

УДК 620.92

АНАЛІЗ ЗАХОДІВ ДЛЯ ПОВНОЇ ВІДМОВИ УКРАЇНИ ВІД РОСІЙСЬКОГО ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Гелету́ха Г.Г., докт. техн. наук, Желєзна Т.А., канд. техн. наук, Драгнєв С.В., канд. техн. наук, Гайдай О.І., канд. техн. наук

Інститут технічної теплофізики НАН України, вул. Марії Канніст, 2а, Київ, 03057, Україна

<https://doi.org/10.31472/ttpe.2.2022.4>

Сформульовано кроки для досягнення Україною незалежності від російського природного газу. Проведено оцінку прогнозованих обсягів скорочення споживання або заміщення газу до 2030 р. та 2050 р. Визначено організаційні та законодавчі заходи для реалізації запропонованих кроків по відмові від російського природного газу в Україні.

Actions for Ukraine to achieve independence of Russian natural gas are formulated. The projected volumes of natural gas consumption reduction or replacement by 2030 and 2050 are estimated. Organizational and legislative measures to implement the proposed actions for Ukraine to reject Russian natural gas are determined.

Бібл. 15, табл. 2.

Ключові слова: відновлювана енергетика, відновлювані джерела енергії, біомаса, біометан, декарбонізація, енергоефективність.

АЕС – атомна електростанція;
ВДЕ – відновлювані джерела енергії;
МАГАТЕ – міжнародне агентство з атомної енергії;
НПДВЕ – Національний план дій з відновлюваної енергетики;
ПГ – природний газ;
ПСГ – підземні сховища газу;

СЕС – сонячна електростанція;
ТЕЦ – теплоелектроцентрально;
ТЕС – теплова електростанція;
ФЕС – фотоелектростанція;
ЦТ – централізоване теплопостачання;
н.е. – нафтовий еквівалент.

Вступ

На початку березня 2022 р. Міжнародне енергетичне агентство запропонувало низку конкретних кроків, які може реалізувати ЄС для скорочення імпорту російського природного газу більш ніж на третину вже до кінця 2022 р. Паралельно з цим, Європейська Комісія представила концепцію плану «Перезарядка ЄС» (REPowerEU). Мета цього плану – досягти повної незалежності Європи від викопних палив з Росії, починаючи з природного газу, задовго до 2030 року. Зазначені приклади мають стати в нагоді Україні для розробки власної програми скорочення споживання газу та інших викопних палив і практичної реалізації «зеленого» енергетичного переходу.

Метою роботи є визначення та аналіз найбільш ефективних заходів для України для досягнення повної відмови від російського природного газу. **Методи дослідження** включають проведення техніко-економічних розрахунків, вивчення та аналіз літературних, статистичних та інших даних.

Запропоновані кроки для досягнення Україною незалежності від російського природного газу

Заміщення природного газу твердими біопаливами при виробництві теплової енергії

Річне споживання природного газу в Україні складає близько 28 млрд м³, а обсяг власного видобування – порядку 20 млрд м³/рік [1]. Імпорт газу виконується зі Словаччини, Угорщини та Польщі. Юридично імпортований газ не є російським, але фактично – так. Для повної відмови від цього імпорту вважаємо за необхідне реалізувати прискорену заміну газових котлів на котли на біомасі і запобігати встановленню індивідуальних газових котлів в квартирах і домогосподарствах.

Перехід на біомасу і тверді біопалива при виробництві теплової енергії – один з найрентабельніших шляхів заміщення ПГ, особливо враховуючи нинішні і прогнозовані високі ціни на природний газ в ЄС, звідки Україна наразі його закуповує. Проектом Національного плану дій з відновлюваної енергетики на період до

2030 року передбачено виробництво 10328 тис. т н.е. теплової енергії з біомаси у 2030 р., у тому числі 9328 тис. т н.е. – з твердої біомаси, 1000 тис. т н.е. – з біогазу [2].

Реальність розвитку даного напрямку демонструють вже досягнуті високі частки теплової енергії, що виробляється з ВДЕ, переважно з біомаси, у багатьох країнах ЄС: Швеція – 66%, Естонія та Фінляндія – 58%, Латвія – 57%, Португалія – 42% [3]. В середньому по ЄС частка ВДЕ в системах опалення і охолодження становить 23%, що майже вдвічі вище цього показника у 2004 р. (12%).

Сценарій впровадження біоенергетичного обладнання, розроблений в Дорожній карті розвитку біоенергетики в Україні до 2050 року [4], дає можливість загального заміщення природного газу в обсязі 9,2 млрд м³/рік в 2030 р. і 19 млрд м³/рік в 2050 р. Найбільший внесок у це заміщення вноситиме тверда біомаса; внесок від встановлення котлів (побутових, промислових, в ЦТ і бюджетній сфері) полягає у додатковому заміщенні 2,7 млрд м³/рік ПГ в 2030 р. і 9,3 млрд м³/рік в 2050 р. порівняно з показником 2020р. Аналогічна оцінка для ТЕЦ на твердій біомасі – 0,8 млрд м³/рік ПГ в 2030 р. і 2,0 млрд м³/рік в 2050 р.

Подальше будівництво вітрових і сонячних електростанцій

Одна з ключових цілей проєкту НПДВЕ 2030 року – досягнення 25% ВДЕ у валовому кінцевому споживанні електроенергії. Документом передбачено значний ріст встановленої потужності сонячних ФЕС і ВЕС – до 9947 МВт і 5033 МВт у 2030 р., відповідно. Порівняно з показниками 2020 р. (6872 МВт СЕС і 1314 МВт ВЕС), це є зростанням у 1,5 разів для сонячних ФЕС і у 3,8 разів для ВЕС. Особливістю розвитку вітроенергетики України у період з 2028 р. буде будівництво офшорних ВЕС – до 2030 р. планується досягти встановленої потужності 300 МВт [2].

Ріст обсягів виробництва електроенергії вітровими та сонячними електростанціями вимагає відповідного збільшення високоманеврових потужностей. Такі потужності, переважно, працюють на природному газі, що означає його додаткове споживання порівняно до вже існуючого. Для подальшого сталого розвитку «зеленої» електроенергетики в Україні необхідно впровадження [5]:

- Мінімум 1 ГВт високоманеврових потужностей зі швидким стартом (повна активація з зупиненого стану – не більше 15 хвилин, можливість здійснювати пуск та зупинку не менше чотирьох разів за добу з діапазоном регулювання не менше 80% від встановленої потужності). Водночас для максимізації виробництва електроенергії

з ВДЕ і, відповідно, максимального зменшення його обмежень доцільно побудувати не менш 2 ГВт високоманеврових потужностей.

- 0,5 ГВт систем акумулювання електроенергії за умови залучення ВДЕ до балансування енергосистеми та надання резервів. Без залучення ВДЕ до балансування або вимушеного обмеження потужностей АЕС, потреба в системах акумулювання електроенергії може зрости до 2 ГВт.

Природний газ на високоманеврових потужностях з можливістю швидкого запуску доцільно замінити біометаном, виробленим в Україні. Проєкт НПДВЕ 2030 передбачає збільшення застосування біометану на генеруючих установках, що використовують природний газ, з 50 ГВт-год у 2025 р. до 500 ГВт-год у 2030 р. (по виробленій електроенергії). За оцінками авторів, застосування біометану на високоманеврових потужностях має розвиватися навіть динамічніше: з 22 ГВт-год у 2022р. (за обсягом виробленої електроенергії, що відповідає 20 МВт встановленої потужності) до 745 ГВт-год (360 МВт) у 2030 р.

Виробництво біометану

Потенційно, Україна може виробляти до 10 млрд м³ біометану/рік, переважно з аграрних відходів і залишків: гній, послід, солома злакових, стебла кукурудзи, стебла соняшника, жом цукрових буряків, меляса, силос кукурудзи, а також побутові відходи та ін. [6]. За проведеними оцінками, реально досягти виробництва біометану в Україні обсягом 1 млрд м³ у 2030 р. і 4,5 млрд м³ у 2050р. З них для споживання на ТЕЦ можна запланувати 0,23 млрд м³ у 2030 р. і 0,79 млрд м³ у 2050 р.

Біометан є абсолютно готовим для закачування в газову мережу вже сьогодні. Не потрібні інвестиції у модернізацію газових мереж і газового обладнання (газові пальники та арматура, газопоршневі двигуни і газові турбіни). Україна має найбільшу в Європі площу сільськогосподарських угідь, і, відповідно, один із найкращих в світі потенціалів аграрної сировини для виробництва біометану. У даній сфері Україна може конкурувати з будь-якими країнами світу, пропонуючи найдешевшу сировину для отримання біометану. Біометанові заводи, окрім самого біометану, генерують дигестат, який може стати основним органічним добривом для відродження українських ґрунтів.

Підвищення рівня гнучкості і декарбонізації енергосистеми України

Наразі Україна має один з найнижчих в світі рівнів гнучкості енергосистеми, що є технічним бар'єром для подальшого розвитку вітрової і сонячної генерації. Для подолання цього бар'єру необхідне будівництво нових

накопичувачів енергії та маневрених потужностей на природному газі і біометані. Планується використання як газопоршневих, так і газотурбінних електрогенеруючих потужностей. Основною перешкодою для розвитку маневреної газової генерації вважається відсутність достатньої кількості природного газу власного видобутку. Тобто, для нової маневреної газової генерації знадобиться додатковий ресурс газу, якого в країні немає і доведеться імпортувати за високої ціною.

Вважаємо, що необхідна для маневреної генерації додаткова кількість природного газу може буде скорочена та заміщена в секторі виробництва теплової енергії та інших секторах, розглянутих в даній статті. При цьому, за рахунок використання біометану одночасно можливо підвищити гнучкість і рівень декарбонізації енергосистеми.

Підвищення енергоефективності в системах ЦТ, будівлях і промисловості

На сьогодні рівень енергоефективності України у 3-5 разів нижче країн ЄС. Якби Україна мала рівень енергоефективності, наприклад, як у сьогоднішньої Польщі, то могла б взагалі відмовитися від імпорту енергоносіїв і стати енергетично незалежною державою.

Одним з наслідків війни в Україні є велика кількість повністю або у значній мірі зруйнованих будинків і підприємств. Спорудження нових будинків у післявоєнний період має виконуватися із врахуванням сучасних вимог до енергетичної ефективності будівель. Будівництво нових промислових підприємств або реконструкція зруйнованих повинно реалізовуватися із впровадженням на них сучасних технологій (якщо старі вже не підлягають відновленню). Реалізація заходів з підвищення енергоефективності є одним із важливих шляхів до скорочення споживання природного газу в Україні.

Заміщення російських поставок природним газом з інших джерел

Протягом 2016-2020 рр. Україна імпортувала значні обсяги природного газу (10-15 млрд м³/рік). У 2021 р. імпорт газу значно скоротився – до 2,6 млрд м³, що у 6 разів менше порівняно з 2020 роком [7]. Основними причинами різкого скорочення імпорту у 2021 р. були суттєве зростання вартості ПГ на світових ринках, певне падіння його споживання в Україні, а також наявні запаси у газових сховищах, перехідні з попереднього опалювального сезону. Прогнозуємо, що потреби в імпорті природного газу повернуться на рівень до 8 млрд м³/рік при стабілізації ситуації в Україні щодо війни і епідемії ковіду.

Через військову агресію Російської Федерації проти України, країни ЄС планують відмовитися від російського природного газу і вже активно шукають альтернативні джерела постачання газу. Це, ймовірно, призведе до зростання конкуренції між споживачами на ринку ПГ і може вплинути на можливості або умови експорту газу до України. Таким чином, опція заміщення російського газу альтернативними джерелами постачання, яка в ЄС розглядається як пріоритетна, для України навряд чи є такою. Будівництво терміналів скрапленого газу в Чорному морі наразі є проблематичним як із-за воєнних дій, так і із-за незгоди Туреччини на проходження газозовів через Босфорський пролив. Крім того, в умовах дефіциту на світовому ринку природного газу, особливо в умовах потенційного ембарго Росії, Україні буде вкрай важко виграти конкуренцію з іншими країнами і знайти нові джерела постачання ПГ.

Впровадження теплових насосів

В результаті зупинки значної частини промисловості на територіях бойових дій в Україні виник профіцит виробленої електроенергії (переважно атомної і вугільної). В цих умовах часткова «електрифікація» сектору теплопостачання з використанням теплових насосів представляється логічним і виправданим кроком. При цьому, мова йде про теплові насоси для окремих приватних будинків, для автономних систем в окремих багатопверхових будинках і у системах ЦТ. Враховуючи, що електроенергія, що використовується для приводу теплових насосів, ставатиме все більш «зеленою», тепла енергія, яку вони вироблятимуть, також ставатиме все більш відновлюваною і декарбонізованою. Вважаємо, що котли і ТЕЦ на біомасі разом з тепловими насосами становитимуть основу майбутніх систем теплопостачання України.

Проектом НІДВЕ 2030 передбачено виробництво 700 тис. т н.е. теплової енергії тепловими насосами у 2030 році, у тому числі аеротермальними – 460 тис. т н.е., геотермальними – 160 тис. т н.е., гідротермальними – 80 тис. т н.е. Таким чином, до 2030р. планується ріст виробництва теплової енергії тепловими насосами у 13,5 разів порівняно з 2020 р. (52 тис. т н.е.) [2].

Продовження термінів експлуатації існуючих атомних електростанцій

Наразі атомні електростанції забезпечують більше половини потреби України в електричній енергії. За даними 2020 р., із загальних вироблених 137197 ГВт·год, 52% (71249 ГВт·год) було генеровано на АЕС [8]. Проектний термін експлуатації енергоблоків АЕС України становить 30 років і до 2019 року вже був вичерпаний на

всіх діючих енергоблоках, крім п'яти. За інформацією Міністерства енергетики України [9], експертні оцінки ситуації щодо виробництва електроенергії в Україні свідчать, що у разі прийняття рішення про виведення з експлуатації енергоблоків АЕС, які відпрацювали відведений проєктом термін, та за відсутності на той час заміщуючих потужностей, у країні може статися енергетична криза. Як показує світовий досвід, продовження термінів експлуатації енергоблоків АЕС за умови виконання норм ядерної та радіаційної безпеки є одним із найбільш ефективних шляхів часткового вирішення проблеми заміщення генеруючих потужностей.

В умовах дефіциту газу і вугілля, а також значних екологічних проблем, що створює вугільна генерація, максимально можливе подовження термінів експлуатації існуючих АЕС (з відповідним дозволом МАГАТЕ) представляється логічним і економічно обґрунтованим. Це відповідає цілям чинної Енергетичної стратегії України і Комплексній програмі робіт з продовження терміну експлуатації діючих енергоблоків АЕС [10]. Проте, будівництво нових АЕС в Україні вважаємо недоцільним, оскільки існуючі і нові сонячні та вітрові електростанції, при їх балансуванні маневреною газовою генерацією і накопичувачами енергії, можуть забезпечити більш дешеве виробництво електроенергії, ніж новозбудовані АЕС.

Заохочення споживачів до тимчасового зниження температури у приміщеннях на 1°C

Середня температура у опалювальних приміщеннях у країнах ЄС становить сьогодні понад 22°C [11], що дозволяє без суттєвого впливу на комфорт зменшити її, щонайменше, на 1°C. В Україні досить часто житлові приміщення також опалюють до температури вище 22°C, про що свідчить відкриття вікон для охолодження помешкань. Згідно стандартів надання послуг з опалення в Україні, температура повітря в житлових приміщеннях має становити 18°C, а у кутових кімнатах – 20°C [12]. Тому аналогічні заходи щодо заохочення споживачів до тимчасового зниження температури у приміщеннях на 1°C можна запровадити і в Україні.

Одним з найменш витратних і найбільш ефективних методів регулювання тепла в квартирі є встановлення радіаторних терморегуляторів на кожен опалювальний прилад, що є у приміщеннях. Крім того цей захід дозволить домогосподарствам заощадити кошти на оплату енергоносіїв. Аналогічні енергозберігаючі заходи доцільно реалізовувати також в офісних та інших приміщеннях, крім, приміщень де необхідно забезпечувати інші температурні параметри (лікарні, школи,

дитячі садочки тощо). При цьому температуру опалення можна ще зменшувати у вихідні та періоди часу, коли у приміщеннях немає людей.

Зменшення температури в приміщеннях на 1 градус дозволяє економити до 6% теплової енергії. Таким чином, враховуючи витрати природного газу 2020 р. у теплоцентралях та побутовому секторі без витрат газу на приготування їжі, орієнтовні обсяги скорочення споживання газу в Україні від реалізації описаного заходу складуть до 0,7 млрд м³ ПГ на рік.

Запровадження зобов'язань щодо зберігання природного газу

Можна констатувати, що даний захід в значній мірі вже реалізовано в Україні і він є більш актуальним і нагальним для Європейського Союзу. Мережа підземних сховищ природного газу – важливий елемент енергетичної системи України. Їх стала та безперебійна робота необхідна для успішного проходження опалювальних сезонів, функціонування промислових підприємств та виконання зобов'язань перед іноземними партнерами. Загальна активна місткість українських ПСГ – понад 30 млрд м³. Це найбільші сховища в Європі (21% загального обсягу) та треті за обсягами у світі – після США та Росії. Такі потужності дають Україні значні можливості не тільки для забезпечення власних потреб, але і для залучення клієнтів зі зберігання газу, зокрема європейських.

На початок опалювального сезону 2021/2022 рр. в ПСГ України було накопичено 18,7 млрд м³ природного газу, що є достатнім для повного забезпечення опалювального сезону. Середній рівень наповнення ПСГ України на початок сезону відбору у період 2012-2021рр. складав 18,8 млрд м³ [13].

Оцінка прогнозованих обсягів скорочення споживання та заміщення природного газу в Україні від реалізації запропонованих кроків

Узагальнюючі оцінки ефекту від реалізації запропонованих вище заходів виконано на основні прогнозних показників розвитку ВДЕ, енергоефективності і енергетики у відповідності до програмних документів України і експертних оцінок авторів.

Як видно з результатів розрахунків (табл. 1), при прогнозованих планах розвитку до 2030 р. Україна здатна повністю скоротити/замістити імпортований природний газ у обсягах до 10 млрд м³/рік і стати повністю енергонезалежною щодо нього. Проте, термін досягнення цього скорочення/заміщення, закладений в програмних документах України, видається надто великим. У нинішній політичній і економічній ситуації, на яку значно вплинули військові дії з боку Росії, ці програмні

документи потребують корегування. Вважаємо, що ціль повної енергонезалежності щодо природного газу потрібно досягати значно раніше, максимум протягом кількох років. У довготривалій перспективі до 2050 р., згідно оцінок авторів, Україна здатна скоротити споживання або замінити майже 26 млрд м³/рік природного газу.

Організаційні та законодавчі заходи для реалізації запропонованих кроків по відмові від російського природного газу в Україні

Реалізація кожної із представлених дій по скороченню споживання/заміненню природного газу в Україні потребує низки конкретних організаційних та законодавчих заходів (табл. 2). Значною мірою ці заходи збігаються з тими, що необхідні для подолання бар'єрів

на шляху розвитку біоенергетики та розширення ЦТ в Україні [14, 15]. Наприклад, для широкого заміщення природного газу біомасою та твердим біопаливом у виробництві тепла необхідно запровадити систему електронної торгівлі твердим біопаливом за допомогою електронних аукціонів; подальше будівництво вітрових та сонячних електростанцій вимагає проведення аукціонів з державної підтримки проєктів виробництва «зеленої» електроенергії; підвищення рівня гнучкості та декарбонізації енергосистеми України потребує запровадження аукціонів для маневрових потужностей і систем акумулювання електроенергії, а також зняття штучних обмежень на вартість послуг з балансування енергосистеми.

Табл. 1. Прогнозовані обсяги скорочення та заміщення споживання природного газу в Україні від реалізації запропонованих заходів.

Найменування заходу	Прогнозовані обсяги скорочення споживання / заміщення ПГ, млрд м ³ /рік	
	до 2030 р.	до 2050 р.
Заміщення природного газу біомасою і твердими біопаливами при виробництві теплової енергії	3,0	10,3
Подальше будівництво вітрових і сонячних електростанцій	1,7	3,5
Виробництво біометану	0,8	3,7
Підвищення рівня гнучкості і декарбонізації енергосистеми України за рахунок біометану	0,2	0,8
Підвищення енергоефективності в системах ЦТ, будівлях і промисловості	2,8	5,6
Впровадження теплових насосів	0,8	1,2
Заохочення споживачів до тимчасового зниження температури у приміщеннях на 1°C	0,7	0,7
Всього	10,0	25,8

Табл. 2. Необхідні заходи для реалізації запропонованих кроків по заміненню російського природного газу в Україні

Найменування кроку	Основні організаційні та законодавчі заходи
Заміщення природного газу біомасою і твердими біопаливами при виробництві теплової енергії	• Увести ринкову ціну на природний газ для всіх категорій споживачів, включаючи населення та виробників тепла. • Запровадити систему електронної торгівлі твердим біопаливом за допомогою електронних аукціонів із забезпеченням стандартів якості і гарантій постачання біопалива. • Запровадити систему державної підтримки компаніям, що вирощують енергетичні рослини. • Звільнити від сплати податку за викиди CO₂ установки, що спалюють тверде біопаливо і біогаз/біометан.

Подальше будівництво вітрових і сонячних електростанцій	• Забезпечити фінансову стабільність Гарантованого покупця. • Увести ринкову ціну на електроенергію для всіх категорій споживачів, включаючи населення. Захист вразливих верств населення через систему монетизованих субсидій. • Надати право виробникам електроенергії з ВДЕ виходити з балансуєної групи Гарантованого покупця та вільно продавати електроенергію на ринку з можливістю отримання компенсації (контракти на різницю). • Якнайшвидше розпочати проведення аукціонів з державної підтримки проєктів з виробництва електроенергії з ВДЕ. • Розробити та запровадити механізм гарантії походження електроенергії, виробленої з ВДЕ. • Розробити регуляторне поле, що дозволить реалізувати прямі договори з постачання електроенергії, виробленої з ВДЕ, до споживачів. • Розробити регуляторне середовище для будівництва об'єктів ВДЕ для власного споживання виробленої електроенергії. • Затвердити Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2030 року.
Виробництво біометану	• Запровадити систему видачі гарантій походження для біометану. • Створити Реєстр біометану. • Зняти вимогу обов'язкової державної реєстрації для дигестату. • Розробити і затвердити національний стандарт на дигестат при використанні його як органічного добрива чи поліпшувача ґрунту. • Затвердити прийнятні для біометану вимоги щодо вмісту кисню (0,2...1%) у технічному регламенті природного газу.
Підвищення рівня гнучкості і декарбонізації енергосистеми України	• Якнайшвидше розпочати проведення аукціонів для маневрових потужностей і систем акумулювання електроенергії. • Зняти штучні обмеження на вартість послуг з балансування енергосистеми.
Підвищення енергоефективності в системах централізованого теплопостачання, будівлях і промисловості	• Повномасштабна реформа податку на CO₂ із переходом до енергетичного податку із оподаткуванням вмісту вуглецю у паливі у момент надходження на митну територію України або першого продажу. • Створення фонду декарбонізації. • Запровадження конкурентного ринку теплової енергії в системах ЦТ. • Забезпечення недискримінаційного доступу незалежних виробників до теплових мереж ЦТ. • Запровадження принцип зонування території при розробці міських схем теплопостачання. • Уведення адміністративної заборони на від'єднання споживачів від систем ЦТ у зонах ЦТ. • Надання схемам теплопостачання статусу обов'язкових для розробки та виконання.
Впровадження теплових насосів	• Уведення ринкової ціни на природний газ для всіх категорій споживачів, включаючи населення і виробників теплової енергії. • Запровадження стимулюючих тарифів на електроенергію для теплових насосів, включаючи «нічні» тарифи.

Висновки та рекомендації

Вважаємо, що Україні потрібно якнайшвидше розробити дієву і амбітну програму відмови протягом кількох років від російського газу, вугілля, нафти та нафтопродуктів. За оцінками авторів, це реальним і економічно обґрунтованим. Така програма знадобиться одразу після завершення воєнних дій і має стати основою відновлення енергетики України, в тому числі програми підтримки такого відновлення зі сторони колективного Заходу.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Енергетичний баланс* України за 2020 рік. Державна служба статистики України, 2021.
<http://www.ukrstat.gov.ua/>
2. *Проект Національного плану дій з відновлюваної енергетики на період до 2030 року*. Держенергоефективності, 2022. <https://sae.gov.ua/uk/content/elektronni-consultatsii>
3. *Renewables steadily increasing in heating and cooling*. Eurostat, 2022.
<https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-eurostat-news/-/edn-20220211-1>
4. Geletukha G., Zheliezna T. Prospects for Bioenergy Development in Ukraine: Roadmap until 2050 // *Ecological Engineering & Environmental Technology*. – 2021, v. 22 (5), p. 73-81. <https://doi.org/10.12912/27197050/139346>
5. *Звіт з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей для покриття прогнозованого попиту на електричну енергію та забезпечення необхідного резерву у 2020 році*. НЕК «Укренерго», 2021.
<https://ua.energy/zagalni-novyny/nkrekp-zatverdyla-zvit-z-otsinky-vidpovidnosti-generatsiyi-u-2020-rotsi/>
6. *Biomethane zoning and assessment of the possibility and conditions for connecting of biomethane producers to the gas transmission and distribution systems of Ukraine*. Final Report for EBRD, 2021.
<https://saf.org.ua/wp-content/uploads/2022/02/BM-Zoning-Final-Report-version-2022-02-01.pdf>
7. Ілона Сологуб. Споживання газу в Україні та його ціна. Вокс Україна, 18.02.2022.
<https://voxukraine.org/spozhyvannya-gazu-v-ukrayini-ta-jogo-tsina/>
8. *Статистичний щорічник* України за 2020 рік. Державна служба статистики України, 2021.
http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2021/zb/11/Yearbook_2020.pdf
9. *Продовження термінів експлуатації енергоблоків українських АЕС*. Міністерство енергетики України.
http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=244916068
10. *Про організацію виконання Комплексної програми робіт щодо продовження строку експлуатації діючих енергоблоків атомних електростанцій*. Наказ Міністерства палива та енергетики України № 340 від 21.06.2004. <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0340558-04#Text>
11. *A 10-Point Plan to Reduce the European Union's Reliance on Russian Natural Gas*. IEA, 03.03.2022.
<https://bit.ly/38LZhQ0>
12. *Правила надання послуг з централізованого опалення, постачання холодної та гарячої води і водовідведення*. Постанова КМУ № 630 від 21.07.2005 (із змінами).
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/630-2005-%D0%BF#Text>
13. *Зберігаємо енергію задля вашої безпеки*. Брошура Оператора газосховищ України, 2021. <https://bit.ly/3EqjpmB>
14. Георгій Гелетуха. Потенціал, сучасний стан та перспективи впровадження біоенергетичних проєктів в Україні. Презентація на вебінарі «Відновлювані джерела енергії для декарбонізації: біоенергетика», 26.02.2021. <https://rea.org.ua/wp-content/uploads/2021/03/eu4usociety-geletukha-bioenergy.pdf>
15. Гелетуха Г.Г., Желєзна Т.А., Баштовий А.І. Перспективи декарбонізації централізованого теплопостачання України // *Теплофізика та теплоенергетика*. – 2021, т. 43, № 3, с. 44-51. <https://doi.org/10.31472/ttpe.3.2021.6>

ANALYSIS OF ACTIONS FOR UKRAINE TO COMPLETELY REJECT RUSSIAN NATURAL GAS

Geletukha G.G., Zheliezna T.A., Drahnev S.V., Haidai O.I.

Institute of Engineering Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, vul. Marii Kapnist, 2a, Kyiv, 03057, Ukraine

<https://doi.org/10.31472/tpe.2.2022.4>

The aim of the work is to identify and analyse the most effective measures for Ukraine to completely reject Russian natural gas. The annual consumption of natural gas in Ukraine is about 28 billion m³, while the volume of its own production makes up around 20 billion m³/year. In recent years, Russian gas has been imported from Slovakia, Hungary and Poland. To achieve Ukraine's independence of Russian natural gas, it is proposed to implement ten actions: replacement of natural gas with biomass and solid biofuels for heat production; further construction of wind and solar power plants; production of biomethane; increasing the flexibility and level of decarbonization of Ukraine's energy system; improving energy efficiency in district heating systems, buildings and industry; substitution of Russian supplies with natural gas from other sources; introduction of heat pumps; extension of the service life of existing nuclear power plants; encouraging consumers to temporarily reduce the room temperature by 1°C; introduction of natural gas storage obligations. The implementation of the suggested actions may provide projected reductions in the consumption or replacement of natural gas in the amount of 10 billion m³/year by 2030 and 25.8 billion m³/year by 2050. Among these actions, switching to biomass and solid biofuels for heat production could replace 3 billion m³/year by 2030 and 10.3 billion m³/year by 2050. The production and consumption of biomethane might substitute 0.8 and 3.7 billion m³/year of gas in 2030 and 2050, respectively. A number of required organizational and legislative measures have been formulated to implement the proposed actions to replace Russian natural gas in Ukraine. When the military operations end, Ukraine will urgently need to elaborate an effective and ambitious program to reject Russian gas, coal, oil and oil products within several years.

References 15, tables 2.

Keywords: renewable energy, renewable energy sources, biomass, biomethane, decarbonization, energy efficiency.

1. *Energetychnyi balans* Ukrayiny za 2020 rik. [Energy balance of Ukraine, 2020.]. State Statistics Service of Ukraine, 2021. (Ukr.) <http://www.ukrstat.gov.ua/>

2. *Proyekt Nacionalnogo planu dii z vidnovlyuvanoyi energetyky na period do 2030 roku*. [Draft of National Renewable Energy Action Plan until 2030.]. State Agency on Energy Efficiency and Energy Saving of Ukraine, 2022. (Ukr.) <https://sae.gov.ua/uk/content/elektronni-consultatsii>

3. *Renewables steadily increasing in heating and cooling*. Eurostat, 2022.

<https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-eurostat-news/-/edn-20220211-1>

4. *Geletukha G., Zheliezna T.* Prospects for Bioenergy Development in Ukraine: Roadmap until 2050 // *Ecological Engineering & Environmental Technology*. – 2021, v. 22 (5), p. 73-81. <https://doi.org/10.12912/27197050/139346>

5. *Zvit z ocinki vidpovidnosti (dostatnosti) generuyuchih potuzhnostej dlya pokrittya prognozovanogo popitu na elektrichnu energiyu ta zabezpechennya neobhidnogo rezervu u 2020 roci*. [Report on the assessment of the adequacy of generating capacity to cover the projected demand for electricity and provide the necessary reserve in 2020.]. NEC Ukrenenergo, 2021. (Ukr.)

<https://ua.energy/zagalni-novyny/nkrekp-zatverdyla-zvit-z-otsinky-vidpovidnosti-generatsiyi-u-2020-rotsi/>

6. *Biomethane zoning* and assessment of the possibility and conditions for connecting of biomethane producers to the gas transmission and distribution systems of Ukraine. Final Report for EBRD, 2021.

<https://saf.org.ua/wp-content/uploads/2022/02/BM-Zoning-Final-Report-version-2022-02-01.pdf>

7. *Ilona Sologub*. Spozhivannya gazu v Ukrayini ta jogo cina. [Gas consumption in Ukraine and its price.]. VoxUkraine, 18.02.2022. (Ukr.)

<https://voxukraine.org/spozhyvannya-gazu-v-ukrayini-ta-jogo-tsina/>

8. *Statistichnij shorichnik* Ukrayini za 2020 rik. [Statistical Yearbook of Ukraine for 2020.]. State Statistics Service of Ukraine, 2021. (Ukr.)

http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2021/zb/11/Yearbook_2020.pdf

9. *Prodovzhennya terminiv ekspluatsiyi energoblokiv ukrayinskih AES*. [Extension of service life of Ukrainian NPP power units.]. Ministry of Energy of Ukraine. (Ukr.) http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=244916068

10. *Pro organizaciyu vikonannya Kompleksnoyi programi robit shodo prodovzhennya stroku ekspluatsiyi diyuchih energoblokiv atomnih elektrostancij*. [About the organization of performance of the Complex program of

works concerning prolongation of service life of operating power units of nuclear power plants.]. Order of the Ministry of Fuel and Energy of Ukraine № 340 on June 21, 2004. (Ukr.)

<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0340558-04#Text>

11. *A 10-Point Plan to Reduce the European Union's Reliance on Russian Natural Gas*. IEA, 03.03.2022.

<https://bit.ly/38LZhQ0>

12. *Pravila nadannya poslug z centralizovanogo opalennya, postachannya holodnoyi ta garyachoyi vodi i vodovidvedennya*. [Rules for the provision of services for central heating, hot and cold water supply and drainage.]. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine № 630 on July 21, 2005 (as amended). (Ukr.)

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/630-2005-%D0%BF#Text>

13. *Zberigayemo energiyu zadlya vashoyi bezpeki*. [Saving energy for your safety.]. Brochure of the Gas Storage Operator of Ukraine, 2021. (Ukr.) <https://bit.ly/3EqjpmB>

14. *Georgii Geletukha*. Potencial, suchasnij stan ta perspektivi vprovadzhennya bioenergetichnih proyektiv v Ukrayini. [Potential, current state and prospects of implementation of bioenergy projects in Ukraine.]. Presentation at the webinar "Renewable energy sources for decarbonization: bioenergy", 26.02.2021. (Ukr.) <https://rea.org.ua/wp-content/uploads/2021/03/eu4usociety-geletukha-bioenergy.pdf>

15. *Georgii G., Zheliezna T., Bashtovyi A.* Perspektivi dekarbonizatsiyi centralizovanogo teplopostachannya Ukrayini [Prospects for decarbonization of district heating in Ukraine]. *Thermophysics and Thermal Power Engineering*. – Vol. 43, No. 3 (2021). – P. 44-51. (Ukr.) <https://doi.org/10.31472/tpe.3.2021.6>

Отримано 20.04.2022

Received 20.04.2022