



ISSN 2786-5827

Електронне наукове видання

**НАУКОВИЙ ВІСНИК МІЖНАРОДНОЇ АСОЦІАЦІЇ НАУКОВЦІВ.**

*Серія: економіка, управління, безпека, технології*

**SCIENTIFIC BULLETIN OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF SCIENTISTS.**

*Series: Economy, Management, Security, Technology*

**Том 2, № 4, 2023**

**Volume 2, Issue 4, 2023**

[www.man.org.ua](http://www.man.org.ua)

Наказом МОН України від 10.10.2022 р. №894 видання включено до **категорії «Б»** за спеціальностями:  
051 – економіка; 072 – фінанси, банківська справа та страхування; 073 – менеджмент;  
076 – підприємництво, торгівля та біржова діяльність; 292 – міжнародні економічні відносини

DOI 10.56197/2786-5827/2023-2-4-3

УДК 669.71:546.621:620.16

Пригунова Адель Георгіївна,  
доктор технічних наук, старший науковий співробітник,  
Заслужений діяч науки і техніки України, завідувачка відділу,  
Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України,  
проспект Вернадського, 34/1, м. Київ, Україна, 03142,  
email: adel\_nayka@ukr.net  
ORCID ID: 0000-0001-8030-9160  
Scopus ID: 6601933343

Тубольцев Леонід Григорович,  
кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,  
Заслужений працівник промисловості України, завідувач відділу,  
Інститут чорної металургії імені З. І. Некрасова НАН України,  
площа Академіка Стародубова, 1, м. Дніпро, Україна, 49107,  
email: isi.tubol@gmail.com,  
ORCID ID: 0000-0001-9540-3037

Prygunova Adel,  
Doctor of Technical Sciences, Senior Research Fellow,  
Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Head of the Department,  
Physical and Technological Institute of Metals and Alloys of the National Academy of  
Sciences of Ukraine,  
Vernadskyi Avenue, 34/1, Kyiv, Ukraine, 03142,  
email: adel\_nayka@ukr.net  
ORCID ID: 0000-0001-8030-9160  
Scopus ID: 6601933343

Tuboltsev Leonid,  
PhD in Technical, senior researcher, Honored Worker of the Industry of Ukraine,  
head of the Scientific and Organizational Department,  
Institute of Ferrous Metallurgy named after Z. I. Nekrasov of the National Academy of  
Sciences of Ukraine,  
sq. Akademika Starodubova, 1, Dnipro, Ukraine, 49107,  
email: isi.tubol@gmail.com  
ORCID ID: 0000-0001-9540-3037

# ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИРОВИННОЇ БАЗИ АЛЮМІНІЄВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ

## PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE RAW MATERIAL BASE OF THE UKRAINIAN ALUMINUM INDUSTRY

---

**Вступ.** Виклики, що постали перед Україною в період військових дій російської федерації (рф), посилили необхідність зміцнення економіки, військово-оборонного комплексу та національної безпеки країни. Вирішальну роль в цьому процесі має відігравати алюмінієва промисловість, розвиток якої значною мірою залежить від стану та перспектив розвитку сировинної бази.

**Матеріали та методи.** Методологічною основою дослідження є системний аналіз стану і проблеми розвитку сировинної бази вітчизняної та світової алюмінієвої індустрії, узагальнення інформації, статистичні методи збору, обробки даних та прогнозу.

**Результати і обговорення.** Розглянуто ситуацію в алюмінієвій галузі з моменту здобуття Україною незалежності до теперішнього часу. Досліджено стан та перспективи вітчизняної сировинної бази з виробництва алюмінію. Обговорено причини і наслідки скорочення та зупинення виробничих потужностей. Визначено, що через негативні наслідки приватизації Україна в 2011 році позбулася статусу країни-виробника первинного алюмінію, не отримавши при цьому компенсації та очікуваних інвестицій для створення нових перспективних виробництв. Базуючись на світовому і вітчизняному досвіді запропоновано шляхи інноваційного розвитку сировинної бази вітчизняного алюмінієвого виробництва з використанням існуючого науково-технічного, виробничого та ресурсного потенціалу. Показано необхідність визначення стратегічних напрямів відродження та модернізації алюмінієвої промисловості України у післявоєнний період та на перспективу в рамках розроблення “Державної програми розвитку алюмінієвої промисловості України до 2050 року”.

**Висновки.** Для забезпечення національної безпеки держави і зменшення залежності України від світового ринку металів першочерговими, середньо- та довгостроковими завданнями в алюмінієвій галузі повинно стати відновлення зруйнованих війною підприємств та вибір перспективних напрямів її зростання на основі сучасних досягнень науки та техніки. Актуальним завданням є відродження замкненого циклу виробництва алюмінію в Україні, розширення сировинної бази шляхом вдосконалення обладнання, розроблення технологій переробки та збагачення вітчизняних бокситів, дослідження можливості використання алюмінієвої рудної сировини з низьким вмістом корисних компонентів і високим вмістом заліза. Створення українського алюмінієвого виробництва світового рівня потребує розроблення Концепції та відповідної Державної програми розвитку алюмінієвої промисловості на період до 2050 року, яка передбачає розвиток сировинної бази та забезпечення потреб економіки в конкурентоздатній алюмінієвій продукції, організації державного регулювання щодо оптимального використання сировинних та енергетичних ресурсів.

**Ключові слова:** алюмінієва промисловість, сировинна база, первинний та вторинний алюміній, світовий та вітчизняний досвід, перспектива.

**Introduction.** The challenges faced by Ukraine during the military operations of the russian federation (rf) increased the need to strengthen the economy, the military-defense complex, and the country's national security. A decisive role in this process should be played by the aluminum industry, the development of which largely depends on the state and prospects for the development of the raw material base.

**Materials and methods.** The methodological basis of the study is a systematic analysis of the state and problems of the development of the raw material base of the domestic and global

aluminum industry, generalization of information, statistical methods of data collection, data processing and forecasting.

**Results and discussion.** The situation in the aluminum industry from the moment Ukraine gained independence to the present time is considered. The state and prospects of the domestic raw material base for aluminum production were studied. The reasons and consequences of reduction and stoppage of production capacities are discussed. It was determined that due to the negative consequences of privatization, in 2011, Ukraine lost its status as a producer of primary aluminum, without receiving the compensation and expected investments for the creation of new promising productions. Based on world and domestic experience, ways of innovative development of the raw material base of domestic aluminum production using the existing scientific and technical, production and resource potential are proposed. The necessity of determining the strategic directions of the revival and modernization of the aluminum industry in Ukraine in the post-war period and for the future as part of the development of the "State Program for the Development of the Aluminum Industry of Ukraine until 2050" is shown.

**Conclusions.** In order to ensure the national security of the state and reduce Ukraine's dependence on the world metal market, the primary, medium and long-term tasks in the aluminum industry should be the restoration of enterprises destroyed by the war and the selection of promising directions for its growth based on modern achievements of science and technology. An urgent task is the revival of the closed cycle of aluminum production in Ukraine, the expansion of the raw material base by improving equipment, the development of technologies for the processing and enrichment of domestic bauxite, the study of the possibility of using aluminum ore raw materials with a low content of useful components and a high content of iron. The creation of world-class Ukrainian aluminum production requires the development of a Concept and the corresponding State program for the development of the aluminum industry for the period until 2050, which provides for the development of the raw material base and the provision of the economy's needs for competitive aluminum products, the organization of state regulation regarding the optimal use of raw materials and energy resources.

**Keywords:** aluminum industry, raw material base, primary and secondary aluminum, world and domestic experience, perspective.

**JEL Classification:** L60, L61, L79

**Вступ.** Військова агресія російської федерації (рф) проти України виявила суттєві проблеми в економічному розвитку країни за останні 30 років. Відсутність належної уваги з боку держави щодо проникнення рф в економіку країни протягом усіх років незалежності не дозволила своєчасно оцінити негативний вплив руйнівної політики агресора. Допущені у приватизації помилки призвели до втрати Україною статусу країни-виробника первинного алюмінію. Під лозунгом ефективності приватизації не звернули уваги на те, що російський капітал захоплював найбільш прибуткові державні підприємства, доводив їх до банкрутства та знищував. Це сталося і з алюмінієвою промисловістю – було пограбовано та знищено виробництво первинного алюмінію, яке здійснювалося на ВАТ “Запорізький алюмінієвий виробничий комбінат”<sup>1</sup>.

Виклики, що постали перед Україною в період військових дій рф, посилили необхідність зміцнення економіки, військово-оборонного комплексу та національної безпеки країни. У післявоєнний період Україна є потенційно великим споживачем нових матеріалів, сучасних енергозберігаючих та екологічно безпечних технологій і обладнання для модернізації та розвитку виробництва. Одну з вирішальних ролей в цьому процесі має відігравати алюмінієва промисловість, розвиток якої значною мірою залежить від стану сировинної бази.

---

<sup>1</sup> <https://glavcom.ua/publications/virobnictva-alyuminiyu-v-ukrajini-bilshe-nemaje-istoriya-znishchennya-zalku-439457.html/> (дата звернення 05.07.2023).

У теперішній час першочерговими завданнями алюмінієвої галузі є відновлення зруйнованих війною підприємств та вибір перспективних напрямів її зростання. Для забезпечення національної безпеки держави і зменшення залежності України від світового ринку металів, нагальним є відновлення виробництва первинного алюмінію (Пригунова, 2022).

Метою статті є системний аналіз сировинної бази для відродження алюмінієвого виробництва у відповідності з науковими та практичними завданнями сьогодення.

**Матеріали та методи.** Методологічною основою дослідження є системний аналіз стану і проблем розвитку сировинної бази вітчизняної та світової алюмінієвої індустрії, узагальнення інформації, статистичні методи збору, обробки даних прогнозу та досліджень науковців (Chuckwulebe, 2006; Бойченко, 2017; Гнатуш, 2020; Нестеренко, 2015; Очинський, 2013 та інші).

**Результати і обговорення.** У природі алюміній знаходиться у вигляді алюмовмісних руд: бокситів, нефелінів, алунітів, каолінів тощо. Найбільш важливою рудною сировиною, на якій базується більша частина світової алюмінієвої промисловості, є боксити (Пожуєв, 2007). Ця гірська порода складається в основному з оксиду алюмінію з домішкою інших мінералів. За способом виробництва металургія алюмінію поділяється на первинну і вторинну.

*Технології та сировина для виробництва первинного алюмінію.* Технологія виробництва алюмінію включає стадію вилучення глинозему (окис алюмінію) з алюмінієвих руд і його подальшу переробку. У XIX столітті описано не менше дюжини різновидів алюмовмісної сировини, проте тільки три з них (боксит, каолініт, алуніт) мають промислове значення. На підприємствах первинної металургії з них (переважно з бокситів) одержують глинозем ( $Al_2O_3$ ) кислотним або лужним способами (Бредихін, 2009).

Виробництво алюмінію починається з ретельного дроблення бокситу із застосуванням їдкового луку або вапна, переміщення сировини в автоклав, де при температурі  $250\text{ }^{\circ}C$  відбувається її розкладання з виділенням алюмінату натрію. Далі натрієвий розчин проходить етап очищення в спеціальних згущувачах, де він відокремлюється від шламу. Очищений розчин фільтрується і спрямовується в ємності з регулярним помішуванням. У вакуумних фільтрах і циклонах відбувається виділення окису алюмінію, частина якого використовується для затравки, а решта направляється на кальцинацію. Цей процес, який також називається зневодненням, відбувається при температурі близько  $1300\text{ }^{\circ}C$ . У середньому для отримання однієї тонни окису (глинозему) потрібно до  $4,25\text{ кВт/год}$  енергії. Головним обладнанням для одержання алюмінію є спеціальна ванна – електролізер, що оснащена вуглецевими блоками, в якій методом електролізу криоліто-глиноземних розплавів (метод Еру-Холла) виробляють алюміній (Grjotheim, 1993, p. 260). До електролізера підведено електричний струм потужністю до  $150000\text{ А}$ . У ємності розташовують вугільні аноди, які згоряють після виділення чистого кисню і утворюють окис вуглецю. Завдяки процесу електролізу чистий метал розчиняється в анодному шарі та піднімається на поверхню, виконуючи роль катоду. Ця технологія отримання первинного алюмінію, що заснована на використанні електричного струму великої потужності (до  $40000\text{--}47000\text{ кВт}\cdot\text{ч/т Al}$ ), є найбільш поширеною в світі. Її використання стало можливим завдяки виготовленню електроенергії у промислових масштабах (Пожуєв, 2007).

Економічні показники виробництва алюмінію суттєво залежать від вмісту глинозему в шихті. Існуючі технології виробництва первинного алюмінію дозволяють переробляти сировину у вигляді бокситів з вмістом глинозему  $48\text{--}60\%$ . Геологорозвідувальні роботи  $50\text{--}60\text{-х}$  років минулого століття показали, що, на жаль, в Україні відсутня така високоякісна сировина, здатна конкурувати з імпортними бокситами Гвінеї, Ямайки, Австралії, Бразилії тощо. Тому вітчизняна алюмінієва промисловість використовувала переважно імпортну сировину.

*Світові лідери на ринку рудної сировини та перспективи його розвитку.* Найбільш важливою рудною сировиною, на якій базується більша частина світової алюмінієвої

промисловості, є боксити. Їх загальний видобуток понад 125 млн тонн на рік <sup>2</sup>. Вони забезпечують 98 % світового виробництва глинозему, нефелінові руди, алуніти і каолініти – 2 %. Загальні світові запаси бокситів, за оцінкою Геологічної служби США, складають від 55 до 75 млрд. тонн, враховані – біля 65 млрд. тонн. Із загального обсягу світових запасів у Південній Америці знаходиться 33 %, Африці – 27 %, Азії – 17 %, Океанії – 13 %, інших регіонах світу – 10 %. Близько 90 % світових запасів бокситів зосереджена в країнах тропічного і субтропічного поясів — з них 73 % припадає на п'ять країн: Гвінею, Бразилію, Ямайку, Австралію та Індію. У Гвінеї бокситів найбільше (рис. 1), при цьому вони високої якості, містять мінімальну кількість домішок і залягають практично на поверхні.



Рис. 1. Країни з найбільшими запасами бокситів, млн тонн, станом на 2021 рік  
Джерело: складено авторами.

Список країн з найбільшим щорічним видобутком власних бокситів у 2021 році очолив Китай (рис. 2). На власні потреби витрачається майже 10 % загальних запасів. Основними експортерами бокситів на світовий ринок виступають Гвінея – 39 %, Бразилія – 14 %. Враховуючи великий обсяг розвіданих запасів бокситів у цих країнах, їх провідне положення на світовому ринку алюмінієвої сировини збережеться і у найближчій перспективі. У США ресурсів для повного задоволення попиту бокситів не вистачає, тому вони частково закуповуються за імпортом. Світовим лідером з виробництва глинозему є Австралія, частка якої у його загальному обсязі світового виробництва складає 63 %.

*Сировинна база первинної алюмінієвої промисловості України.* Україна відноситься до країн, багатих різними видами небокситової сировини, але достатньо бідної по запасах бокситів (Гурський, 2005). Вітчизняні боксити, окрім низького вмісту глинозему, містять шкідливі домішки (зокрема, залізо), що потребує додаткової обробки та погіршує економічні показники виробництва алюмінію. Для визначення перспективності їх використання розглянемо якісні показники рудної сировини основних алюмовмісних родовищ України більш детально.

<sup>2</sup> <https://www.ftmmachinery.com/ru/blog/global-use-of-bauxite-and-bauxite-reserves-left-to-human.html>. (дата звернення 05.07.2023).



Рис. 2. Країни з найбільшим щорічним видобутком власних бокситів станом на 2021 рік  
Джерело: складено авторами

Промислове значення для України мають Смілянське (Черкаська обл.) та Високопільське родовища бокситів<sup>3</sup>. Найбільше з них Високопільське родовище (Дніпропетровська обл.) складається з десяти покладів з середнім хімічним складом залізовмісних бокситів: 38,05 %  $Al_2O_3$ ; 8,55 %  $SiO_2$ ; 28,97 %  $Fe_2O_3$ . Загальні ресурси родовища оцінюються в 72 млн. тонн, розвідані – в 17 млн. тонн. У Дніпропетровській області, Приазов'ї та Карпатах відкрито, але не розвідано, нові родовища бокситів. Важливою сировиною для виробництва алюмінію є каолін, видобуток якого здійснюється у Вінницькій, Хмельницькій, Дніпропетровській і Запорізькій областях. Потенційними внутрішніми ресурсами алюмінієвмісної сировини також є нефелінові руди Приазов'я, закарпатські алуніти. 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. В Україні нефелінові сієніти представлені маріуполітами і фюїтитами Жовтневого масиву Донбасу, особливістю якого є наявність рідкометальних нефелінових руд, що містять тантал, ніобій, цирконій і деякі інші метали. Ці руди можуть розглядатися як комплексна сировина. Їх запаси досить великі. Тільки на двох родовищах Приазов'я: Мазуровському і Калініно-шевченківському, вони складають 2,9 млрд. тонн. Нефелінові породи Жовтневого масиву значно поступаються рудам, що переробляються за межами України, і концентратам за вмістом глинозему і лугів. Разом з тим, в них значно вищий вміст рідкісних і рідкоземельних елементів, що підвищує їх цінність.

Сировина лужних алюмосілікатів (пірохлор) у маріуполітах ділянки Балка Мазурова 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 %  $Na_2O$ . До складу лужних алюмосілікатів входять також рідкісні метали, такі як галій, рубідій, цезій в досить великій кількості: галій – 80 г/тонн, рубідій – 240 г/тонн; цезій – не менше 8 г/тонн, що значно вище порівняно із зарубіжними аналогами. Значні запаси нефелінових порід виявлено на заході України в Прокуровському масиві

<sup>3</sup> [https://www.researchgate.net/publication/338208794\\_Korisni\\_kopalini\\_Ukraini](https://www.researchgate.net/publication/338208794_Korisni_kopalini_Ukraini) (дата звернення 05.07.2023)

Придністров'я, в Антонівському масиві у верхньому Побужжі і в районі м. Вінниці. Зокрема, Прокуровській масив займає площу близько 15 км<sup>2</sup>. На нефелінові породи припадає близько 20 – 25 % цієї площі. У нефелінових сієнітах Прокуровського масиву міститься 19 – 21 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 51 – 58 % SiO<sub>2</sub>; 6,4 – 8,8 % Na<sub>2</sub>O; 3,0 – 4.1 % K<sub>2</sub>O. У Закарпатті є крупні родовища алунітових руд і алунітвмісних порід: Беганьське, Березовське, Добросельське і Лопушнянське. Розвідані запаси алунітових руд Беганьського і Березовського родовищ відповідно 290,3 млн. тонн і 51,4 млн. тонн. Головною перевагою алунітових руд є можливість видобувати їх економічним відкритим способом, проте в них невисокий вміст алуніту (близько 30 %) що призводить до необхідності збагачення. Мінерал алуніт має формулу: (K,Na)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>·4Al(OH)<sub>3</sub>. Головними мінералами цих 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 вміст глинистих мінералів складає 20-25 %, а вміст опалу досягає 50 %. Вміст основних компонентів на різних ділянках Беганьського родовища коливається в межах: 56-60 SiO<sub>2</sub> %; 13,7-15,4 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 12,2-14,2 SO<sub>3</sub> %; 3,5-4,9 % Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O; 0,75-2,9 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,4-0,6 % MgO; 0,12-0,16 % CaO. При цьому в породі присутній, головним чином, луг калію, а вміст Na<sub>2</sub>O 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 %. Вміст срібла і ванадію складає менше 0,01 %, найчастіше досягаючи 0,001-0,003 %. Алуніти Добросельського родовища по складу і кількості хімічних домішок нагадує беганьські. Особливо для них характерний значний вміст пентаоксида фосфору – 0,26 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> і вище 1,42 % оксиду натрію.

Незважаючи на відносно невеликий вміст алюмовмісних компонентів у вітчизняній рудній сировині порівняно з імпоротною, вона є цінною з точки зору наявності в ній модифікуючих (Na, K, S, P) і легуючих (Ca, Mg, рідкісні та рідкоземельні метали тощо) елементів, що використовуються в практиці для підвищення властивостей ливарних алюмінієвих сплавів і тих, що деформуються. Особливо це стосується вартісних рідкісних і рідкоземельних металів, які закуповуються за імпортом. Проте вітчизняні руди не можуть бути рентабельно перероблені за діючими технологіями. Це потребує розроблення ефективних способів збагачення і вилучення корисних металів, спеціального техніко-економічного обґрунтування з розглядом усіх можливих варіантів використання сировини.

Відповідні кроки в напрямку промислового використання вітчизняних залізистих бокситів Високопільського родовища були здійснені в 1980–1995 роках на Запорізькому алюмінієвому комбінаті, де було розроблено технології виробництва литих і гранульованих поршневих сплавів з підвищеним вмістом заліза, показана перспективність виготовлення з них якісної металопродукції.

Стан сировинної бази первинного алюмінію показує, що розроблення технологій переробки та збагачення вітчизняних бокситів та іншої алюмінієвої рудної сировини з низьким вмістом корисних компонентів і високим вмістом заліза є актуальним завданням, вирішення якого дозволить створити замкнутий цикл виробництва алюмінію в Україні.

*Структура собівартості виготовлення первинного алюмінію.* Зазвичай для виробництва 1 тони глинозему необхідно 2,5 тонн бокситів з вмістом Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> більше 40 %. Проте на практиці витрати сировини можуть бути набагато більшими, що залежить від її якості, обладнання і технологій, що використовуються, та інших факторів. Зменшення вмісту Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> у складі бокситів, підвищення вмісту домішок заліза (Високопільське родовище, Україна) потребують при виробництві глинозему на 20-30 % більшої кількості сировини, а також обумовлюють необхідність проведення наукових досліджень, спрямованих на розроблення технологій її переробки. Можливість застосування високозалізних бокситів підтверджено світовою практикою, зокрема для виготовлення жароміцних конструкційних алюмінієвих сплавів.

За світовим досвідом на виробництво однієї тонни алюмінію витрачається 2 тонни глинозему. Теоретично для отримання 1 тонни алюмінію потрібно 1,9 тонни глинозему.



Таким чином, для виробництва однієї тонни алюмінію необхідно до 4,5 тонн бокситів, проте кількість бокситів суттєво залежить від вмісту в ньому глинозему. До розплаву алюмінію, отриманого методом електролізу, додають легуючі елементи. Одержані сплави розливаються у зливки, з яких прокатуванням виготовляють різноманітні профілі та листи з необхідним рівнем якості та властивостей. Кількість необробленого алюмінію для виробництва 1 тони дроту, профілів визначається умовами ливарного і прокатного переробів, зазвичай цей показник не перевищує 1,1 тонни чистого алюмінію на одну тонну готової продукції.

До структури собівартості первинного алюмінію входять: вартість глинозему (30 – 39 %), витрати на електроенергію (25 – 43 %), вугільні електроди та додаткові сировинні матеріали (12 – 17 %), заробітна плата – біля 6 %, витрати на транспорт – 2 – 4 %, інші витрати – 7 – 9 %. Структура собівартості на конкретних виробництвах може відрізнятися, але цей показник, як правило, входить до комерційної таємниці та не розголошується.

*Сировинна база вторинної алюмінієвої промисловості України.* Після ліквідації електролізного виробництва алюмінію на ВАТ “ЗАЛК” (з 2011 р. ПАТ “ЗАЛК”) основними джерелами сировини для українських виробників алюмінієвої продукції є імпорт заготовок алюмінієвих сплавів або брухту алюмінію, а також використання брухту алюмінію та напівфабрикатів алюмінієвих сплавів внутрішнього ринку або власного виробництва. Базис вторинної металургії складають підприємства з переробки алюмінієвого брухту. Тенденцією розвитку світової алюмінієвої промисловості є скорочення виплавки первинного алюмінію і збільшення виплавки вторинного. Це дозволяє створювати не величезні заводи-гіганти, а невеликі підприємства, які чутливі до всіх змін, що відбуваються в галузі, особливо пов'язаних з динамікою кон'юнктури ринку.

Середні ціни за 1 кг алюмінію залежно від виду і стану металобрухту в різних областях України коливаються в середньому від 26000 до 48000 грн/тонн брухту (700 – 1300 дол/тонн)<sup>4</sup>. Основним джерелом сировини на ливарних підприємствах є брухт та відходи, тому від їх ціни залежить ціна продажу алюмінієвої продукції (рис. 3). Фінансовий результат від реалізації готових виробів визначається ціною її продажу. Рентабельність операційної діяльності виробництва алюмінію в цілому (КВЕД 2010 24.42) за даними Держстату України становила у 2019 році 8 %, у 2020 році – 14,6 %, у 2021 році – 5,5 %. Наслідки впливу на ці показники військової агресії РФ проти України не визначено.

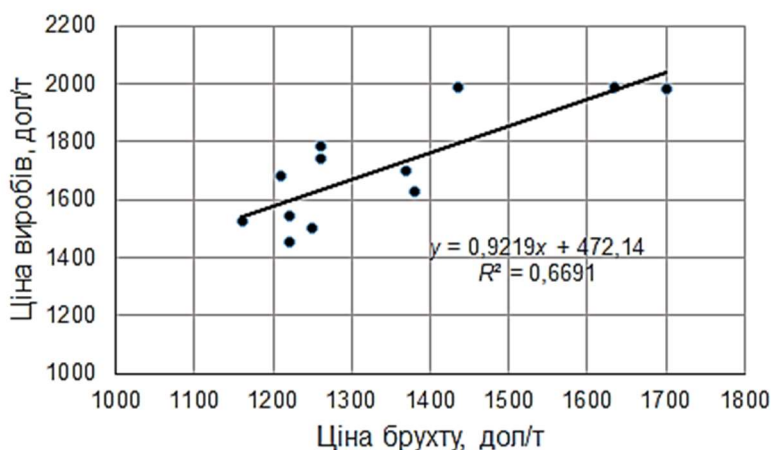


Рис. 3. Залежність ціни виробів з алюмінію від ціни алюмінієвого брухту за 2020–2021 роки  
Джерело: складено авторами

Ціна на алюмінієвий брухт у 2019-2021 роках коливалася в межах 1210 – 1700 дол. США/тонну<sup>5</sup>. Собівартість вітчизняної алюмінієвої продукції, зазвичай, перевищує ціни на

<sup>4</sup> <https://novyny.live/groshi/tsini-na-aliuminii-u-veresni-skilki-koshtuie-1-kg-kolorovikh-metaliv-v-ukrayini-118295.html>. (дата звернення 09.08.2023).

<sup>5</sup> <https://bestappraiser.com.ua/oglyad-galuzi-virobnictva-alyuminiyu-ta-produkci%D1%97-z-alyuminiyu-2/>. (дата звернення 05.09.2023).



аналогічні вироби, що постачаються за імпортом. Тому значну частку в експорті складають не готові до використання конкурентоздатні вироби, а напівфабрикати, брухт і відходи, що робить Україну сировинним додатком економічно стабільних країн. При цьому практично нерозвиненою є власна сировинна база, що створює дефіцит шихтових матеріалів для виробництва алюмінієвих сплавів. Доступний обсяг брухту алюмінію на внутрішньому ринку України становить в середньому 1200–1300 тонн на місяць. Не дивлячись на велику потребу вітчизняного виробника у брухті, значна його частина експортується за межі України. Недостатність сировини компенсується за рахунок імпорту заготовок алюмінієвих сплавів та брухту. З 2020 р. на внутрішньому ринку України спостерігається постійне збільшення дефіциту брухту алюмінію через збільшення обсягів експорту за кордон, зокрема, в Туреччину, яка підняла ціни закупівлі на імпортний брухт і сплави з алюмінію. Через зниження бази утворення брухту українські виробники змушені розподіляти наявні на території країни обсяги брухту за вищою ціною. Так, за період жовтень 2020 – січень 2021 рр. його ціна зросла на 31 %.

Вітчизняні виробники алюмінію змушені імпортувати сировину за умови, якщо ціна імпорту дозволяє їм продовжувати свою діяльність, або скорочувати обсяги виробництва. При цьому ціна імпортного алюмінію у 1,3–1,5 рази перевищує вартість експортного. Внаслідок зростання собівартості продукція українських виробників на світовому ринку стає не конкурентоспроможною, а на внутрішньому ринку зменшуються обсяги використання алюмінієвих сплавів. Проте ціна вітчизняної алюмінієвої продукції не є визначальною в умовах воєнного стану, коли на перший план виходять питання безпеки. При системному підході можливість власного виробництва завжди економічно вигідніше ніж імпорт.

Зростання обсягів споживання та розширення областей застосування алюмінію привело до збільшення використання не тільки алюмінієвого брухту, але і дрібнодисперсних та забруднених відходів (стружка, шлаки тощо) із вмістом алюмінію від 40 до 85 %. У загальному обсязі вторинної сировини їх частка становить: стружка понад 26 %, шлак – понад 13 %. Останній може містити 60-80 % алюмінію, 30 – 35 %  $Al_2O_3$ . Але ефективна переробка цих відходів на традиційному устаткуванні утруднена (Верховлюк, 2019). Тому одержання якісних алюмінієвих сплавів з вторинної сировини потребує розроблення сучасних технологій виробництва і технічного прориву в процесах та устаткуванні для підготовки брухту та відходів, плавлення, обробки розплаву та розливання, оскільки на світовому ринку поділ на металопродукцію з первинної і вторинної сировини відсутній. Не залежно від виду сировини, що використовується, вироби повинні відповідати єдиним міжнародним стандартам і мати високі споживчі властивості.

Основу вторинної алюмінієвої промисловості в Україні склали downstream-виробники широкого спектру продукції від напівфабрикатів до виробів, одержаних різними способами литва та обробки металу тиском. Для виготовлення вказаної продукції використовують алюміній, що постачається за імпортом (Австрія, Німеччина, Словаччина, росія тощо), а також алюмінієві брухт та напівфабрикати сплавів внутрішнього ринку, забезпеченість виробництва якими є однією з складних проблем. Не дивлячись на економічні та екологічні переваги вторинної металургії, сплави, виплавлені з брухту та відходів, поступають їх аналогам з первинних металів за якісними характеристиками через вміст шкідливих неметалевих (оксиди) і металевих (залізо тощо) домішок. Це вимагає розроблення та застосування ефективних способів їх виплавки, рафінування, легування та модифікування.

Крім технологічних проблем в алюмінієвій промисловості України є багато інших, що гальмують її розвиток:

- пошкоджені та зруйновані під час бойових дій виробничі потужності;
- високий ступінь зносу основних виробничих фондів;
- дефіцит і висока вартість сировинних ресурсів та енергоносіїв, частка яких досягає 70 % собівартості готового продукту;
- відсутність виробництва первинного алюмінію та нових матеріалів на його основі (надлегкі, дрібнокристалічні, аморфні тощо), що конкурентоспроможні на світовому ринку;

- недостатній обсяг інвестицій в оновлення основних фондів;
- недосконалий технічний рівень обладнання та технологій, що не відповідають екологічним вимогам;
- зростання транспортних витрат;
- низький обсяг споживання продукції на внутрішньому ринку внаслідок спаду темпів виробництва на підприємствах різних галузей промисловості;
- несприятлива кон'юнктура зовнішніх ринків та протидія виробників металопродукції у країнах–імпортерах, що призводить до погіршення умов її експорту;
- відсутність системної державної підтримки галузі та недостатній захист вітчизняних виробників (відтермінування екологічних платежів, запровадження спеціальних режимів оподаткування, активне використання механізмів антидемпінгових розслідувань тощо) (Пригунова, 2022).

Вирішення цих важливих проблем потребує державної підтримки, зокрема, в напрямках:

- удосконалення промислової політики післявоєнного відродження України, у тому числі за рахунок розроблення Концепції та відповідної Державної програми розвитку металургійної промисловості на період до 2050 року (Тубольцев, 2023), у тому числі алюмінієвої промисловості;
- розроблення ефективного механізму фінансування та пільгового кредитування будівництва, відновлення та модернізації виробництв;
- скасування ПДВ на імпорт виробничого обладнання;
- запровадження ефективної в ряді країн ЄС моделі пільгового періоду для інвестора, коли за умови відмови власника бізнесу від отримування дивідендів та реінвестування зароблених коштів у виробництво його звільняють від податку на прибуток<sup>6</sup>.

**Висновки.** Наявна в Україні сировинна база за певних умов може забезпечити розвиток вітчизняної алюмінієвої промисловості та створення замкнутого циклу виробництва алюмінію. Проте допущені при приватизації помилки призвели до втрати Україною статусу країни-виробника первинного алюмінію, а військова агресія РФ проти країни призвела до втрати багатьох підприємств вторинної алюмінієвої промисловості. Для забезпечення національної безпеки держави і зменшення залежності України від світового ринку металів першочерговими завданнями повинні стати вибір перспективних напрямів зростання алюмінієвій галузі та відновлення зруйнованих війною підприємств. Актуальним завданням є відродження замкнутого циклу виробництва алюмінію в Україні, розширення сировинної бази шляхом вдосконалення обладнання, розроблення технологій переробки та збагачення вітчизняних бокситів, дослідження можливості використання алюмінієвої рудної сировини з низьким вмістом корисних компонентів і високим вмістом заліза. Вибір перспективних напрямів розвитку алюмінієвої промисловості має здійснюватися на основі сучасних досягнень науки та техніки. Створення українського алюмінієвого виробництва світового рівня потребує розроблення Концепції та відповідної Державної програми розвитку алюмінієвої промисловості на період до 2050 року, яка передбачає першочерговий, середньо- і довгостроковий розвиток сировинної бази галузі, забезпечення потреб економіки в конкурентоздатній алюмінієвій продукції, організацію державної підтримки щодо оптимального використання сировинних та енергетичних ресурсів.

#### Список використаних джерел.

1. Пригунова А. Г., Тубольцев Л. Г., Нарівський А. В., Сокол Л.В. Алюмінієва промисловість України: від занепаду до потенційного зростання. *Метал та лиття України*. Том 30. 2022. № 3 (330). С. 8-20. URL: <https://doi.org/10.15407/syeelcast2022.03.008>. (дата звернення: 04.09.2023).

---

<sup>6</sup> <http://www.alumeta.com/ru/press-tsentr/braz-ru/osnovnymi-investorami-u-nas-dolzny-byt-ukraintsy/>. (дата звернення 04.09.2023).

2. Chuckwulebe B., Klimushkin A. V., Kuznetsov G. V. The Making, Shaping and Treating of Steel. *Iron Steel Tech.* 2006. no. 11. Pp. 45-53.
3. Бойченко С. В., Іванченко О. В., Яковлева А. В. Рециклінг і утилізація авіаційної техніки: світові тенденції та особливості впровадження. *Наукоємні технології*, 2017. № 2 (34). С. 140-149. URL: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.34.11612> (дата звернення: 04.09.2023).
4. Гнатуш В. А. Світові тенденції ринку вторинної переробки відходів та брухту алюмінієвих сплавів. *Процеси лиття*. 2020. №3. С. 56-69. URL: <https://doi.org/10.15407/plit2020.03.056>. (дата звернення: 04.09.2023).
5. Нестеренко Т. М. Перспективні напрями вдосконалення технології та обладнання для металургійної переробки вторинної алюмінієвої сировини. *Scientific researches and their practical application. Modern state and ways of development*. 2015. 7 с.
6. Очинський В. М., Насекан Ю. П. Особливості збагачення рудної алюмінієвої сировини України. *Металургія*. 2013. Вип. 2. С. 60-66. UKR: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Metalurg\\_2013\\_2\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Metalurg_2013_2_12). (дата звернення: 04.09.2023).
7. Пожуєв В.І., Іващенко В.І., Червоний І.Ф., Грицай В.П. *Металургія кольорових металів: підручник. Ч.1. Сировинні ресурси і виробництво*. Запоріжжя: ЗДІА, 2007. 351 с.
8. Бредихін В.М., Маняк М.О., Смирнов В.О., Пожуєв В. І., Червоний І.Ф., Грицай В.П. *Металургія кольорових металів: підручник. Ч.7. Вторинна металургія кольорових металів*. Запоріжжя: ЗДІА, 2009. 452 с.
9. Grijothem, K. (1993), *Inroduction to Aluminium Electrolysis*, Aluminium Verlag, Dusseldorf, Germany, 260 p.
10. Гурський Д. С., Єсипчук К. Ю., Калінін В. І., Куліш В. А. Металічні і неметалічні корисні копалини України. Київ-Львів: Центр Європи, 2005. 785 с.
11. Верховлюк Ф. М., Довбенко В. В., Червоний І. Ф. Аналіз технологій переробки алюмінієвого скрапу. *Scientific Journal "ScienceRise"*, 2019. № 12, (65). URL: <File:///C:/Users/User/Downloads/189686-Article%20Text-423425-1-10-20191228.pdf>. (дата звернення: 04.09.2023).
12. Тубольцев Л. Г., Пригунова А. Г., Нарівський А. В., Петренко В. О. *Концепція сталого розвитку металургії України. Стан, досвід, перспективи*. Монографія. Дніпро: Інститут чорної металургії. 2023. 364 с. URL: <https://doi.org/10.52150/ISBN-978-966-02-9926-9> (дата звернення: 04.09.2023).

## References.

1. Prygunova A. G., Tuboltsev L. G., Narivskyi A. V. and Sokol L. V. (2022), "Aluminum industry of Ukraine: from decline to potential growth", *Metal i lyttya Ukrayiny*, Issue 30, No. 3 (330), pp. 8-20, Ukraine. URL: <https://doi.org/10.15407/syeelcast2022.03.008> (accessed September 4, 2023).
2. Chuckwulebe, B., Klimushkin, A. V. and Kuznetsov, G. V. (2006), "The Making, Shaping and Treating of Steel", *Iron Steel Tech.*, no. 11, pp. 45-53.
3. Boychenko, S. V., Ivanchenko, O. V. and Yakovleva A. V. (2017), "Recycling and disposal of aircraft: global trends and features of implementation", *Science-intensive technologies*, no. 2 (34), pp. 140-149. URL: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.34.11612>. (accessed September 4, 2023).
4. Hnatush, V. A. (2020), "Global Trends in the Market for Recycling Waste and Scrap of Aluminum Alloys", *Protsesy lyttia*, vol. 3, pp. 56-69. URL: <https://doi.org/10.15407/plit2020.03.056>
5. Nesterenko, T. M. (2015), "Perspective directions of improvement of technology and equipment for metallurgical processing of secondary aluminum raw materials. Scientific researches and their practical application. Modern state and ways of development", 7 p.
6. Ochynskyi, V. M. and Nasekan, Yu. P. (2013), "Features of Aluminium ore Raw Material for Ukraine", *Metalurhiia*, vol. 2, pp. 60-66. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Metalurg\\_2013\\_2\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Metalurg_2013_2_12).
7. Pozhuev, V.I., Ivashchenko, V.I., Chervoniy, I.F. and Gritsai, V.P. (2007), "Metallurgy of color metals: assistant. Part 1. Sirovinni resources and virobnitstvo", *Zaporizhzhya: ZDIA*, 351 p.

8. Bredikhin, V.M., Manyak, M.O., Smirnov, V.O., Pozhuev, V.I., Chervoniy, I.F. and Gritsay, V.P. (2009), “*Metallurhiya kol'orovykh metaliv : asyst. Chastyna 7. Vtorynna metallurhiya kol'orovykh metaliv*” [Metallurgy of color metals: assistant. Part 7. Secondary metallurgy of color metals], Zaporozhzhya: ZDIA, 452 p.

9. Grjotheim, K. (1993), *Introduction to Aluminium Electrolysis*, Aluminium Verlag, Dusseldorf, Germany, 260 p.

10. Gurskyi D. S., Yesipchuk K. Yu., Kalinin V. I. and Kulish V. A. (2005), *Metalevi ta nerudni korysni kopalyny Ukrainy* [Metallic and non-metallic minerals of Ukraine], Kyiv-Lviv: Center of Europe, 785 p.

11. Verkhovlyuk, F. M., Dovbenko, V. V. and Chervony, I. F. (2019), “Analysis of aluminum scrap processing technologies”, *Scientific Journal “ScienceRise”*, vol. 12, (65) Ukraine. URL: <file:///C:/Users/User/Downloads/189686-Article%20Text-423425-1-10-20191228.pdf>. (accessed September 4, 2023).

12. Tuboltsev, L. G., Prygunova A., G., Narivskyi A., V. and Petrenko, V. O. (2023), “*Kontseptsiiia staloho rozvytku metalurhii Ukrainy. Stan, dosvid, perspektyvy*” [Concept of sustainable development of metallurgy of Ukraine. Condition, experience, prospects], Monograph, Dnipro: Iron and Steel Institute of NAS of Ukraine, Ukraine. 364 p. URL: <https://doi.org/10.52150/>. (accessed September 4, 2023).

*Стаття надійшла до редакції 17.09.2023 р.*

*Рецензовано 01.11.2023 р.*

*Опубліковано 30.11.2023 р.*