

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ РИНОК АРКТИКИ: ВІД ВИКОПНИХ РЕСУРСІВ ДО ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

ENERGY MARKET OF THE ARCTIC: FROM FOSSIL FUELS TO RENEWABLES

У статті досліджується формування та сучасний розвиток енергетичного ринку Арктики – регіону з надзвичайно високим енергетичним та логістичним потенціалом. Проведено аналіз видобувного сектору регіону, через призму впливу кліматичних та безпекових факторів. Вивчено правовий статус арктичних територій, визначено основних учасників ринку, подано характеристику та аспекти їхніх геополітичних взаємовідносин, зокрема переваги і недоліки основних гравців та їх роль у подальшому розподілі сфер впливу в регіоні. Висвітлено характерні особливості видобутку нафти та природного газу в Арктиці, проведено аналіз переваг і ризиків кліматичних змін для місцевої економіки, а також їх наслідки для світового господарства. Досліджено специфіку функціонування місцевої енергетики та можливості застосування альтернативних технологій енергогенерації з метою покращення електропостачання регіону та прискорення його освоєння.

Ключові слова: глобальна енергетична безпека, міжнародний розподіл Арктики, викопне паливо, кліматичні зміни, енергетичний перехід, енергоресурси Арктики, глобальне потепління, відновлювана енергетика.

The study is devoted to the Arctic energy market under the current unstable geopolitical circumstances and inevitable climatic changes. Being an extremely important region, especially for mining activity in fossil fuels production sector Arctic has become a matter of steadily increasing strategic interest, not only for traditionally Arctic countries such as Russia, the USA, Canada, Norway, and Denmark, but also China, which recently declared itself a “quasi-arctic state”. The study contains analysis of the latest geopolitical trends in a typical East-West regional opposition starting with determination of legal status of Arctic territories, evaluation of potential security risks deriving from accelerated militarization of the region within the latest several years mostly initiated by Russian government, and current intensive efforts of the global leading countries for success in the future distribution of spheres of influence in the Arctic region. The characteristic features of Arctic crude oil and natural gas production have been highlighted. At the same time the study evaluates advantages and risks of climate change for the local economic activity including so called “amplification effect” in average temperature growth in Arctics, as well as consequences of these changes for the world economy, including the organization of new logistic routes through the Arctic circumpolar territories connecting the Northern Atlantics to numerous rapidly developing Asian Pacific regions. By investigating the geographical disintegration of electricity infrastructure, such as microgrids, in Arctics the study highlights a set of technical restrictions for usage of renewable power generation technologies in circumpolar territories explained by harsh weather conditions and low level of population, simultaneously providing application recommendations based on progressive nuclear technical solutions to improve the power supply of the region and accelerate its development with mitigation of anthropogenic effect on the Arctic nature and preserving it as the legacy for future generations.

Key words: global energy security, international division of the Arctic, fossil fuels, climate change, energy transition, Arctic energy resources, global warming, renewable energy.

УДК 339.9:620.91(211-17)

DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.17-46>

Добей А.Г.¹

аспірант кафедри міжнародних економічних відносин,
Ужгородський національний університет

Dobey Andriy

Uzhhorod National University

Постановка проблеми. Питання забезпеченості енергетичними ресурсами є одним із ключових питань успішного функціонування і стійкого розвитку будь-якої економіки. Глобальні кліматичні зміни, більшість з яких має ризик стати незворотними, та численні геополітичні трансформації останніх років викликали неабиякий інтерес ключових світових економік до природних ресурсів арктичного регіону, які за попередніми оцінками дослідників містять істотні запаси викопних енергоносіїв та рідкоземельних елементів. Крім перспектив видобувного сектору зміна кліматичних умов на територіях Арктики відкриває нові перспективи для таких секторів як логістика, туризм і навіть сільське господарство. Адже тривале танення арктичного льодового покриву уможливорює організацію нових північних судноплавних маршрутів, забезпечуючи швидке сполучення

Північної Атлантики з Тихоокеанським регіоном; вивільнює значні території для агропромислового виробництва, а низькі середньорічні атмосферні температури дозволяють економити суттєві обсяги виробничих та експлуатаційних витрат на охолодження у традиційно енергоємних секторах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням різних аспектів освоєння Арктики присвячені праці: Яшної Н.О. [1], Богданової Т., Черевко А. [8], Trasy E. [14], Holdmann, Gwen, Poeltzer [24], Helgadottir, B., Tomasson E. [25] та ін. Водночас аналіз особливостей розвитку енергетичного ринку регіону, його ресурсного потенціалу та перспектив реалізації інноваційних рішень потребує подальшого вивчення.

Виділення раніше не вирішених частин загальної проблеми. Виявляється технічно складним та економічно передчасним реалізація

¹ ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1789-4003>

проектів, заснованих на технологіях вітрової енергогенерації та фотовольтаїчних систем в досліджуваному регіоні. Переважний вплив геополітичного та безпекового факторів становить ризики нівелювання успіху застосування «зелених» технологій в арктичній енергетиці.

Постановка завдання. Метою даного дослідження є аналіз трансформації енергетичного ринку Арктики від викопних джерел до відновлюваної енергетики через комплексну оцінку сучасного стану та важливості цього сектору, виявлення тенденцій та викликів, а також окреслення перспектив регіонального використання технологій альтернативної енергогенерації в контексті сталого розвитку та поточних геополітичних і безпекових ризиків.

У процесі дослідження було використано такі **наукові методи** як ситуативний та статистичний аналіз, порівняння, статистичне узагальнення, екстраполяція тощо.

Виклад основного матеріалу дослідження. Аналіз енергетичного ринку арктичного регіону варто почати з визначення характеру юрисдикції, яка розповсюджується на території за Північним Полярним колом, тобто північніше паралелі 66°33' п. ш. Згідно з міжнародними правовими нормами жодній країні у теперішній час не належить

Північний полюс чи регіон Північного Льодовитого океану, що його оточує. Шість оточуючих Арктику країн – Сполучені Штати (через Аляску), Канада, Норвегія, Данія (через Гренландію), Ісландія та росія, – обмежуються виключною економічною зоною у 200 морських миль (370 км) [1], прилеглою до їх узбережжя (Рис. 1). Води за межами територіальних вод прибережних держав вважаються «відкритим морем» (тобто міжнародними водами). Морське дно за межами виключної економічної зони, продовження континентального шельфу вважається «спадщиною всього людства» і управляється Міжнародним органом з морського дна ООН (1994) на підставі положень Конвенції ООН з міжнародного морського права (UNCLOS, 1982) [3], яку на даний момент підписали всі арктичні країни, крім США. Загальна площа арктичного регіону в межах Північного полярного кола – близько 20 млн. км², що становить приблизно 14% суходолу планети [4].

З інституціональної точки зору питання політико-правового регулювання взаємовідносин в регіоні покладені на Арктичну раду (Arctic Council, 1996) – міжнародну організацію, що була створена проголошенням «Оттавської декларації» як форум для просування співпраці, координації та спілкування серед арктичних країн, із залученням



Рис. 1. Карта виключних економічних зон арктичних держав

Джерело: [2]

корінних народів та інших жителів Арктики з таких питань як сталий розвиток та охорона довкілля. До складу цієї організації як постійні учасники увійшли такі країни як США, Канада, Норвегія, Швеція, Фінляндія, Данія, Ісландія та Росія, а також шість громадських організацій – представників корінних народів Півночі. Крім постійних учасників, статус країни-спостерігача набули ще 13 країн, у тому числі Франція, Німеччина, Італія, Японія, Південна Корея та Китай [5]. Заявка Європейського Союзу на приєднання до Арктичної Ради у статусі спостерігача була двічі відхилена країнами-учасниками. З причини повномасштабного вторгнення Росії в Україну у червні 2022 р. Арктична Рада, попередньо ізолювавши Росію, фактично призупинила свою активну діяльність.

Крім Арктичної Ради існує неформальний форум Арктичної п'ятірки, який об'єднує прибережні держави Арктики – Канаду, Данію, Норвегію, Росію та США – і не включає інших міжнародних або неурядових суб'єктів. «Арктична п'ятірка» збирається на спеціальній основі, часто в кулуарах інших міжнародних зборів і як правило, служить дискусійною платформою з морських питань, включаючи управління рибальством та конкуруючі претензії на континентальний шельф [6]. На сьогодні Арктична п'ятірка залишається чи не єдиним спільним переговорним майданчиком з арктичних проблем.

Сполучені Штати Америки протягом другої каденції президента Трампа демонструють агресивний інтерес не лише до розширення своєї присутності в Арктиці, але й потенційної анексії деяких північних сусідніх територій, таких як Канада та Гренландія, часто нехтуючи не лише елементарною повагою до країн-партнерів, але й відверто вдаючись до порушень норм міжнародного права та дипломатії. Зокрема ще 2019 року була прийнята нова Арктична стратегія Міністерства оборони США, яка визначає наступні пріоритетні вектори розвитку Арктики:

- 1) зміни навколишнього середовища;
- 2) багато-стороннє співробітництво у вирішенні спільних завдань;
- 3) правовий статус морських транспортних артерій;
- 4) збільшення військової присутності [7].

На відміну від попередніх арктичних стратегічних документів, в поточному періоді США розглядають цей регіон як коридор між індо-тихоокеанським та європейським театрами стратегічного залучення і пояснюють, що це «шлях для великої державної конкуренції та агресії» [8].

Військова активність Сполучених Штатів за Північним полярним колом реалізована через присутність у Гренландії з 1951 року: на північному заході цієї данської адміністративної самоврядної території розташована Космічна база Пітуфік

як найпівнічніший пункт спостереження і контролю системи протиракетної оборони збройних сил США.

Сполучені Штати ще з середини XIX ст. декілька разів безуспішно розглядали питання придбання Гренландії. Анексія Гренландії площею 2,17 млн. км² [9] збільшила б Арктичні території Сполучених Штатів майже втричі, обумовлюючи більш ніж пропорційне зростання американського впливу в регіоні та компенсуючи доволі повільну інвестиційну активність адміністрації Трампа на Алясці. В результаті чергових намагань адміністрації Трампа схилити населення острова стати черговим штатом США, 70% місцевих мешканців загальною чисельністю близько 57 тис. чол., більшість з яких становлять інуїти, згідно останніх соціопитувань заявило про бажання повної самостійності в майбутньому, не будучи при цьому «аніданцями, ані американцями» [10].

Росія на відміну від США підписала і ратифікувала Конвенцію ООН з морського права, яка дозволяє країнам-учасникам протягом перших 10 років подати запит-претензію щодо розширення підконтрольного їм морського дна, аргументуючи, що геологія його континентального шельфу відповідає умовам Конвенції.

Після того, як у 2001 році ООН відхилила первинну претензію Росії з технічних підстав, Москва в 2015 році подала ще одну. Її претензія суперечить аналогічній, поданій Канадою та Данією, але в разі успіху вона надасть Росії ексклюзивні права на використання офшорних ресурсів у величезній частині Північного Льодовитого океану, насамперед в частині морської акваторії над хребтом Ломоносова. Поки вона чекає рішення, Росія веде двосторонні переговори з Канадою та Данією щодо шляхів узгодження своїх позицій [2]. Йдеться зокрема про претензії на акваторію над підводним хребтом Ломоносова, а це декілька сотень тисяч квадратних кілометрів.

Водночас з 2015 року Росія послідовно відновлює та розвиває колишню радянську військову присутність у регіоні, яка понад три десятки років перебувала в «анабюзі» після припинення Холодної війни.

Росія має три ключові військові інтереси в Арктиці. Насамперед, це забезпечення можливості зустрічного удару трансконтинентальними балістичними ракетами на Кольському півострові, де базуються сім з одинадцяти підводних човнів ВМФ Росії, в конфлікті з НАТО. Другий, частково пов'язаний з цим інтерес стосується захисту принципової здатності Росії діяти в Північній Атлантиці і європейській Арктиці в разі конфлікту з НАТО. Третій інтерес – це військовий захист зростаючого економічного розвитку, інвестицій і комерційних інтересів Росії в Арктиці. Величезні простори регіону, довгі і відкриті кордони, єдиний захист яких

забезпечується віддаленістю і непривітним кліматом, погані системи зв'язку та інфраструктура, загальна суворя екологічна обстановка і зростаюча цивільна діяльність там збільшують ризик морського судноплавства, ядерних і екологічних аварій – і, отже, необхідність швидкого розгортання сил і засобів військового реагування.

Малонаселені російські Арктичні регіони забезпечують 10% російського ВВП та приблизно 20% експорту, що містить переважно вуглеводні, але в тому числі й важливі рідкоземельні елементи [11].

Використання ресурсів становить основний економічний інтерес росії, проте реалізація намічених задач потребуватиме суттєвих капіталовкладень у транспортну інфраструктуру: парк криголамів, залізничні, морські, автомобільні шляхи сполучень, морські порти, нафтові термінали, залізничні та метеорологічні станції, служби аварійного реагування, розподільчі електромережі тощо для поєднання Арктичних регіонів з рештою країни. Крім того росія намагатиметься перетворити своє північне узбережжя на Північний Морський Шлях – забезпечений навігацією новий полярний логістичний маршрут приблизно майже удвічі швидший, ніж близькосхідний. Російська Арктична стратегія 2020 передбачає цілодобове використання Північного Морського Шляху без допомоги криголамів до 2035 р. [12].

Актуальність питання міжнародної взаємодії в Арктичному регіоні серед країн-учасниць ґрунтується як на багатих природних й енергетичних ресурсах регіону та потенційно нових глобальних логістичних маршрутах, так і на тенденції до дедалі зростаючого втручання у подібну співпрацю та участі в ній неарктичних держав, зокрема, Китаю.

Зростаюча міжнародна ізоляція росії внаслідок її повномасштабного вторгнення в Україну у 2022 році допомогла зміцнити тісніші зв'язки агресора з КНР. Росія все більше відкриває свою арктичну територію для Пекіна, оскільки Пекін підтримує російську економіку і надає обладнання подвійного призначення для підтримки збройних сил Кремля. Ця підтримка була помітною в Арктиці, де китайські компанії є значними інвесторами та постачальниками обладнання для російських енергетичних проєктів, включаючи проєкти Yamal LNG та Arctic 2 LNG [13].

Росія, у свою чергу, постачає паливо до Китаю за допомогою свого так званого тіньового флоту, судна якого, що потрапили під міжнародні санкції, здійснюють незаконні поставки російської нафти на ринки Азії. За даними російського агентства «Росатом», яке здійснює нагляд за водним шляхом, 2024 року було зафіксовано рекордний обсяг постачання транзитних вантажів через Північний морський шлях з північного заходу росії до Берингової протоки. Майже весь цей вантаж

йшов з росії до Китаю, а більше половини становила сира нафта. Китай давно прагне більшої ролі в Арктиці, де, на думку керівництва країни, танення льоду не лише відкриє економічні можливості, але й підвищить ризики для безпеки. У 2018 році Китай оголосив себе «близькоарктичною» країною і «важливою зацікавленою стороною в арктичних справах» [13].

Проте що саме становить предмет величезної зацікавленості ключових світових гравців у Арктичному регіоні з енергетичної точки зору? Енергетичний потенціал регіону насамперед включає в себе наземні і морські поклади нафти і газу. Основними районами в Арктиці, пов'язаними з видобутком зазначених вуглеводнів, є море Бофорта (Північний схил, Аляска і дельта Маккензі, Канада) і північно-західна частина російської Арктики (Баренцеве море і Західний Сибір). Нафта і газ зустрічаються також на Канадському Арктичному архіпелазі (Нунавут). Ці три регіони також є ціллю для майбутньої експлуатації [14]. Згідно з оцінками Геологічної служби США, очікується, що в районі на північ від Полярного кола будуть зберігатися видобувні запаси в розмірі 90 мільярдів барелів нафти, 1670 трильйонів кубічних футів (47 трильйонів кубометрів) природного газу і 44 мільярдів барелів газового конденсату (еквівалент близько 2,2 трлн куб. м. природного газу). На ці ресурси припадає за різними оцінками від 22% до 30% нерозвіданих, технічно видобувних ресурсів у світі. Очікується, що близько 84% оціночних ресурсів припадатиме на континентальний шельф [15].

Згідно з даними Міжнародного енергетичного агентства (МЕА), поточного року глобальний попит на природний газ досягне історичного максимуму, оскільки між Азією та Європою загострюється конкуренція за морське паливо. МЕА прогнозує світове споживання «блакитного» палива у 2025 році на рівні 4,293 трлн куб. м. [16] За умови збереження сталого споживання природного газу Арктичних запасів вистачить людству на приблизно 12 років.

У 2023 році в Арктиці було видобуто 2978 млн. барелів умовного викопного палива (нафти та природного газу в нафтовому еквіваленті), що було на 6% менше від показників 2022 р. головним чином з причини зменшення Арктичного видобутку російською федерацією. Проте за річними показниками росія залишає далеко позаду найближчих учасників Арктичного ринку, видобуваючи більше 90% вуглеводнів. Друге місце посідають США (Аляска) з 174 млн. барелів нафтового еквіваленту та Норвежська Арктика – на третьому місці з 97,4 млн. барелів (Рис. 2) [14].

Арктичний видобуток росії відбувається в басейнах двох великих північних річок: Печори і Обі, які впадають у Баренцеве та Карське море відповідно. Водночас іде розробка нового нафтового проєкту, відомого як Vostok Oil, в басейні річки

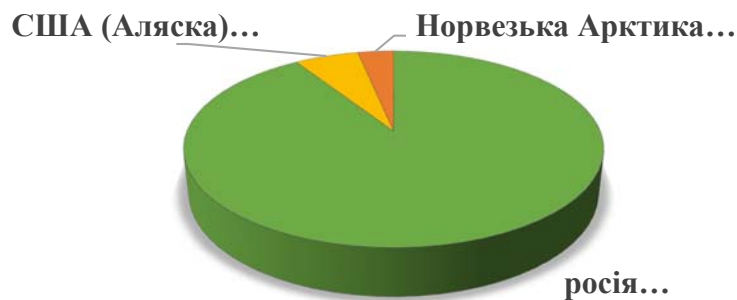


Рис. 2. Структура Арктичного видобутку викопного палива (нафти і природного газу в нафтовому еквіваленті), у відсотках (2023)

Джерело: створено автором на базі [14]

Єнісей. Видобувні родовища оточені сприятливою інфраструктурою викопного палива, включаючи трубопроводи, порти та термінали нафти та/або зрідженого природного газу (СПГ).

На Алясці видобуток нафти здійснюється у прибережних районах Північного схилу, прилеглого до моря Бофорта. Трансальєнський трубопровід (TAPS), побудований в 1977 році, транспортує нафту на ринки з нафтового родовища Прудхоу-Бей. Показники видобутку нафти на Алясці зростуть протягом наступних кількох років завдяки розвитку мега-проєкту ConocoPhillips, відомого як Willow Project [17], на Північному схилі Аляски, що передбачає, попри численні протести природоохоронних організацій, розконсервацію національних нафтових резервів Сполучених Штатів з метою розробки родовищ, яка була відкладена на перспективу ще у 20-х роках ХХ ст.

У Норвегії видобуток арктичної нафти і газу проводять з морських родовищ, розташованих на норвезькому континентальному шельфі: двох родовищ у Баренцевому морі та одного в Норвезькому. Останній з'єднаний трубопроводом з більшою мережею, яка доставляє газ європейським споживачам і об'єктам СПГ.

Слід відзначити, що Норвегія має досить суперечливу територію – архіпелаг Шпіцберген (норвезьк. – Svalbard). Зараз територія з населенням менше 3000 осіб виступає як лінія фронту в спробах Росії та Китаю домінувати на торговельних шляхах Арктики та розширити свою військову присутність у регіоні за рахунок Заходу. Формально будучи частиною Норвегії, Шпіцберген – площею двох найбільших областей України – має незвичайний статус. Договір, підписаний у 1920 році, надавав норвежцям суверенітет, але дозволяв державам-підписантам, включаючи Радянський Союз, експлуатувати ресурси та проводити дослідження. Але останніми роками ця примха дала можливість Москві та Пекіну зміцнити свої позиції в Арктиці, оскільки напруженість у відносинах із Заходом загострилася через вторгнення в Україну, що стримувало Норвегію та її союзників у НАТО [18].

Таким чином Арктика є регіоном, де геополітичні інтереси тісно переплетені з економічними та безпековими, а суворі полярні території містять численні приховані стратегії, які чекають ключової миті для старту своєї реалізації, не обов'язково з гуманістичними намірами, адже будь-яке освоєння територій передбачає безпосередній антропогенний вплив на природу.

Дію виробництва викопного палива на навколишнє середовище можна розділити на дві основні категорії: прямий вплив на клімат і природу (пов'язаний з викидами в процесі видобутку нафти і палива, забрудненням повітря, води і ґрунту, а також підводним шумом від морського буріння і видобутку); а також непрямий вплив від транспортування та спалювання цих викопних видів палива і, як наслідок, від викидів парникових газів в інших місцях, географічно віддалених від місць їх видобутку в Арктиці.

У світлі останніх кліматичних тенденцій поточний стан Арктичної природи і екосистем викликає занепокоєння вчених спільнот і місцевого населення. За останні десятиліття Арктика нагрівалася майже в чотири рази швидше, ніж решта планети, за словами дослідників, які називають це явище арктичним посиленням [19].

Суть явища пов'язана зі здатністю льодового покриву відбивати сонячне опромінення (т. зв. альbedo), запобігаючи тепловому поглинанню поверхні Арктичних територій. Відповідно зменшення площі, вкритою багаторічною кригою, спричиняє непропорційне підсилення поглинання теплової енергії і стимулює прискорене потепління, що в комбінації з вивільненням із колишніх територій вічної мерзлоти метаном створює кумулятивний температурний ефект. За даними Національного управління США з аеронавтики та дослідження космічного простору (NASA), морський льодовий покрив в Арктиці скоротився з річного мінімуму в 7 млн км² у 1979 році до 4,4 млн км² у 2024 році (Рис. 3). Це означає втрату території розміром з Аргентину менш ніж за 50 років. [20]

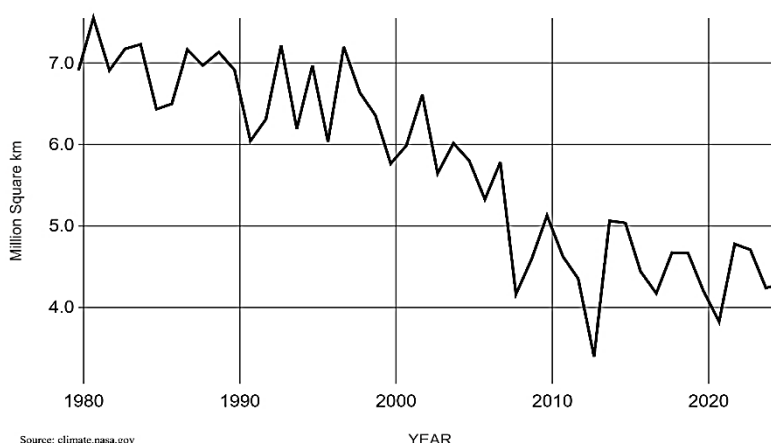


Рис. 3. Площа мінімального щорічного вересневого Арктичного льодового покриву у мільйонах км²

Джерело: [20]

Поточні плани щодо освоєння Арктичних територій та розвитку регіонального видобувного сектору на превеликий жаль не узгоджуються із зобов'язаннями урядів Арктичних країн відповідно до положень Паризької кліматичної угоди щодо досягнення нульового рівня викидів до 2050 року. Незважаючи на 6-відсоткове падіння обсягів виробництва минулого року (через скорочення виробництва в Росії), довгостроковий тренд до зростання видобутку вуглеводнів зберігається до кінця 2030-х – початку 2040-х років, залежно від країни. Попри історичні зобов'язання минулого року на COP28 відмовитися від викопного палива, всі арктичні уряди продовжували видавати нові ліцензії та дозволи на дослідження нових районів. Геологорозвідувальні роботи, які затверджуються зараз, планують розпочати у 2030–2040-х роках, саме тоді, коли за поточними очікуваннями, світ буде в активній фазі переходу до чистої енергії. За прогнозами Міжнародного енергетичного агентства «Перспективи світової енергетики на 2024 рік», чиста енергетика наразі розвивається «безпрецедентними темпами» [21], а інвестиції в проекти чистої енергетики наближаються до 2 трильйонів доларів США на рік. Очікується, що до 2035 року обсяг торгівлі чистими технологіями сягне 575 мільярдів доларів США, що на 50 відсотків перевищує поточну вартість світової торгівлі природним газом [14].

Якщо регулювання масштабів діяльності видобувного сектору в Арктиці є питанням радше світової геополітики і підпорядковується глобальним законам розвитку, то реалізація принципів зеленого енергетичного переходу та положень Паризької угоди про зміну клімату в самій Арктиці має локалізовані особливості, які заслуговують на увагу.

Арктика як територія за Північним полярним колом має площу у 21 млн. км². Площа Арктичного

суходолу становить близько 15% світових площ, на яких проживає лише близько 4 млн. населення на територіях різних країн, що приблизно дорівнює довоєнному населенню міста Києва. Місцеве населення зайняте оленярством та рибним промислом. Непостійне населення зосереджене майже повністю у видобувному секторі та суміжних видах діяльності [22]. В силу об'єктивних обставин важко говорити про існування місцевого енергетичного ринку як такого. Навіть локальне споживання викопного палива має свої особливості: переважна частина нафтопродуктів, що походять з видобутої в регіоні нафти, реімпортуються; ціни на паливо надзвичайно волатильні залежно від погодних, ландшафтних і кліматичних умов та наявності/відсутності трубопровідного транспорту; широко використовуються дизельне паливо, природний газ та вугілля для обігріву та локального виробництва електроенергії.

«Мікромережі» постачання електроенергії носять автономний, ізолюваний характер, поєднують різні типи електрогенерації залежно від виду первинного палива. Більше 80% віддалених Арктичних поселень використовують дизельне паливо як основне джерело первинної енергії [23]. Станом на 2016 рік в Арктиці налічувалося близько 1500 автономних мікроелектромереж (Рис. 4) [24].

Споживання формують переважно домогосподарства і в меншій мірі – комерційний та муніципальний сектор, внаслідок чого рівень споживання електроенергії надзвичайно нестабільний в часі і розпоршений територіально. В таких умовах основними критеріями майбутніх електрогенеруючих потужностей та мереж крім стабільності і безпеки має бути гнучкість систем, здатність реагувати на постійні коливання споживання що висуває технічні вимоги щодо забезпечення модуляції продуктивності енергогенеруючого обладнання

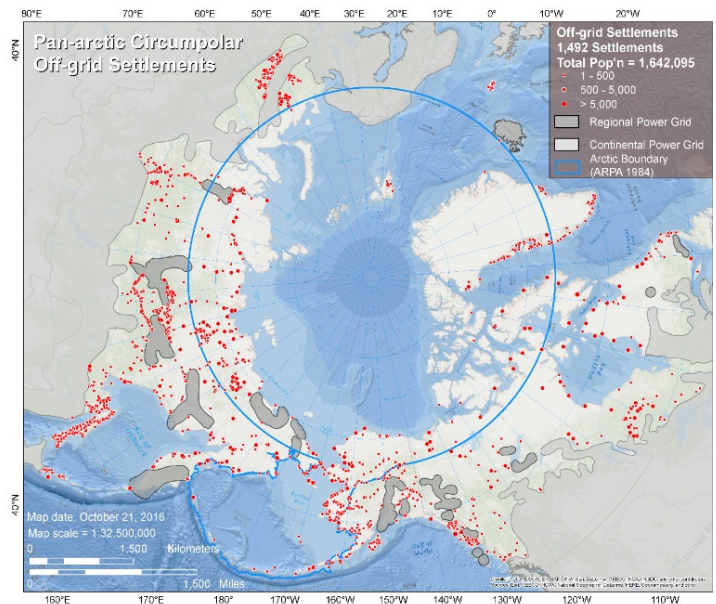


Рис. 4. Карта розташування електричних мікромереж в Арктичній зоні (червоні крапки) та об'єднаних регіональних мікромереж (темно-сірі зони)

Джерело: [24]

в реальному часі, буферизації енергетичних потоків та автоматизації процесів транспортування і розподілу. Таким чином пропозиція електроенергії обмежена нестабільним характером попиту на вкрай низькою ємністю потенційного ринку. Водночас ринок викопного палива як ключового фактору життєзабезпечення регіону є заручником кліматичних умов та нестабільності ланцюгів постачання, а попит на енергоресурси є вкрай нееластичним за своєю економічною природою.

На даний момент поняття комплексного енергозабезпечення Арктичних територій відсутнє за визначенням і необхідність розробки стратегії розвитку місцевого енергетичного ринку має бути продиктована геополітичним порядком денним найближчих 5–10 років.

Щоправда альтернативна енергетика в Арктичному регіоні скоріше всупереч, аніж завдяки кліматичним та економічним умовам має успіх реалізації поодиноких проєктів. Задля уникнення спекуляцій варто виключити із загального активу технічні рішення і потужності реалізовані на неарктичних територіях Арктичних країн, зокрема геотермальні тепло- та електростанції Ісландії, які довели свою надзвичайну практичність та економічну й екологічну ефективність, забезпечивши близько 90% виробництва первинної енергії країни та відкривши реальну перспективу дострокового досягнення нею нульових викидів до 2040 р. [25].

Слід також згадати вітрові парки Норвегії, переважна більшість яких розташована на неарктичних територіях, а використання водних ресурсів за Полярним колом є технічно складним з двох

причин: низькі атмосферні температури та відсутність розподільчих мереж. Суворі кліматичні умови також накладають певні обмеження на максимальний розмір, а відповідно і генеруючу потужність вітрових електрогенераторів.

Показовим є успішний американський проєкт вітрового парку Eva Creek загальною генеруючою потужністю 24,6 МВт, побудованого на Алясці [26], проте і він розташований на приарктичних територіях, формально не досягаючи дві географічні паралелі до Північного полярного кола.

Використання сонячно-фотовольтаїчних технічних рішень обмежене низьким рівнем інсоляції і є малоефективним у полярних широтах, отже може епізодично та несистемно використовуватись для часткового закриття локальних побутових потреб. Імовірно поточні кліматичні зміни можуть вносити певні корективи до зазначених обмежень, розширюючи потенційно сприятливі території для альтернативної енергетики в Арктиці. Позаяк, будь-яке використання даних технологій з метою зменшити вуглецевий слід і викиди атмосферних парникових газів має право на існування, а релевантні ініціативи заслуговують на вивчення та сприяння. Щоправда для зменшення основного недоліку альтернативної енергетики – нестабільності первинних джерел – потрібні компенсуючі рішення. Застосування таких перспективних ядерних технологій, як малі модульні реактори (ММР) та мікрореактори, може стимулювати розвиток багатьох Арктичних територій, забезпечуючи їх стабільною, дешевою, відносно чистою та безпечною електроенергією.

Малі модульні реактори (ММР) відрізняються від інших реакторів з кількох причин: знижений рівень потужності; зменшені фізичні розміри; модульна архітектура реактора; підвищений запас міцності; покращена функція безпеки; зниження фінансового ризику – менша вартість реакторного блоку і, як наслідок, висока адаптивність використання реакторної установки для різних енергетичних потреб [27].

З 2023 року Норвегія послідовно рухається в напрямку побудови атомної електростанції на базі декількох малих модульних реакторів загальною потужністю 1500 МВт, яку планує розмістити в Індустріальному парку на острові Тафт [38]. Попередній урядовий звіт очікується на початку 2026 р. У разі успіху проєкт може бути відтворений в Арктичних районах.

Технології із застосування зеленого водню можуть стати справжнім технологічним проривом як з точки зору прямого використання цього екологічно-чистого газу в транспорті, промисловості, комунальному секторі, так і подвійного застосування його не лише в ролі палива, але й буферного акумулятора енергії з метою балансування розподілу енергетичних потоків в електромережах в тому числі Арктичного регіону. Щоправда особливості та перспективи водневої енергетики в силу своєї масштабності лежать поза межами даної роботи і потребують окремого дослідження.

Висновки. Останнім часом спостерігається стрімке зростання геостратегічного значення Арктичного регіону завдяки значним покладам нафти, природного газу та рідкоземельних елементів, а також планетарним кліматичним змінам, які відкривають широкі перспективи не лише активізації видобутку корисних копалин в регіоні, але й прокладання нових трансконтинентальних логістичних маршрутів через Арктику.

Внаслідок цього території за Північним полярним колом стали об'єктом дедалі агресивнішої політики провідних держав світу, що супроводжується нарощуванням військової присутності в регіоні. Глобальна геополітична поляризація, що прискорюється протягом останніх років та непослідовна, непередбачувана, часто парадоксальна політика США можуть обумовити стра-

тегічний програв колективного Заходу за Північ перед альянсом росії і Китаю.

У загальноприйнятому економічному розумінні енергетичний ринок Арктичних регіонів зводиться до діяльності видобувного сектору, учасниками якого є переважно природні державні монополії або транснаціональні корпорації, що діють під суворим контролем національних урядів. Відсутність Арктичного споживчого ринку обумовлена малозаселеністю регіону та суворими кліматичними умовами. Енергозабезпечення північних полярних територій здебільшого носить

локальний характер і досягається в переважній більшості випадків за рахунок використання викопного палива, надійність постачання якого є вкрай низькою з логістичних причин. Застосування технологій відновлювальної енергетики так само має суттєві обмеження внаслідок низьких температур та відсутності відповідної наземної розподільчої інфраструктури.

Подальше підвищення середньорічної планетарної температури імовірно стимулюватиме людство до глобальної міграції у північні широти, і як наслідок, потребуватиме прискорення освоєння Арктичного регіону. Успіх цього процесу в значній мірі залежить від розробки і впровадження систем ефективного енергозабезпечення відповідних територій, дозволяючи розширити економічну діяльність в Арктиці без обмеження її лише видобувним сектором. Освоєння Арктичних регіонів безумовно матиме цілий ряд екологічних ризиків, серед яких забруднення океанічної акваторії, порушення біорізноманіття, пряме атмосферне забруднення внаслідок нафто- та газовидобутку тощо. Однак найважливішим фактором успішного розвитку Арктики є геополітична стабільність і відсутність безпекового напруження. Лише в такому випадку людство зможе зберегти цей надзвичайно важливий регіон для майбутніх поколінь та забезпечити його гармонійний сталий розвиток.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Яшна Н. О. Зіткнення інтересів провідних держав світу в арктичному регіоні. *Грані*. 2015. № 1. С. 136–141.
2. IBRU Arctic Maps Series. *IBRU: Centre for Borders Research*. 2025. URL: <https://www.durham.ac.uk/research/institutes-and-centres/ibru-borders-research/maps-and-publications/maps/arctic-maps-series/>
3. United Nations Convention on the Law of the Sea. 1982. URL: https://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_e.pdf
4. Marsh William M., Kaufman Martin M. *Physical Geography: Great Systems and Global Environments*. Cambridge University Press. 2012. P. 24. URL: https://books.google.com.ua/books?id=uF3aJSC20yMC&pg=PA24&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
5. Humpert M. New U.S. Department of Defense Arctic Strategy Sees Growing Uncertainty and Tension in Region. *High North News*. 2019, June 7. URL: <https://www.highnorthnews.com/en/new-us-department-defense-arctic-strategy-sees-growinguncertainty-and-tension-region>
6. Російська присутність і амбіції в Арктиці. *Defense Express*. Ч. 2. 2021. 15 серп. URL: https://defence-ua.com/army_and_war/rosijska_prisutnist_i_ambitsiji_v_arkitsi_ch2-4507.html
7. US Department of Defense. The full report to Congress – Department of Defense Arctic Strategy. 2019. URL: <https://media.defense.gov/2019/Jun/06/2002141657/-1/-1/1/2019-DOD-ARCTIC-STRATEGY.PDF>

8. Богданова Т., Черевко А. Арктичний регіон у зовнішній політиці США за адміністрації Д. Трампа. *Acta de Historia & Politica*. Saeculum XXI (02). 2021. № 6 (Січень). С. 66–75. DOI: <https://doi.org/10.26693/ahpsxxi2020.02.066>

9. Facts about Greenland. *The Nordic Council Official web-site*. URL: <https://www.norden.org/en/information/facts-about-greenland>

10. Rumer E., Sokolsky R. and Stronski P. Russia in the Arctic – A Critical Examination. *Carnegie Endowment for International Peace*. 2021, March. URL: https://carnegie-production-assets.s3.amazonaws.com/static/files/Rumer_et_al_Russia_in_the_Arctic.pdf

11. Walsh N. P. Satellite images show huge Russian military buildup in the Arctic. *CNN World*. 2021, April. URL: <https://edition.cnn.com/2021/04/05/europe/russia-arctic-sea-nato-military-intl-cmd/index.html>

12. The Economist. The Arctic: climate change's great economic opportunity. 2025, January. URL: <https://www.economist.com/finance-and-economics/2025/01/23/the-arctic-climate-changes-great-economic-opportunity>

13. Kiss D., Grove T., Monga V., Ramzy A., Ruiz R. See How Russia Is Winning the Race to Dominate the Arctic. *The Wall Street Journal*. 2025, February. URL: <https://www.wsj.com/politics/national-security/russia-china-arctic-sea-nato-2ca1ea10>

14. Tracy E. Trends in Arctic oil and gas production and associated emissions. *WWF Report*. 2024, November. P. 5. URL: https://apiwwfarcticse.cdn.triggerfish.cloud/uploads/2024/11/Research_brief_COP29_Arctic_oil_gas.pdf

15. Communications and Publishing. 90 Billion Barrels of Oil and 1,670 Trillion Cubic Feet of Natural Gas Assessed in the Arctic. *USGS*. 2008, July. URL: <https://www.usgs.gov/media/audio/90-billion-barrels-oil-and-1670-trillion-cubic-feet-natural-gas-assessed-arctic>

16. Світове використання газу досягне рекорду 2025 року – МЕА. *Енергетичний кореспондент*. 2024. URL: https://enkor.ua/ru/news/svtove_vikoristannya_gazu_dosyagne_rekordu_2025_roku_mea/260915

17. Turrentine J. Why the Willow Project Is a Bad Idea. *The Natural Resources Defense Council*. 2023. URL: <https://www.nrdc.org/stories/why-willow-project-bad-idea>

18. Kantchev G. Russia and China Defy the West Deep in the Arctic. *The Wall Street Journal*. 2024. URL: https://www.wsj.com/world/svalbard-russia-china-arctic-trade-e6187bd8?mod=article_inline

19. Rantanen M., Karpechko A.Yu., Lipponen A., Nordling K., Hyvarinen O., Ruosteenoja K., Laaksonen A. The Arctic has warmed nearly four times faster than the globe since 1979. *Commun Earth Environ*. 2022. № 3, 168. URL: <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00498-3>

20. Arctic Sea Ice Minimum Extent. NASA Satellite observations (2024). URL: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/arctic-sea-ice/?intent=121>

21. International Energy Agency. World Energy Outlook 2024. P. 47. URL: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/140a0470-5b90-4922-a0e9-838b3ac6918c/WorldEnergyOutlook2024.pdf>

22. Golubtsov O. G. Arctic. *Great Ukrainian Encyclopedia*. URL: <https://vue.gov.ua/Арктика> (дата звернення: 29.04.2025).

23. Árnadóttir K. L., Wiese I. J. Green energy shift in the Arctic. *The Arctic Council*. 2021, May. URL: <https://arctic-council.org/news/green-energy-shift-in-the-arctic/>

24. Holdmann Gwen, Poeltzer Gred. Map: Pan-arctic Circumpolar Off-grid Settlements. University of Saskatchewan. University of Alaska Fairbanks. 2019. URL: <https://renewableenergy.usask.ca/resources.php>

25. Helgadóttir B., Tomasson E. Iceland Offers Case Study of Geothermal's Powerful Potential. *The Power Magazine*. 2022, URL: <https://www.powermag.com/iceland-offers-case-study-of-geothermals-powerful-potential/>

26. Golden Valley Electric Association. Eva Creek Wind Farm, Ferry, AK, USA. *The Arctic Council official web-site*. URL: <https://arctic-council.org/about/working-groups/acap/home/projects/arctic-black-carbon-case-studies-platform/eva-creek-wind-farm-ferry-ak-usa/>

27. Aydogan F. Advanced small modular reactors. Handbook of Generation IV Nuclear Reactors. Woodhead Publishing. 2016. P. 661–699. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100149-3.00020-3>

28. Editorial issue. Project development firm created for Norwegian SMR plant. *World Nuclear News*. 2025, April. URL: <https://www.world-nuclear-news.org/articles/project-development-firm-created-for-norwegian-smr-plant>

REFERENCES:

1. Yashna N. O. (2015) Zitkennennia interesiv providnykh derzhav svitu v arktychnomu rehioni [Clash of interests of the world's leading powers in the Arctic region]. *Hrani*, no. 1, pp. 136–141.

2. IBRU Arctic Maps Series. *IBRU: Centre for Borders Research*. 2025. Available at: <https://www.durham.ac.uk/research/institutes-and-centres/ibru-borders-research/maps-and-publications/maps/arctic-maps-series/>

3. United Nations Convention on the Law of the Sea. 1982. Available at: https://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_e.pdf

4. MarshWilliamM.,KaufmanMartinM.(2012)Physical Geography: Great Systems and Global Environments. Cambridge University Press, p. 24. Available at: https://books.google.com.ua/books?id=uF3aJSC20yMC&pg=PA24&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

5. Humpert M. (2019) New U.S. Department of Defense Arctic Strategy Sees Growing Uncertainty and Tension in Region. *High North News*. Available at: <https://www.highnorthnews.com/en/new-us-department-defense-arctic-strategy-sees-growinguncertainty-and-tension-region>

6. Rosiiska prysutnist i ambitsii v Arktytsi (2021) [Russian presence and ambitions in the Arctic]. *Defense Express*. Available at: https://defence-ua.com/army_and_war/rosijska_prisutnist_i_ambitsiji_v_arktitsi_ch2-4507.html

7. US Department of Defense. The full report to Congress – Department of Defense Arctic Strategy. 2019. Available at: <https://media.defense.gov/2019/>

Jun/06/2002141657/-1/-1/1/2019-DOD-ARCTIC-STRATEGY.PDF

8. Bohdanova T., Cherevko A. (2021) Arktychnyi rehiion u zovnishnii politytsi SSHA za administratsii D. Trampa [The Arctic region in US foreign policy under the Trump administration]. *Acta de Historia & Politica. Saeculum XXI*, vol. 02, no. 6, pp. 66–75. DOI: <https://doi.org/10.26693/ahpsxxi2020.02.066>

9. Facts about Greenland. *The Nordic Council Official web-site*. Available at: https://www.norden.org/en/information/facts-about-greenland_

10. Rumer E., Sokolsky R. and Stronski P. (2021) Russia in the Arctic – A Critical Examination. *Carnegie Endowment for International Peace*. Available at: https://carnegie-production-assets.s3.amazonaws.com/static/files/Rumer_et_al_Russia_in_the_Arctic.pdf

11. Walsh N. P. (2021) Satellite images show huge Russian military buildup in the Arctic. *CNN World*. Available at: <https://edition.cnn.com/2021/04/05/europe/russia-arctic-nato-military-intl-cmd/index.html>

12. The Economist. The Arctic: climate change's great economic opportunity. 2025, January. Available at: <https://www.economist.com/finance-and-economics/2025/01/23/the-arctic-climate-changes-great-economic-opportunity>

13. Kiss D., Grove T., Monga V., Ramzy A., Ruiz R. (2025) See How Russia Is Winning the Race to Dominate the Arctic. *The Wall Street Journal*. Available at: <https://www.wsj.com/politics/national-security/russia-china-arctic-sea-nato-2ca1ea10>

14. Tracy E. (2024) Trends in Arctic oil and gas production and associated emissions. *WWF Report*, p. 5. Available at: https://apiwwfarcticse.cdn.triggerfish.cloud/uploads/2024/11/Research_brief_COP29_Arctic_oil_gas.pdf

15. Communications and Publishing. 90 Billion Barrels of Oil and 1,670 Trillion Cubic Feet of Natural Gas Assessed in the Arctic. *USGS*. 2008, July. Available at: <https://www.usgs.gov/media/audio/90-billion-barrels-oil-and-1670-trillion-cubic-feet-natural-gas-assessed-arctic>

16. Svitove vykorystannia hazu dosiahne rekordu 2025 roku – MEA [Global gas use to hit record in 2025 – IEA]. *Enerhetychnyi korespondent*. 2024. Available at: https://enkor.ua/ru/news/svitove_vikoristannya_gazu_dosyagne_rekordu_2025_roku_mea/260915

17. Turrentine J. (2023) Why the Willow Project Is a Bad Idea. *The Natural Resources Defense Council*. 2023. Available at: <https://www.nrdc.org/stories/why-willow-project-bad-idea>

18. Kantchev G. (2024) Russia and China Defy the West Deep in the Arctic. *The Wall Street Journal*. Available at: https://www.wsj.com/world/svalbard-russia-china-arctic-trade-e6187bd8?mod=article_inline

19. Rantanen M., Karpechko A.Yu., Lipponen A., Nordling K., Hyvarinen O., Ruosteenoja K., Laaksonen A. (2002) The Arctic has warmed nearly four times faster than the globe since 1979. *Commun Earth Environ*, no. 3, p. 168. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00498-3>

20. Arctic Sea Ice Minimum Extent. NASA Satellite observations (2024). Available at: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/arctic-sea-ice/?intent=121>

21. International Energy Agency. *World Energy Outlook 2024*, p. 47. Available at: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/140a0470-5b90-4922-a0e9-838b3ac6918c/WorldEnergyOutlook2024.pdf>

22. Golubtsov O. G. Arctic. *Great Ukrainian Encyclopedia*. Available at: <https://vue.gov.ua/Арктика>

23. Árnadóttir K. L., Wiese I. J. (2021) Green energy shift in the Arctic. *The Arctic Council*. 2021. Available at: <https://arctic-council.org/news/green-energy-shift-in-the-arctic/>

24. Holdmann Gwen, Poeltzer Gred (2019). Map: Pan-arctic Circumpolar Off-grid Settlements. University of Saskatchewan. University of Alaska Fairbanks. Available at: <https://renewableenergy.usask.ca/resources.php>

25. Helgadóttir B., Tomasson E. (2022) Iceland Offers Case Study of Geothermal's Powerful Potential. *The Power Magazine*. Available at: <https://www.powermag.com/iceland-offers-case-study-of-geothermals-powerful-potential/>

26. Golden Valley Electric Association. Eva Creek Wind Farm, Ferry, AK, USA. *The Arctic Council official web-site*. Available at: <https://arctic-council.org/about/working-groups/acap/home/projects/arctic-black-carbon-case-studies-platform/eva-creek-wind-farm-ferry-ak-usa/>

27. Aydogan F. (2016) Advanced small modular reactors. *Handbook of Generation IV Nuclear Reactors*. Woodhead Publishing, pp. 661–699. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100149-3.00020-3>

28. Editorial issue. Project development firm created for Norwegian SMR plant. *World Nuclear News*. 2025. Available at: <https://www.world-nuclear-news.org/articles/project-development-firm-created-for-norwegian-smr-plant>