
56. Германій в золах вугілля Донецького і Львівсько-Волинського басейнів
57. Лігніти Беганського родовища побічне джерело отримання германію.

Контрольні питання до глави 3

1. Основні фізико-хімічні властивості легких металів.
2. Области застосування легких металів.
3. Споживання алюмінію по галузях.
4. Найважливіші промислові мінерали алюмінію.
5. Запаси і база запасів бокситів в світі.
6. Експорт глинозему з України.
7. Світове виробництво первинного магнію
8. Основні фізико-хімічні властивості важких металів
9. Світове споживання рафінованої міді.
10. Прогнозована потреба України в мідній продукції.
11. Експорт мідної продукції з України.
12. Стан споживання нікелю в світі.
13. Об'єм споживання прокату із сплавів нікелю в Україні.
14. Попит на металевий кобальт.
15. Прогнозна потреба в кобальті України.
16. Світові запаси і база запасів кобальту.
17. Світова здобич свинцевих руд.
18. Виробництво рафінованого свинцю з вторинної сировини в світі.
19. Експорт свинцю з України.
20. Споживання цинку в світі.
21. Світове виробництво вісмуту.

22. Сировинні запаси сурми.
23. Світове виробництво ртуті.
24. Сировинні запаси олова.
25. Світова здобич олова в рудах.
26. Основні фізико-хімічні властивості рідкісних металів
27. Области застосування літію і його з'єднань.
28. Світове виробництво берилієвих руд і металу.
29. Споживання вольфраму.
30. Світове споживання молібдену.
31. Характеристика ринку металевого ренію.
32. Світове виробництво ренію.
33. Споживання ванадію в світі.
34. Структура світового споживання ніобію.
35. Виробництво ніобієвих лігатур в Україні.
36. Споживання танталу.
37. Основні властивості титану.
38. Области застосування титану.
39. Структура світових споживачів титанової продукції.
40. Галузева структура світового попиту на цирконовий концентрат.
41. Світові потужності по виробництву металевого гафнію.
42. Основні характеристики рідкоземельних металів.
43. Области застосування рідкоземельних металів по галузях.
44. Виробництво і споживання рідкоземельних металів в Україні.
45. Основні характеристики германію.
46. Галузева структура світового споживання германію.
47. Виробництво германію в Україні.
48. Споживання галію в світі.
49. Структура світового попиту на індій.
50. Світове виробництво селену.
51. Основні характеристики благородних металів.
52. Структура світової здобичі золота.
53. Географічна структура світової здобичі срібла.
54. Світовий ринок платини.
55. Попит і пропозиція на світовому ринку паладію.
56. Попит і пропозиція на світовому ринку родію.
57. Галузева структура світового попиту на рутеній і іридій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Уткин Н.И. Металлургия цветных металлов. М.: Metallurgy, 1985, 440 с.
2. Воскобойников В.А., Кудрин В.А., Якушев А.М. Общая металлургия. 6-е изд., перераб. и доп. - М.: ИКЦ, Академкнига, 2005. – 768 с.
3. Развитие металлургии в Украинской ССР. К.: Наукова думка. 1980.
4. Скляренко Е.М. История фабрик и заводов Укр. ССР. К.: Наукова думка, 1986, 139 с.
5. Кравец О.М. Книга об истории фабрик и заводов Советской Украины.(1921-1979гг.). К.: Наукова думка. 1982.
6. История металлургии легких сплавов в СССР (1917-1945гг). М.: Наука,1983
7. Козловский Ф. Путь к титану. 1985.
8. Ломако А.Ф. Наука и технический прогресс в цветной металлургии. М.: Металлургия, 1972. 136 с.
9. История металлургии легких сплавов в СССР (1945-1987гг.). М.: Наука, 1983. 440 с.
10. Казенное предприятие «Запорожский титано-магниевого комбинат». Запорожье, «Паритет». 2006 г.
11. Тэлин В.В. О развитии титанового производства на Запорожском титано-магниевого комбинате // Сборник докладов конференции «Рынок цветных металлов СНГ-2006». Гаспра, Крым. 2006, С. 23-29.
12. Зеликман А.Н., Коршунов Б.Г. Металлургия редких металлов. М.: 1991г. 432 с.
13. Кларковое число. <http://ru.wikipedia.org/wiki>.
14. Зеликман А.Н. Металлургия редких металлов. М.: 1983 г. 356 с.
15. Общегосударственная программа развития минерально-сырьевой базы Украины на период до 2010 года // Металлургический компас. - № 3 (39), март 2006 , С. 82-91.
16. Гошовський С.В., Гурський Д.С. Основні завдання розвитку мінерально – сировинної бази до 2010 р., визначені Урядом України // Мінеральні ресурси України. № 2, 2002 , С. 3-8.
17. Калинин В.И., Войновский А.С., Василенко А.П. Состояние обеспечения государственного фонда недр Украины перспективными и прогнозными ресурсами // Минеральные ресурсы Украины , № 3, 2004, С. 7-9.
18. Кончур М.В., Галкина Н.Ю., Кончур В.М. Про роботу державних підприємств у 2000-2004 роках // Мінеральні ресурси України, № 4, 2005.
19. Металиди В.С., Приходько В.Л., Лыков Л.И., Ананченко М.В. Геолого-промышленные типы редкометальных месторождений суцано-пержанской рудной зоны // Мінеральні ресурси України. № 1 , 2002, С. 22-25.
20. Иванов А.И., Иващенко В.П., Полещук А.А., Иванова Л.П. Аллюминиевое сырье Украины и пути его использования. Днепрпетровск, РИА «Днепр-VAL», 2003, С. 106.
21. Стрелец Х.Л., Тайц А.Ю., Гуляницкий Б.С. Металлургия магнезия. М., ГНТИ, 1960, 480 с.

22. Иванов А.И., Ляндерс М.Б., Прокофьев О.В. Производство магния. М, Metallurgia, 1979, 376 с.
23. Лисенко О.Б., Мамлюк В.І., Тисячна О.М. Геологічна будова та характер локалізації золотих руд суразького родовища (Сорокинська структура, західне Приазов'я // Мінеральні ресурси України, № 4, 2005.
24. Марченко Е.Я., Гурский Д.С. Особенности минерализации золота в редкометалльных образованиях протоилаформенных гранитоидов Украинского щита // Мінеральні ресурси України, № 4, 2005.
25. Иванов Б.Н., Бугаенко В.М., Лисенко В.Д. Благороднометалльная минерализация западной части Кировоградского блока // Мінеральні ресурси України, № 4, 2005.
26. Бакаржиев А.Х., Макивчук О.Ф., Иванов Б.Н. Мелкозернистые петалитные руды – новый вид литийсодержащего минерального сырья Украины // Мінеральні ресурси України. №1, 2000, С. 16-19.
27. Ісаков Л.В., Бобров О.В. Літійносні пегматити Шевченківського пегматитового поля // Мінеральні ресурси України, №1, 2000, С. 23.
28. Иванов В.И., Козарь Н.А. Вольфрамное оруденение докембрийских кратонов // Минеральные ресурсы Украины, № 2, 2004, С. 11-15.
29. Минералогия Приазовья // Лазаренко Е.К и др. Киев, Наукова думка. 1981.
30. Шаповалов Г.М., Быков Ю.А., Андреев П.И., Каратаев В.К., Люшня Л.М. Промышленные испытания флотационной схемы обогащения редкометалльных нефелиновых руд // Обогащение полезных ископаемых. Республиканский научно-технический сб. Киев, «Техника», 1968, вып 3.
31. Бажанова А.П., Иващенко В.И., Пономарев В.Д., Есиркегенов Г.М., Тараненко Б.И. Изучение изменения основных минералов при хлорировании пироклорцирконовых концентратов // Сб. трудов «Металлургия и обогащение», Алма-Ата, КазПТИ, Т 2, 1966, С. 53-61.
32. Ісаков Л.В., Бобров О.Б., Стекозов С.М., Шпилевой В.Д. Рекомендації по проведенню в межах західного Приазов'я геологорозвідувальних робіт на рідкісні метали та кварц-польовошпатну сировину, які пов'язані з пегматитами // Мінеральні ресурси України, 2005.- № 4.
33. Бочай Л.В., Гурский Д.С., Веселовский Г.С., Лазуренко В. И. Главные геолого-промышленные типы титановых и циркониевых россыпных месторождений Украины и условия их образования // Мінеральні ресурси України. №1, 1998, С. 15-18.
34. Гармата В.А., Петрунько А.Н., Галицкий Н.В., Олесов Ю.Г., Сандлер Р.А. Титан. М.: Metallurgia, 1983, 559 с.
35. Волкова Т.П. Геохимические особенности Азовского редкометаллического месторождения // Геологический журнал. 2002.- №4.
36. Мельников В.С. и др. Азовское цирконий-редкоземельное месторождение, минералогические и генетические особенности // Минералогический журнал, 2000, т 22, № 1.
37. Об использовании алюминия в автомобилестроении // БИКИ, № 93 (8589), 19.09.2003.

38. Арифметика мирового рынка алюминия // *Металлы мира* Международное обозрение. 2004. - № 2(62). - С. 65-69.
39. Перспективы развития современной мировой алюминиевой промышленности // *Металлы мира*. Международное обозрение. 2003. - № 12(60). – С. 66- 75.
40. Производство рафинированного алюминия в мире // *БИКИ*, № 10 (8656) от 29.01.2004.
41. Состояние и перспективы рынка алюминия // *БИКИ*, № 120 (8766) от 21.10.2004.
42. Положение с бокситами и глиноземом в мире и в США // *БИКИ*, № 102 (8748) от 09.09.2004.
43. Перспективы мирового рынка глинозема // *БИКИ*, № 44 (8840) от 19.04.2005.
44. Перспективы мирового рынка глинозема // *БИКИ*, № 20 (8666) от 19.02.2004.
45. Положение с алюминием в мире и в США // *БИКИ*, № 130 (8776), 13.11.2004.
46. Алюминиевая промышленность // Часть 1: Конъюнктура мирового рынка. – metalltorg.ru от 07.03 2006.
47. Алюминиевая промышленность // Часть 2: Россия и ближнее зарубежье. - metalltorg.ru от 07.03.2006.
48. Алюминиевая промышленность // Часть 3: Тенденции и прогнозы развития. - metalltorg.ru от 07.03 2006.
49. Краткий обзор алюминиевой промышленности Украины // www.aluminium.com.ua.
50. Положение с алюминием в мире и в США // *БИКИ*, № 93 (8889) от 18.08.2005.
51. Червонный И.Ф., Пожуев В.И., Иващенко В.И., Егоров С.Г. Тенденции производства алюминия в Украине // Сборник тезисов докладов 2-й международной практической конференции «Металлургия легких металлов. Проблемы и перспективы», 20-22 ноября 2006 г., МГИСиС, Москва, 2006. – С. 17-20.
52. «Ловушка-22» на мировом рынке магния // *Металлы мира*. Международное обозрение. – 2004. - № 1 (61).
53. Годовой отчет открытого акционерного общества «Соликамский магниевый завод» за 2005 год. Соликамск, 2006 год.
54. Магниевый ренессанс Прикарпатья // www.dsnews.riev.ua.
55. Тенденция развития производства и потребления магния // Реферат. EUP.Ru.
56. На китайском и японском рынках магния // *БИКИ*, № 115 (8761) от 09.10. 2004.
57. На китайском и японском рынках магния // *БИКИ*, № 22 (8818) от 22.2.2005.
58. Ситуация на японском рынке магния // *БИКИ*, № 15 (8961) от 07.02.2006.
59. В США магний дорого стоит // metalltorg.ru .
60. Некоторые оценки положения на мировом рынке меди // *БИКИ*, № 79-80 (8725-8726) от 15.07.2004
61. Производство и потребление цветных и благородных металлов в странах АТЭК // metalltorg.ru.
62. Добыча меди в мире будет расти // *БИКИ*, № 102 (8749) от 11.09.2004.
63. На рынке меди США // *БИКИ*, № 7 (8663) от 12.02.2004.
64. Положение в медной промышленности мира // *БИКИ*, № 48 (8844) от 28.04.2005.
65. Обзор мирового рынка меди // *БИКИ*, №5 7-58 (8853-8854) от 26.05.2005.
66. На рынке меди // *БИКИ*, № 99 (8895) от 01.09.2005.

67. Положение в медной промышленности КНР и в мире // БИКИ, № 78 (9042) от 13.07.2006.
68. И.Ф. Червоный, В.И. Иващенко, С.Г. Егоров. Медь – сестра украинской промышленности // Металлургический компас, 2006. - № 5(41). – С. 32-35.
69. На рынке никеля США // БИКИ, № 34 (8680) от 27.03.2004.
70. На рынке никеля // БИКИ, № 54 (8700) от 15.05.2004.
71. Прогноз мирового рынка никеля // БИКИ, № 126 (8772) от 04.11.2004.
72. Производство и потребление цветных и благородных металлов в странах АТЭС // БИКИ, № 37 (8833) от 02.04.2005.
73. На мировом рынке никеля // БИКИ, № 126 (8922) от 03.11.2005.
74. Мировое производство и потребление никеля // БИКИ, № 17 (8963) от 11.02.2006.
75. Иващенко В.И., Иващенко О.В. Люцеферова кузница // Металлургический компас, 2005. - № 12. – С. 18-22.
76. На рынке никеля США // БИКИ, № 70 (8866) от 25.06.2005.
77. Новые проекты в мировой никелевой промышленности // БИКИ, № 77 (8873) от 12.07.2005.
78. На рынке никеля США // БИКИ, № 41 (8987) от 11.4.2006.
79. В никелевой промышленности Японии // БИКИ, № 71-72 (9017-9018) от 27.06.2006.
80. На японском и китайском рынках никеля // БИКИ, № 22 (8818) от 22.02.2005.
81. Положение с никелем в мире и КНР // БИКИ, № 94 (9040) от 19.08.2006.
82. Иващенко В.И., Иващенко О.В. Обзор мирового рынка кобальта // Металлургический компас, 2006. - № 4. – С. 42-46.
83. На мировом рынке кобальта // БИКИ, № 83 (8879) от 26.08.2005. - с 14.
84. На мировом и японском рынках кобальта // БИКИ, № 21 (8517) от 22.02.2003. - с 14.
85. На мировом рынке кобальта // БИКИ, № 82 (8728) от 22.07.2004.
86. Сикачина А. Мобильный металл // Металл. - № 4. – 2006. - С. 50 -51.
87. На мировом рынке свинца // БИКИ, № 133 (8779) от 20.11.2004.
88. На мировом рынке свинца // БИКИ, № 60 (8856) от 31.05.2005.
89. На мировом рынке свинца // БИКИ, № 125 (8921) от 01.11.2005.
90. Ситуация на мировом и российском рынке свинца // metalltorg.ru. 2005 г.
91. Добыча свинца в мире // БИКИ, № 23-24 (8819-8820) от 26.11.2005.
92. На мировом и американском рынке свинца // БИКИ, № 45 (8991) от 20.04.2006.
93. На мировом и американском рынке свинца // БИКИ, № 97-98 (8893-8894) от 27.08.2005.
94. Производство рафинированного свинца в мире // БИКИ, № 21 (8817) от 19.02.2005.
95. Производство и потребление цветных и благородных металлов в странах АТЭС // metalltorg.ru.
96. Перспективы мирового рынка цинка // БИКИ, № 76 (8722), от 08.07.2004.
97. Перспективы мирового рынка цинка // БИКИ, № 10 (8806) от 18.01.2005.
98. На рынке цинка // БИКИ, № 93 (8889) от 18.08.2005.

99. Кто спровоцировал взлет цинка // metalltorg.ru.
100. Добыча цинка в мире // БИКИ, № 27 (8823) от 10.03.2005.
101. Положение на мировом рынке цинка // БИКИ, № 61 (8857) от 02.06.2005.
102. На мировом рынке висмута // БИКИ, № 82 (9028) от 22.07.2006.
103. На мировом рынке висмута // БИКИ, № 108 (8754) от 23.09.2004.
104. На японском рынке висмута и кадмия // БИКИ, № 123 (8769) от 28.10.2004.
105. На китайском рынке висмута // БИКИ, № 142 (8938) от 10.12.2005.
106. На мировом и японском рынках кадмия и висмута // БИКИ, № 17 (8963) от 11.02.2006.
107. Мировой и американский рынки сурьмы в 2005 г. // БИКИ, № 47 (8993) от 25.04.2006.
108. На рынке сурьмы // БИКИ, № 58 (8704) от 25.05.2004.
109. На мировом и американском рынках сурьмы // БИКИ, № 96-97 (8742–8743) от 26.08.2004.
110. Мировой рынок сурьмы в 2004 г. // БИКИ, № 51 (8847) от 10.05.2005.
111. На мировом и японском рынках сурьмы // БИКИ, № 22-23 (8968-8969) от 25.02.2006.
112. На китайском и японском рынках сурьмы // БИКИ, № 3 (8949) от 12.01.2006.
113. На мировом и японском рынках сурьмы // БИКИ, № 22-23 (8968-8969) от 25.02.2006.
114. На китайском, японском и европейском рынках сурьмы // БИКИ, № 82 (9028) от 22.07.2006.
115. На рынке ртути в мире и США // БИКИ, № 53 (8999) от 16.05.2006.
116. Ртуть // Информационно-аналитический обзор. Состояние и перспективы мирового и внутреннего рынков цветных, редких и благородных металлов», Вып. 13, Москва, 2002 г.
117. На рынке ртути в мире и США // БИКИ, № 69 (8715) от 22.06.2004.
118. На рынке ртути в мире и США // БИКИ, № 69 (8856) от 31.05.2005.
119. Олово // Информационно-аналитический обзор «Состояние и перспективы мирового и внутреннего рынков цветных, редких и благородных металлов». Вып.4. ООО «Инфометгео». Москва, 2002 г, С. 40.
120. Рост спроса на олово в мире // БИКИ, №1 29 (8775) от 11.11.2004.
121. Состояние мирового рынка олова // БИКИ, № 10 (8806) от 27.01.2005.
122. На американском и мировом рынках олова // БИКИ, № 34 (8930) от 22.11.2005.
123. На рынке олова США // БИКИ, № 39 (8985) от 06.04.2006.
124. Положение в оловянной промышленности мира // БИКИ, № 84 (9030) от 27.08.2006.
125. В 2006 г спрос и цены на олово вырастут // Metals Plact. 31.06.06.
126. Николаев В. Обзор мирового рынка олова на 19.09. 2005 г.
127. Олово // www.Gazeta.Kz.
128. Иващенко В.И., Иващенко О.В. Прибыльный сегмент // Металл № 8. – 2002. - С. 66-69.
129. На японском рынке лития // БИКИ, № 126 (8472) от 31.10.2002.
130. На японском рынке литиевых химикатов // БИКИ, № 133 (8779) от 20.11.2004.

131. На японском рынке литиевых химикатов // БИКИ, № 102 (8898) от 08.09.2005.
132. Мировой рынок лития в 2004 г. // БИКИ, № 120 (8916) от 20.10.2005.
133. Мировой рынок бериллия // БИКИ, № 8 (8654) от 24.01.2004.
134. На мировом рынке бериллия // БИКИ, № 104 (8750) от 14.09.2004.
135. На мировом и американском рынках бериллия // БИКИ, № 117 (9063) от 14.10.2006.
136. Иващенко В.И., Иващенко О.В. Вольфрам // Металл, № 3. – 2001. - С. 28- 34.
137. На китайском рынке вольфрама // БИКИ, № 19 (8515) от 18.02.2003.
138. На японском рынке вольфрама и молибдена // БИКИ, № 39 (8685) от 06.04.2004.
139. На японском рынке вольфрама и молибдена // БИКИ, № 68 (8714) от 19.06.2004.
140. Японский рынок вольфрама и молибдена в 2004 г. // БИКИ, № 62 (8858) от 04.06.2005.
141. Иващенко В.И., Иващенко О.В. Вольфрам. Металл на все руки // Metallurgical compass. Украина. – Мир, 2003. - № 8.
142. Иващенко В.И., Иващенко О.В. На круги своя. (Молибден) // Металл № 5, 2002. - С. 74- 79.
143. Иващенко В.И., Иващенко О.В. Молибден. Поэт-воин. (Обзор рынка молибдена) // Metallurgical compass, № 7, 2005. - С. 54-61.
144. На мировом рынке молибдена // БИКИ, № 122 (8768) от 26.10.2004.
145. На мировом и американском рынках молибдена // БИКИ, № 131 (8777) от 16.11.2004.
146. Состояние мирового рынка молибдена // БИКИ, № 146 (8792) от 21.12.2004.
147. Состояние и перспективы мирового рынка молибдена // БИКИ, № 79 (8875) от 16.07.2005.
148. На мировом рынке молибдена // БИКИ, № 4 (8950) от 14.01.2006.
149. На мировом и американском рынках молибдена // БИКИ, № 82 (9028) от 22.07.2006.
150. На мировом и американском рынках рения // БИКИ, № 24 (8670) от 28.02.2004.
151. На мировом и американском рынках рения // БИКИ, № 40 (8986) от 8.04.2006.
152. Иващенко В.И., Червонный И.Ф., Иващенко О.В. Рений. Деликатес хай-тэка. Обзор рынка рения // Metallurgical compass, 2007. - № 1(49).
153. Мировой рынок ванадия // БИКИ, № 45 (8791).
154. Иващенко В.И., Иващенко О.В. Богиня Ванадис открывает только после настойчивого стука. Обзор рынка ванадия // Metallurgical compass. Украина. Мир. - № 8. – 2004. - С. 52-58.
155. Состояние и перспективы мирового рынка ванадия // БИКИ, № 102 (8898) от 08.09.2005.
156. Иващенко В.И., Иващенко О.В. «Витамины» для стали. Обзор рынка ниобия // Metallurgical compass. Украина. - Мир, № 5. – 2004. - С. 54-59.
157. Мировой рынок ниобия // БИКИ, № 99 (8745) от 02.09.2004.
158. Состояние мировых рынков ниобия и германия // metalltorg.ru, 11.10.2006.
159. Годовой отчет ОАО «Соликамский магниевый завод» за 2005 год. Соликамск, 2006 г.

160. Иващенко В.И., Иващенко О.В. Танталовы муки Украины. Обзор рынка тантала // *Металлургический компас. Украина.* – Мир. - № 5, – 2004, - С. 60-64.
161. Мировой и японский рынки тантала и танталовых продуктов // *БИКИ*, № 43 (8839) от 16.04.2005.
162. На мировом рынке тантала // *БИКИ*, № 75 (8871) от 07.07.2005.
163. Ситуация на мировом рынке тантала // *БИКИ*, № 105 (8901) от 15.09.2005.
164. На мировом рынке тантала // *БИКИ*, № 78 (9024) от 13.08.2006.
165. Тэлин В.В., Иващенко В.И., Червонный И.Ф., Шварцман М.Я., Иващенко О.В., Швец Е.Я., Кокарев В.А. Анализ тенденций развития технологии производства и потребления титана // *Титан*, № 2 (17). – 2005. - С. 62-68.
166. Иващенко В.И., Червонный И.Ф. Состояние и перспективы технологии и производства титана // *Металлургия. Наукові праці Запорізької державної інженерної академії. Випуск 13. Запоріжжя, 2006.* - С. 25-36.
167. Иващенко В.И., Червонный И.Ф., Иващенко О.В. Новый виток в производстве титана // *Сборник докладов. Первая отраслевая конференция. Рынок цветных металлов СНГ-2006*». - С. 32-40.
168. Положение на мировом рынке титана // *БИКИ*, № 148 (8944) от 24.12.2005.
169. Иващенко В.И., Червонный И.Ф., Иващенко О.В. Планете Титан. Обзор рынка титановой продукции // *Металлургический компас.* № 5 (41). – 2006. - С. 36-44.
170. Перспективы японского рынка металлического титана // *БИКИ*, № 64 (9010) от 08.06.2006.
171. Рост поставок титановой продукции в США // *Титан и его сплавы: Новости*, 27.09.2006.
172. Иващенко В.И., Иващенко О.В. Состояние сырьевой базы, производства и потребления циркония и гафния за рубежом и в Украине // *Сб. трудов «Металлургия», Запорожье: ЗГИА, Вып.1.* - 1998. - С. 11-17.
173. Иващенко В.И., Иващенко О.В. Цирконий и гафний // *Металл.* № 11. – 2000. - С. 34 – 39.
174. Конъюнктура мирового рынка циркона // *БИКИ*, № 97 (8593) от 30.08.2003.
175. Состояние японского рынка оксида циркония // *БИКИ*, № 121 (8617) от 23.10.2003.
176. Отрощенко В. Труба для мирного атома // *Металл Бюллетень, Украина*, № 2 (80). - 2004.
177. Мировой рынок циркония и гафния // *БИКИ*, № 32 (8678) от 23.03.2004.
178. Иващенко В.И., Иващенко О.В. Цирконий. Метал-призрак // *Металлургический компас. Украина- Мир*, № 1. – 2004. – С. 38 – 46.
179. Иващенко В.И., Дрожжев В.И. Море возможностей в использовании редкоземельных металлов // *Металл*, № 8. – 2001. - С. 37-40.
180. Иващенко В.И., Иващенко О.В. Новые перспективы для редких земель // *Металл*, № 1. – 2003. - С. 58- 62.
181. Иващенко В.И. Редкие земли Украины. Архипелаг забвения // *Металлургический компас*, № 7. – 2003. - С. 70-78.
182. На мировом и китайском рынке редких земель // *БИКИ*, № 135 (8781) от 25.11.2004.

183. Ситуация в редкоземельной промышленности КНР и возможный рост цен на редкоземельные продукты // БИКИ, № 15 (8811) от 05.02.2005.
184. На мировом и американском рынках редких земель // БИКИ, № 107 (8903) от 20.09.2005.
185. В мировой редкоземельной промышленности // БИКИ, № 135 (8931) от 24.11.2005.
186. Годовой отчет ОАО «Соликамский магниевый завод» за 2006 год, Соликамск, 2006 г.
187. На мировом рынке германия // БИКИ, № 95 (9041) от 22.08.2006.
188. На мировом рынке германия // БИКИ, № 146 (8942) от 20.12.2005.
189. Иващенко В.И., Иващенко О.В. Состояние сырьевой базы, производства и потребления германия за рубежом и в Украине // Сб. трудов «Металлургия». Запорожье: ЗГИА, 1999, Вып. 2. - С.11-16.
190. Иващенко В.И., Иващенко О.В. Германий. Полупроводник- полупассажир // Металлургический компас. Украина – мир. № 4. – 2005. - С. 53-58.
191. На японском рынке германия // БИКИ, № 18 (8514) от 15.02.2003.
192. На японском рынке германия // БИКИ, № 112 (8908) от 01.10.2005.
193. Состояние мировых рынков ниобия и германия // metalltorg.ru.
194. Иващенко В.И., Иващенко О.В.. Состояние сырьевой базы, производства и потребления галлия за рубежом и на Украине // Сб. трудов «Металлургия». Запорожье: ЗГИА, Вып. 3. – 2000. – С. 11-15.
195. На мировом и американском рынках галлия // БИКИ, № 105 98751) от 16.9.2004.
196. На мировом рынке галлия // БИКИ, № 19 (8815) от 15.02.2005.
197. Иващенко В.И. Галлий. Петух с противоречивым нравом // Металлургический компас. № 6. – 2005. – С. 67-71.
198. Состояние и перспективы японского рынка галлия // БИКИ № 145 (8941) от 17.12.2005.
199. Иващенко В.И., Иващенко О.В., Михайлин В.Н. Состояние сырьевой базы, производства и потребления индия за рубежом и в Украине // Сб. трудов «Металлургия». Запорожье: ЗГИА, Вып. 4. – 2001. – С. 40–45.
200. Ситуация на японском рынке индия // БИКИ, № 123 (8619) от 28.10.2005.
201. Ситуация на мировом рынке индия // БИКИ, № 61 (8707) от 01.06.2004.
202. Состояние и перспективы мирового рынка индия // БИКИ, № 95 (8741) от 24.08.2004.
203. Иващенко В.И., Иващенко О.В. Индий, Пришелец из другого мира // Металлургический компас, № 12 , 2004 г.
204. Состояние и перспективы мирового рынка индия // БИКИ, № 116 от 11.10.2005.
205. Ситуация на мировом и японском рынках индия // БИКИ, № 43 (8989) от 15.04.2006.
206. На японском рынках индия // БИКИ, № 97 (9043) от 26.08.2006.
207. На мировом и японском рынках селена // БИКИ, № 13 (8659) от 03.02.2004.
208. На мировом и японском рынках селена // БИКИ, № 112 (8758) от 02.10.2004.
209. На мировом рынке селена // БИКИ, № 84-85 (8880-8881) от 28.07.2005.

210. На японском рынке селена и теллура // БИКИ, № 22-23 (8968-8969) от 25.02.2006.
211. Борисевич В.Т., Буренин А.Н. Кропов В.С. и др. Организация торговли драгоценными металлами. М.: ИнФА, 1996. – 190 с.
212. Перспективы движения цен на мировом рынке золота // БИКИ, № 126 (8922) от 03.11. 2005.
213. Состояние мирового рынка золота в 2004 г. // БИКИ № 104 (8900) от 13.09. 2005.
214. На мировом рынке золота // БИКИ, № 1-2 (8947-8948) от 10.01.2006.
215. На мировом рынке золота // БИКИ № 115 (8911) от 08.10.2005.
216. Сикачина А. Мировой рынок золота // Металл. № 9. – 2006. – С. 59-61.
217. Северин Д. Добыча золота в СНГ // БИКИ, № 19 (8965) от 16.02.2006.
218. Иващенко О.В., Иващенко В.И. Облагороженные рынки и их низменный анализ. Обзор рынков золота, серебра, платины // Металлургический компас. № 3 (39). – 2006. – С. 25-34.
219. Иващенко О.В., Иващенко В.И. Рог благородия. Обзор международных рынков благородных металлов // Металлургический компас. № 3 (51). – 2007. – С. 14-27.
220. Мировой рынок серебра в 2004 г. // БИКИ № 122 (8918) от 25.10.2005.
221. Перспективы развития мирового рынка серебра в 2005 г. // БИКИ, № 123 (8919) от 27.10.2005.
222. Оценка положения на мировом рынке платины и палладия // БИКИ, № 4 (8650) от 15.01.2004.
223. Состояние и перспективы мирового рынка платины // БИКИ, № 107(9053) от 21.09.2006.
224. Развитие конъюнктуры мировых рынков платины и палладия // БИКИ, № 129(8775) от 11.11.2004.
225. Сикачина А. Рынок платины // Металл, № 8. – 2006. – С. 58-59.
226. О росте цен на родий // БИКИ, № 37 (8683) от 01.04.2004.
227. О мировых ценах на родий // БИКИ № 41 (8837) от 12.04.2005.
228. Ситуация на мировом рынке родия / БИКИ, № 114 (9060) от 07.10.2006
229. Ситуация на мировых рынках рутения и иридия / БИКИ, № 119 (9065) от 19.10.2006.

Володимир Іванович Пожуєв
д.фіз.-мат.н., професор

Владислав Іванович Іващенко
к.т.н., доцент

Іван Федорович Червоний
д.т.н., професор

Володимир Петрович Грицай
к.т.н., професор

МЕТАЛУРГІЯ

КОЛЬОРОВИХ МЕТАЛІВ

Частина 1

Сировинні ресурси і виробництво

Підручник

Підписано до друку 08.01.2008р. Формат 60х84 1/32. Папір офсетний.
Умовн. друк. арк 18,6. Наклад 300 прим
Видавничий договір № 763.

Віддруковано друкарською
Запорізької державної інженерної академії
з комп'ютерного оригінал-макету

69006, м. Запоріжжя, пр. Ленна, 226
РВВ ЗДІА,
тел. 2-238-240

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 2958 від 03.09.2007 р.