

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-64-158>

УДК 339.5:338.4

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ГЛОБАЛЬНИХ ЛАНЦЮГІВ СТВОРЕННЯ ВАРТОСТІ ГАЛУЗІ НАПІВПРОВІДНИКІВ

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF GLOBAL VALUE CHAIN IN THE SEMICONDUCTOR INDUSTRY

Миценко Валерій Іванович

кандидат педагогічних наук, доцент,
Центральноукраїнський національний технічний університет
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6034-0224>

Mytsenko Valerii

Central Ukrainian National Technical University

Стаття присвячена розгляду сучасних тенденцій розвитку глобальних ланцюгів створення вартості галузі напівпровідників. У дослідженні розглядається участь у глобальних ланцюгах створення вартості напівпровідників економік різних країн. Зроблено висновок, що прагнення низки держав до створення виробництва повного циклу напівпровідників в межах однієї країни, навряд чи буде реалізовано через складну організацію глобальних ланцюгів створення вартості напівпровідників, що існують, і надзвичайний попит на технологічні можливості, капітальні інвестиції в передове виробництво мікросхем та технологічний суверенітет. Таким чином, перегони у будівництві виробництва повсюди, швидше за все, призведе до фрагментованого, а не інтегрованого світового ринку напівпровідників, що неминуче підірве економію масштабу та довірчі відносини в цьому секторі та, що ще гірше, призведе до надлишкової пропозиції потужностей для виробництва напівпровідників у всьому світі.

Ключові слова: глобальні ланцюги створення вартості, напівпровідники, промислове виробництво, високотехнологічний ринок, світова торгівля.

The article is devoted to the consideration of modern trends in the development of global value chains of the semiconductor industry. The study examines the participation in global semiconductor value chains of different countries' economies. Massive innovations in semiconductor technology have resulted in extremely high costs for the development and production of advanced chips since 2010. Only a few market leaders dominate various segments of the global semiconductor value chain, from software development and intellectual property to materials and equipment suppliers. American firms play an almost monopolistic role in software development for integrated circuits, while a small group of highly specialized firms dominate hardware manufacturers. At the same time, increasingly complex chip design and manufacturing processes and accompanying ecosystems of highly specialized firms today mean that no economy can be self-sufficient across the entire semiconductor value chain. The emergence of the factory-free production model increased the functional and geographic specialization of the industry at the task level. For example, American fab processor firms specialize in the design and marketing of integrated circuits, while East Asian semiconductor firms are responsible for wafer fabrication and downstream manufacturing activities. As a result, wafer production in the global semiconductor industry has become highly concentrated in the Republic of Korea, the People's Republic of China, Japan, and Singapore, which together accounted for about 80% of the total global wafer production capacity in the 2018–2023 period. Consequently, the desire of a number of countries to establish semiconductor factories is unlikely to be realized due to the complex organization of existing global semiconductor value chains and the extraordinary demand for technological capabilities, capital investment in advanced chip manufacturing, and technological sovereignty. Thus, the race to build factories everywhere is likely to lead to a fragmented rather than an integrated global semiconductor market, which will inevitably undermine economies of scale and trust in the sector and further exacerbate the oversupply of semiconductor manufacturing capacity worldwide.

Keywords: global value chains, semiconductors, industrial production, high-tech market, world trade.

Постановка проблеми. Перш за все потрібно зазначити, наскільки важливі для сучасної світової економіки інтегральні схеми

або напівпровідники. Інтегральні схеми (IC) – відомі як напівпровідникові мікросхеми – схеми, які використовуються в персо-

нальному комп'ютері (ПК), мобільному телефоні, електричному транспортному засобі, і складають глобальний ланцюг створення вартості. Напівпровідникові фірми, розташовані в різних економіках і регіонах, спільно завершують необхідні завдання проєктування, виготовлення пластин, складання, пакування та тестування мікросхем перед їх розповсюдженням виробникам кінцевих пристроїв. У сучасних напівпровідникових глобальних ланцюгах створення вартості жодна економіка не має автономного та повністю інтегрованого напівпровідникового сектору, який не потребує іноземних технологій або матеріалів. У цьому дослідженні проаналізовано, чи всі економіки світу є взаємозалежними у світовій напівпровідниковій промисловості. Розвиток складності напівпровідникової технології та прагнення до економічної ефективності ще більше посилили міжнародний поділ праці в цій високотехнологічній галузі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Тематика глобальних ланцюгів створення вартості є достатньо популярною як серед вітчизняних, так і закордонних науковців. Наприклад, О. Б. Гірна досліджувала локальні та глобальні аспекти формування доданої вартості у ланцюгу постачання [1]. У роботі Д. О. Ярошук та О. О. Охріменко здійснили оцінку перспектив інтеграції вітчизняних наукомістких виробництв у глобальні ланцюги доданої вартості [2]. Особливості формування та функціонування інтегрованих структур в глобальних ланцюгах створення вартості були розкриті такими науковцями, як В. В. Гурочкіна та О. М. Менчинська [3].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Проте, незважаючи на численні публікації за напрямком глобальних ланцюгів створення вартості сегмент напівпровідників є одним з найбільш перспективних серед глобальних ланцюгів створення вартості, що зумовлює актуальність даного дослідження.

Формулювання цілей статті. Визначення сучасних тенденцій розвитку глобальних ланцюгів створення вартості галузі напівпровідників.

Виклад основного матеріалу дослідження. За останні два десятиліття ланцюг створення вартості напівпровідників перетворився на один із найбільш «глобальних» ланцюгів створення вартості. У 2019 році, з точки зору операцій з доданою вартістю, було шість основних економік/регіонів (США, Європа, КНР, Республіка Корея, Японія) та

решта інших країн світу, які брали участь у глобальних ланцюгах створення вартості напівпровідників, кожна з яких робила внесок 8% або більше від загальної доданої вартості галузі [4]. Оскільки компанії в різних регіонах спеціалізуються на окремих сегментах доданої вартості, типовий процес виробництва напівпровідників залучає більшість, якщо не всі основні економіки світу, а продукція може перетинати кордони 70 разів (Таблиця 1).

США є світовим лідером у найбільш наукомістких видах діяльності/досліджень і розробок, включаючи автоматизацію електронного проєктування та основну інтелектуальну власність (72%), розробку логічних чіпів (67%) та малий і середній бізнес (42%), де їх частка вища за загальну частку у доданій вартості напівпровідників (35%). Дійсно, американські фірми мають значну присутність у сегменті проєктування логічних чіпів без підключення, що додає найбільшу цінність у ланцюгу виробництва. У 2021 році з 10 найкращих компаній у світі, що займаються безфабричним дизайном, шість були американськими (Qualcomm, Nvidia, Broadcom, AMD, Marvell і Xilinx) [6].

Більш капітало- та трудомісткі види діяльності, такі як початкове (виготовлення пластин) і кінцеве (АРТ) виробництво напівпровідників і напівпровідникових матеріалів, в основному зосереджені в Східній Азії, включаючи КНР, Республіку Корея, Сінгапур і Японію. Найбільш трудомістка діяльність АРТ здійснюється переважно в КНР (38%) тощо (наприклад, Малайзія). Близько 75% потужностей з виготовлення пластин зосереджено у Східній Азії – відповідно 17% у Республіці Корея, 16% у Японії та 21% у КНР. На ті ж чотири локації також припадає понад 70% акцій у капіталомісткому сегменті напівпровідникових матеріалів. Крім того, Японія займає значну частку як у сегменті малого та середнього бізнесу (27%), так і в продуктах DAO (21%), тоді як Республіка Корея має переважну частку (58%) у комерціалізації продуктів пам'яті, де виробництво є більше капіталомістким і в ньому переважають напівпровідникові компанії, що виробляють 75% і більше мікросхем самі. (98%).

Навпаки, частка США у трудомісткому сегменті АРТ набагато менша (5%), а її частка у капіталомісткому виробництві пластин (11%) або напівпровідникових матеріалів (10%) значно нижча за загальну частку вартості в напівпровідниковій промисловості. Маючи лише 10% частки в загальній доданій вартості, європейські фірми відіграють відносно

Таблиця 1

**Регіональна додана вартість у ланцюгу створення вартості напівпровідників
за видами діяльності, 2021 (у відсотках)**

	США	Європейські країни	Китай	Південна Корея	Японія	Інші країни
Автоматизація проектування електронних схем	72%	20%	3%	-	-	-
Дизайн (логіка), переважно безфабричні	67%	8%	6%	4%	4%	12%
Дизайн (пам'ять), переважно інтегровані пристрої	28%	-	-	58%	8%	-
Дизайн (дискретне, аналогове виробництво та оптоелектроніка та сенсори)	37%	18%	9%	6%	21%	10%
Проектні продукти	49%	8%	5%	20%	9%	9%
Обладнання	42%	21%	-	3%	27%	5%
Матеріали	10%	6%	19%	17%	14%	35%
Інтерфейсна частина	11%	9%	21%	17%	16%	26%
Складання, упаковка та тестування	5%	4%	38%	9%	6%	38%
Загалом	35%	10%	11%	16%	13%	15%

Джерело: сформовано автором за даними [5]

незначну роль у постачанні логіки та мікросхем пам'яті. Однак вони демонструють значну силу в сегментах обладнання для виробництва напівпровідників (21%), автоматизації електронного проектування (20%), дискретному, аналоговому виробництві та оптоелектроніці та сенсорах (18%) і особливо в виробництві автомобільних мікросхем, але вони відстають у двох напрямках діяльності, які додають найбільшу цінність, а саме проектування логічних мікросхем (8%) і виготовлення пластин (9%) [7]. Регіональний розподіл потужностей виробництва пластин, для якого характерна особливо висока концентрація провідних потужностей у Східній Азії, був у центрі великої уваги в останні роки та заслуговує на більш глибоке обговорення. І все ж ця потужність для високоякісних мікросхем становить лише 2% світової потужності виробництва напівпровідників, тоді як логічні мікросхеми в цілому становлять близько 41% світової потужності. Крім того, Республіка Корея домінувала за ємністю мікросхем пам'яті (44%). Нарешті, потужність чіпа дискретного, аналогового виробництва та оптоелектроніка та сенсори в Японії (28%) є найвищою серед усіх регіонів, за нею йде Європа (22%), не зважаючи на домінування США в цьому сегменті.

Враховуючи таку нинішню високу географічну концентрацію потужності пластин загалом і передову потужність у Східній Азії, очевидно, що стихійні лиха та геополітичні конфлікти можуть становити серйозну загрозу конфігураціям і стабільності напівпровідникових глобальних ланцюгів створення вартості, які зараз широко сприймаються як критичні питання економічного зростання та національної безпеки.

На рубежі нового тисячоліття, за винятком КНР, роль уряду інших країн східноазіатського регіону, в підйомі напівпровідникової промисловості була зменшена, оскільки їхні вітчизняні фірми ливарного та інтегрованого виробництва приладів стали більш інтегрованими в глобальні ланцюжки створення вартості напівпровідників і наступні кінцеві продукти, такі як ПК, смартфони та сервери. Це був час, коли спеціалізація промислового ринку стала найважливішим фактором успіху [8]. Завдяки спеціалізації на напівпровідникових промислових виробках і ринкових нішах ці фірми, що прийшли пізніше в Республіку Корею (а згодом у КНР), розробили нові фірмові можливості. Ці специфічні можливості фірми проявляються в трьох критичних вимірах: нові напівпровідникові продукти або технологічні процеси, гнучке виробництво напівпровідни-

ків і різноманітність продуктів, а також організаційне ноу-хау та приватний доступ до ринкової інформації (наприклад, через клієнтів безфабричного виробництва та їхніх кінцевих користувачів виробників обладнання в електронній промисловості). Цей розвиток спроможності на рівні фірм також зумовлений своєрідним поєднанням нових ролей уряду та конкурентної промислової динаміки. Оскільки ці нові ролі менш інтервенціоністські за своєю природою, їхній прямиий вплив на напівпровідникові фірми та промисловий розвиток також важче відстежити.

Східноазіатські фірми, що прибули пізніше, з часом розробили власні та більш складні технології на основі своїх виробничих можливостей і досконалості у виробництві, навіть після того, як вони вже досягли ефекту масштабу та витіснили в конкуренції фірми-первинки з розвинених індустріальних економік. Ці нові технології мають вирішальне значення для збереження їхнього лідерства на ринку у світовій напівпровідниковій промисловості, яка з часом стала більш конкурентоспроможною та вимагала більших динамічних можливостей фірми (наприклад, постійного навчання та модернізації технологій). У деяких випадках східноазіатські напівпровідникові фірми, такі як TSMC і Samsung, створили динамічні можливості за допомогою непоступового створення додаткових та інтегративних знань, побудованих на наявних додаткових або недостатньо використаних знаннях перших рушіїв з США, Західної Європи та Японії.

Спеціалізація на лідерстві на промисловому ринку дозволяє східноазійським напівпровідниковим фірмам розвивати більшу економію за рахунок гнучкого виробництва та диверсифікації продукції. Хоча економія на масштабах є важливою в їх гонці за лідерами (наприклад, Samsung у пристроях пам'яті), постійний успіх у глобальних виробничих мережах вимагає від цих східноазійських напівпровідникових компаній брати участь у гнучкій спеціалізації. У цій капіталомісткій галузі конкуренція на основі нижчої собівартості одиниці кожного продукту чи послуги не є настільки ефективною та стійкою, як одержання вищої цінності за рахунок диференціації продукції чи різноманітності послуг. Динаміка конкуренції в напівпровідниковій промисловості, як правило, надає перевагу фірмам, які забезпечують економію як масштабу, так і обсягу, щоб уникнути прив'язки до певних продуктів або послуг. Провідні східноазійські напівпровідникові фірми, такі як TSMC,

як правило, приймають портфель стратегій, адаптованих до різних продуктів, ринків і бізнес-циклів.

Оскільки східноазійські напівпровідникові фірми поглиблюють свою інтеграцію з глобальними виробничими мережами в різних галузях (наприклад, ІКТ, автомобільна промисловість, штучний інтелект, робототехніка, промислова електроніка), таким чином вони розробляють нові організаційні процедури та інновації, які зміцнюють їхні довірчі відносини з ключовими клієнтами та постачальниками, та дозволяють краще контролювати ринкову інформацію та доступ до клієнтів. Ця унікальна умова промислової динаміки суттєво збільшує витрати на інформаційну асиметрію та ринкову розвідку на рівні фірми [9]. Більш ліберальний і добре функціонуючий торговельний режим у 2000-х і до кінця 2010-х забезпечив сприятливий структурний контекст для цих східноазіатських напівпровідникових компаній для консолідації своїх стратегічних відносин з провідними фірмами в різних глобальних галузях промисловості.

Наприкінці 2010-х років на світовому ринку напівпровідників стали домінувати IDM та компанії, що займаються виробництвом фабричних пристроїв із США та Східної Азії, а також провідним партнерам із виробництва, переважно розташованим у Східній Азії. Їхньою основною продукцією є пам'ять, логічні мікросхеми та мікропроцесори, які керують пристроями ІКТ (наприклад, смартфонами, персональними комп'ютерами, планшетами та серверами) та іншими промисловими програмами (наприклад, автомобільним та електричним обладнанням). Протягом періоду 2000–2018 років загальна кількість IDM і ливарних заводів залишалася досить стабільною – 325 заводів у 2000 році, збільшившись до 344 у 2010 році та консолідувавшись до 296 у 2018 році (але очікується, що кількість знову зросте до понад 350 заводів, коли поточне масове будівництво нових заводів у всьому світі планують завершити до кінця 2025 року). Однак загальна потужність цих заводів у всьому світі значно зросла, подвоївшись між 2000 і 2010 роками, а потім збільшившись на 32%, досягнувши майже 17 мільйонів пластин на місяць у 2018 році. Цей темп зростання відповідає зростанню доходів ринку напівпровідників за той самий період: від 221 мільярда доларів у 2000 році до піка в 485 мільярдів доларів у 2018 році, і знову до 590–600 мільярдів доларів у 2021 та 2022 роках.

Географічно значне зростання нових фабрик і потужностей перемістилося в бік Східної Азії з 2000-х років. Хоча східноазійський «велетень» – Республіка Корея – вже мав певний потенціал у 2000 році, він все ще був позаду Японії, США. Фабричні потужності в КНР і Сінгапурі були незначними. Потрібно визначити найбільших у світі виробників напівпровідників – Республіка Корея (3,6 мільйона у місяць), Японія (3,0 мільйона) і КНР (2,2 мільйона). Навіть потужність міст-держави Сінгапур у 1,04 мільйона була трохи більшою, ніж виробництво всієї Європи в 1,02 мільйона. США опустилися на 5 місце з 1,8 мільйонами пластин на місяць, які виробляли 44 фабрики. У 2010-х роках відбулася значна консолідація заводів у Японії: зі 131 у 2010 році до 87 у 2018 році. США також стали свідками закриття майже чверті своїх заводів і незначного зниження загальної потужності заводів. З точки зору застосування продуктів, КНР був найбільшим виробником ливарного виробництва (переважно логічних мікросхем), тоді як Республіка Корея та Японія лідирували у виробництві мікросхем пам'яті, а Сінгапур відставав. Протягом 2010-х років у США та Європі спостерігалось зниження кількості та ємності як логічних мікросхем, так і мікросхем пам'яті [10].

Величезне зростання глобальних виробничих потужностей напівпровідників і їх орієнтація на Східну Азію протягом 2010-х років були зумовлені величезним зростанням проміжного ринкового попиту на логіку та мікросхеми пам'яті в кількох основних додатках продуктів у пристроях ІКТ (ПК і смартфони), серверах центрів обробки даних, побутової електроніки (наприклад, телевізори). У 2018 році на логічні мікросхеми припадала переважна більшість виробничих потужностей усіх п'яти найбільших постачальників ливарного виробництва, очолюваних TSMC. У той час як США залишаються центром, що домінує, проектування логічних мікросхем (тобто безфабричні фірми, здебільше розташовані в Силіконовій долині) та розробки та виробництва мікропроцесорів, східноазійські постачальники ливарного виробництва домінують у виробництві логічних мікросхем.

У пристроях пам'яті – найбільшому застосуванні мікросхем із доходом у 165 мільярдів доларів або 34% світового ринку в 2018 році, географія виробництва мікросхем і розташування заводів все ще базується на виробництві інтегрованих пристроїв – моделі вертикально інтегрованих виробничих мереж,

висококонтрованих на Сході Азії. Цей ринок контролюється чотирма дуже великими фірмами виробників інтегрованих пристроїв – Samsung, SK Hynix, Micron і Toshiba/Kioxia. Вийшовши в лідери ринку наприкінці 1990-х років, у 2018 році лише Samsung займав 40% ринку пам'яті, що еквівалентно двом наступним виробникам разом – SK Hynix (22%) і Micron (18%). Фабрики пам'яті Samsung і SK Hynix здебільшого розташовані в Республіці Корея, тоді як усі п'ять фабрик Toshiba/Kioxia знаходяться в Японії. Для порівняння, сім заводів американського виробництва інтегрованих пристроїв Micron географічно диверсифіковані, але чотири заводи в Сінгапурі та Японії складають 80% загальної потужності [11].

Масове будівництво нових фабрик або розширення потужностей у регіонах Східної Азії протягом 2010-х років не можна адекватно пояснити сприятливою урядовою політикою та сильною підтримкою з боку місцевих екосистем. Ці необхідні «східноазійські» умови були б недостатніми, якби не було відповідного ринкового попиту на пам'ять і логічні мікросхеми, що використовують цю нову потужність у Східній Азії. Провідні напівпровідникові фірми Східної Азії не понесли б значні капіталовкладення у 2010-х роках на будівництво нових заводів без передбачення майбутнього попиту та/або отримання твердих зобов'язань щодо замовлень від своїх провідних клієнтів, наприклад, з 2016 року чіпи iPhone від Apple використовують виключно новітні технологічні вузли TSMC на спеціалізованих домашніх фабриках, а компанії-виробники комп'ютерів і серверів є ключовими клієнтами чіпів пам'яті від Samsung і SK Hynix.

Висновки. Таким чином, нещодавня пандемія COVID-19, глобальний дефіцит мікросхем і експортні обмеження США на напівпровідникові технології привернули увагу всього світу до цього важливого високотехнологічного сектора. На межі 2020-х років напівпровідникові глобальні ланцюги створення вартості вже не могли міститися в рамках жодної конкретної фірми чи національної території. У США та Кремнієвій долині, зокрема, перевага венчурного капіталу для малоактивних напівпровідникових компаній змусила більше американських стартапів відмовитися від виробництва. Результатом цього є поширення виробництва напівпровідників у країнах Східної Азії, таких як Республіка Корея, Сінгапур і, останнім часом, КНР. З точки зору промислової концентрації, Східна Азія зараз

відіграє домінуючу роль у виробництві логіки та мікросхем пам'яті завдяки кільком провідним постачальникам ливарного виробництва (TSMC, Samsung Foundry, UMC та SMIC) та компаніям IDM (Samsung, SK Hynix та Kioxia/Toshiba).

Поява моделі безфабричного виробництва посилила функціональну та географічну спеціалізацію галузі на рівні завдань. Наприклад, американські фірми, що займаються випуском фабричних процесорів, спеціалізуються на розробці та маркетингу інтегральних схем, а фірми, що займаються виробництвом напівпровідників у Східній Азії, відповідають за виготовлення пластин і подальшу виробничу діяльність. У результаті виробництво пластин у світовій напівпровідниковій промисловості стало дуже сконцентрованим у Республіці Кореї, Китайській Народній Республіці (КНР), Японії та Сінгапурі, на які разом припадало близько 80% загальної світової потужності з

виробництва пластин у період 2018–2023 років. TSMC стала найбільшим у світі ливарним заводом для чистої гри завдяки цій «революції без ідей», на її частку припадає понад 85% найсучасніших чіпів, вироблених у 2022 році.

Отже, прагнення низки країн до створення фабрик напівпровідників, навряд чи буде реалізовано через складну організацію існуючих глобальних ланцюгів створення вартості напівпровідників і надзвичайний попит на технологічні можливості, капітальні інвестиції в передове виробництво мікросхем та технологічний суверенітет. Таким чином, перегони у будівництві фабрик повсюди, швидше за все, призведуть до фрагментованого, а не інтегрованого світового ринку напівпровідників, що неминуче підірве економію масштабу та довіричі відносини в цьому секторі та ще погіршить ситуацію з надлишковою пропозицією потужностей для виробництва напівпровідників у всьому світі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Гірна О. Б. Локальні та глобальні аспекти формування доданої вартості у ланцюгу поставок. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2022. № 1. С. 22–28.
2. Ярошук Д. О., Охріменко О. О. Інтеграція вітчизняних наукомістких виробництв у глобальні ланцюга доданої вартості. *Актуальні проблеми економіки та управління*. 2020. № 14.
3. Гурочкіна В. В., Менчинська О. М. Особливості формування та функціонування інтегрованих структур в глобальних ланцюгах створення вартості. *Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки*. 2020. № 3 С. 248–257.
4. Suleman, Areef and Yagci, Mustafa (2022), The Impact of Sanctions on Global Value Chains, Background Paper for the Workshop on “Global Value Chain Development Report 2023: Resilient and Sustainable GVCs in Turbulent Times”, Geneva: World Trade Organization.
5. SIA (2023), 2022 State of the U.S. Semiconductor Industry, Semiconductor Industry Association. URL: https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2022/11/SIA_State-of-Industry-Report_Nov-2022.pdf
6. IC Insights (2022), ‘Chinese companies hold only 4% of global IC marketshare’, IC Insights Research Bulletin, 5 April 2022. URL: <https://www.icinsights.com/data/articles/documents/1444.pdf>.
7. Kleinhans, Jan-Peter and Baisakova, Nurzat (2020), The Global Semiconductor Value Chain: A Technology Primer for Policy Makers, Berlin: Stiftung Neue Verantwortung.
8. Yeung, Henry Wai-chung (2022b), ‘Explaining geographic shifts of chip making toward East Asia: market dynamics in semiconductor global production networks’, *Economic Geography*, 98(3), 272–298.
9. Epicoco, Marianna (2013), ‘Knowledge patterns and sources of leadership: mapping the semiconductor miniaturization trajectory’, *Research Policy*, 42(1), 180–195.
10. Huggins, Robert, Johnston, Andrew, Munday, Max and Xu, Chen (2023), ‘Competition, open innovation, and growth challenges in the semiconductor industry: the case of Europe’s clusters’, *Science and Public Policy*, scad005, <https://doi.org/10.1093/scipol/scad005>
11. Henry Wai-chung Yeung, Shaopeng Huang, and Yuqing Xing. From Fabless to Fabs Everywhere? Semiconductor Global Value Chains in Transition URL: https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/07_gvc23_ch4_dev_report_e.pdf

REFERENCES:

1. Hirna, O. B. (2022). Lokalni ta hlobalni aspekty formuvannia dodanoi vartosti u lantsiuhu postavok. [Local and global aspects of the formation of added value in the supply chain]. *Tsyfrova ekonomika ta ekonomichna bezpeka*, vol. 1, pp. 22–28. (in Ukrainian)

2. Yaroschuk D. O. & Okhrimenko O. O. (2020). Intehratsiia vitchyznianykh naukomistkykh vyrobnytstv u hlobalni lantsiuha dodanoi vartosti [Integration of domestic knowledge-intensive industries into global value-added chains]. *Actual problems of economy and management*, vol. 14. (in Ukrainian)
3. Hurochkina V.V., & Menchynska Ā.M. (2020). Osoblyvosti formuvannya ta funktsionuvannya intehrovanykh struktur v hlobal'nykh lantsyuhakh stvorennia vartosti [Features of formation and functioning of integrated structures in global value chains]. *Naukovyy visnyk Khmel'nyts'koho natsional'noho universytetu* 3, ser. Economic sciences, pp. 248–257. DOI: 10.31891/2307-5740-2020-282-3- 43 (in Ukrainian)
4. Suleman, Areef and Yagci, Mustafa (2022). The Impact of Sanctions on Global Value Chains, Background Paper for the Workshop on “Global Value Chain Development Report 2023: Resilient and Sustainable GVCs in Turbulent Times”, Geneva: World Trade Organization.
5. SIA (2023). 2022 State of the U.S. Semiconductor Industry, Semiconductor Industry Association. URL: https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2022/11/SIA_State-of-Industry-Report_Nov-2022.pdf
6. IC Insights (2022). ‘Chinese companies hold only 4% of global IC marketshare’, IC Insights Research Bulletin, 5 April 2022. Available at: <https://www.icinsights.com/data/articles/documents/1444.pdf>
7. Kleinhans, Jan-Peter and Baisakova, Nurzat (2020). The Global Semiconductor Value Chain: A Technology Primer for Policy Makers, Berlin: Stiftung Neue Verantwortung.
8. Yeung, Henry Wai-chung (2022b), ‘Explaining geographic shifts of chip making toward East Asia: market dynamics in semiconductor global production networks’, *Economic Geography*, vol. 98(3), pp. 272–298.
9. Epicoco, Marianna (2013), ‘Knowledge patterns and sources of leadership: mapping the semiconductor miniaturization trajectory’, *Research Policy*, vol. 42(1), pp. 180–195.
10. Huggins, Robert, Johnston, Andrew, Munday, Max and Xu, Chen (2023), ‘Competition, open innovation, and growth challenges in the semiconductor industry: the case of Europe’s clusters’, *Science and Public Policy*, scad005, DOI: <https://doi.org/10.1093/scipol/scad005>
11. Henry Wai-chung Yeung, Shaopeng Huang, and Yuqing Xing (2023). From Fabless to Fabs Everywhere? Semiconductor Global Value Chains in Transition Available at: https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/07_gvc23_ch4_dev_report_e.pdf