

## Атомна енергетика – досвід України для Польщі.

Меморандум про підсумки дискусії на другому круглому столі Форуму енергетики та клімату ZPP, присвяченому українській енергетиці.

- До війни в Україні працювало чотири атомні електростанції загальною потужністю близько 14 ГВт,
- У січні 2023 року було прийнято рішення про будівництво двох нових реакторів AP 1000, загалом Україна планує 9 нових блоків,
- Альтернативна заміна російського ядерного палива технічно можлива і займає близько 4-5 років, тому дискусію про санкції проти «Росатому» слід сприймати переважно як політичну,
- Україна має розвинуту інфраструктуру та компетенції, що дозволяє передавати ноу-хау до Польщі, де атомна галузь тільки починає розвиватися.

7 лютого в рамках проекту ZPP „Europe-Poland-Ukraine. RebuildTogether. 2023” відбулися другі дебати із циклу «Енергетика в контексті відбудови України». Модератором дискусії «Ядерна енергетика – досвід України для Польщі» виступила директор Домініка Таранко.

Метою дискусії було представлення поточного стану української атомної енергетики та плани у цій сфері на найближчі роки. Під час зустрічі учасники відповіли, зокрема, на такі запитання:

- які напрями співпраці між Польщею та Україною у сфері атомної енергетики можна планувати?
- чи може ядерна енергетика, яка десятиліттями розвивалася в Україні, бути прикладом для Польщі?
- як була організована українська ядерна галузь до війни і що змінили військові дії?
- чи, незважаючи на військову загрозу, функціонує ядерна інфраструктура, і в якому обсязі,
- чи можливий експорт української атомної енергії, в тому числі до Польщі та інших країн ЄС, сьогодні та в майбутньому?

- чи варто очікувати передачі знань з України до Польщі, яка зараз розвиває ядерні проекти? який досвід може бути корисним для інвесторів?

В обговоренні взяли участь:

- **Анджей Хмілевський** – професор Варшавського технологічного університету, директор Інституту ядерної хімії та технології, заступник голови Програмної ради з ядерної безпеки та радіаційного захисту Державного агентства з атомної енергії Польщі.
- **Роберт Янковський** – голова правління Польського кліматичного форуму
- **Адам Ющак** – радник групи клімату та енергетики Польського економічного інституту
- **Олег Казаніщев** – радник Посольства України в Польщі
- **Ольга Кошарна** – незалежний експерт з питань ядерної енергетики та ядерної безпеки
- **Богдан Пільх** – Генеральний директор Торгово-промислової палати з енергетики та захисту навколишнього середовища
- **Геннадій Радченко** – радник Українського бізнес-центру
- **Іван Григорук** – віце-президент Energy Club, (який письмово виклав свою позицію через перебої з Інтернетом, які виникли під час дебатів).

**Іван Григорук** з Energy Club представив картину стану української енергетики: до повномасштабної війни в Україні існував надлишок виробленої електроенергії, в тому числі з відновлюваних джерел. За останні роки попит на енергію досяг 19-20 ГВт/год, а під час пандемії – майже 15,5 ГВт/год.

Щодо енергетичного балансу, то до початку війни частка виробництва атомної енергії в структурі виробництва електроенергії становила від 50 до 60%. В Україні працювало чотири атомні електростанції (АЕС), електроенергія вироблялася 13 атомними реакторами ВВЕР-1000 та на 2 реакторах ВВЕР-440 загальною потужністю 13,8 ГВт. Атомна промисловість України також включає сховища ядерних відходів, дослідницькі реактори, виробництво урану та Чорнобильську зону закритої електростанції. Решту 40% електроенергії, до війни в Україні, виробляли гідро, теплові, гідроакumuлюючі, вітрові електростанції.

Наразі внаслідок агресії Росії виробництво та використання електроенергії значно скоротилося. Руйнування набули величезних масштабів, це стосується об'єктів енергетичної інфраструктури, але ми також переживаємо окупацію російськими терористами українських електростанцій, зокрема Запорізької АЕС. Під час експлуатації

пограбованих електростанцій порушуються всі правила безпеки, що може призвести до глобальної ядерної катастрофи та серйозних наслідків для всього регіону.

У свою чергу, в Європі споживання атомної енергії в середньому становить 25%. Оскільки деякі країни, наприклад Польща, лише починають свій шлях до створення власних ядерних джерел, досвід і ресурси України можуть відіграти важливу роль у регіоні.

Історію української атомної енергетики та сучасну ситуацію обговорили **Ольга Кошарна та Іван Григорук**. З часів Радянського Союзу Україна успадкувала 12 атомних енергоблоків, потужне машинобудування та вміння створювати технічне обладнання. Вже за часів незалежності України усі атомні енергоблоки були модернізовані, додано три нових блоки: № 6 на Запорізькій АЕС, № 2 на Хмельницькій АЕС і № 4 на Рівненській АЕС.

З 1992 року, розуміючи необхідність повної незалежності від Росії в атомній галузі та великий ризик, Україна вела переговори з американською компанією General Atomics, а з Westinghouse – з 1993 року. В результаті у 1994 році було прийнято рішення про підготовку Меморандуму про наміри співпраці з Westinghouse. Ця знаменна подія фактично започаткувала програму переходу роботи АЕС з використання російського ядерного палива на ядерне паливо нових модифікацій за технологією Westinghouse.

У 2005 році ядерне паливо Westinghouse вперше завантажили в енергоблоки Південно-Української АЕС і частково Запорізької АЕС, де вже в 2019 році енергоблок №5 став другим в Україні, який працює лише на ядерному паливі Westinghouse.

Починаючи з 2014 року, оскільки тоді виникла загроза повномасштабної війни з Росією, Україна системно відмовлялася від поставок товарів і послуг з РФ. До минулорічного вторгнення Україна вже отримувала майже 50% ядерного палива від не російського, а американського виробника – Westinghouse. Таким чином, Україна частково залежить від поставок свіжого ядерного палива з РФ, але, маючи угоду з Westinghouse, існує впевненість, що нові поставки зможуть компенсувати втрати російського ринку за рахунок виробництва ядерного палива для реакторів ВВЕР-1000 та ВВЕР-440 на енергоблоках №1 та №2 Рівненської АЕС.

До слова, у 2019 році Україна стала першою країною у світі, яка успішно реалізувала проект диверсифікації ядерного палива для реакторів ВВЕР-1000. Пізніше, у 2020 році, використовувати ядерне паливо Westinghouse для реакторів ВВЕР-440 стала також Рівненська АЕС. Одночасно було розроблено та реалізовано супутні програми щодо впровадження технологій поводження з відпрацьованим паливом та побудовано центральне сховище відпрацьованого ядерного палива.

В Україні є унікальні підприємства, які власними силами дозволили модернізувати усі атомні енергоблоки. Це, наприклад, Северодонецьке науково-виробниче об'єднання "Імпульс", яке виробляє системи автоматичного керування технологічними процесами, створює прилади, що контролюють потік нейтронів усередині реактора. Іншими підприємствами, що виробляють інформаційно-контрольні системи, є, наприклад, ПАТ «Науково-виробниче об'єднання «Радій» (Кропивницький), а також ТОВ «Вестрон» (м.Харків) - українська компанія, яка співпрацює з Westinghouse, і АО «Хартрон» у Харкові. Це означає, що всі щити управління на всіх АЕС в Україні тепер українського виробництва.

В Україні є конкурентоспроможні підприємства, які виробляють дозиметричні прилади та системи радіаційного контролю. Це, наприклад, «Екотест», ТОВ «Науково-виробниче об'єднання "АТОМКОМПЛЕКСПРИЛАД" (НПП "АКП"), «Конструкторське бюро атомного приладобудування та спеціального обладнання» державного підприємства «Національна атомна енергогенеруюча компанія «Енергоатом» (СП «КБ «Атомприлад»), Корпорація «Укратомприлад» (Корпорація "Українські атомні прилади та системи"). Усі знають харківське АТ "Українські енергетичні машини" (до недавнього часу АТ «Турбоатом»), яке зараз об'єднало Харківський машинобудівний завод і АТ «Завод Електро-важмаш». Україна має великий потенціал у сфері виробництва товарів і послуг для розвитку власної атомної енергетики, в тому числі нових проектів будівництва АЕС. До 70% товарів і послуг, крім готового ядерного палива, Україна може постачати сама. У зв'язку з російським вторгненням северодонецький "Імпульс" переїхав до Києва. Северодонецьк повністю зруйнований, це вже друга окупація Северодонецька з 2014 року. Кропивницький «Радій» працює, як і всі інші підприємства. Проте, як відомо, бойові дії тривають. Харківський "Турбоатом" потрапив під обстріл, цехи частково пошкоджені, але підприємство продовжує працювати.

**Проф. Анджей Хмілевський** посилався на свої українські враження та спогади: «В одному зі своїх перших проектів я був пов'язаний інститутом у Харкові. (Зараз мої колеги, які зі мною співпрацювали, змушені були переїхати до Німеччини через війну та значні руйнування в Харкові.) Ми підписали угоду з пані Ольгою Кошарною та її інститутом і приймали викладачів з України з лекціями, а наші студенти з Варшавського технологічного університету їздили в Чорнобиль, щоб побачити, що диявол не такий страшний, як його малюють, та, з іншого боку, подивитися, як добре організована переробка та зберігання радіоактивних відходів. Польсько-українська співпраця була міцною. Пізніше пандемія перервала ці поїздки, але віртуальні конференції тривають».

Інститут ядерної хімії та технології, директором якого є професор Анджей Хмілевський, надає підтримку українським докторантам, зокрема виділяються гранти, які дозволяють приймати докторантів на 6 місяців. Їм не потрібно змінювати тему дослідження, і в спокійній атмосфері в Польщі вони мають можливість продовжити

свою наукову роботу, розпочату в Україні. Через те, що в Польщі, у свою чергу, бракує кадрів для запланованих ядерних інвестицій, посилення наукової співпраці також може бути цінним для польської сторони.

### Уран і санкції

За даними 2021 року, Росія постачала в Євросоюз близько 20% урану для АЕС. Казахстан постачає навіть більше, близько 23%. Натомість Нігер займає 1-е місце з поставками 24%. Навіть французи з їхньою розвиненою атомною промисловістю теж імпортували 20% урану з Росії.

Цього року внаслідок неприйнятної російської політики в Європарламенті почалася дискусія щодо заборони імпорту ядерного палива з Росії, у вересні минулого року декілька країн, зокрема Польща, Литва, Латвія та Естонія, ініціювали розрив усіх контактів з Росією у сфері ядерних технологій. Німеччина також підтримала цю ініціативу. Однак потрібна одностайна згода щодо санкцій, на яку не хотіли погоджуватися дві країни - Болгарія та Угорщина. Тим паче, що угорці вже почали будувати два нових атомних блоки за російські кредити. Їм було б важко звільнитися від цих зобов'язань.

В Європі працює 18 по-російських реакторів, переважно в Центральній і Східній Європі, тобто в Чехії, Угорщині, Болгарії, Словенії та Словаччині. У цих країнах, у разі запровадження санкцій щодо використання урану з Росії, доведеться замінити паливо. Ця проблема не стосується Румунії, яка виробляє власне паливо для реакторів CANDU, що працюють на природному урані. В Україні Westinghouse вже постачає паливо на 8 різних блоків. З часом це стане можливим для усіх 15 блоків. Фінляндія більше не має турбуватися про пальне з Росії, тому що вона його вже не імпортує. Так само шведська АЕС Vattenfall з 24 січня ц.р. припинила імпорт палива з Росії – а у Скандинавії пострадянська ядерна інфраструктура існує. Досі Канада та Австралія використовували паливо з Росії, але вони мають намір припинити ці відносини.

У польському місті Шверк, приблизно у 25-30 км від Варшави, працює дослідницький ядерний реактор Magia, який спочатку використовував дуже високозбагачене (60%) паливо. Реактор був побудований поляками, що свідчить про те, що ми вміємо працювати з атомними технологіями. На початку експлуатації використовувалося паливо російського походження. Пізніше, коли американці впровадили обмеження на ступінь збагачення урану, його обмежили і в польському реакторі, зменшили до 28%, потім до 22%, а зараз це 19%. Зараз у Польщі все ще використовується російське паливо, тому що раніше економічні аспекти були вирішальними. Також ми багато років брали участь у діяльності Об'єднаного інституту ядерних досліджень у Дубні і лише восени минулого року вийшли з цього проекту.

У Шверку було застосоване французьке паливо. Безумовно, важче здійснити перехід на інші види палива в менших реакторах, ніж у великих, де є певні стандарти. У Шверку ми використовуємо нейтрон Flax, тобто потік від 10 до 14 нейтронів, уран опромінює молибденові мішені, щоб отримати technet-99m, який використовується для дослідження щитовидної залози та інших органів. Коли один із канадських реакторів був тимчасово зупинений, Шверк здійснював приблизно 18% усіх світових поставок цих елементів. За винятком того, що ці елементи не остаточно оброблялися тут, вони надсилалися до Бельгії.

На даний момент видається, що з технічної точки зору переведення ядерних установок на не російське паливо не становить великої проблеми, невідомо лише, чи готові до цієї зміни усі підприємства, які сьогодні виробляють збагачене паливо. Їм довелося б швидше постачати на ринок більші обсяги продукції.

**Професор Анджей Хмілевський** підкреслив: *«Щодо палива, то, наприклад, Варшавський інститут, який був заснований у 1956 році, був заснований головним чином для того, щоб обробляти ядерне паливо, включаючи отримання оксиду урану або металевого урану. В основному, як я бачив у Вілмінгтоні в США, завод з виробництва ядерного палива не є гігантським заводом, як нафтохімічний завод чи велика електростанція. Деякі з цих установок не набагато більші за ті, які ми мали в дослідницькому центрі в інституті. Тим не менш, стадія збагачення – складний, дуже дорогий процес, який характеризується великим споживанням електроенергії. У Франції, наприклад, два підприємства збагачення, а їхні дві АЕС фактично працюють лише для забезпечення енергією процесу збагачення урану».*

Компетенції для відновлення атомної галузі в Європі, в тому числі, зі збагачення урану, існують - зараз вже є сучасні технології. Це каскадні установки. Коефіцієнти збагачення дуже низькі, процес потрібно повторювати багато разів. Тому це досить складна установка. І для того, щоб прийняти рішення щодо розміщення заводу зі збагачення урану, хтось має забезпечити попит на такий продукт. Одним словом - збагачувальні станції створюються під конкретний запит, такі установки не будуються на запас.

Технології постійно розвиваються, наприклад у напрямку лазерної обробки. У США вже використовується система збагачення урану лазерними методами, вона полягає в тому, що ми можемо точно «вистрілити» лазером в те, що іонізує уран, і потім дуже легко розділити ізотопи урану. Тому не виключено, що якщо йдеться про збагачення урану, будемо розвиватися в цьому напрямку,

З іншого боку, деякі атомні електростанції вже вичерпані і близькі до закриття, тому в умовах загального відходу від російського палива варто було б оцінити, які атомні блоки ще будуть використовуватися і як довго працюватимуть. Можливо, природна



заміна старих атомних блоків на нові також сприятиме плавній зміні палива на електростанціях.

Все частіше кажуть, що стадія збагачення урану є вузьким місцем, оскільки отримання водню та урану не є складним процесом, але проблема все ще полягає у політичному впливі Росії. Виробництво у Казахстані значною мірою контролюється «Росатомом». На даний момент західний світ шукає нові шляхи транспортування урану, тому що досі близько 40% палива транспортувалося через Санкт-Петербург. Нещодавно було встановлено сполучення через Каспійське море, яке могло б використовуватися для транспортування матеріалів до Європи літаками. Другий напрямок, який розглядається — через Китай, але він де-факто уникне санкцій.

Часовий горизонт для відмови від російського палива оцінюється приблизно в 5 років. Приблизно на стільки років наперед електростанції можуть накопичувати паливо. Це можливе завдяки ефективності ядерного палива. З одного грама урану ми отримуємо приблизно стільки енергії, скільки з 2-3 тонн вугілля. Отже, для електростанції потужністю 1000 мегават, як-от ВВЕР-1000, потрібно приблизно 25 тонн палива на рік. Для такої ж потужності вугільної електростанції знадобилося б 3 млн тонн вугілля, запасати паливо у такій кількості неможливо. У випадку з атомом - це звичайна практика.

### **Україна буде ядерну незалежність**

В Україні проект заміни російського палива на паливо іншого виробника розпочався у 2005 році. Обмін палива відбувається циклами. Потрібно 4 роки, щоб уся активна зона реактора була завантажена паливом від одного постачальника – в даному випадку Westinghouse. Це процес, який Україна розпочала багато років тому, але, враховуючи 4-річні цикли, зараз вдалий час виключити «Росатом» із постачання свіжого ядерного палива для 18 реакторів у Центральній Європі. Якщо б так сталося, то через 4-5 років Старий континент міг би майже повністю використовувати уран з інших джерел.

Що стосується очікуваного терміну експлуатації АЕС України, то один раз на десять років проводиться огляд реакторів і складається звіт з аналізу безпеки, і на цій основі термін експлуатації продовжується ще на 10 років.

У США продовжено термін експлуатації атомних енергоблоків до 80 років. Також у Європі країни, які володіють АЕС, планують використовувати їх довше (за винятком Німеччини). В Україні згаданому аналізу підлягатимуть перший і другий енергоблоки Рівненської АЕС, і цілком очікувано, що їхня експлуатація буде продовжена ще на десять років, тобто до середини 1930-х років. З цієї причини паливо для радянських реакторів знадобиться приблизно до 1950-х років.

До повномасштабного вторгнення у 2022 році Україна мала запаси ядерного палива виробництва російської компанії «ТВЕЛ». У свою чергу Україна з грудня 2014 року має контракт з Westinghouse, який, серед іншого, передбачає, що, якщо Росія відмовиться постачати ядерне паливо, а такий ризик став реальним з 2014 року, Westinghouse намагатиметься заповнити цю прогалину, використовуючи додаткову виробничу лінію, встановлену у Швеції, відповідно до технології, яка підходить для реакторів ВВЕР-1000. Таким чином, у Швеції є можливості виробляти паливо для установок ВВЕР-1000, які є в Європі. Чехія отримувала паливо від Westinghouse для радянських реакторів ВВЕР-440 починаючи з 2007 року. АЕС у Темеліні було введено в експлуатацію на ядерному паливі Westinghouse. Тоді «Росатом», використовуючи корупційні механізми та недобросовісну конкуренцію, витіснив Westinghouse з Чехії, а також з Фінляндії.

Тим не менш, цей досвід означає, що процес ліцензування вдосконаленого палива Westinghouse (для «радянських» реакторів) буде найефективніше та швидше здійснено в Чехії та Фінляндії. Бо ці країни вже мають досвід використання американського ядерного палива.

Підсумовуючи, технічних перешкод для введення санкцій проти «Росатому» немає. Це питання політичне і лише частково економічне. Такі організації, як «Росатом» чи «Газпром», слід сприймати як такі, що безпосередньо підтримують військові операції. До 2022 року багатьом особам, які приймають рішення, здавалося, що ми не виживемо без російського газу, російської нафти. Тим часом Європа пережила зиму цілком неушкодженою. Сьогодні ми повинні розуміти, що навіть якщо російське ядерне паливо чи послуги для атомної промисловості дешевші, то це кривава ціна. Росіяни, окупувавши українські АЕС, по-варварськи поводитися з персоналом. Спроби захоплення росіянами установок, які працюватимуть не за їхніми схемами, у майбутньому менш ймовірні. Тому послідовне застосування санкцій проти «Росатома» виглядає єдино правильним напрямком.

### **Польсько-українська співпраця**

Радник посольства України в Польщі **Олег Казаніщев**, який брав участь в обговоренні, повідомив, що хоча в посольстві України в Польщі немає спеціального ядерного підрозділу, є комерційний відділ. Атомною енергетикою опікуються також працівники різних спеціалізацій, у тому числі в енергетичній галузі.

В той же час Посольство України в Польщі є чи не найбільшою українською закордонною дипломатичною установою у світі. Це, звичайно, свідчить про те, що Польща є важливим, стратегічним партнером. Співробітники посольства України дуже вдячні уряду та польському народу за підтримку та допомогу.



У сфері енергетичної співпраці чи планів щодо цього – все змінилося після початку війни. Як дипломатична установа, Посольство відповідає за розвиток співпраці в різних напрямках, у тому числі, в енергетичній галузі. Посольство бере участь у кількох спільних проектах у різних сферах: газ, нафта та атомна енергетика. Співробітники Посольства беруть участь у конференціях та стежать за розвитком атомної промисловості в Польщі. Посольство відкрите до розвитку співпраці, в тому числі щодо сприяння поєднанню компетенцій українських і польських підприємств.

Ще до оголошення рішення щодо будівництва у Польщі третьої атомної електростанції було опубліковано доповідь Польського економічного інституту автором якої є **Адам Ющак** щодо економічних аспектів ядерних інвестицій у Польщі, впливу на бізнес, ринок праці та місцеві громади. Вже тоді було зрозуміло, що економічний і соціальний потенціал будівництва електростанції досить великий. Близько 200 мільярдів злотих необхідно для будівництва перших двох атомних електростанцій, що передбачено польською атомною енергетичною програмою. Таким чином, можна оцінити загальні витрати, які доведеться понести для створення цих двох АЕС. Це означає, що на даний момент у Польщі на кону дійсно великі гроші, і бізнес намагатиметься їх отримати. Згідно з інформацією та прикладами досвіду з інших країн, частка місцеві участі (local content) може становити від 50 до 70%. Гроші, на які може розраховувати внутрішній бізнес з цих двох інвестицій, сягатимуть 130-140 мільярдів злотих.

Незважаючи на те, що досі в Польщі практично не існувало ядерної енергетики, компанії, зацікавлені у цій діяльності, існують. Деякі з них досі надавали послуги за межами Польщі. Проте, звісно, є також певні сфери, які потрібно надолужити, тому що деякі компетенції не могли розвиватися без таких інвестицій у Польщі. І це потенційна можливість співпраці між польською та українською сторонами.

З каталогу, який готує Міністерство клімату та навколишнього середовища Польщі, видно, що лише атомною енергетикою в Польщі зацікавлені понад 300 компаній, і лише невелика частина з них має досвід попередніх ядерних інвестицій у всьому світі. Причина є зрозумілою - це непрості інвестиції. Необхідно мати багато різноманітних сертифікатів, і деякі підприємства, незважаючи на інтерес до атомної галузі, напевно боятимуться, чи зможуть вони відповідати цим вимогам. Тому необхідно створити відповідний клімат навколо цих інвестицій, уможливити співпрацю з кваліфікованими організаціями та заохотити усе середовище до розвитку.

А прагнути є до чого. Подивіться лише на приклад Франції, яка має розгалужену атомну промисловість. У атомному секторі, як у секторі виробництва енергії, так і серед компаній, що пропонують послуги для атомних електростанцій або виробляють компоненти, працює близько 400 тисяч людей. Це справді великий шматок пирога, який потрібно поділити.

Якщо позглянути на окремі сектори, в яких найбільш помітний розвиток, то це, наприклад, машинобудування та послуги, пов'язані з машинобудуванням, або електрика та автоматизація, а також металообробка. Тут у нас є великий потенціал. В Польщі є компанії, які вже працювали над іноземними проектами, тому така передача ноу-хау є абсолютно можливою.

У контексті співпраці з Україною слід зазначити, що Польщі наразі бракує і ще довго бракуватиме кадрів у сфері атомної енергетики. Кадрова нестача виникає через те, що ця інвестиція довго не могла розпочатися, а деякі освічені спеціалісти не змогли знайти роботу в країні. Тож вони поїхали за кордон, лише одиниці залишилися працювати в науково-дослідних установах. Більшість студентів сьогодні обирає спеціалізацію, пов'язану з відновлюваними джерелами енергії, тому що це вже існуючий ринок, на якому є потенціал розвитку. У випадку АЕС ще багато невизначеності, яка може заважати молодим людям обрати такий професійний шлях. Натомість українські кадри є, мають великий досвід, і їх залучення до будівництва польських атомних електростанцій, безумовно, було би цінним. Польсько-українська співпраця, у свою чергу, може призвести до нових інвестиційних проектів в Україні – модернізації АЕС, їх реконструкції та будівництву. У найближчі десятиліття в Україні буде реалізовано багато нових інвестиційних проектів. Близько 90% українських вітряків і 50% фотоелектричних панелей знищено внаслідок війни. Усю цю інфраструктуру потрібно буде відтворювати.

### **Атом у відбудові України**

Зараз експерти та чиновники Міністерства енергетики України, НКРЕКП, «Укренерго» обговорюють, яку енергосистему має будувати Україна після перемоги у війні. Оскільки Україна є учасником Паризької угоди щодо діяльності із захисту клімату, а атомна енергетика, поряд з відновлюваною енергією, є низькоемісійною, і, перш за все, Україна має цю галузь, її роль у післявоєнному енергетичному балансі має бути значною. Багато голосів говорять про розвиток децентралізованої генерації енергії, включаючи використання малих і середніх модульних ядерних реакторів. Україна також заявляє, що приділятиме вітровим електростанціям більше уваги, ніж раніше.

До війни у розподілі виробництва енергії у ВДЕ було близько 75% сонячної енергії та 25% енергії вітру. Експерти стверджують, що ці пропорції слід змінити, доповнити біогазом. Дуже ефективним може виявитися симбіоз між стабільною генерацією на АЕС та відновлюваними джерелами енергії, що виробляється децентралізовано. На думку учасниці круглого столу ZPP Ольги Кошарної, навіть будівництво на Хмельницькій АЕС наступних блоків у 1000 МВт за технологією Westinghouse може не бути таким хорошим рішенням, як будівництво малих і середніх (модульних) реакторів (SMR). Такої думки дотримується український приватний бізнес. Наразі ДТЕК досліджує будівництво малих та середніх модульних реакторів. З точки зору відбудови енергетичного сектору та

отримання стабільної енергосистеми в Україні цей напрямок виглядає дуже привабливим.

### Бізнес і атом

Торгово-промислова палата з енергетики та захисту навколишнього середовища, очолювана **Богданом Пільхом**, об'єднує понад 100 суб'єктів енергетичного сектору. В IGEiOŚ представлені великі енергетичні групи, будівельні компанії, а також представництва іноземних компаній у Польщі та підрядники. Організація охоплює цілий сектор в Польщі - від традиційної до відновлюваної енергетики, промисловості водню та атомної енергетики. У сфері ядерних інвестицій зосереджується на максимізації частки польської промисловості, тобто так званого «local content». На думку IGEiOŚ, ця частка має шанси досягти 50%, максимум 60%. Однак шлях до цього довгий, тому що отримання кваліфікації, щоб стати кваліфікованим підрядником або субпідрядником, є дуже тривалим і дорогим процесом. Зараз у Польщі налічується близько 80 компаній, які мають досвід будівництва та експлуатації ядерних установок.

Слідом за темою польсько-української співпраці голова IGEiOŚ звернув увагу на питання палива та його утилізації як потенційної сфери спільних дій. З іншого боку, певний досвід може бути використаний на етапі будівництва, наприклад, участь досвідчених професіоналів з України. Але через те, що це буде американська технологія, а досвід з України базується на російській технології, передача знань, природно, не буде один до одного. Однак певні процеси дуже схожі, тому участь компаній чи професіоналів з України є найбільш ймовірною. Якщо українцям вдасться «атомний шлюб» із польськими компаніями, то, безумовно, у майбутньому ці суб'єкти мали б не лише досвід будівництва однієї електростанції, а й потенціал для експорту послуг. Від минулого року ми спостерігаємо ренесанс ядерної енергетики. MMR і SMR є сумісними технологіями, доповнюють повномасштабні атомні станції, не конкуруючи з ними. Зацікавленість польських компаній у співпраці з Україною в енергетичному секторі відзначає IGEiOŚ, до якої звертається все більше компаній. Наразі звернення скеровуємо до Міністерства державних активів, яке вже створило базу з близько тисячі компаній. На жаль, про цю тему мало чути, а її треба активно підтримувати, модерувати. Варто було б, щоб до цієї справи був діловий підхід, тобто не політики, а підприємці, мають проявляти більшу ініціативу.

IGEiOŚ також проводить тренінги для компаній з реалізації ядерних проектів, бере участь у галузевих зустрічах і конференціях. Організація пропонує навчальні поїздки та має хороші стосунки з постачальниками технологій, які діють на польському ринку, наприклад Westinghouse, а також EDF та KHNP. У своїй діяльності Палата намагається поінформувати зацікавлені сторони про те, що процес набуття статусу підрядника дуже складний, довгостроковий і дорогий. Звичайно, не для усіх, тому що кожна компанія

знаходиться на різному рівні розвитку. У 2022 році в рамках міністерського гранту IGEiOŚ провів інтенсивну навчальну програму. Кожному учаснику було приділено 60 годин занять. Навчання пройшли близько 180 осіб з близько 150 компаній. Під час тренінгів було презентовано технології, обговорено вимоги щодо того, як стати підрядником, субпідрядником чи постачальником у сфері ядерних технологій. Навчання були присвячені як американській технології Westinghouse, так і EDF і KHMP. Тренінги триватимуть у 2023 році. Можлива також організація так званих «днів постачальника», де постачальникам технологій чітко покажуть шлях – дорожню карту - як включитись до ланцюга поставок для ядерних інвестицій.

До цього часу мало хто вірив у реалізацію ядерного проекту, і цей скептицизм компаній був результатом того, що в Польщі існувало багато підходів до цих проектів, і мало хто вірив, що такі інвестиції з часом наберуть обертів. Вибір технологічного партнера ще не визначає успіх проекту, але робить його дуже ймовірним. Сьогодні видається зрозумілим, що атомні електростанції будуть побудовані в Польщі. Чи згідно з запланованим часом і бюджетом – це зовсім інше питання, яке потребує окремої розмови. Атомна енергетика як основа та відновлювані джерела енергії як доповнення, а в майбутньому ще й використання водню – наразі це вважається у багатьох країнах стандартом, моделлю, до якої варто прагнути.

### **Енергетичні «кооперативи» та малі модульні атомні реактори (SMR)**

За словами іншого учасника дискусії **Роберта Янковського**, зі старою енергетичною системою, яку було задумано у XIX столітті та створено у Польщі у 1950-х роках, покінчено. Технічні засоби та сучасні технології, які з'явилися остатнім часом, призведуть до того, що на наших очах відбуватиметься розкладання старої системи, тому сьогодні, на думку учасника круглого столу ZPP, необхідно працювати над створенням абсолютно нової системи – яка відповідає енергетиці XXI століття.

Це має бути система автономного забезпечення регіонів, розміром з громаду або дві громади, парафії, які самостійно балансували б споживання енергії всередині регіону. Концепція мала би базуватися на «кооперативному» принципі. Саме «кооперативна» система мала би забезпечити перемогу у Великій війні з пруссаками у Велькопольщі у XIX столітті. На думку Роберта Янковського, найкращим способом обмежити корупцію (наприклад, українських олігархів) було б будівництво системи, за якої члени громади самі є власниками того, що мають. У рамках такої системи, таких автономних районів, необхідно інтегрувати виробництво електроенергії, тепла та електромобільність. Останнім часом лунають думки про включення до цієї схеми іпроставання продуктів харчування та місцевого індивідуального будівництва. Важливим елементом такої системи є так званий стабілізатор, тобто джерело живлення, від якого надходить від 15 до 25% електроенергії. За оцінкою Польського

кліматичного форуму, в Польщі є місце для приблизно однієї тисячі SMR, які виконували б роль такого стабілізатора. Решту потреб покривали б біогазові установки, геотермальна енергія, гідроенергетика або установки для термічної переробки біомаси. Надійність енергопостачання та низькі ціни тут є головними цілями.

І хоча ці цілі також є пріоритетними в усьому Європейському Союзі, особливо на рівні Європейської комісії та Європарламенту, водночас тут стикається багато різних інтересів. Для того, щоб обмежити вплив різних груп інтересів, необхідно нарощувати енергетику місцевої громади. Ні поляки, ні українці не мають соціальних пересторог до атома, це дуже чиста енергія з точки зору кліматичної нейтральності, нульових викидів.

Також є важливою комунікація щодо європейської програми «Green Deal» («Зелена угода»), спрямована безпосередньо до суспільства. Вступ до Європейського Союзу неможливий, якщо країна-кандидат не має чіткого плану досягнення кліматичної нейтральності. Польські компанії, безперечно, могли б допомогти у розробці концепції енергетичної трансформації в Україні. З іншого боку, в Україні багато фахівців у галузі атомної енергетики, і, передусім, є інфраструктура; попри війну, досі працюють підприємства, які займаються розробкою і виробництвом приладів. Якщо б в Польщі було створено систему SMR у великому масштабі, тут також є можливість для співпраці.

### **Розвиток кадрового потенціалу атомної енергетики**

В Україні навіть деякі середні професійні училища спеціалізуються на атомі, у Польщі колись був ядерний технікум в Отвоцку, але щоб підготувати кадри для цілої галузі, потрібен комплексний підхід до справи. З іншого боку, ядерний сектор є надзвичайно регульованою сферою. Про переміщення кожного граму урану або плутонію, навіть якщо елементи передаються з однієї лабораторії в іншу, має інформуватися Євросоюз,. У Польщі працюють дослідницькі установи, але їх лише десять. Без досліджень, без практики, розвиток не може бути гарантованим. Наші студенти повинні вчитися у практиків. Просто відправити студента на місяць до Сполучених Штатів недостатньо. Необхідна комплексна навчальна програма.

Необхідно брати участь у європейських проектах, наприклад у співпраці з відомими університетами та французьким EDF. Варто скористатися досвідом і навчанням в інших країнах. У контексті польсько-української співпраці у сфері атомної енергетики найважливішим є те, що атомна енергетика в Україні діє вже багато років. Поєднання зусиль університетів в Україні та польських науково-дослідних інститутів у рамках спільної діяльності, а також організація виробничого навчання була б дуже корисно. Наприклад, у Харкові збудовано один із перших у світі прискорювачів. В Україні є дуже хороші фізики, в тому числі залучені до роботи Міжнародного агентства з атомної енергії МАГАТЕ.



Ми також маємо добре організоване Національне агентство з атомної енергії в Польщі, яке також тісно співпрацює з МАГАТЕ, центрами в Європі та Північній Америці. Проводиться багато тренінгів, і польські імена звучать і серед світових кадрів атомної галузі.

### Безпека

У політичному плані сьогодні в Польщі ми спостерігаємо об'єднання як влади, так і опозиції, у питанні ставлення до атомної енергетики – усі, включно з зеленими, виступають за. Місцева влада розраховує на робочі місця, вливання коштів від інвестицій, розвиток місцевого підприємництва. Однак правила безпеки в атомній промисловості кардинально змінилися.

Атомна енергетика стала такою дорогою, тому що багато установок, навіть хімічних, сьогодні мають бути захищені, як атомні електростанції. Ця більш сучасна система покоління 3+ має системи пасивної безпеки. Проблема катастрофи на Фукусімі полягала в тому, що протягом 8 годин реактор захищався самостійно, однак через 8 годин, якщо охолодження не відновити, паливо може розплавитися. У Фукусімі також сталися вибухи водню. Водень і кисень - це дуже небезпечна суміш. Сьогодні більшість електростанцій мають інші системи безпеки. У згаданій вище системі 3+ плюс, навіть якщо зникає електрика, системи безпеки все ще залишаються активними. В американському реакторі Westinghouse AP 1000, коли вода випаровується, вона відводить тепло і там також є металева кришка, яка конденсує воду. На жаль, у Фукусімі генератори стояли у підвалах, а висота хвилі цунамі становила 13 м. На іншій електростанції також була схожа проблема з системою безпеки, але їм вдалося протягнути кабель живлення та відновити охолодження.

З точки зору нагляду за безпекою ядерних інвестицій також важливо мати національну організацію технічної підтримки, яка мала б групу експертів у галузях будівництва, металознавства та хімії. У Фінляндії є система під назвою STUK, яка є еквівалентом польського Національного агентства з атомної енергії та має в своєму розпорядженні різні підрядні установи, які, наприклад, проводять відповідні дослідження від імені STUK. З іншого боку, в Угорщині є потужний інститут та, крім цього, 32 спеціалізовані підрозділи, які виконують завдання у ядерному секторі. Польща має розробити таку систему. Національне агентство з атомної енергії вже впровадило так звану авторизацію, за отриманням якої можуть звертатися як польські, так і українські компанії. Підприємства, які отримують авторизацію, матимуть право брати участь у проектах з ядерної безпеки, дослідженнях або консультаціях. Важливо не допускати організацій без референцій, знань і відповідного персоналу. Щоб забезпечити безпеку польської атомної галузі, все це має бути доопрацьовано. Дуже цікаво, як це було



організовано в Україні, досвід українського ядерного регулятора, може виявитися дуже корисним.

## **Імпульс для економіки**

Лише дві атомні електростанції в Польщі, згідно з оцінками OECD (Організація економічного співробітництва та розвитку) створили б до 40 тисяч прямих і непрямих робочих місць, а також додаткові робочі місця «навколо» електростанцій. Вигоди також є величезними для місцевих громад, які, звичайно, повинні бути поінформовані про плани будівництва.

У публічному просторі розглядається актуальне питання канібалізації ВДЕ та атомної енергетики, конкуренція генеруючих потужностей: що станеться, якщо отримаємо надлишок потужностей? Нічого подібного не буде. Причина проста: ми десятиліттями будемо декарбонізувати польську економіку. Для досягнення кліматичних цілей ЄС знадобиться набагато більше електроенергії, ніж раніше. Якщо ми хочемо розвивати електромобільність або водень, це буде або «фіолетовий» від атома або «зелений». Це вимагатиме збільшення виробництва електроенергії. Теплові насоси та низка інших побутових і промислових інновацій збільшать попит на електроенергію. Немає підстав вважати, що українська економіка після відбудови не потребуватиме енергії, нових генеруючих потужностей, особливо враховуючи, що значну частину відновлюваних джерел енергії країни було знищено під час війни,

Особливо, якщо ми говоримо про поступове виведення з експлуатації вугільних електростанцій або обмеження газових. Необхідно планувати достатню кількість реакторів, щоб мати змогу задовольнити майбутній попит у Польщі та Україні. Звичайно, у відповідній синергії з відновлюваними джерелами енергії. Таким чином, SMR-проекти не слід представляти як конкуренцію великому атому. Малі модульні атомні реактори (SMR) можна використовувати як доповнення до джерел енергії і мати деякі дуже цікаві застосування, для яких вони можуть бути використані. Наприклад, системи централізованого тепlopостачання, особливо в менших регіонах. Це також виробництво енергії для великих промислових підприємств. Але вони жодним чином не складуть великої конкуренції повномасштабній АЕС, яка в першу чергу призначена для забезпечення національної енергосистеми.

## **Реконструкція української енергетики та майбутнє атомної електростанції**

Війна триває, але паралельно тривають дискусії щодо післявоєнної відбудови енергетичної інфраструктури, яка є складовою національної економіки України, кандидата на вступ до Європейського Союзу (ЄС). Очікується, що попит на електроенергію різних галузей промисловості буде зростати.

Так само, як у світі через пандемію 2020-2022 років і війну Росії проти України значно зросла ціна на газ, нафту, продукти нафтопереробки, а відтак і електроенергію – так і виробництво в промисловості ЄС стало дуже дорогим через значне зростання витрат і екологічних вимог.

Модернізація виробничих потужностей на діючих підприємствах завжди пов'язана з тимчасовим скороченням виробництва або повною його зупинкою, що несе ризик втрати конкурентних позицій на світовому ринку та фінансових втрат.

Не виключено, що заводи перенесуть до Польщі, Румунії чи Угорщини, а то й до балканських країн чи, зрештою, до України. Ці країни пропонують передбачувані умови організації бізнесу та людський капітал. Всередині України також спостерігається міграція промисловості - вже під час війни багатьом підприємствам вдалося перенести виробництво в центральні або західні регіони України, а в післявоєнний період, схоже, ця тенденція лише посилюватиметься. За словами Івана Григорука, обсяг використання електроенергії після війни не лише повернеться на довоєнний рівень, а навіть зросте щонайменше на 30%. З іншого боку, відбудеться певний розворот генерації та споживання енергії – вся інфраструктура фізично і технологічно наблизиться до Європейських норм.

У січні цього року Кабінет Міністрів України схвалив початок будівництва двох нових реакторів AP-1000. Блоки буде збудують на Хмельницькій АЕС. Постачальником буде Westinghouse. Україна має амбітні плани щодо розвитку атомної галузі – в країні планується будівництво 9 нових блоків AP-1000.

Перша причина для будівництва нових реакторів більш політична – це стратегія незалежності шляхом диверсифікації поставок і ядерних технологій в Україні.

Друга причина – підвищення рівня безпеки експлуатації існуючих ядерних реакторів шляхом використання нових модифікацій ядерного палива, будівництва нових реакторів третього, а в перспективі і четвертого покоління з кінцевою метою подальшого виведення з експлуатації застарілих енергоблоків АЕС, а також впровадження технології поводження з ядерними відходами.

Найстаріший з діючих атомних реакторів в Україні введено в експлуатацію у 1980 році, два наймолодших енергоблоки – у 2004 році, а дата закінчення експлуатації останнього – 2035 рік. Українські реактори, як ВВЕР-440, так і ВВЕР-1000, належать до другого покоління, яке в світі вже давно вважається застарілим.

Варто відзначити, що ядерні реактори AP-1000 істотно відрізняються від ВВЕР-1000 за такими основними характеристиками:

- зниження загальних витрат і скорочення термінів будівництва;

- вищий коефіцієнт використання потужностей і більший термін експлуатації;
- більш надійна конструкція, з якою легше працювати в процесі експлуатації і яка менш сприйнятлива до дії операційних ризиків;
- низька ймовірність аварії через розплавлення активної зони;
- підвищене спалювання палива, що забезпечує більш високий ККД і зменшення відходів;
- використання абсорберів горіння для продовження терміну служби паливних елементів;
- менший вплив на навколишнє середовище.

В Україні є все необхідне для подальшого розвитку атомної галузі, крім миру. Є науковий потенціал, майже 50-річний досвід використання АЕС, розвинена матеріально-технічна інфраструктура. Україна посідає 12 місце за ресурсами та 11 місце за видобутком урану у світі, має організовану логістику поставок ядерного палива, активно впроваджує стратегії щодо безпечного поводження з відпрацьованим ядерним паливом енергетичних реакторів. В Україні також є величезний капітал професіоналів ядерної галузі.

Україна вже 30 років бореться за можливість будівництва сучасних ядерних реакторів. Це дуже складний, але виправданий шлях, на якому вона отримує безцінний досвід, і яким із задоволенням поділиться з такими партнерами, як Польща.