



<https://doi.org/10.15407/economyukr.2025.06.003>

УДК 39.9:[669.295:669.015]:330.35

JEL: F10, F17, L61

В.В. ВЕНГЕР, д-р екон. наук,

завідувач відділу секторальних прогнозів та кон'юнктури ринків

e-mail: vengerv@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1018-0909>

О.М. КУШНІРЕНКО, д-р екон. наук, доц.,

старший науковий співробітник сектору галузових ринків

відділу секторальних прогнозів та кон'юнктури ринків

e-mail: kushnksena@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3853-584X>

О.С. БИКОНЯ, канд. екон. наук,

старший науковий співробітник сектору галузових ринків

відділу секторальних прогнозів та кон'юнктури ринків

e-mail: alexbikonya@ukr.net

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5309-7032>

ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН України»

вул. Панаса Мирного, 26, 01011, Київ, Україна

ФОРМУВАННЯ ГЛОБАЛЬНОГО ПОПИТУ НА ПРОДУКЦІЮ З МЕТАЛЕВОГО ТИТАНУ: РИНКОВІ ПЕРСПЕКТИВИ І СЕГМЕНТИ ЗРОСТАННЯ

Проаналізовано основні чинники, що формують світовий попит на продукцію з металевого титану. Визначено перспективні сегменти глобального ринку (медична сфера, ОПК, авіа-, судно- й автомобілебудування, електротранспорт), які характеризуються швидкими темпами зростання і формують попит на продукцію з металевого титану. Оцінено майбутні потреби в такій продукції на цих ринках. Обґрунтовано напрями розширення виробництва продукції з металевого титану в Україні для забезпечення внутрішніх потреб і виходу на світові ринки.

Ц и т у в а н н я: Венгер, В., Кушніренко, О., Биконя, О. (2025). Формування глобального попиту на продукцію з металевого титану: ринкові перспективи і сегменти зростання. *Економіка України*. 68. 06(763). 03-24. <https://doi.org/10.15407/economyukr.2025.06.003>

© Видавець ВД «Академперіодика» НАН України, 2025. Стаття опублікована на умовах відкритого доступу за ліцензією CC BY-NC-ND license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Ключові слова: *продукція з металевого титану; інтеграція; перспективні ринкові ніші; медична сфера; авіабудування; ОПК; транспортний сектор; електротранспорт.*

Повномасштабна війна в Україні загострила важливість забезпечення внутрішніх потреб як сил оборони, так і цивільного населення продукцією власного виробництва, зокрема, такої, що має стратегічне значення. Це закріплено в низці стратегічних документів національного і міжнародного рівнів. Так, у ЄС та інших розвинутих країнах металевий титан включено до переліку видів стратегічної сировини, що є критичною для забезпечення «зеленого» і цифрового переходу відповідно до Регламенту щодо забезпечення сталого постачання критичної сировини до Європейського Союзу — Critical Raw Materials Act¹.

В Україні титанові руди віднесено до корисних копалин, які мають стратегічне значення для сталого розвитку економіки й обороноздатності держави. Так, згідно з відповідним Указом Президента України², пріоритетними напрямками розвитку титанової галузі є створення в Україні повного циклу його переробки шляхом запровадження державної підтримки діючих підприємств і формування умов щодо використання найкращих світових практик під час реалізації інвестиційних проектів³ у цій галузі для модернізації існуючих і будівництва нових виробництв⁴.

Перспективи розвитку в Україні титанової галузі обумовлені як внутрішніми, так і зовнішніми чинниками. До перших можна віднести наявність: унікальних запасів металорудних корисних копалин — значних покладів ільменіту (титанової руди); майже повного циклу виробництва титанової продукції; розвинутої наукової бази і розгалуженої системи підготовки кадрів для потреб титанової галузі тощо. Серед зовнішніх чинників можна виокремити постійне зростання світового попиту на титан, особливо завдяки розвитку таких високотехнологічних індустрій, як аерокосмічна, літако- і автомобілебудівна, медична, виробництво електроніки й ОПК. Зростання попиту на цих ринках відкриває нові можливості для України як по-

¹ Framework for ensuring a secure and sustainable supply of critical raw materials and amending Regulations (EU) 168/2013, (EU) 2018/858, 2018/1724 and (EU) 2019/1020. COM (2023) 160 final. Brussels, European Commission. EUR-Lex. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52023PC0160#document2>

² Про рішення Ради національної безпеки і оборони України «Про стимулювання пошуку, видобутку та збагачення корисних копалин, які мають стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави». Указ Президента України № 306 від 23.07.2021 р. URL: <https://www.president.gov.ua/documents/3062021-39457>

³ Деякі питання підготовки, подання, оцінки та критеріїв пріоритезації концепцій публічних інвестиційних проектів на 2025 рік. Постанова Кабінету Міністрів України № 903 від 09.08.2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/903-2024-%D0%BF#Text>

⁴ Про державну підтримку інвестиційних проектів із значними інвестиціями в Україні. Закон України № 1116-IX від 17.12.2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1116-20#Text>

стачальника металевих титанових виробів з високою доданою вартістю. Це зумовлює необхідність визначення перспективних ринкових ніш для подальшого розвитку виробництва металевого титану в Україні й посилення спроможності українських виробників інтегруватися до глобальних ланцюгів доданої вартості.

У науковій економічній літературі комплексно досліджуються й широко обговорюються перспективи розвитку ринків титанової продукції. Так, Д. Банерджі та Дж.К. Вільямс (Banerjee, Williams, 2013) дослідили перспективні технології виробництва металевого титану в критично важливих для безпеки конструкціях, таких як літаки і авіаційні двигуни. Р. Джаффі та Г. Бурте (Jaffee, Burt, 1973) присвятили свої дослідження економічному обґрунтуванню можливостей використання матеріалів з титану. Н. Душьянта із співавторами (Dushyantha et al., 2020) обґрунтували перспективи постачання на глобальний ринок критично важливих металів, зокрема титану, в контексті «зеленого переходу» на відновлювану енергію. Науковці з КНР (Qiu, Guo, 2022) визначили тенденції і стратегічні аспекти розвитку титанової промисловості, а саме створення спільного виробництва в сталеливарній і титановій промисловості, поєднання переваг виробництва сталі й виплавляння кольорових металів. Дослідники з канадського університету м. Шербрука М. Ель Халлуфі, О. Дремель, Ж. Сусі та ін. (Khalloufi et al., 2021) визначили ефективні методи виробництва титанового порошку за допомогою процесів видобувної металургії та обґрунтували перспективи їх промислового масштабування й виходу на перспективні ринки.

Серед багатьох вітчизняних наукових праць слід виокремити статті В. Гейця (2023а; 2023b), у яких наголошено, що титанова галузь України має високотехнологічну основу, її продукція може використовуватись у високотехнологічних виробництвах (машинобудуванні, на підприємствах ОПК тощо), а попит на неї зростатиме як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках.

У колективній монографії (Венгер та ін., 2024) авторами обґрунтовано шляхи інноваційної модернізації перспективних галузей української промисловості, зокрема титанової, на основі наявного науково-технічного, виробничого й ресурсного потенціалів. Наведено розрахунки щодо наукового супроводу інвестиційних проектів у титановій галузі. Українськими науковцями (Venger et al., 2024) також визначено напрями впровадження науково-технологічних розробок для розвитку титанової галузі, що сприятимуть входженню України в глобальні ланцюги доданої вартості.

О. Собкевич із співавторами (2017) зазначили, що розвиток в Україні високотехнологічних виробництв, зокрема ОПК, ракетно-космічної, авіаційної, суднобудівної, пігментної та лакофарбової, фармацевтичної промисловості й будівництва, вимагає збільшення виробництва продукції кольорової металургії, у першу чергу металевого титану. А. Педько із співавторами (2018) провели оцінку поточного стану і визначили основні проблеми розвитку титанової галузі України, а саме погіршення її конкурентних позицій на світовому ринку титанової продукції. Вчені запропонували шляхи подо-

лання існуючих проблем на основі створення вертикально інтегрованої титанової компанії під державним і громадським контролем.

Таким чином, у всіх цих дослідженнях наголошується на необхідності розширення можливостей застосування титану як конструкційного матеріалу майбутнього. Водночас у науковому дискурсі поки що недостатньо вивченими залишаються питання виходу українських виробників на перспективні ринки продукції з металевого титану.

Отже, **мета статті** — проаналізувати попит на продукцію з металевого титану на перспективних ринках, зокрема медичної сфери, ОПК, авіа-, судно- і автомобілебудування, електротранспорту; визначити майбутні потреби в металевому титані на цих ринках і запропонувати напрями розширення виробництва продукції з нього для виходу на світові високотехнологічні ринки.

Глобальний розвиток технологій та їх стрімке поширення у світі збільшують попит промислового використання металевого титану, унікальні властивості якого (легкість, висока міцність, стійкість до корозії, біосумісність) дозволяють назвати його матеріалом майбутнього (Венгер та ін., 2023). Країни, що спеціалізуються на виробництві продукції з металевого титану матимуть конкурентні переваги на зростаючому глобальному ринку. Ринки продукції з металевого титану характеризуються тенденцією до постійного зростання завдяки широкому спектру застосування у високотехнологічних галузях, що обумовлено впливом чинників, пов'язаних не тільки із зростанням світових обсягів споживання, а й з трансформацією ланцюгів доданої вартості внаслідок глобальних викликів. Серед них можна виокремити:

- війну в центрі Європи, що призводить до зростання попиту на продукцію ОПК — окремих видів озброєнь, бронетехніки, ракет, літаків та ін.;
- зростання цін на енергоресурси, що спричиняє збільшення вартості титанової продукції. Висока ціна на металевий титан пояснюється значними витратами електроенергії, необхідної для електролізу хлориду магнію під час очищення титанової руди. Це впливає на прибутковість виробників і веде до підвищення цін для кінцевих споживачів. Галузі, які використовують металевий титан, стикаються з проблемами підтримки конкурентоспроможних цін;
- «зелений перехід», що змушує компанії змінювати свої стратегії з огляду на ініціативи сталого розвитку (запровадження «зелених» методів виробництва, мінімізація впливу на навколишнє середовище, дотримання жорстких екологічних норм і стандартів). Крім того, уряди і регулюючі органи ухвалюють нормативно-правові акти з вимогами щодо видобутку й переробки титанової руди з метою мінімізації впливу на навколишнє середовище і захисту місцевих громад;
- прискорення R&D, розвиток технологій титанових сплавів, упровадження технологій Індустрії 4.0, зокрема 3D-друку, дозволяють створювати нові форми виробів з металевого титану, що сприяє зниженню собівартості, скороченню часу виробництва і підвищенню якості продукції.

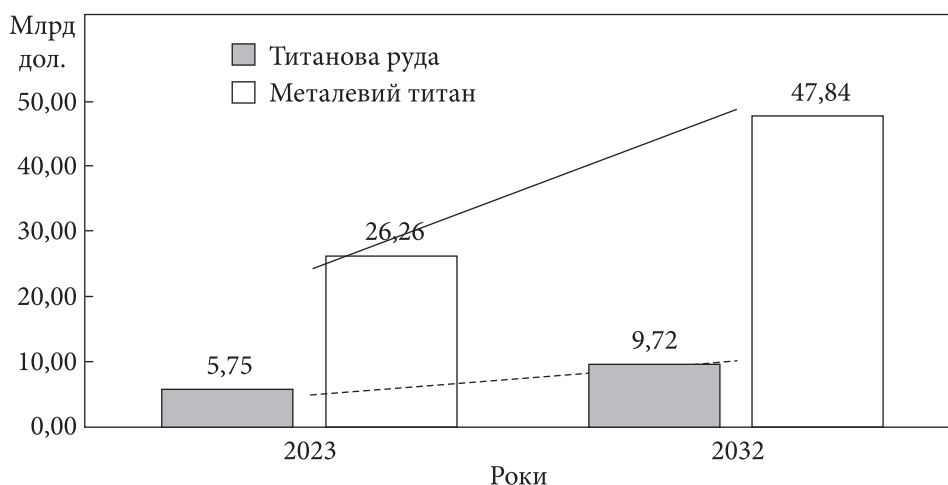


Рис. 1. Обсяги світового ринку титанової сировини і виробів з металевого титану у 2023 р. і прогноз на 2032 р., млрд дол.

Джерело: побудовано авторами за: Titanium Ore Market. *Business Research Insights*. 2024. Oct 07. URL: <https://www.businessresearchinsights.com/market-reports/titanium-ore-market-101242> (дата звернення: 15.11.2024); Global Titanium Metal Market Overview Source. *Market Research Future*. July 2024. URL: <https://www.marketresearchfuture.com/reports/titanium-metal-market-7482> (дата звернення: 15.11.2024).

Світові ринки титанової сировини і виробів з металевого титану за показником сукупного середньорічного темпу зростання (Compound Annual Growth Rate — CAGR) до 2032 р. зростатимуть щороку, відповідно, на 6 %⁵ і 6,89 %⁶ (рис. 1).

З рис. 1 видно, що у 2023 р. обсяги ринку титанової сировини (5,75 млрд дол.) були значно меншими порівняно з обсягами ринку виробів з металевого титану (26,26 млрд дол.). За даними агенцій Business Research Insights і Market Research Future, така тенденція збережеться і до 2032 р., а розрив між обсягами світових ринків титанової сировини і виробів з металевого титану зросте майже в п'ять разів. Водночас таке зростання обмежене відносно високою вартістю титанових виробів порівняно з іншими металевими виробами, на яку впливають такі чинники:

1) *вартість сировини*. Титанова руда видобувається з природних родовищ, а процеси її очищення і збагачення є енергоємними, що вимагає спеціального обладнання і підвищує вартість сировини;

2) *складність обробки і формування титанових зливків*. Титан застосовується в сплавах, що вимагає використання вартісного і сертифікованого об-

⁵ Titanium Ore Market. *Business Research Insights*. 2024. Oct 07. URL: <https://www.businessresearchinsights.com/market-reports/titanium-ore-market-101242> (дата звернення: 15.11.2024).

⁶ Global Titanium Metal Market Overview Source. *Market Research Future*. July 2024. URL: <https://www.marketresearchfuture.com/reports/titanium-metal-market-7482> (дата звернення: 15.11.2024).

ладнання для його подальшої обробки, а також залучення кваліфікованого персоналу, що збільшує загальні витрати на виробництво металевого титану;

3) *висока вартість контролю якості*. Титан використовується в критично важливих за вимогами безпеки виробках (деталі до газотурбінних двигунів літаків військового й цивільного призначення, ракет, безпілотних літальних апаратів та іншої продукції з металевого титану), що потребує додаткових витрат;

4) *зміни в регулюванні міжнародної торгівлі*. Вони впливають на ціну виробів з металевого титану, глобальний попит і пропозицію. Наприклад, уряд США запровадив суворий контроль за експортом титану, щоб посилити захист національних інтересів і внутрішню безпеку. Ці правила обмежують кількість металевого титану, який можна експортувати із США, впливаючи на динаміку попиту, пропозицію й ціну. Крім того, доступність металевого титану обмежено державним регулюванням видобутку титанової сировини в тих країнах, де є такі родовища, — Австралії, Китаї, Україні, РФ.

У свою чергу, поширення інноваційних методів обробки титанової сировини може суттєво вплинути на зниження собівартості виробів з металевого титану. Ідеться про таке:

- кембриджський процес, на відміну від енергоємного і вартісного процесу Кролла, здатен значно знизити витрати за рахунок використання більш ефективних і менш енергоємних технологій (Chen, Fray, 2020);
- адитивне виробництво дозволяє створювати тривимірні об'єкти і відкриває нові можливості для кастомізованого виробництва, прототипування, виготовлення складних форм деталей з мінімальними відходами порівняно з традиційною механічною обробкою сплавлення порошкового шару й прямого лазерного спікання металу (Rajan et al., 2022);
- порошкова металургія за допомогою гарячого ізостатичного пресування може формувати високоякісні титанові деталі з меншою кількістю відходів і меншими витратами на обробку порівняно з традиційними методами кування або лиття (Gonchar et al., 2023);
- переробка титанового брухту зменшує потреби в новій сировині, захищаючи природні ресурси й знижуючи негативний вплив видобування на навколишнє середовище, заощаджує енергію, знижує викиди парникових газів (Takeda et al., 2020);
- інноваційні сплави титану з іншими металами (такими як алюміній, ванадій або залізо) здатні покращити властивості титану і знизити його вартість. Такі сплави, як Ti-Fe (титан-залізо), розробляються як більш доступна альтернатива високоефективним титановим сплавам, що робить продукти на основі титану більш економічними в певних сферах застосування (Huang et al., 2023; Dematteis et al., 2020; Zhang et al., 2022).

Завдяки масштабуванню цих інноваційних технологій очікується значне зниження цін на вироби з металевого титану, що сприятиме розвитку суміжних галузей. Сьогодні вартість 1 т металевого титану є найдорожчою серед інших кольорових металів: вартість 1 т алюмінію стано-

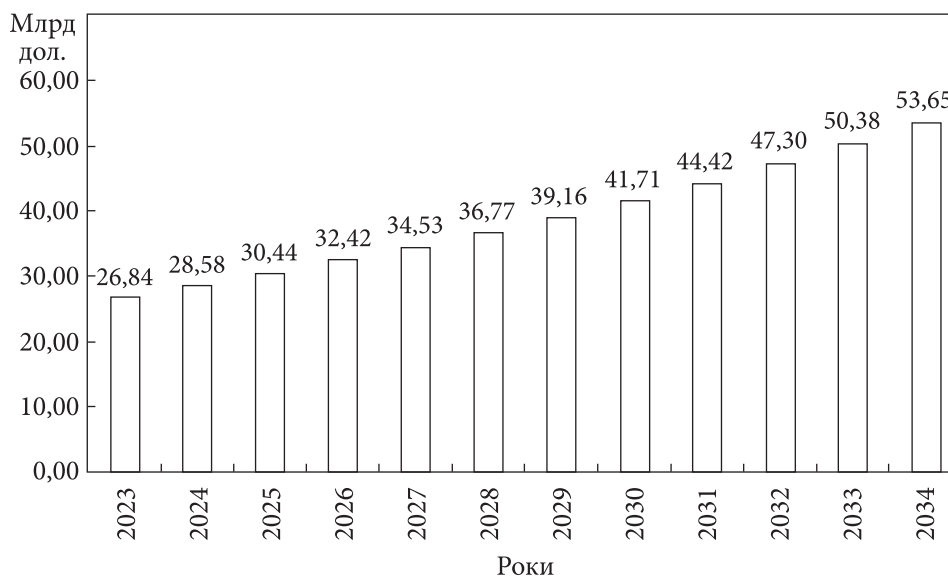


Рис. 2. Обсяги світового ринку титанової продукції за 2023—2024 рр. і прогноз на 2025—2034 рр., млрд дол.

Джерело: побудовано авторами за: Defense Global Market Report 2024. *The Business Research Company*. URL: <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/defense-global-market-report> (дата звернення: 15.11.2024).

виставляють 2,4 тис. дол., нержавіючої сталі — 3—4 тис., зливки металевого титану — 13—16 тис. дол.⁷

За прогнозами, обсяги ринку титанової продукції у 2024 р. сягнуть 28,58 млрд дол., а до 2034 р. — 53,65 млрд дол., при цьому сукупний середньорічний темп зростання (CAGR) через збільшення попиту на титан у різних галузях промисловості становитиме 6,5 % (рис. 2)⁸.

Збільшення попиту на вироби з металевого титану обумовлено прискореним розвитком і зростаючими потребами глобального ринку титанової продукції за різними сегментами (табл. 1).

Попит на вироби з металевого титану на ринку продукції медичного застосування. Титанова продукція широко використовується в медичній сфері як стійкий до корозії і нетоксичний для організму матеріал у різних імплантатах: зубних, ортопедичних, кісткових пластинах, гвинтах фіксації переломів, кардіостимуляторах, протезах клапанів серця; у зовнішніх протезах, а також у хірургічних інструментах / обладнанні й медичній техніці. Світовий ринок титанових сплавів для медичного застосування у 2023 р.

⁷ Bhutada G. Titanium: The Metal of the Future. *Visual Capitalist*. 2023. Jan 05. URL: <https://www.visualcapitalist.com/sp/titanium-the-metal-of-the-future> (дата звернення: 15.11.2024).

⁸ Defense Global Market Report 2024. *The Business Research Company*. URL: <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/defense-global-market-report> (дата звернення: 15.11.2024).

Таблиця 1. Показники розвитку перспективних світових ринків, які формують попит на продукцію з металевого титану

Сегменти	Обсяг ринку у 2024 р., млрд дол.	Середнє щорічне зростання ринку (CAGR), %	Прогноз обсягу ринку на 2030 р., млрд дол.	Чинники, що визначають розвиток ринку
<i>Медична сфера</i>				
Медичне обладнання	637,04	6,99	893,07	Зростання за рахунок окремих сегментів ринку, в тому числі кардіологічного обладнання
Зубні імплантати	4,94	7,8	7,19	Зростання чисельності населення, збільшення частки людей похилого віку, зростання попиту на косметичну стоматологію
Протези й ортопедичні товари	6,95	5,2	8,95	Старіння населення світу, зростання кількості хронічних захворювань, травматизм, ампутації, інновації у біомеханічних рішеннях
<i>ОПК</i>				
Оборонна продукція	616,32	5,8	772,49	Посилення внутрішніх і зовнішніх загроз безпеці, збільшення оборонних бюджетів, прийняття на озброєння безпілотних бойових машин, інноваційні програми модернізації військової авіоники, використання технологій 3D-друку, попит на ударні й транспортні гелікоптери
<i>Транспорт</i>				
Авіаційний	198,72	6,72	293,59	Збільшення попиту на пасажирські й вантажні перевезення
Морський	160,56	5,6	247,96	Зростання обсягів міжнародної торгівлі й вантажних перевезень
Автомобільний	2430	9,1	4100	Підвищення купівельної спроможності; технологічні інновації, технології автопілоту і системи допомоги водіям; стратегічні кроки автовиробників; випуск нових продуктів; цифровізація автомобілів

Закінчення таблиці 1

Сегменти	Обсяг ринку у 2024 р., млрд дол.	Середнє щорічне зростання ринку (CAGR), %	Прогноз обсягу ринку на 2030 р., млрд дол.	Чинники, що визначають розвиток ринку
Електро-транспорт	1210	17,28	3150	Сталий розвиток; електрифікація транспорту; підвищення екологічних вимог до транспорту і регуляторні норми; субсидії і пільги для електромобілів; розширення зарядної інфраструктури; інфраструктура для автономного водіння; водневі технології і альтернативні палива

Джерело: складено авторами за даними міжнародних аналітичних агенцій: Defense Global Market Report 2024. *The Business Research Company*. URL: <https://www.thebusinessresearchcompany.com/report/defense-global-market-report> (дата звернення: 15.11.2024); Commercial Aviation Market size & share analysis — growth trends & forecasts up to 2030. *Mordor Intelligence*. URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/commercial-aircraft-market> (дата звернення: 15.11.2024); *Marine Vessel Market Size. Fortune business Insights*. 2024. Oct 07. URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/marine-vessel-market-102699> (дата звернення: 15.11.2024).

Таблиця 2. Динаміка розвитку ринку продукції з металевого титану для сегмента медичного застосування у 2023 р. і розрахунковий обсяг ринку з огляду на середньорічний темп зростання до 2030 р.

Показники	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Розрахунковий обсяг ринку, тис. т	7,5	8,0	8,5	9,1	9,7	10,4	11,1	11,8
Розрахунковий обсяг ринку, млн дол.	127,5	136,0	145,2	154,9	165,3	176,3	188,1	200,8

Джерело: розраховано авторами.

становив 7500 т на рік, і очікується, що цей попит зросте протягом наступних кількох років з огляду на прогрес у медичних технологіях і старіння населення (табл. 2).

Ключовими факторами розвитку ринку медичного титану є зростаючий попит на зубні імпланти; зростання споживання шкідливих речовин; ранній дитячий карієс; зростання геріатричного населення (Tian et al., 2023).

Попит на продукцію з металевого титану на ринку ОПК. Глобальний попит на титан у воєнному секторі є значним і зростає, що зумовлено його використанням у передових оборонних технологіях. Ринок продукції ОПК у 2023 р. споживав у середньому близько 16 000 т виробів з металевого

Таблиця 3. Динаміка розвитку ринку продукції з металевого титану для сегмента ОПК у 2023 р. і розрахунковий обсяг ринку з огляду на середньорічний темп зростання до 2030 р.

Показники	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Розрахунковий обсяг ринку, тис. т	16,0	17,0	17,9	18,9	20,0	21,2	22,4	23,7
Розрахунковий обсяг ринку, млн дол.	304,0	321,6	340,3	360,0	380,9	403,0	426,4	451,1

Джерело: розраховано авторами.

титану, і очікується, що цей попит зростатиме ще більше з розширенням виробництва військових літаків, кораблів і оборонних систем⁹ (табл. 3).

Ключовими факторами попиту виробів з металевого титану на ринку ОПК є світове зростання витрат на оборону, яке у 2023 р. досягло 2,443 трлн дол., що спричинено погіршенням ситуації з миром і безпекою.

Попит на продукцію з металевого титану для авіабудування. Використання титану в авіації пояснюється тим, що його застосування надає широкі можливості з удосконалення конструкції, зростання ефективності експлуатації літаків¹⁰. Авіаційний титан використовується для виготовлення деталей літаків, таких як двигуни, шасі й фюзеляжі¹¹. При виробництві літака Boeing 787 на титанові сплави припадає близько 15 % його ваги, а при виробництві Airbus A350XWB — близько 14 %¹².

Для двох найбільших виробників комерційних літаків — світових гігантів Airbus¹³ і Boeing¹⁴ — 2024-й став роком відновлення після спаду через пандемію COVID-19 у 2020 р. У цілому світова аерокосмічна індустрія збільшуватиме обсяги виробництва літаків, що, відповідно, призведе до зростання попиту на вироби з металевого титану. Нові поставки літаків (пасажирських — понад 100 місць і вантажних — понад 10 т вантажопідйомністю) частіше замінюватимуть старіші, менш економічні літаки. Про-

⁹ Titanium Market Size, Share & Trends Analysis Report By End-use (Aerospace & Defense, Industrial, Coatings), By Region (North America, Asia Pacific, Europe), And Segment Forecasts, 2024—2030. *Horizon Databook*. URL: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/titanium-market-report> (дата звернення: 20.09.2024).

¹⁰ Properties of titanium and Its applications in engineering. 2024. *Inspenet*. URL: <https://inspenet.com/en/articulo/properties-titanium-and-its-applications/> (дата звернення: 20.09.2024).

¹¹ Titanium for Aircraft Market. *Dataintelo*. 2024. URL: <https://dataintelo.com/report/titanium-for-aircraft-industry/> (дата звернення: 20.09.2024).

¹² Application of titanium alloy in aviation industry. *LKALLOY*. 2018. Nov 15. URL: <https://lkalloy.com/application-of-titanium-alloy-in-aviation-industry/> (дата звернення: 25.09.2024).

¹³ Global Market Forecast 2024-2043. *Airbus*. 2024. URL: <https://www.airbus.com/en/products-services/commercial-aircraft/global-market-forecast> (дата звернення: 25.09.2024).

¹⁴ Commercial market outlook. 2024-2043. *Boeing*. 2024. URL: <https://www.boeing.com/commercial/market/commercial-market-outlook#overview> (дата звернення: 11.10.2024).

Таблиця 4. Динаміка розвитку ринку продукції з металевого титану для сегмента світового авіабудування у 2023 р. і розрахунковий обсяг ринку з огляду на середньорічний темп зростання до 2030 р.

Показники	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Розрахунковий обсяг ринку, тис. т	286,66	302,43	319,06	336,61	355,13	374,66	395,26	417,00
Розрахунковий обсяг ринку, млн дол.	6306,6	6653,5	7019,4	7405,5	7812,8	8242,5	8695,8	9174,1

Джерело: розраховано авторами.

Таблиця 5. Співвідношення маси титанових деталей для різних типів суден

Сегменти ринку	Типове застосування титанових виробів на 1 виріб	Застосування
Підводні човни	Від 100 до 200 т	Корпус і різні компоненти
Фрегати і військові кораблі	Від 10 до 50 т	Пропелери, трубопроводи, теплообмінники
Цивільні кораблі	Від 2 до 10 т	Трубопроводи, теплообмінники

Джерело: адаптовано авторами за: Application of Titanium Alloys on Ships. Advanced Refractory Metals. URL: <https://www.refractorymetal.org/application-of-titanium-alloys-on-ships/> (дата звернення: 15.10.2024).

тягом наступних 20 років прогнозується попит на понад 42 тис. нових літаків, що відповідатимуть вимогам безпеки і екологічності. Сьогодні лише 30 % світового флоту літаків додержуються таких вимог, а інші 70 % літаків попереднього покоління — потребують заміни. З 2023 по 2032 р. глобальний ринок титанових виробів для авіаційної галузі щороку зростатиме, за показником CAGR, на 5,5 %¹⁵. У 2022 р. обсяг світового ринку металевого титану для авіабудування становив більш як 1 млрд дол. Передбачається, що у 2030 р. він зросте до 9,174 млрд дол. (табл. 4).

Зростання попиту на продукцію з металевого титану для авіабудування пов'язують із підвищенням попиту на літаки, що зумовлено збільшенням пасажирських авіаційних перевезень.

Попит на продукцію з металевого титану для суднобудування. Титанові сплави широко використовуються в суднобудуванні, зокрема в атомних підводних човнах, підводних апаратах, атомних криголамах, судах на підводних крилах, кораблях на повітряній подушці й тральщиках. Титанові

¹⁵ Aerospace Titanium Market. *Global Market Insights Inc.* 2023. URL: <https://www.gminsights.com/industry-analysis/aerospace-titanium-market> (дата звернення: 11.10.2024).

Таблиця 6. Динаміка розвитку ринку продукції з металевого титану для сегмента світового суднобудування * у 2023—2024 рр. і розрахунковий обсяг ринку з огляду на середньорічний темп зростання до 2030 р.

Показники	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Розрахунковий обсяг ринку, тис. т	13,80	14,57	15,39	16,25	17,16	18,12	19,14	20,21	21,34
Розрахунковий обсяг ринку, млн дол.	262,54	277,24	292,76	309,16	326,47	344,75	364,06	384,45	405,98

* До розрахунку не включено потреби титанової продукції для виробництва військових кораблів різного призначення.

Джерело: розраховано авторами.

деталі корпусу кораблів значно підвищують продуктивність обладнання і надійність конструкцій у агресивному морському середовищі. Використання титану в суднобудуванні залежить від типу судна, розміру й призначення титанових компонентів. Для військових суден (підводні човни, кораблі зі специфічними вимогами до корозійної стійкості) використовується значно більше титану, ніж для цивільних (табл. 5).

Застосування на суднах титанових сплавів істотно позначається на підвищенні рухливості й остійності суден і зменшенні маси корпусу. Зважаючи на відсутність статистичних даних щодо виробництва і продажу окремих типів суден військового призначення, розрахунок потреб у титановій продукції для глобального виробництва суден базується на сегменті цивільних і комерційних суден. За даними UNCTAD Handbook of statistics 2022 р., кількість цивільних суден становила 1800¹⁶, отже, орієнтовна потреба в металевому титані для щорічного будівництва суден дорівнює близько 13 800 т. Даний ринок має тенденцію до щорічного зростання майже на 5,6 %. Розрахунковий обсяг ринку титанової продукції для світового суднобудування представлено в табл. 6.

Попит на продукцію з металевого титану для ринку автомобілебудування. Титанова продукція має широкий спектр застосування у світовому автомобільному секторі завдяки своїм винятковим властивостям, зокрема високому співвідношенню міцності до ваги, стійкості до корозії і здатності витримувати екстремальні температури. Зменшення ваги транспортного засобу на 1 % знижує споживання палива приблизно на 0,7 %. Використання титану в автомобільному виробництві залежить від типу автомобіля, його конструкції і конкретних компонентів (табл. 7 і 8).

¹⁶ Handbook of statistics 2022. United Nations, 2022. URL: https://unctad.org/system/files/official-document/tdstat47_en.pdf

Таблиця 7. Співвідношення маси титанових деталей для різних типів автомобілів

Сегменти автомобільного ринку	Типове застосування титанових виробів на 1 авто	Застосування
Стандартні автомобілі	Менше 1 кг	Компоненти двигуна, кріплення, вихлопні системи тощо
Високопродуктивні й автомобілі класу «люкс»	Від 2 до 10 кг	Компоненти двигуна, кріплення, інші структурні компоненти для зменшення ваги і підвищення продуктивності
Гоночні та спортивні автомобілі	Від 10 до 20 кг залежно від конкретної конструкції і вимог	Деталі двигуна, вихлопні системи, компоненти підвіски і кріплення, компоненти трансмісії, картери двигуна та ін.
Електромобілі	До 10 кг	Болти і кріплення, системи випуску, шасі й кузов
Електробуси	Від 10 до 50 кг	Конструкційні елементи (частина кузова, шасі); системи охолодження акумуляторів; кріплення та ін.
Електровелосипеди і мотоцикли	До 5 кг	Рами, деталі трансмісії та кріплення

Джерело: адаптовано авторами за: Why titanium? ACNIS International. 2024. URL: <https://acnis-titanium.com/en/industrie/racing/> (дата звернення: 15.10.2024).

Таблиця 8. Обґрунтування потреб у титановій продукції для ринків світового автомобільного сектору

Сегменти автомобільного ринку	Обсяги авторинку за 2022 р., од.	Орієнтовна потреба в титановій продукції, т
Стандартні автомобілі	85 млн	85 000
Високопродуктивні й автомобілі класу «люкс»	158 тис.	942
Гоночні й спортивні автомобілі	370 тис.	5 550
Електромобілі *	10,5 млн	105 000
Р а з о м		196 492

* У 2022 році у світі продали 10,5 млн електромобілів. InfoCar.ua. 2023. 09 лют. URL: https://news.infocar.ua/u_2022_rotsi_u_sviti_proday_105 mln_elektromobiliv_156867.html#google_vignette (дата звернення: 15.10.2024).

Джерело: розраховано авторами.

У табл. 8 наведено приблизні значення, які можуть суттєво відрізнятися залежно від конкретної моделі й виробника. Кількість титану, яка використовується при виробництві електротранспорту, залежить від типу транспорту (електромобілі, електробуси, електровелосипеди чи інші види транспорту) і від того, у яких компонентах застосовується цей метал. З ураху-

ванням того, що ринок автомобільного транспорту в цілому має тенденцію до щорічного зростання майже на 6,5 %, можна орієнтовно визначити, що у 2025 р. потреба в титані становитиме майже 282,64 тис. т, що у вартісному вимірі дорівнюватиме 5,4 млрд дол. (табл. 9).

До 2030 р. обсяг ринку титанової продукції для світового автомобілебудування становитиме 387,24 тис. т, або 7,4 млрд дол. У цілому, за нашими розрахунками, до 2030 р. майбутні потреби у виробках з металевого титану на перспективних ринках складатимуть 861,08 тис. т, або 17,6 млрд дол. При цьому основними драйверами виступатимуть такі ринкові сегменти, як авіа- і автомобілебудування, у тому числі електротранспорт, які у 2030 р. потребуватимуть, відповідно, 417,0 тис. т продукції з металевого титану вартістю близько 9,2 млрд дол. і 387,24 тис. т вартістю близько 7,4 млрд дол.

Незважаючи на те, що такі ринкові сегменти, як медична сфера, ОПК і суднобудування, за обсягами є значно меншими порівняно з авіа- і автомобілебудуванням, протягом найближчих років вони також справлятимуть істотний вплив на формування попиту на продукцію з металевого титану на глобальному ринку, що відкриває вікно можливостей для нових учасників, у тому числі й українських.

Перспективи виходу України на світові ринки продукції з металевого титану. Наявність на території України сировинної бази, зокрема титановмісних руд, можливості їх переробки з використанням вітчизняних інноваційних технологій і освітньо-наукового потенціалу створюють передумови для ефективного розвитку українського виробництва металевого титану з перспективами інтеграції у глобальні ланцюги доданої вартості. Не менш переконливим аргументом щодо відновлення і розвитку виробництва металевого титану в Україні є гостра необхідність у забезпеченні виробництва окремих видів зброї і боєприпасів, у складі яких є титанова основа. На доцільність розвитку виробництва металевого титану в Україні вказує й зростаючий попит на зовнішніх ринках високотехнологічних товарів, зокрема авіаційному, ОПК, медичних виробів і автомобільного транспорту.

Таблиця 9. Динаміка розвитку ринку продукції з металевого титану для сегмента світового автомобілебудування у 2023—2024 рр. і розрахунковий обсяг ринку з огляду на середньорічний темп зростання до 2030 р.

Показники	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Розрахунковий обсяг ринку, тис. т	233,98	249,19	265,39	282,64	301,01	320,57	341,41	363,60	387,24
Розрахунковий обсяг ринку, млрд дол.	4,5	4,7	5,0	5,4	5,7	6,1	6,5	6,9	7,4

Джерело: розраховано авторами.

Нині українська титанова промисловість перебуває в стані стагнації. Обсяги видобутку і переробки продукції з титанової сировини й виробів з титанових сплавів скорочуються на тлі відсутності інвестицій для реконструкції та модернізації діючих потужностей. Основні причини виникнення проблем у галузі пов'язані, насамперед, з технологічною відсталістю, великою енергоємністю, низькою автоматизацією і цифровізацією, невисоким внутрішнім попитом, відсутністю належного фінансування за рахунок як внутрішніх джерел, так і зовнішніх інвестицій. Усе це істотно уповільнює розвиток виробництва металевого титану за замкнутим циклом — від видобутку й переробки сировини до виробництва і реалізації кінцевої продукції на світових ринках.

Таким чином, посилюється необхідність визначення напрямів подальшого розвитку в Україні виробництва металевого титану з метою інтеграції у глобальні ланцюги доданої вартості. У цьому контексті варто виокремити два сценарії¹⁷. Перший — збереження існуючих підходів до розвитку титанової галузі, які передбачають мінімальну її підтримку з боку держави і зниження інвестиційної привабливості. Наслідком такого підходу стане швидкий занепад діючих підприємств через техніко-технологічну відсталість, старіння виробничих потужностей і вичерпність розроблених родовищ титановмісних руд, зупинення фінансування робіт з розвідки і підтвердження мінеральних запасів титанової сировини на нових ділянках рудовиявлень. На наш погляд, такий вектор розвитку титанової галузі є неприпустимим, оскільки створює численні ризики для забезпечення внутрішніх потреб і обороноздатності країни, звужуючи при цьому можливості для запровадження фінансово-економічних інструментів під час реалізації проєктів державно-приватного партнерства.

Другий сценарій передбачає стимулювання державою створення нових видобувних і переробних підприємств із запровадженням інноваційних технологій, модернізацію існуючих підприємств з розширенням їх виробничих потужностей завдяки визначенню механізму надання державних гарантій для залучення як вітчизняних, так й іноземних інвестицій, що дасть змогу прискорити розвиток на умовах державно-приватного партнерства. Реалізація цього напрямку сприятиме розвитку наявних родовищ, що створить передумови для збільшення переробки титановмісних руд. У свою чергу, освоєння інноваційних технологій у сфері виробництва титанових порошків, титанових сплавів і виробів з них, розроблення новітнього обладнання відкриють широкі перспективи для впровадження об'ємного друку титанових виробів

¹⁷ Концепція державної цільової економічної програми розвитку титанової галузі України на період до 2030 року. Проєкт. Мінстратегпром, 2023. 9 с. URL: <https://mspu.gov.ua/storage/app/sites/17/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D1%83%D0%B%D1%8C%D1%82%D0%B0%D1%86%D1%96%D1%97/02%20%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%94%D0%BA%D1%82%20%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%86%D0%B5%D0%BF%D1%86%D1%96%D1%97%20%20%D0%B4%D0%BB%D1%8F%20%D0%93%D0%9E.pdf>

у високотехнологічних галузях промисловості, створить можливості для переробки більшої частини титанової сировини в Україні та експорту продукції з вищою доданою вартістю.

Перспективним напрямом розширення в Україні виробництва продукції з металевого титану є випуск титанових виробів кінцевого споживання для авіаційної промисловості (високонавантажені деталі) на основі технології *вакуумно-дугового переплаву титанових зливків*. Оскільки за технічними вимогами зливки, отримані за технологією *електронно-променевої плавки*, яка використовується в Україні, повинні перероблятися далі за технологією вакуумно-дугового переплаву в сертифікованих печах, то існують об'єктивна необхідність і економічна доцільність розширення виробничих потужностей шляхом придбання й використання печей на основі технології вакуумно-дугового переплаву (Гахович та ін., 2023). Це дасть можливість розширити асортимент виробництва титанових виробів кінцевого споживання в авіаційній промисловості. Попит на такі вироби щороку зростатиме, оскільки, за оцінками, до 2035 р. кількість лише комерційних літаків збільшиться у два рази порівняно з 2014 р., а вироби з титанових сплавів і в перспективі залишаться основним матеріалом для їх використання в авіаційній промисловості.

Організація вітчизняного виробництва титанових зливків на основі вакуумно-дугового переплаву дозволить долучитися до глобальних ланцюгів доданої вартості авіаційної індустрії. За нашими розрахунками, виробництво зливків авіаційного титану, які можуть вироблятися в Україні, матиме цінову конкурентну перевагу в середньому на 18—32 % порівняно із світовими аналогами, що дасть можливість успішно конкурувати на світових ринках. Крім того, щоб Україна не залишалася виключно постачальником сировини і напівфабрикатів (зливків) для іноземних виробників продукції з високою доданою вартістю, необхідно залучити інвестиції і у створення прокатного виробництва, зокрема прокатного цеху з супутніми печами для нагрівання, травильним відділенням і хімічною лабораторією, вартість яких може скласти від 250 млн до 500 млн дол. Це відкриває серйозні перспективи для розвитку виробництв продукції з металевого титану з вищою доданою вартістю, що частково задовольнятиме потреби глобальних виробників, зокрема, у авіа-, судно- і автомобілебудуванні, медичної продукції, ОПК тощо.

Також перспективним напрямом розвитку вітчизняної титанової галузі є експорт готових деталей для авіабудування. У першу чергу, це стосується дисків, кілець, штамповок, труб, болванок, лопатей, поковок, плит, листів, фольги, стрічок тощо. Нині аналогічна продукція виробляється в Україні для внутрішнього споживання. За наявності сертифікованих титанових сплавів і сертифікованого обладнання можна буде налагодити експорт цієї продукції на світовий ринок.

ВИСНОВКИ

Перспективними сегментами глобального ринку, які характеризуються швидкими темпами зростання і формують попит на продукцію з металевого титану, є медична сфера, ОПК, авіа-, судно- і автомобілебудування, електротранспорт. Їх продукція задовольняє щоденні потреби споживачів і є необхідною для зміцнення стратегічної автономії, обороноздатності країн, конкурентоспроможності національних економік, досягнення кліматичних пріоритетів і Цілей сталого розвитку.

Основою розвитку ринків високотехнологічної продукції є їх забезпечення критичною сировиною. У розвинутих країнах питання зменшення залежності від зовнішніх постачальників критичних сировинних матеріалів, до яких належить металевий титан, і забезпечення стабільних і стійких ланцюгів поставок перебуває в центрі інституційних рішень і суспільних обговорень.

За показником CAGR, ринки продукції з металевого титану мають тенденцію до постійного щорічного зростання на 6,89 %. Це обумовлено впливом чинників, пов'язаних як із збільшенням світових обсягів споживання, так і з трансформацією ланцюгів доданої вартості внаслідок глобальних викликів: внутрішніх і зовнішніх загроз безпеці; ініціатив сталого розвитку шляхом запровадження «зелених» методів виробництва, мінімізації впливу на навколишнє середовище; дотриманням жорстких екологічних норм і стандартів у межах «зеленого переходу»; прискоренням R&D, розвитком технологій титанових сплавів, упровадженням технологій Індустрії 4.0.

Основним драйвером зростання глобального ринку продукції з металевого титану є збільшення попиту на високотехнологічні вироби на різних ринкових сегментах, зокрема медичного застосування; ОПК; авіа-, судно- і автомобілебудування, у тому числі електротранспорту.

Для забезпечення потреб світового попиту на продукцію з металевого титану ринок має бути забезпечений стійкими поставками, у тому числі за рахунок українських виробників. Це відкриває можливості для переробки більшої частини титанової сировини в Україні, отже, для експорту продукції з вищою доданою вартістю.

Перспективними напрямками розширення в Україні виробництва продукції з металевого титану для забезпечення внутрішніх потреб і виходу на швидкозростаючі світові ринки є формування ефективного державного стратегічного управління, насамперед, ухвалення і реалізація проекту Концепції державної цільової економічної програми розвитку титанової галузі України. Другим важливим напрямом є посилення захисних механізмів щодо видобутку і поставок титанової сировини для внутрішніх виробників і створення сприятливого інвестиційного середовища. У цілому це сприятиме реалізації оптимістичного сценарію розкриття експортного потенціалу титанової галузі України, створенню нових видобувних і переробних підприємств із запровадженням інноваційних технологій, модернізації існуючих підприємств з розширенням їх виробничих потужностей і прискоренням їх інтеграції до ГЛДВ.

Статтю підготовлено в рамках наукового проєкту «Інноваційна модернізація перспективних галузей промисловості України у повоєнний період на основі існуючого науково-технічного, виробничого та ресурсного потенціалу». Етап II: Перспективи створення в Україні інноваційних промислових майданчиків виробництва продукції з високою доданою вартістю у контексті інтеграції у міжнародні виробничі ланцюги (2024 р.) (державний реєстраційний № 0123U102325).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Banerjee, D., Williams, J. (2013). Perspectives on Titanium Science and Technology. *Acta Materialia*, 61(3), 844-879. <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2012.10.043>
- Jaffee, R., Burte, H. (Eds.) (1973). *Titanium Science and Technology*. NY, Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-1346-6>
- Dushyantha, N., Batapola, N., Iankoon, I., Rohitha, S., Premasiri, R., Abeysinghe, B., Ratnayake, N., Dissanayake, K. (2020). The story of rare earth elements (REEs): occurrences, global distribution, genesis, geology, mineralogy and global production. *Ore Geol. Rev.*, 122. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2020.103521>
- Qiu, G., Guo, Y. (2022). Current situation and development trend of titanium metal industry in China. *Int J Miner Metall Mater*, 29, 599-610. <https://doi.org/10.1007/s12613-022-2455-y>
- El Khalloufi, M., Drevelle, O., Soucy, G. (2021). Titanium: An Overview of Resources and Production Methods. *Minerals*, 11(12), 1425. <https://doi.org/10.3390/min11121425>
- Геєць, В. (2023a). Формування економічного профілю стратегічно важливих видів промислової діяльності в Україні (ретроспективний погляд). *Економіка України*, 66, 08 (741), 3-27. <https://doi.org/10.15407/economyukr.2023.08.003>
- Геєць, В. (2023b). Формування профілю стратегічно важливих видів промислової діяльності в Україні (погляд на перспективу). *Економіка України*, 66, 09 (742), 3-29. <https://doi.org/10.15407/economyukr.2023.09.003>
- Венгер, В. (Ред.) (2024). Розвиток титанової та алюмінієвої промисловості України на інноваційній основі: перспективи та обмеження. Кол. моногр. НАН України, ДУ «Ін-т економ. та прогнозув. НАН України». Київ. 286 с. URL: [https://ief.org.ua/publication/monohrafi/2024/rozvytok-tytanovoi-ta-aluminievoi-promyslovosti-ukrainy-na-](https://ief.org.ua/publication/monohrafi/2024/rozvytok-tytanovoi-ta-aluminievoi-promyslovosti-ukrainy-na)
- Venger, V., Bykonja, O., Gakhovych, N., Kushnirenko, O., Tsyplitska, O. (2024). Development of Titanium Production in Ukraine: Evolving Prospects Based on National R&D. *Science and Innovation*, 20(3), 40-52. <https://doi.org/10.15407/scine20.03.040>
- Собкевич, О., Шевченко, А., Михайличенко, К., Русан, В., Белашов, Є. та ін. (2017). Реальний сектор економіки України: пріоритети розвитку в умовах зміни вектора економічної політики. Аналіт. доп. Київ, НІСД. 40 с. URL: https://niss.gov.ua/sites/default/files/2017-12/AD_Realni-sektor_206x301_druk-7704e.pdf
- Педько, А., Губаренко, Л., Волошина, А. (2018). Оцінка поточного стану й основних проблем розвитку титанової промисловості України. *Глобальні та національні проблеми економіки*. Вип. 23. С. 287—291. URL: <http://global-national.in.ua/archive/23-2018/56.pdf>
- Венгер, В., Кушніренко, О., Гахович, Н., Романовська, Н., Биконя, О. (2023). Наукове забезпечення розвитку виробництва металевого титану в Україні. *European Scientific Journal of Economic and Financial Innovation*. № 2(12). С. 65—81. <http://doi.org/10.32750/2023-0205>

- Chen, G., Fray, D. (2020). Invention and fundamentals of the FFC Cambridge Process. *Extractive Metallurgy of Titanium*. P. 227—286. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817200-1.00011-9>
- Rajan, K., Sahoo, A., Routara, B., Panda, A., Kumar, R. (2022). A review on various approaches of 3D printing of Ti-Alloy. *Materials Today: Proceedings*. Vol. 62. Part 6. P. 3865—3868. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.532>
- Gonchar, A., Troshchylo, V., Brodskyy, A., Yarovynskiy, V., Chukhmanov, O. (2023). Development of a Technology to Produce Titanium Powder with a Low Carbon Footprint. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 2 (12). P. 42—54. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.276746>
- Takeda, O., Ouchi, T., Okabe, T. (2020). Recent Progress in Titanium Extraction and Recycling. *Metall Mater Trans*. Vol. 51. P. 1315—1328. <https://doi.org/10.1007/s11663-020-01898-6>
- Huang, Liu, Jingxi, Zhang, Pei, Sun, Chengshang, Zhou, Yong, Liu, Zhigang, Zak, Fang (2023). An overview of TiFe alloys for hydrogen storage: Structure, processes, properties, and applications, *Journal of Energy Storage*. Vol. 68, 107772. <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.107772>
- Dematteis, E., Dreistadt, D., Capurso, G., Jepsen, J., Cuevas, F., Latroche, M. (2020). Fundamental hydrogen storage properties of TiFe-alloy with partial substitution of Fe by Ti and Mn. *Journal of Alloys and Compounds*. Vol. 874. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2021.159925>
- Zhang, Yh., Li, C., Yuan, Zm. et al. (2022). Research progress of TiFe-based hydrogen storage alloys. *J. Iron Steel Res. Int.*, 29, 537-551. <https://doi.org/10.1007/s42243-022-00756-w>
- Tian, N., Lopes da Silva, D., Liang, X., Scarazzato, L. (2023). Trends in World Military Expenditure. Stockholm International Peace Research Institute. 12 p. <https://doi.org/10.55163/BQGA2180>
- Гахович, Н., Венгер, В., Кушніренко, О. (2023). Передумови та перспективи розвитку титанової галузі в Україні у повоєнний період. *Науковий вісник Міжнародної асоціації науковців. Серія: економіка, управління, безпека, технології*, 2(3). <https://doi.org/10.56197/2786-5827/2023-2-3-3>

Надійшла 31.10.2024

Прорецензована 23.11.2024

Доопрацьована 08.12.2024

Підписана до друку 18.12.2024

REFERENCES

- Banerjee, D., Williams, J. (2013). Perspectives on Titanium Science and Technology. *Acta Materialia*, 61(3), 844-879. <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2012.10.043>
- Jaffee, R., Burte, H. (Eds.) (1973). *Titanium Science and Technology*. NY, Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-1346-6>
- Dushyantha, N., Batapola, N., Ilankoon, I., Rohitha, S., Premasiri, R., Abeysinghe, B., Ratnayake, N., Dissanayake, K. (2020). The story of rare earth elements (REEs): occurrences, global distribution, genesis, geology, mineralogy and global production. *Ore Geol. Rev.*, 122. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2020.103521>
- Qiu, G., Guo, Y. (2022). Current situation and development trend of titanium metal industry in China. *Int. J. Miner. Metall. Mater.*, 29, 599-610. <https://doi.org/10.1007/s12613-022-2455-y>

- El Khalloufi, M., Drevelle, O., Soucy, G. (2021). Titanium: An Overview of Resources and Production Methods. *Minerals*, 11(12), 1425. <https://doi.org/10.3390/min11121425>
- Heyets, V. (2023a). Economic profile formation of strategically important types of industrial activity in Ukraine (retrospective view). *Economy of Ukraine*, 66, 08 (741), 3-27. <https://doi.org/10.15407/economyukr.2023.08.003> [in Ukrainian].
- Heyets, V. (2023b). Formation of the profile of strategically important industrial activity types in Ukraine (an outlook). *Economy of Ukraine*, 66, 09 (742), 3-29. <https://doi.org/10.15407/economyukr.2023.09.003> [in Ukrainian].
- Venger, V. (Ed.) (2024). Development of Ukraine's titanium and aluminum industry on an innovative basis: prospects and limitations. Kyiv. 286 p. URL: <https://ief.org.ua/publication/monohrafi/2024/rozvytok-tytanovoi-ta-aluminievoy-promyslovosti-ukrainy-na-> [in Ukrainian].
- Venger, V., Bykonja, O., Gakhovych, N., Kushnirenko, O., Tsyplitska, O. (2024). Development of Titanium Production in Ukraine: Evolving Prospects Based on National R&D. *Science and Innovation*, 20(3), 40-52. <https://doi.org/10.15407/scine20.03.040>
- Sobkevych, O., Shevchenko, A., Mykhaylychenko, K., Rusan, V., Belashov, Ye. et al (2017). The real sector of the Ukrainian economy: development priorities in the context of changing the economic policy vector. Kyiv. 40 p. URL: https://niss.gov.ua/sites/default/files/2017-12/AD_Realni-sektor_206x301_druk-7704e.pdf [in Ukrainian].
- Pedko, A., Hubarenko, L., Voloshyna, A. (2018). Estimation of current status and basic problems of development of titanium industry of Ukraine. *Global and National Problems of Economy*. Vol. 23. P. 287-291. URL: <http://global-national.in.ua/archive/23-2018/56.pdf> [in Ukrainian].
- Venger, V., Kushnirenko, O., Gakhovych, N., Romanovska, N., Bykonja, O. (2023). Scientific support for the development of metallic titanium production in Ukraine. *European Scientific Journal of Economic and Financial Innovation*. No. 2(12). P. 65-81. <http://doi.org/10.32750/2023-0205> [in Ukrainian].
- Chen, G., Fray, D. (2020). Invention and fundamentals of the FFC Cambridge Process. *Extractive Metallurgy of Titanium*. P. 227-286. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817200-1.00011-9>
- Rajan, K., Sahoo, A., Routara, B., Panda, A., Kumar, R. (2022). A review on various approaches of 3D printing of Ti-Alloy. *Materials Today: Proceedings*. Vol. 62. Part 6. P. 3865-3868. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.532>
- Gonchar, A., Troshchylo, V., Brodskyy, A., Yarovynskyi, V., Chukhmanov, O. (2023). Development of a Technology to Produce Titanium Powder with a Low Carbon Footprint. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 2 (12). P. 42-54. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.276746>
- Takeda, O., Ouchi, T., Okabe, T. (2020). Recent Progress in Titanium Extraction and Recycling. *Metall. Mater. Trans.* Vol. 51. P. 1315-1328. <https://doi.org/10.1007/s11663-020-01898-6>
- Huang, Liu, Jingxi, Zhang, Pei, Sun, Chengshang, Zhou, Yong, Liu, Zhigang, Zak, Fang (2023). An overview of TiFe alloys for hydrogen storage: Structure, processes, properties, and applications. *Journal of Energy Storage*. Vol. 68, 107772. <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.107772>
- Dematteis, E., Dreistadt, D., Capurso, G., Jepsen, J., Cuevas, F., Latroche, M. (2020). Fundamental hydrogen storage properties of TiFe-alloy with partial substitution of Fe by

- Ti and Mn. *Journal of Alloys and Compounds*. Vol. 874. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2021.159925>
- Zhang, Yh., Li, C., Yuan, Zm. et al. (2022). Research progress of TiFe-based hydrogen storage alloys. *J. Iron Steel Res. Int.*, 29, 537-551. <https://doi.org/10.1007/s42243-022-00756-w>
- Tian, N., Lopes da Silva, D., Liang, X., Scarazzato, L. (2023). Trends in World Military Expenditure. Stockholm International Peace Research Institute. 12 p. <https://doi.org/10.55163/BQGA2180>
- Gakhovych, N., Venger, V., Kushnirenko, O. (2023). Prerequisites and prospects for the Ukrainian titanium industry development in the postwar period. *Scientific bulletin of the International Association of scientists. Series: Economy, management, security, technologies*, 2(3). <https://doi.org/10.56197/2786-5827/2023-2-3-3> [in Ukrainian].

Received on October 31, 2024

Reviewed on November 23, 2024

Revised on December 8, 2024

Signed for printing on December 18, 2024

Vitalii Venger, Dr. Sci. (Econ.),

Head of the Department of Sectoral Forecasts and Market Conditions

Institute for Economics and Forecasting of the NAS of Ukraine

26, Panasna Myrnoho St., Kyiv, 01011, Ukraine

Oksana Kushnirenko, Dr. Sci. (Econ.), Associate Professor,

Senior Research Fellow of the Industry Market Sector

of the Department of Sectoral Forecasts and Market Conditions

Institute for Economics and Forecasting of the NAS of Ukraine

26, Panasna Myrnoho St., Kyiv, 01011, Ukraine

Oleksandr Bykonja, PhD (Econ.),

Senior Research Fellow of the Industry Market Sector

of the Department of Sectoral Forecasts and Market Conditions

Institute for Economics and Forecasting of the NAS of Ukraine

26, Panasna Myrnoho St., Kyiv, 01011, Ukraine

FORMATION OF GLOBAL DEMAND

FOR TITANIUM METAL PRODUCTS: MARKET

PROSPECTS AND GROWTH SEGMENTS

The main factors that shape the global demand for titanium metal products in promising markets, including security, geopolitical, energy, environmental, and innovative ones, are analyzed. The authors determine future global needs for titanium metal products in promising market segments until 2030, which will generally have a growth trend. The most promising market segments include: aircraft and automobile manufacturing, including electric transport; defense industry; medical sector; shipbuilding.

It is determined that the basis for the development of the above-mentioned high-tech product markets is their provision with critical raw materials, where the issue of reducing dependence on external titanium metal suppliers and ensuring stable and resilient supply chains is at the center of institutional decision-making and public discussions.

To meet the needs of global demand for titanium metal products, the market must have stable supplies, including from Ukrainian producers. This opens up opportunities for processing most of the titanium raw materials in Ukraine and exporting products with higher added value. Promising areas for expanding the production of titanium metal products in Ukraine to meet domestic needs and enter fast-growing world markets are the formation of effective state strategic management; strengthening protective mechanisms for the extraction and supply of titanium raw materials for domestic producers, and creating a favorable investment environment. In addition, given the global sustainability trends, special attention should be paid to environmentally friendly methods of extraction and processing of titanium raw materials.

Keywords: *titanium metal products; integration; promising market niches; medical sector; aircraft manufacturing; defense industry; transport sector; electric transport.*