

В. Г. Шевченко,
доктор технічних наук,
ORCID 0000-0002-7290-811X,

А. П. Мухачов,
кандидат фізико-математичних наук,
SCOPUSID 57126361500,

Інститут геотехнічної механіки ім. Полякова НАН України,

В. І. Ляшенко,
доктор економічних наук,
ORCID 0000-0001-6302-0605,

Н. В. Осадча,
доктор економічних наук,
ORCID 0000-0001-5066-2174,

Інститут економіки промисловості НАН України

ІНСТИТУЦІЙНІ УМОВИ РОЗВИТКУ АТОМНО-ПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ ТА УПРАВЛІННЯ РАДІОАКТИВНИМИ ВІДХОДАМИ В УКРАЇНІ

В умовах переходу до VI технологічного укладу провідними джерелами енергоресурсів стають геліо- та ядерна енергетика [1; 2]. Сучасна Україна здійснює тільки випуск природного концентрату урану, що і є фактично сировинним продуктом з низькою доданою вартістю та підлягає у подальшому збагаченню для виробництва таблеток збагаченого двоокису урану, з яких формуються тепловиділяючі елементи. Слід зазначити, що необхідна кількість, збагаченого урану в ядерному паливі закуповується Україною тільки в РФ. Росія постачає відвал урану-235 після збагачення не менше 0,3%. Аналогічні розробки здійснює США у компанії Вестінгауз.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню проблем розвитку атомно-промислового комплексу присвятили свої роботи А. Носовський [4], Л. Литвинський, О. Пуртов [5], О. Максимчук [6], А. Мохоцько, К. Тарасенко [7].

Незважаючи на значну увагу науковців, проблема формування умов інноваційно-орієнтованого розвитку атомно-промислового комплексу потребує більш ретельного вивчення.

Основною метою дослідження є розроблення послідовності формування умов інноваційно-орієнтованого розвитку атомно-промислового комплексу України на основі стратегічних детермінант.

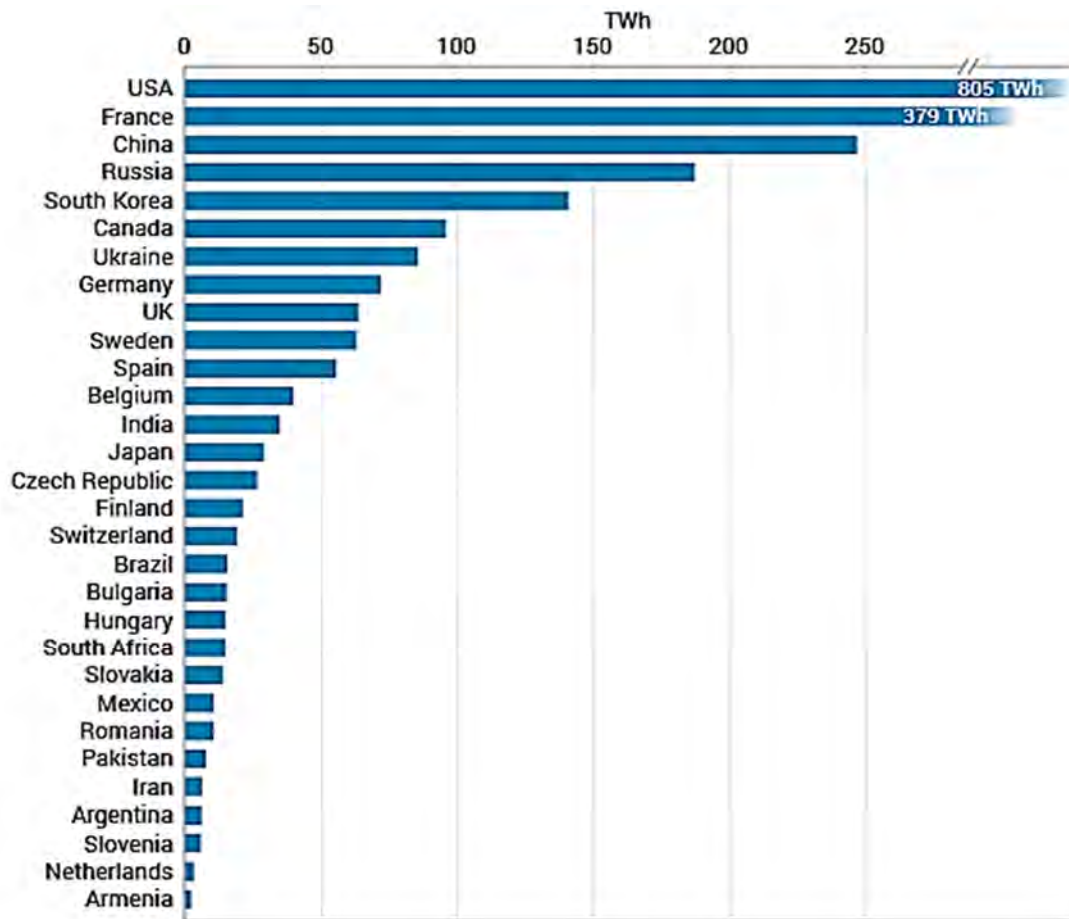
Виклад основного матеріалу. Розвиток економіки та збільшення чисельності населення є однією з причин зростання попиту на енергію в сучасних умовах. За останні 20 років чисельність населення світу збільшилася на 1,6 млрд людей, а загальний реальний дохід населення і підприємств – на 87%. Обсяг споживання первинної енергії збільшився з 1900 року в 22,5 раза, а за останні 20 років обсяг світового споживання первинної енергії зріс на 45%. Структура споживання первинних енергоносіїв ок-

ремими країнами світу визначається як наявністю природних ресурсів і транспортних можливостей, так і характером внутрішніх потреб. Зростання світового попиту на первинну енергію визначають такі країни та регіони, як Китай, Індія, Бразилія та Близький Схід. Хоча історично атомна енергетика визріла з програм створення ядерної зброї, тут, звісно, можливий і реверс. В Україні збережені два підприємства з видобутку й переробки урану, існуючі технології створення електронних компонентів і навіть спеціальна вимірювальна техніка для визначення ізотопного складу ядерних матеріалів. Крім того, за запасами урану й цирконію Україна – одна з перших у світі. Та деяких технологій для організації замкненого ядерного циклу таки бракує.

Дванадцять країн в 2018 році виробили чверть своєї електроенергії з атомної. Франція отримує близько трьох чвертей енергії від свого енергобалансу. Угорщина, Словаччина і Україна отримують більше половини від ядерної енергії, у той час як Бельгія, Швеція, Словенія, Болгарія, Швейцарія, Фінляндія та Чеська Республіка отримують третину або більше. Південна Корея зазвичай отримує більше 30% своєї електроенергії від атомної енергетики, в той час як в США, Великобританії, Іспанії, Румунії та Росії близько однієї п'ятої електроенергії припадає на атомну енергію.

Україна знаходиться на сьомому місці щодо виробництва атомної електроенергії (див. рисунок).

За 2018 рік в Україні було реалізовано промислової продукції на 16% більше, ніж за 2017 рік. Згідно з даними Держстату, обсяг реалізованої промислової продукції (товарів, послуг) без ПДВ та акцизу в Україні у 2018 році становив 2,5 трлн грн, з нього обсяг продукції, реалізованої за межі країни, становив 681,927 млрд грн.



Source: IAEA PRIS Database

Рисунок. Атомна генерація за країнами у 2018 році [13]

Серед регіонів України перше місце за обсягами реалізованої у 2018 році промислової продукції посіла Дніпропетровська область (481,2 млрд грн). На другому місці – Донецька (311,8 млрд грн), на третьому – Запорізька (211,4 млрд грн) області. У 2019 році реалізовано 2480804,2 млн грн промислової продукції, добувної промисловості 1002299,0

млн грн, Добувна промисловість і розроблення кар'єрів – 394847,2 млн грн, переробної промисловості – 1597451,8 млн грн.

В Україні спостерігається тенденція зростання енергоспоживання на основі відновлюваних джерел у 2017-2018 роках. У 2018 році склало 93165 тис. т н.е. (див. таблицю).

Таблиця

Енергоспоживання на основі відновлюваних джерел за 2007 - 2018 роки

	Одиниця виміру	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
1	Загальне постачання первинної енергії	тис. т н.е.	139330	134562	114420	132308	126438	122488	115940	105683	90090	94383	89462	93165
<i>із нього</i>														
2	Гідроенергетика	тис. т н.е.	872	990	1026	1131	941	901	1187	729	464	660	769	897
3	у % до підсумку	%	0,6	0,7	0,9	0,9	0,7	0,7	1,0	0,7	0,5	0,7	0,9	1,0
4	Енергія біопалива та відходи	тис. т н.е.	1508	1610	1433	1476	1563	1522	1875	1934	2102	2832	2989	3195
5	у % до підсумку	%	1,1	1,2	1,3	1,1	1,2	1,2	1,6	1,8	2,3	3,0	3,3	3,4
6	Вітрова та сонячна енергія	тис. т н.е.	4	4	4	4	10	53	104	134	134	124	149	197
7	у % до підсумку	%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
Усього енергія від відновлювальних джерел														
8	Загальне постачання енергії від відновлювальних джерел	тис. т н.е.	2384	2604	2463	2611	2514	2476	3166	2797	2700	3616	3907	4289
9	Частка постачання енергії від відновлювальних джерел	%	1,7	1,9	2,2	2,0	2,0	2,0	2,7	2,6	3,0	3,8	4,4	4,6

Енегомiсткiсть промисловостi має стабiльну тенденцiю та склала у 2018 році 0,148 т н.е./тис. мiжнародних доларiв.

Слiд зазначити, що багато країн вiдмовилося вiд атомної енергетики. Але цi країн не є енергетично iзольованими, i їхнiй енергетичний ринок – складова та повнiстю iнтегрована частина великого ринку ЄС, на якому ядерна генерацiя присутня. Серед таких країн Нiмеччина, яка демонструє вiдхiд вiд ядерної енергетики, але вона входить до загальноєвропейського енергетичного ринку разом з Францiєю, в якiй ядерна енергетика займає доминирує становище. Окремим показовим прикладом є штат Калiфорнiя (США), який десятилiття тому прийняв рiшення щодо виведення з експлуатацiї атомних енергоблокув, розташованих на його території, але у 2019 році вiршив подовжити термiн їхньої експлуатацiї. I це на тлi загального пiдйому й розвитку атомної енергетики та реакторних технологiй у Сполучених Штатах. Не викликає жодних сумнiвiв, що Україна, можливо разом з Польщею, повинна зберегти та розвивати свiй потенцiал у ядернiй енергетицi та сумiжних галузях. Для збереження та розвитку української ядерної енергетики необхідно виконати ряд умов i реалiзувати комплекс заходiв.

Електроенергiя українських АЕС нинi взагалi найдешевша у свiтi. З поточним тарифом близько 2 центiв за кiловат-годину вона в три-чотири рази дешевша за європейську та в 1,5 рази – за російську. Однак така дешевизна не дає можливостi накопичувати ресурси не тiльки на розвиток, а й на безпечне виведення з експлуатацiї блокув АЕС з наступним приведенням дiлянок, де вони розташованi, у безпечний стан. Тобто вiдбувається знищення вiдновлювальної вартостi та перекладання проблем на прийдешнi поколiння.

Найбiльш очевидний (i невеселий) сценарiй: АЕС допрацюють свiй ресурс (найшвидше, з урахуванням багаторазового подовження) i будуть закритi. Для видобувачiв урану це означає, що 2050-го усохне й мiсцевий споживач урану. Але це далеко, як сьогодні здається, проблема. Торiк вiдповiдно до звiту СхiдГЗК було «реалiзовано 1240 т уранового концентрату. Отримано загальний дохiд на суму 4,2 млрд грн i сплачено майже 1 млрд грн податкiв» [12].

СхiдГЗК, тим часом, було поставлено «надважливу мету: зниження собiвартостi урану зi 105 дол. за кiлограм у 2017 році до 80 дол. упродовж 2018–2019 рокiв». Друга цифра, до речi, теж вища за свiтовi цiни, зростання яких чекають уже рокiв 5–7. Як усе вiдбуватиметься на практицi, поки що не дуже зрозумiло. Резерви шламосховищ для зберiгання вiдходiв переробки урану вже в основному вибранi. Розробляти новi горизонти – немає грошей. Щоправда, можна прискорено закривати Смолiнську шахту. Але один страйк на СхiдГЗК уже був [18].

Безпосередньо атомно-промисловий комплекс, який є провiдною ланкою ядерно-енергетичного комплексу України, можна вважати комплексною галуззю національної економiки, що включає: уранове виробництво, що створює основу для задоволення потреби атомних електростанцiй у природному уранi на середньо- та довгострокову перспективу; цирконiєве виробництво, яке передбачає налагодження випуску цирконiю, що є основним конструкцiйним матерiалом для виготовлення ТВЕЛiв з огляду на його унiкальнi фiзичнi властивостi слабкої взаємодiї з нейтронним потоком в активнiй зонi реактора; виробництво iонообмiнних матерiалiв та забезпечення ними в повному обсязi уранового виробництва України; наукове, проектне та iнформацiйне супроводження проведення науково-дослiдних та дослiдно-конструкторських робiт з удосконалення технологiй гiрничого видобутку, переробки уранової сировини, забезпечення радiацiйного захисту персоналу та населення, проведення оцiнки впливу на навколишнє природне середовище, технічного переоснащення науково-дослiдних установ i проектних органiзацiй.

Таких елементiв ядерно-паливного циклу, як конверсiя урану (переведення закису-окису урану U_3O_8 у гексафторид урану UF_6 – газоподiбну сполуку, яка технологiчно необхідна для подальшого збагачення), iзотопне збагачення урану i його реконверсiя (перетворення гексафториду збагаченого урану на окис урану), виготовлення паливних таблеток iз окису урану та фабрикацiя готових тепловидiльних збiрок, – на сьогодні в Україні немає. Тобто краiна не володiє повним ядерно-паливним циклом (ЯПЦ) – вiдсутнi стадiї: отримання гексафториду урану; збагачення, конверсiї i виготовлення паливних таблеток, одержання трубної заготовки та прокату; виробництво комплектувальних виробiв i тепловидiльних збiрок. Та й загалом наявний науковий потенцiал i власна експериментальна база недостатнi для науково-технiчної пiдтримки створення ядерного циклу в Україні. Грандiознi фiнансовi проблеми є величезною перешкодою для реалiзацiї подiбних амбiцiй. Адже реальне фiнансування бiльшостi наявних програм зi створення ядерного циклу за роки незалежностi не перевищувало 10 вiдсоткiв заявленого рiвня. Запаси урану України за даними МАГАТЕ становлять 199,5 тис. т. В Україні здiйснюється виробництво тiльки природного концентрату урану, фактично сировинного продукту з низькою вартiстю, непридатного для подальшого збагачення i виробництва таблеток збагаченого двоокису урану. Це не дозволяє Україні у повному обсязi використовувати iзотопи урану 235 i 238. Необхiдна кiлькiсть збагаченого урану в ядерному паливi до недавнього часу закуповувалась тiльки в РФ.

Незважаючи на те, що внесок атомно-промислового комплексу України у створення валового внутрiшнього продукту незначний, але його роль важлива щодо забезпечення економiчної безпеки та

досягнення енергетичної незалежності країни. Згідно з положенням Стратегії сталого розвитку України до 2030 року та енергетичної стратегії України на період до 2035 року розвиток атомної енергетики є одним із пріоритетів розвитку національної господарської системи.

Управління розвитком атомно-промислового комплексу є складним, багатогранним процесом. Прийняття зважених та адекватних управлінських рішень можливе лише за умови, якщо вони ґрунтуються на використанні результатів об'єктивної оцінки, яка дає змогу ідентифікувати тип розвитку та визначити його рівень, створити підґрунтя для виявлення детермінантів розвитку. Провідні фірми світу укладають договори зі збагачення урану під контролем МАГАТЕ з отриманням відвалу урану-235 0,2% і менше. Це дозволяє одержувати ізотоп урану-235 не 67%, а 80% і більше. Україна працює в недосканалому правовому полі. Відсутній дієвий державний механізм регулювання розвитку атомно-промислового комплексу – не має ні інструментів, ні державних програм. В Україні діяли такі програми: Державна цільова економічна програма «Ядерне паливо України», затверджена Постановою Кабінету Міністрів України від 23.09.2009 року № 1004 на період 2009-2013 років, що передбачала збільшення обсягу виробництва концентрату природного урану; створення виробництва ядерного палива, цирконієвого виробництва, виробництва комплектувальних виробів; наукове, проєктне та інформаційне супроводження об'єктів ядерно-паливного циклу; розпорядженням Кабінету Міністрів України від 9 листопада 2016 року № 943-р схвалено Концепцію Державної цільової економічної програми розвитку атомно-промислового комплексу на період до 2020 року; Концепція організації на території України виробництва ядерного палива та його компонентів на базі національних ресурсів природного урану та цирконію для зниження рівня залежності від іноземного постачальника ядерного палива на атомні електростанції [16].

Наступним кроком після схвалення Концепції є розробка проєкту програми, але на сьогоднішній день проєкт програми Кабінетом Міністрів України не затверджений. Постановою Кабінету Міністрів України від 30 вересня 2009 року № 1029 затверджено Державну цільову екологічну програму приведення в безпечний стан уранових об'єктів виробничого об'єднання «Придніпровський хімічний завод». Мета програми – ліквідація негативних екологічних наслідків діяльності виробничого об'єднання «Придніпровський хімічний завод», приведення небезпечних уранових об'єктів, що перебувають на балансі державного підприємства «Бар'єр», в екологічно безпечний стан та забезпечення захисту населення і навколишнього природного середовища від шкідливого впливу іонізуючого випромінювання. Строк виконання програми 2009-2014 роки, тобто Програма вимагає оновлення.

Рішенням Дніпропетровської обласної ради від 21.10.2015 року № 680-34/VI затверджена Дніпропетровська обласна комплексна програма (стратегія) екологічної безпеки та запобігання змінам клімату на 2016–2025 роки. В даній програмі не приділено достатньої уваги питанню утилізації радіоактивних відходів, хоча серед проблем згадується суттєве техногенне навантаження на довкілля гігантських хвостосховищ і шламонакопичувачів у м. Жовті Води та державного підприємства «Бар'єр» (м. Кам'янське).

Незважаючи на спад цін на сировинні ринки світу, енергетична безпека країни входить до кола національних інтересів держави.

В Україні 21.06.2018 року прийнятий Закон «Про національну безпеку» № 2469–VIII. В законі визначено терміни: «державна безпека – захищеність державного суверенітету, територіальної цілісності і демократичного конституційного ладу та інших життєво важливих національних інтересів від реальних і потенційних загроз невоєнного характеру», «загрози національній безпеці України – явища, тенденції і чинники, що унеможливають чи ускладнюють або можуть унеможливити чи ускладнити реалізацію національних інтересів та збереження національних цінностей України», «національна безпека – захищеність державного суверенітету, територіальної цілісності, демократичного конституційного ладу та інших національних інтересів України від реальних та потенційних загроз» та «національні інтереси – життєво важливі інтереси людини, суспільства і держави, реалізація яких забезпечує державний суверенітет України, її прогресивний демократичний розвиток, а також безпечні умови життєдіяльності і добробут її громадян». Тому на цій основі можна узагальнити систему взаємодії суб'єктів, об'єктів та складових впливу національних інтересів. Наукове дослідження та розвиток атомно-промислового комплексу для сучасної розвинутої країни є як невід'ємною складовою частиною реалізації та захисту національних інтересів держави, так і елементом державної і національної безпеки. Поняття «інтереси в сфері розвитку атомно-промислового комплексу» формується в системі національних інтересів. Визначення «інтересів у сфері розвитку атомно-промислового комплексу» має враховувати такі фактори: сукупність економічних інтересів; сукупність цілей держави щодо енергетичної безпеки; сукупність існуючих на цей час зовнішніх та внутрішніх загроз.

Другою проблемою виробництва урану є необхідність зростання видобутку уранової руди в 2,5-3 рази, до 2,6 тис. т на рік. Одним із наукових методів видобутку руди урану, який доцільно використовувати в Україні – свердловинне підземне вилуговування (СПВ) урану на розвіданих родовищах пісковикового типу. Даний метод використовують Казахстан та Узбекистан. У цих країнах 100% урану видобувається методом СПВ. Україна повинна зберегти

і розвивати свій ядерний енергетичний потенціал, навіть всупереч тренду на політику відмови деяких держав від ядерної енергетики. Ядерна енергетика не просто частина енергетичної галузі. Це відображення певного рівня розвитку економіки, технології, освіти й навіть суспільних відносин. Ядерна енергетика – це індикатор, який підтверджує технологічну культуру і демонструє належність щодо вузького кола країн, рівень розвитку яких дозволяє безпечно й ефективно використовувати передові досягнення інженерної думки особливо в умовах переходу до 6-го технологічного укладу.

Розвиток, нові технології та горизонти. Експлуатуючи існуючі енергоблоки, Україні надто важливо стежити та брати безпосередню участь у розвитку нових технологій, а також впроваджувати їх. Серед основних напрямів можна зазначити:

Перший – це сучасні технології, які дозволяють модернізувати, збільшувати ефективність, здійснювати заміну уже діючих енергоблоків, в тому числі на агрегати малої потужності, підвищувати їхню безпеку та подовжувати термін експлуатації. Бажано здійснювати це на вітчизняній машинобудівній базі з залученням сучасних технологій США та Канади. Такі підприємства в Україні є і зараз, виготовляють окремі елементи арматури та устаткування для атомних реакторів.

Другий напрям стосується нових реакторних технологій. Енергетична стратегія країни вказує на необхідність визначити наступне покоління ядерних реакторів, які ми плануємо експлуатувати. В Україні є унікальна можливість у співробітництві з технологічними компаніями із США отримати ліdersькі переваги в розвитку технології малих модульних реакторів. Це нове покоління реакторних установок потужністю до 300 МВт, що мають суттєво вищі показники ефективності та безпеки. Крім використання нових технологій для власних потреб, Україна можемо стати регіональним інженерно-технологічним хабом із експортним технологічним потенціалом та істотною локалізацією виробництва на вітчизняних машинобудівних підприємствах.

Паливна диверсифікація і розширення власної бази – третій з напрямів, про які йдеться. Україні необхідно зберегти курс на паливну диверсифікацію і скорочення ризиків використання палива, що поставляється Російською Федерацією. Водночас наявна в Україні мінерально-сировинна й технологічна база дозволяє говорити про можливість і необхідність нарощувати обсяги власного видобутку урану. Ми також маємо послідовно рухатися в напрямку створення власного (або спільно з Польщею як країною-членом ЄС) виробництва ядерного палива, враховуючи обмеження, що накладають на нас наші міжнародні зобов'язання. Якісний розвиток атомної промисловості неможливий без такого самого розвитку системи поводження з радіоактивними відходами та відпрацьованим ядерним паливом. На сьогодні реалізується низка проєктів, таких

як будівництво централізованого сховища відпрацьованого ядерного палива, які дозволять Україні піти від залежності та істотних фінансових втрат, пов'язаних зі зберіганням ВЯП у Росії [17].

Усе перелічене вище можливе у разі реалізації однієї умови. Відносно атомної енергетики має бути застосований дуже обережний і збалансований підхід, коли йдеться про виконання нею соціальних функцій з поставок електроенергії. Ядерна енергетика не може бути єдиним і основним носієм навантаження. Тарифна політика має бути економічно обґрунтованою та дозволяти генеруючим підприємствам зберігати необхідний рівень безпеки й розвиватися. Необхідно вивести цей вид генерації з дискримінованого (порівняно з іншими типами генерації) становища як у частині фінансово-економічних показників, так і в частині завантаження наявних потужностей. Реалізація зазначеного комплексу заходів дасть можливість Україні зберегти та посилити найпотужніший драйвер економіки, який зможе не тільки сприятливо вплинути на фінансово-економічний і технологічний розвиток країни, а й стимулювати розвиток цілого ряду суміжних галузей».

Безпека. Тут потрібно виділити два аспекти: **експлуатаційний та виробничий.**

Безпека експлуатації атомних енергоблоків має багато складових. Одна з ключових – професійне та незалежне регулювання. Законодавчо закріплена незалежна позиція ядерного регулятора, її посилення, розширення бази матеріальної та технічної підтримки регулятора дозволять ставити питання безпеки на чільне місце та уникати ситуацій, за яких тактичні економічні або політичні міркування можуть превалювати над безпекою. Незалежність ядерного регулятора дасть можливість також уникати конфлікту інтересів. Дуже важливо на державному рівні протистояти спокусі управляти галуззю та регулювати її в «ручному» режимі. Ядерна енергетика потребує системного підходу в управлінні та незалежного регулювання.

Безпека виробництва атомних реакторів, устаткування та інших компонентів ядерних технологій пов'язані з великими ризиками витоку інформації та іншими, тому потребують спеціальних систем захисту, які вітчизняні машинобудівні підприємства в сучасних умовах не в змозі забезпечити на належному рівні. Можливим виходом є організація співпраці на основі міжнародно-державно-приватного партнерства з метою диверсифікації ризиків. Іноземний партнер надає технології, СБУ забезпечує захист від витоків секретної інформації, вітчизняні підприємства – технічне та технологічне забезпечення виробництва сучасного устаткування.

Освіта і кадри. Запит на підготовку кадрів, як і політика зі збереження наявного кадрового потенціалу, включаючи його резервний компонент, прямо пов'язані з наступними факторами: з поточною фінансово-економічною ситуацією на підприємствах галузі та перспективами розвитку галузі в частині

будівництва та введення в експлуатацію нових потужностей. У питанні підготовки кадрів, можливо, має сенс сконцентрувати навчально-методологічну базу. Це дасть змогу підвищити якість освіти та створити здорову конкуренцію за навчальні місця замість «розмазування тонким шаром» наявного ресурсу. Необхідно уникати ситуації, що склалася зараз, коли наповненість студентами груп із відповідної спеціальності становить лише близько 30%. Маючи за плечима потужну галузь, наші заклади вищої освіти, зокрема Дніпровський державний хіміко-технологічний університет, крім реалізації внутрішніх завдань, могли б системно розширити експортний потенціал вітчизняної системи вищої освіти в галузі ядерної енергетики. Доцільно розробити модульні блоки щодо надання професійних знань та досвіду, як продукту роботи галузі, а не пасивно спостерігати за тим, як ці знання та досвід витікають із країни з виїздом фахівців [16].

Для розвитку атомно-промислового комплексу доцільно використовувати інноваційний підхід. Даний підхід представлено як сукупність трьох взаємопов'язаних блоків, а саме:

– методико-інформаційний блок – передбачає розроблення методики оцінювання розвитку атомно-промислового комплексу для підвищення рівня обґрунтованості рішень щодо формування умов його переорієнтації на інноваційній основі, а також збір та первинна обробка інформації для її подальшого використання в процесі оцінювання розвитку атомно-промислового комплексу;

– діагностично-орієнтувальний блок – передбачає здійснення на основі сформованої інформаційної бази за розробленою методикою ідентифікації типу розвитку атомно-промислового комплексу України та визначення його рівня, а також розроблення рекомендацій щодо формування умов для інноваційно-орієнтованого розвитку атомно-промислового комплексу;

– оціночно-процесуальний – передбачає проведення оцінки чинників як підґрунтя для подальшого визначення стратегічних детермінант інноваційно-орієнтованого розвитку, з урахуванням яких мають розроблятися заходи щодо формування умов для інноваційно-орієнтованого розвитку атомно-промислового комплексу, а також прогнозування очікуваних результатів та впровадження розроблених заходів, що має супроводжуватися постійним контролем на основі співставлення отриманих результатів з прогнозованими.

Надважливим також є питання управління радіоактивними відходами уранових виробництв. Основними джерелами забруднення при видобутку та переробці урану є шахтні води, технологічні розчини гідрометалургійного заводу та тверді відходи видобутку та переробки уранової руди. Такі відходи накопичуються у відвалах та шламосховищах. Небезпечними чинниками, які впливають на довкілля, є пил та газ радон, які утворюються при видобутку

та переробці уранових руд, забруднення прилеглих територій, поверхневих та підземних вод, перш за все в місцях розміщення шламосховищ радіонуклідами.

На території м. Кам'янське та Дніпровського району Дніпропетровської області розраховані хвостосховища 42 млн т відходів уранового виробництва колишнього «Придніпровського хімічного заводу»: «Західне», «Центральний Яр», «Південно-східне», «Дніпровське», «Сухачівське» і сховище «База С». Всі вони є джерелами забруднення повітря, водних та земельних ресурсів.

Шляхами подолання впливу небезпечних чинників є вдосконалення технології очищення шахтних вод від урану та інших забруднюючих елементів для упередження потрапляння їх у водневі системи, в першу чергу річки та водосховища.

Особливу увагу екологічним проблемам треба приділити у разі застосування методу свердловинного підземного вилуговування (СПВ) для запобігання накопичення під землею забруднюючих компонентів.

Виробництво ЯП, переробка відходів ядерного палива (ВЯП), вирішення екологічних проблем зажадають посилення участі держави, профільних інститутів НАН України, не тільки з причини високого технологічного і технічного рівня виробництва ядерно-чистих матеріалів, а й через наявність наукових кадрів і фахівців. Залучення інвестицій від приватного бізнесу в ядерній галузі, крім видобутку урану, малоймовірно, тому що її рентабельність невелика в умовах України.

Загальна кількість рідких і шламоподібних відходів уранового виробництва на сьогодні перевищує 100 млн т та є джерелом забруднення ґрунтів, поверхневих та підземних водневих систем та повітря радіоактивними елементами. Актуальними є питання вдосконалення методів поводження з рідкими відходами уранового виробництва, реабілітації забруднених горизонтів підземних вод, а також активізації розроблення нових захисних матеріалів для захоронення радіоактивних речовин. Важливим є також переробка хвостосховищ та відвалів з метою вилучення цінних компонентів та зниження навантаження на довкілля.

Враховуючи вищенаведене надактуальним є вирішення проблеми утилізації відходів уранового виробництва, поліпшення управління радіоактивними відходами задля покращення екологічної ситуації в Дніпропетровській області.

Започаткування та реалізація програми «Поліпшення управління радіоактивними відходами задля покращення екологічної ситуації в Дніпропетровській області» дозволить вирішити екологічні проблеми, пов'язані з утилізацією радіоактивних відходів уранового виробництва, шляхом переробки шламоподібних відходів в обсязі до 1 млн т на рік.

Серед інших загальних результатів виконання програми очікуються такі:

- скорочення техногенного навантаження на навколишнє середовище;
- зменшення рівня забруднення повітряного басейну області;
- захист водних ресурсів від виснаження та забруднення радіоактивними відходами;
- поліпшення стану земельних ресурсів;
- зменшення рівня накопичення промислових відходів;
- поліпшення системи управління промисловими відходами.

Розглядаючи життєво важливе питання екології, кажучи про утилізацію відходів уранового виробництва на ДП «СхідГЗК» можна стверджувати, що до теперішнього часу всі відходи (хвости) відкачували в найближчу балку від гідро-металургійного заводу (ГМЗ) і заливалися без гідроізоляції, в результаті цього в атмосферу і надра виділяється значна кількість природних радіонуклідів, що згубно впливає на екологію. Хвостосховища радіоактивних відходів є джерелом забруднення атмосфери радіоактивними газами, в першу чергу, радоном, який еманує практично зі всієї поверхні хвостосховища, куди надходить радій, що міститься в урановій руді. Єдина вимога, якої дотримувалися і дотримуються, те що шлами покриті шаром води, що захищає від утворення сухих пляжів.

Низькорadioактивні рідкі відходи у вигляді пульпи скидаються в хвостосховище, створене в перегородженій греблі балки Щербаківська. Хвостосховище площею 25 га знаходиться в 1,5 км від міста Жовті Води. Воно складається з двох секцій – «старої» і «нової». «Стара» секція має довжину 1,6 км, ширину – 0,6 км, у даний час заповнено до проектної значення і вміщує 5,47 млн м³ твердої фази або 9 млн т хвостів. «Нова» секція хвостосховища розташована в західному відгалуженні балки. Площа секції становить 256 га, проектний обсяг – 25,841 млн м³. Тут поховано близько 40 млн т відходів (майже 80% від проектного об'єму). Загальна альфа-активність заскладованих радіоактивних відходів перевищує 50 тис. Кюрі. Ніде в світі немає сховищ з таким обсягом небезпечних рідких відходів.

Багаторічний досвід вітчизняної і зарубіжної уранодобувної промисловості показує, що проблеми раціонального освоєння природних ресурсів, управління гірським тиском, підвищення повноти та якості вилучення корисних копалин, забезпечення безпеки гірничого виробництва, зниження виділення радону в гірничі виробки, збереження денної поверхні вирішуються шляхом застосування систем розробки з твердіючою закладкою виробленого простору.

В Україні закладні роботи ведуться на Запорізькому залізничному комбінаті (ЗЗРК) і СхідГЗК. Системи з твердіючою закладкою показали на прикладі ЗЗРК і СхідГЗК хорошу конкурентоспроможність у частині високої якості вилучення корисних копалин навіть при видобутку менш цінних залізних

руд. У складі закладки широко застосовується пісок, як інертний заповнювач використовується граншлак і вода в обсягах до 500 кг/м³.

У той же час існує ряд недоліків закладки виробленого простору.

- присутність водовіддачі штучним масивом в інфраструктуру шахтного водовідливу, що веде до проблеми очищення шахтних вод на денній поверхні;
- нерівномірна міцність і стійкість оголень штучного масиву по довжині і висоті камер;
- невисока міцність гідроізолюючих перемичок через присутність гідростатичного тиску.

Для приготування твердіючої закладки в якості наповнювачів відповідно до «Інструкції по технології приготування твердіючої закладки на закладних комплексах СхідГЗК» допускається застосовувати наступні матеріали:

- кар'єрні піски, супіски, модуль крупності яких дорівнює 0,02-0,1, вміст глинистих і мулистих частинок – 15-50%;
- відходи гірничого виробництва розміром мінує 25 мм (хвости купчастого вилуговання, породи і позабалансові руди) у вигляді домішок 25-50% по масі до дрібного заповнювача;
- хвости ГМЗ в їх натуральному вигляді.

Найбільш раціональним є утилізація шламів шляхом приготування пастоподібної закладки. Головною метою такої закладки виробленого простору є зменшення водовіддачі штучним масивом в інфраструктуру шахтного водовідливу, що автоматично знизить обсяги очищення шахтних вод на денній поверхні від розчинних солей гірського масиву і мулоподібних частинок, у тому числі і радієвого ряду урану. За основу може бути взята технологія, розроблена гірничодобувною компанією Outotec, де закладка здійснюється сучасними пастоподібними сумішами, що твердіють. Застосовувані поршневі насоси дозволяють подавати тверду закладку на відстань до 12 км, при необхідності, на висоту до 240 метрів, продуктивністю 230 м³/год. При цьому використовується пастоподібна закладка будь-якого гранулометричного складу (до 1/3 діаметра трубопроводу). Основним в'язучим є цемент в кількості від 1 до 10%. Утилізація хвостів збагачення в пастоподібній закладці може досягати 80% при додаванні 10% цементу, відповідно.

У разі пастоподібної закладки, що закачується, зникає проблема міцності гідроізолюючих перемичок – немає гідростатичного тиску навіть у верхньому шарі, де закладка завжди є майже в рідкій фазі і тимчасово не втратила рухливості. Висока в'язкість складу дозволить виключити сегрегацію заповнювача і в'язучого по площі камери, що забезпечить рівномірну міцність і стійкість оголень штучного масиву по довжині і висоті камер. Ця ж в'язкість дозволить утилізувати в складі закладки техногенні джерела іонізуючого випромінювання у вигляді шламів ГМЗ. У самопливної закладці шлам знахо-

диться в кількості більше 40%, що різко знижує міцність штучного масиву через сегрегації гран-складу в шарі води, що покриває закладку, а у закладці, що закачується, вміст шламів можна довести до 80% від обсягу, отримуючи при цьому однорідний рівномірний по обсягу штучний масив.

Впровадження нових технологій закладних робіт з утилізацією відходів переробки гірничих виробництв дозволить істотно поліпшити екологічну обстановку, підвищити продуктивність і ефективність видобутку уранової руди.

Важливим етапом є проведення спектрального та хімічного аналізу проб для визначення вмісту тих чи інших компонентів у конкретному сховищі, а також аналіз їх радіоактивності.

Переробка відходів у рідкому або сухому вигляді вимагає застосування спеціального обладнання для зневоднення і класифікації шламів для приготування закладки. В ІГТМ НАН України розроблено вібраційне устаткування для тонкої класифікації та зневоднення сипких матеріалів – вібраційні полічастотні грохоти. При віброударному полічастотному збудженні робочого органу та ситових поверхонь вібросити можливе ефективне розділення шламоутворюючих часток і видалення їх з технологічного циклу подрібнення на стадії максимального розкриття часток уранових руд, зневоднення виділених часток та виділення пустої породи з лужного розчину для подальшої її утилізації. Це суттєво підвищує продуктивність та ефективність тонкої класифікації за крупністю і зневоднення на віброситих подрібнених уранових руд та відходів їх переробки.

Оскільки транспортування трубопровідним транспортом від м. Кам'янське до ГМЗ (м. Жовті Води) є витратним проектом, найбільш раціональним є доставка радіоактивних відходів залізничним або автомобільним транспортом в спеціальних контейнерах. В ІГТМ НАН України створенні нові технології транспортування та довгострокового безпечного зберігання радіоактивних відходів у спеціальних контейнерах з аномально високими РЗ властивостями, які суттєво підвищують радіаційну стійкість контейнерів для зберігання та поліпшення екологічного стану уранодобувних регіонів.

Також в ІГТМ НАН України розроблена технологія рекультивации земель колишніх шламосховищ. Запропоновані способи випуску пульпи і наміву шламосховища з урахуванням технологічних особливостей його будови, які дозволяють розділити матеріал за вмістом корисного компоненту, розмістити його у визначеній частині ємності накопичувача відходів та таким чином сформувати зони для перспективного промислового видобутку мінеральної сировини.

Ще однією проблемою є скидання радіоактивних шахтних вод закритої шахти «Нова» (м. Жовті Води) у прилеглу річку. Для вирішення цієї проблеми може бути запропонована прокладка трубопроводу до ДП «СхідГЗК» для заміни технічної

води, що використовується шахтою, в т.ч. для приготування закладних сумішей.

У даний час шахта «Нова» підприємства «Схід-Руда» знаходиться в стані самовільного затоплення через низку економічних проблем. З кінця липня 2016 року відкачка води з шахти припинена і шахтні води не потрапляють, як раніше, в річку Жовта.

Будь-який варіант розвитку подій на шахті: або остаточне затоплення гірничих виробок і відпрацьованих камер, або відновлення роботи шахти неминує призведе до відновлення скидання шахтних вод в кількості 450-480 м³/год в постійний водотік р. Жовта.

При цьому кількість розчиненого урану при обох альтернативних варіантах розвитку шахти буде близьким: із затопленої шахти будуть надходити менші добові обсяги шахтних вод, але з більшою концентрацією урану (теплого конвекцією будуть промиватися всі існуючі камери уранових блоків). Під час роботи шахти промиваються тільки блоки нижче рівня затоплення – одна третина або одна чверть уранових блоків, з вмістом 0,4 г/м³, але з інтенсивною відкачкою близько 450 м³/год.

Екологічно оптимальним є експлуатація повністю осушеної шахти, коли кількість розчиненого урану в шахтних водах буде зведено до мінімуму. Такий варіант передбачається в разі залучення в експлуатацію поки незатребуваних промислових покладів комплексних рідкоземельних-ванадій-скандієвих руд.

Промислове вилучення урану з шахтних вод проводиться шляхом монтажу на території шахти сорбційної установки, що працює на іонообмінних смолах. Витяг урану повинен проводитися на ГМЗ СхідГЗК.

Перед комбінатом стоїть завдання щодо прийняття оперативного рішення по заміні технологічної води, що приймається від Водоканалу шахтною водою ш. «Нова» (Жовті Води) з прокладкою трубопроводу необхідної довжини. З витягом з шахтної води уранової складової є технічна можливість очистити воду від урану і подати її для виробничих потреб на комбінат. Необхідно прокласти трубопровід на відстань, орієнтовно 7 км. Модульна установка вітчизняної розробки пройшла випробування і експлуатацію на комбінаті протягом багатьох років. Конструкція системи очищення води потребує доопрацювання, виходячи з сучасних вимог з подальшим використанням в технології. Отриманий продукт з ураном буде перероблятися в концентрат на ГМЗ.

Також під забудованою територією м. Жовті Води та прилеглих до шахт селищ знаходяться значні обсяги виробленого простору, який на початку видобутку уранової руди в регіоні нічим не закладався. Через це утворюються провали денної поверхні. Пропонується заповняти порожній вироблений простір закладною сумішшю, приготовленою зі шламів ГМЗ.

Після підземного видобутку уранової руди і підйому її на поверхню в шахтному просторі залишаються порожнечі, які необхідно заповнити заміником – матеріалом (сировиною, сумішшю і т. ін.), який має твердість порівнянню з видобутою рудою.

Для закладання виробленого гірничого простору в даний час використовується твердіючі суміші, приготовані з піску, гранульованого металургійного шлаку і цементу. Суміш готується на території шахти і подається в шахтні пустоти по трубопроводу через ствол шахти. Протягом року комбінат закуповує і перевозить понад 100 тис. т гранульованого металургійного шлаку і 400 тис. м³ піску. Доставка піску і граншлака здійснюється залізничним і автотранспортом.

Перед комбінатом стоїть завдання щодо прийняття оперативного рішення по заміні в твердіючій закладці піску і граншлака на відходи збагачення (з власних хвостосховищ) з природними сполучними (вапняк).

Необхідно доопрацювати технологію з отримання твердіючої закладки з хвостів збагачення як уранового, так і залізрудного виробництва в частині отримання сполучного матеріалу з недорогих матеріалів природного походження, наприклад вапняку. Важливою проблемою є переробка відвалів уранових шахт. Пропонується для вирішення цієї проблеми переробляти відвал шахти «Інгульська» СхідГЗК на основі високоградієнтної магнітної сепарації та інтенсивної гідрометалургії.

Відвальна (порожня) порода, «позабалансова» руда і хвости радіометричного сортування вивозяться у відвал. Останніми роками хвости радіометричного сортування складаються в окремий відвал, що створює сприятливі умови для повторного радіометричного сортування Переробку гірської маси відвалів у процесі рекультивації території проммайданчика пропонується здійснювати за допомогою реалізації наступних технологій:

- повторного радіометричного сортування хвостів РЗУ класу плюс 40 мінус 250 мм з виділенням концентрату (вміст ПК до 0,08%, вихід – до 25%) і вторинних хвостів з вмістом корисних компонентів до 0,06% (II клас за радіоактивністю). Вторинні хвости можуть бути використані для засипки ерозійного яру, розташованого в 3 км від відвалів (глибина яру – до 8 м, площа – близько 15 га, об'єм – близько 1,0 млн м³);

- високоградієнтним магнітного сортування мокрим способом гірської маси відвалів класу мінус 5 мм, подрібненої до класу мінус 1,0 мм, з виділенням концентрату (вміст корисних компонентів – до 0,1%, вихід – до 20%) і хвостів у вигляді піску, придатного для гідрозакладки. Концентрат відвантажується на ГМЗ;

- високоградієнтного магнітного сортування сухим способом гірської маси відвалів класу плюс 5 мінус 10 мм з виділенням бідного концентрату (вміст корисних компонентів – до 0,05%, вихід – до

30%) і хвостів у вигляді дрібного щебеню II класу за радіоактивністю, придатного для засипки яру.

При реалізації нових уранових проєктів слід зважати на настрої людей і стереотипи щодо атомної енергетики.

Дніпропетровська облрада скасувала своє ж рішення чотирирічної давності щодо узгоджених геологічних досліджень і дослідно-промислової експлуатації відразу двох родовищ уранових руд у регіоні – Новогурівського ділянці Сурської площі.

Не здійснений атомний клондайк. Одержувачем узгодження була приватна компанія ТОВ «Атомні енергетичні системи України» (АЕСУ). Документ, виданий облрадою в 2016 році, передбачав перспективу видобутку і збагачення урану на стику відразу трьох районів області – Солонянського, Криничанського і П'ятихатського вприсотні кілометрів від обласного центру і в двох десятках від річки Дніпро. Однак перспектива перетворення добре обжитої аграрної території в приватний урановий клондайк викликала серйозну стурбованість місцевих жителів. Тим більше що заява про планову діяльність АЕСУ, яку компанія розповсюдила по місцевим сільрадам у рамках процедури оцінки впливу на навколишнє середовище, стало повною несподіванкою не тільки для населення, а й для сільських голів, які і гадки не мали про те, що на їх території хтось збирається добувати сировину для атомної промисловості.

Розвиток атомної промисловості залишив свої відмітини і на території Дніпропетровської області, де розташовано відразу кілька великих підприємств і об'єктів ядерно-паливного циклу. Перш за все це єдиний в Україні виробник збагаченого урану – держпідприємство «Східний ГЗК» (м. Жовті води), ліквідований як юридична особа «Придніпровський хімічний завод» (м. Кам'янське). Останній свого часу збагатив уран для першої радянської атомної бомби.

За час свого існування співробітники ПХЗ стали авторами сотень винаходів і технологій, що використовуються в урановому і рідкоземельних виробництвах на пострадянському просторі і за його межами.

На початку 90-х збагачення урану в Кам'янському було припинено. Однак ПХЗ залишив після себе на довгу пам'ять як найбільше в Європі хвостосховище відходів виробництва уранових руд. Деякі з цих відходів розташовані досить близько і до річки Дніпро, і до кордонів обласного центру. Тому спроба відновити видобуток урану в околицях Дніпра, та ще й приватним способом, без перебільшення, справила ефект бомби, що розірвалася. Тим часом, за даними МАГАТЕ, велика частина світового урану в даний час видобувається для комерційних цілей. Не для власного споживання, а для продажу на світовому ринку. І хоча держави – господарі уранових родовищ намагаються контролювати або як мінімум бути присутнім в уранових проєктах,

значна частина світового урану видобувається і збагачується приватними компаніями, такими як англо-австралійська Rio Tinto, французька Arvea, канадська Cameca.

А враховуючи, що розвиток проєктів, пов'язаних з видобутком-збагаченням урану і виробництвом з нього палива для АЕС, вимагає чималих коштів і має тривалий термін окупності, то і державні компанії, так як і найбільший світовий добувач урану – «Казатомпром», створюють спільні підприємства з приватниками або намагаються отримати фінансування на світових фондових біржах.

АЕСУ є першою приватною українською компанією, що заявила про свої інтереси в сфері видобутку і виробництва урану. У листопаді 2018 року вона отримала спеціальні дозволи Державної служби геології та надр України на геологічне вивчення надр і дослідно-промислово розробку уранових руд на чотирьох ділянках в Миколаївській і Дніпропетровській областях.

Крім Сурської площі і Новогурівської ділянки в Дніпропетровській області, йдеться про Сафонівське і Михайлівське родовища в Миколаївській області. У АЕСУ стверджують, що ці родовища складні в експлуатації і нецікаві великим інвесторам. У той час як питання енергетичної незалежності та забезпечення сировиною для виробництва ядерного палива українських АЕС є актуальним.

На Пержанську комплексне родовище рідкісних металів у Житомирській області, основним вмістом якого є берилій, застосовуваний в ядерній енергетиці, авіа-, ракетобудуванні та інших сферах промисловості. Крім того, АЕСУ підписали меморандум з американською компанією Holtec International, яка побудувала нове укриття на Чорнобильській АЕС, про спільне просування в Україні введення малих модульних реакторів SMR-160, проєктування яких займаються американці. Однак реалізація уранових проєктів у центрі Європи в районах з високою щільністю населення пов'язана з жорсткими екологічними обмеженнями і цілком зрозумілими страхами людей, які проживають поблизу від зони видобутку.

Будувати такі переробні центри АЕСУ має намір, що називається, в чистому полі, поблизу від зони видобутку і в декількох кілометрах від житлової сільської забудови. Свердловини для видобутку урану глибиною 50-100 м (в залежності від глибини продуктивних полів) робляться на відстані декількох десятків метрів один від одного і можуть зайняти в цілому до 100 га на кожному з родовищ. Хоча, як запевняють в АЕСУ, після відпрацювання та відповідної рекультивациі землі будуть знову повернуті в сільгосподарство і будуть придатні для аграрного виробництва. Примітно, що на відміну від Дніпропетровської області, де проєкти бізнесмена Буткевича зустріли в штики, в Миколаївській області до них поставилися більш-менш прихильно і без ажіотажу. Якщо вірити змісту звіту про громад-

ські слухання планової діяльності «Підприємства з відпрацювання Михайлівського родовища», проведених 13 лютого 2020 року в с. Миколаївка Казанківського району, на захід прийшли лише 24 людини. Вели вони себе неактивно і задали організаторам шість питань, третина з яких були пов'язані з можливістю працевлаштування місцевих жителів і ще один був подякою за надану допомогу.

Міненерго прийшли до висновку про допустимість діяльності підприємства після проведення додаткової оцінки впливу видобутку на навколишнє середовище. Однак, якщо в процесі господарської діяльності буде виявлено більший негативний вплив, ніж вказано в оцінці, то підприємства підлягає зупинці. При цьому розрив між сировинною базою атомної промисловості і готовою продукцією у вигляді тепловиділяючих збірок (ТВЕЛ) для України дійсно актуальне. Україна виробляє збагачений уран, але змушена була купувати готові збірки з ядерними таблетками спочатку у однойменній російській корпорації, а тепер – і вамериканській Westinghouse Electric.

Спроби створити власне підприємство з виробництва ТВЕЛів для України поки що закінчилися нічим. Спочатку планували створити таке виробництво спільно з росіянами. Однак ті виставили жорсткі умови використання на українських АЕС – з урахуванням типів реакторів, задіяних на наших станціях, – тільки їх продукції. Українські власті визнали це неприйнятним.

Аналогічні пропозиції нібито надійшли і від американської сторони. Однак передача американських технологій також пов'язана із зобов'язаннями виняткового використання їх палива. І це теж навряд чи доречно. При цьому світові тенденції розвитку атомної промисловості такі, що на зміну великим АЕС і потужним реакторам, таким як ВВР-1000, вже в доступному для огляду майбутньому повинні прийти менш потужні, але більш безпечні і прості в обслуговуванні – модульні. Зручність даної технології в тому, що їх можна виробляти в заводських умовах і доставляти на місце збірки. Такий тип реакторів отримав назву SMR (Small modular reactor). Одним із найбільш відомих проєктів у цій галузі є SMR-160, проєктований американською Holtec. Поки реактор існує тільки на папері. Однак його розробники запевняють, що можна досягти такого рівня безпеки, який дозволить обійтися без традиційних санітарно-захисних зон навколо традиційних АЕС і будувати їх набагато ближче до споживачів. Що фактично означає нову еру в енергетиці – відмова від дорогих ЛЕП, що зв'язують споживачів з великими електростанціями. У самій Holtec вважають, що ефект від розгортання реакторів SMR-160 буде порівнянний з ефектом від впровадження мобільного зв'язку. Конструкція реактора передбачає використання насосів. Управління ним набагато простіше існуючих. У разі аварії з будь-яких причин, навіть якщо сталася диверсія або теракт, реак-

тор заглушиться і перейде в безпечний стан без втручання персоналу. Розміщується реактор на глибині 14 м. Під землею розташовується і сухе сховище (термін служби до 120 років) відпрацьованого ядерного палива. За даними atominfo.ru, «в нижній частині корпусу відсутні будь-які проходки – отже, відсутні і можливі шляхи для непередбаченого зливу теплоносія. Борне регулювання не передбачається в принципі, що дозволяє говорити про терміни служби реактора до 100 років». Теплова потужність SMR-160 обрана з міркувань можливості пасивного відводу тепловиділення. Навколо контейнера передбачений кільцевий водний екран, що допомагає теплоотводу як в умовах нормальної експлуатації, так і в аварійних сценаріях», – відзначають експерти. При цьому SMR-160 можуть мати багатофункціональне використання – крім генерації електроенергії, постачати тепло або працювати як опріснювальна установка.

Вартість одного реактора оцінюється приблизно в \$ 1 млрд, а проектний термін експлуатації – 100 років. Модульні реактори будуть досить компактними. Один SMR-160 займає площу 2 га. Два модуля – 3 га. При цьому економічно оптимальні для розміщення чотири реактора, що працюють разом.

Україна є одним з кандидатів на випробування нової технології. Ще в 2018 році президент НАЕК «Енергоатом» Юрій Недашковський заявив про можливість спорудження модульних реакторів малої потужності на майданчику Рівненської АЕС. Це пов'язано з необхідністю створення потужностей, що заміщають, для найстаріших енергоблоків №1 і №2 Рівненської АЕС. Також це доцільно з точки зору потужностей реакторів. Два реактора ВВР-440 потужністю 440 МВт можна було б замінити шістьма реакторами SMR-160 потужністю 160 МВт або ж обійтися четвіркою SMR-160, але отримавши меншу потужність.

Однак реалізувати подібні проекти слід, будучи впевненими в безпеці запропонованої технології. Її випробування зажадає залучення фахівців світового класу і виробництва абсолютно нового обладнання.

Виступивши в якості майданчика для розгортання революційної для енергетики технології, Україна вправі розраховувати і на локалізацію на своїй території комплектуючих для нового типу реакторів, а значить – на нові технології, робочі місця і доходи.

Цілком можливо, що в разі успіху модульні реактори дозволять реабілітувати в очах більшості українців і атомну енергетику в цілому. І тоді відношення до видобутку і збагачення урану в степах України стане більш зваженим і раціональним.

Висновки. До загальних результатів виконання програми розвитку атомно-промислового комплексу доцільно включити такі: підвищення конкурентоспроможності підприємств ключових страте-

гічних галузей: атомної, видобувної, металургії, хімічної та машинобудування; підвищення інноваційності виробництва через розвиток наукового потенціалу області, комерціалізацію наукового процесу; розвиток підприємств на основі новітніх технологій переробки промислових відходів, у тому числі, для розвитку інфраструктури регіону; скорочення техногенного навантаження на навколишнє середовище; створення привабливіших та різноманітніших робочих місць; забезпечення стабілізації соціальних процесів шахтарських регіонів. Необхідно збільшити обсяг видобутку урану, збільшити рівень його збагачення та одночасно вирішити екологічні питання щодо утилізації відходів.

Одним із напрямів модернізації атомно-промислового-комплексу України є створення реакторів SMR (Small modular reactor) та встановлення їх замість існуючих. Їх виробництво необхідно здійснювати на підприємствах України.

Література

1. **Якубовський М. М., Ляшенко В. І.** Модернізація економіки промислових регіонів: спроба концептуалізації. *Вісник економічної науки України*. 2016. № 1 (30). С. 188-195.
2. **Ляшенко В. І., Котов Є. В.** Україна XXI: неоіндустріальна держава або «крах проекту»? : монографія; НАН України, Ін-т економіки пром-сті; Полтавський ун-т економіки і торгівлі. Київ, 2015. 196 с.
3. **Горбулін В.** Мій шлях у задзеркальї. Не лише подорожні нотатки. Київ: Брайт Букс, 2019. 272 с.
4. **Носовський А. В.** Ядерна енергетика в контексті сталого розвитку. *Ядерна та радіаційна безпека*. 2010. Вип. 2(46). С. 62–65.
5. **Литвинський Л. Л., Пуртов О. А.** Розвиток ядерної енергетики в Україні. Необхідність, недоліки та переваги. URL: http://www.kinr.kiev.ua/NPAE_Kyiv2006/proc/Litvinsky.pdf (дата звернення: 17 жовтня 2018 р.).
6. **Максимчук О. С.** Пріоритетні напрями державного управління процесами розвитку ядерної енергетики та атомної промисловості в Україні. *Публічне адміністрування: теорія та практика*. 2013. Вип. 1. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Patp_2013_1_16 (дата звернення: 17 жовтня 2018 р.).
7. **Мохоцько Г. А., Тарасенко К. В.** Проектний підхід в управлінні інноваційним розвитком підприємств атомної енергетики. *Економіка і суспільство*. 2018. Вип. 16. С. 417–424.
8. **Мігяєва Т. Л.** Поняття галузі та передумови її формування. *Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг*. 2013. Вип. 2(1). С. 199–209. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/esprstp_2013_2%281%29__30 (дата звернення: 17 жовтня 2018 р.).
9. **Стратегія** сталого розвитку України до 2030 року / Проект 2017. URL: <http://www.ua.undp.org/content/ukraine/uk/home/library/sustainable-development-report/Sustainable-Dev-Strategy-for-Ukraine-by-2030.html> (дата звернення: 16 жовтня 2018 р.).
10. **Енергетична стратегія** України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р. URL: <https://www.kmu.gov.ua/ua/npras/250250456> (дата звернення: 16 жовтня 2018 р.).
11. **Підприємства** та ком-

панії галузі / Офіційний сайт Міністерства енергетики та вугільної промисловості України. URL: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/officialcategory?cat_id=24491606 (дата звернення: 17 жовтня 2018 р.). 12. **Максимчук О. С.** Напрямки забезпечення інноваційного розвитку підприємств сфери послуг. Удосконалення механізму інноваційного розвитку суб'єктів національної економіки України: колективна монографія / Т.В. Гринько, М.М. Кошевий, Г.Ю. Єлисеєва та ін.; за наук. ред. д.е.н., проф. О.К. Єлисеєвої. Київ: Центр учбової літератури, 2013. С. 173–211. 13. **Nuclear Power in the World Today.** (2019). URL: <https://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/nuclear-power-in-the-world-to-day.aspx>. 14. **Energy Information Administration.** URL: <https://www.eia.gov/?fbclid=IwAR285y4K2PH-uGm947kbbdhBjCBGYjSRjFQyxhkiZ231vjZNTi5GkavUF2U>. 15. **Shaping a secure and sustainable energy future for all.** URL: https://www.iea.org/?fbclid=IwAR0-T6jtsF8Z_WSjYd9sB_mDm--vt3Ojoctr8B0ikycOzMqUbyeusChMh_A. 16. **Liashenko V., Shevchenko V., Osadcha N., Kolomytsev O., Kotko O.** Tendencies and Prospects of the Ukrainian Nuclear Industrial Complex Development. *Економічний вісник Донбасу*. 2019. № 4. С. 41-50. doi: 10.12958/1817-3772-2019-4(58)-41-50. 17. **Ляшин П. М., Ляшенко В. І., Осадча Н. В.** Тенденції та перспективи розвитку атомно-промислового комплексу України. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «*Економіка сьогодні: актуальні питання та інноваційний аспект*» (м. Запоріжжя, 25 квітня, 2020 року). С. 11-17. 18. **Дмитренко Я.** Частинний уран на екологічній растяжці. *Газета 2000*. 2020. 14 авт. С. В1, В3.

References

1. Yakubovskiy M. M., Liashenko V. I. (2016). Modernizatsiia ekonomiky promyslovykh rehioniv: sprobа kontseptualizatsii [Modernisation of industrial regions economy: the attempt of conceptualization]. *Visnyk ekonomichnoi nauky Ukrainy*, 1 (30), pp. 188-195 [in Ukrainian]. 2. Liashenko V. I., Kotov Ye. V. (2015). Ukraina XXI: neoindustrialna derzhava abo «krakh proektu»? [Ukraine XXI: neo-industrial state or "collapse of the project"?]. Kyiv, ІЕ of NAS of Ukraine, Poltava University of Economics and Trade [in Ukrainian]. 3. Horbulin V. (2019). Mii shliakh u zadzerkallia. Ne lyseshe podorozhni notatky [My way to the mirror. Not just travel notes]. Kyiv, Bright Books [in Ukrainian]. 4. Nosovskiy A. V. (2010). Yaderna enerhetyka v konteksti staloho rozvytku [Nuclear energy in the context of sustainable development]. *Yaderna ta radiatsiina bezpeka – Nuclear and radiation safety*, Issue 2(46), pp. 62–65 [in Ukrainian]. 5. Lytvynskiy L. L., Purtov O. A. Rozvytok yadernoi enerhetyky v Ukraini. Neobkhdnist, nedoliky ta perevahy [Development of nuclear energy in Ukraine. Necessity, disadvantages and advantages]. Retrieved from http://www.kinr.kiev.ua/NPAE_Kyiv_2006/proc/Litvinsky.pdf [in Ukrainian]. 6. Maksymchuk O. S. (2013). Priorityetni napriamy derzhavnogo upravlinnia protsesamy rozvytku yadernoi enerhetyky ta atomnoi promyslovosti v Ukraini [Priority

directions of state management of processes of development of nuclear energy and nuclear industry in Ukraine]. *Publichne administruvannia: teoriia ta praktyka – Public administration: theory and practice*, Issue 1. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Patp_2013_1_16 [in Ukrainian].

7. Mokhonko H. A., Tarasenko K. V. (2018). Proektnyi pidkhdid v upravlinni innovatsiynym rozvytkom pidpriemstv atomnoi enerhetyky [Project approach in management of innovative development of nuclear power enterprises]. *Ekonomika i suspilstvo – Economy and society*, Issue 16, pp. 417–424 [in Ukrainian].

8. Mitiaieva T. L. (2013). Poniattia haluzi ta peredumovy yii formuvannia [The concept of the industry and the prerequisites for its formation]. *Ekonomichna stratehiia i perspektyvy rozvytku sfery torhivli ta posluh – Economic strategy and prospects for trade and services*, Issue 2(1), pp. 199–209. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/esprstp_2013_2%281%29_30 [in Ukrainian].

9. Stratehiia staloho rozvytku Ukrainy do 2030 roku. Proekt 2017 [Strategy of sustainable development of Ukraine until 2030. Project 2017]. Retrieved from <http://www.ua.undp.org/content/ukraine/uk/home/library/sustainable-development-report/Sustainable-Dev-Strategy-for-Ukraine-by-2030.html> [in Ukrainian].

10. Enerhetychna stratehiia Ukrainy na period do 2035 roku «Bezpeka, enerhoefektyvnist, konkurentospromozhnist»: Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 18 serpnia 2017 r. № 605-r [Energy Strategy of Ukraine for the period up to 2035 "Security, Energy Efficiency, Competitiveness": Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine of August 18, 2017 № 605-r]. Retrieved from <https://www.kmu.gov.ua/ua/npas/250250456> [in Ukrainian].

11. Pidpriemstva ta kompanii haluzi [Enterprises and companies in the industry]. Official site of the Ministry of Energy and Coal Industry of Ukraine. Retrieved from http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/officialcategory?cat_id=24491606 [in Ukrainian].

12. Msymchuk O.S. (2013). Nakapriamky zabezpechennia innovatsiynoho rozvytku pidpriemstv sfery posluh [Directions of ensuring innovative development of enterprises in the service sector]. *Udoskonalennia mekhanizmu innovatsiynoho rozvytku subiek-tiv natsionalnoi ekonomiky Ukrainy – Improving the mechanism of innovative development of the subjects of the national economy of Ukraine*. (pp. 173–211). Kyiv, Center for Educational Literature [in Ukrainian].

13. Nuclear Power in the World Today. (2019). Retrieved from <https://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/nuclear-power-in-the-world-to-day.aspx>.

14. Energy Information Administration. Retrieved from <https://www.eia.gov/?fbclid=IwAR285y4K2PH-uGm947kbbdhBjCBGYjSRjFQyxhkiZ231vjZNTi5GkavUF2U>.

15. Shaping a secure and sustainable energy future for all. URL: https://www.iea.org/?fbclid=IwAR0-T6jtsF8Z_WSjYd9sB_mDm--vt3Ojoctr8B0ikycOzMqUbyeusChMh_A.

16. Liashenko V., Shevchenko V., Osadcha N., Kolomytsev O., Kotko O. (2019). Tendencies and

Prospects of the Ukrainian Nuclear Industrial Complex Development. *Economic Herald of the Donbas*, 4, pp. 41-50. doi: 10.12958/1817-3772-2019-4(58)-41-50.

17. Lashyn P. M., Liashenko V. I., Osadcha N. V. (2020). Tendentsii ta perspektyvy rozvytku atomno-promyslovoho komplek-su Ukrainy [Trends and prospects of development of the nuclear-industrial complex of Ukraine]. *Ekonomika sohodni: aktua-lni pytannia ta innovatsiyni aspekt – Economics Today: Current Issues and Innovation Aspec.* Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference. (Pp. 11-17). Zaporizhzhya [in Ukrainian].

18. Dmitrenko Ya. (2020). Chastnyy uran na ekologicheskoy rastyazhke [Private uranium on an ecological stretch]. Newspaper 2000, 14 Aug., pp. B1, B3 [in Russian].

Шевченко В. Г., Мухачов А. П., Ляшенко В. І., Осадча Н. В. Інституційні умови розвитку атомно-промислового комплексу та управління радіоактивними відходами в Україні

Проаналізовано тенденції розвитку атомно-промислового комплексу та управління радіоактивними відходами. Серед основних проблем розвитку атомно-промислового комплексу та управління радіоактивними відходами визначені недосконалість законодавчої бази, відсутність інвестицій.

Внесок атомно-промислового комплексу України у створення валового внутрішнього продукту незначний, але його роль важлива щодо забезпечення економічної безпеки та досягнення енергетичної незалежності країни. Досліджено стан атомно-промислового комплексу у інших країнах світу.

Для розвитку атомно-промислового комплексу доцільно використовувати інноваційний підхід. Даний підхід представлено як сукупність трьох взаємопов'язаних блоків, а саме: методико-інформаційний; діагностично-орієнтувальний; оціночно-процесуальний. Безпосередньо атомно-промисловий комплекс, який є провідною ланкою ядерно-енергетичного комплексу України, можна вважати комплексною галуззю національної економіки, що включає: уранове виробництво, що створює основу для задоволення потреби атомних електростанцій у природному урані на середньо- та довгострокову перспективу; цирконієве виробництво, яке передбачає налагодження випуску цирконію.

До результатів виконання обласної програми розвитку атомно-промислового комплексу доцільно включити такі: підвищення конкурентоспроможності підприємств ключових стратегічних галузей: атомної, видобувної, металургії, хімічної та машинобудування; підвищення інноваційності виробництв через розвиток наукового потенціалу області, комерціалізацію наукового процесу; розвиток підприємств на основі новітніх технологій переробки промислових відходів, у тому числі, для розвитку інфраструктури регіону; скорочення техногенного навантаження на навколишнє середовище; створення привабливіших та різноманітніших робочих місць; забезпечення стабілізації соціальних процесів шахтарських регіонів.

Одним із напрямів модернізації атомно-промислового-комплексу України є створення реакторів SMR (Smallmodularreactor) та встановлення їх замість існуючих. Їх виробництво необхідно здійснювати на підприємствах України.

Обґрунтовано необхідність збільшення обсягу видобутку урану, рівня його збагачення та одночасно рішень екологічних питань щодо утилізації відходів.

Ключові слова: атомно-промисловий комплекс, модернізація, інститути, екологія.

Shevchenko V., Mukhachev A., Lyashenko V., Osadcha N. Institutional conditions for the development of the nuclear-industrial complex and radioactive waste management in Ukraine

Trends in the development of the nuclear-industrial complex and radioactive waste management are analyzed. Among the main problems of development of the nuclear-industrial complex and radioactive waste management are the imperfection of the legal framework, lack of investment.

The contribution of the nuclear industry of Ukraine to the creation of gross domestic product is not significant, but its role is important in ensuring economic security and achieving energy independence of the country. The state of the nuclear-industrial complex in other countries of the world has been studied

It is expedient to use an innovative approach for the development of the nuclear-industrial complex. This approach is presented as a set of three interrelated blocks, namely: methodological and informational; diagnostic and orientation; evaluation and procedural. Directly, the nuclear-industrial complex, which is a leading link in the nuclear-energy complex of Ukraine, can be considered a complex sector of the national economy, including: uranium production, which creates a basis for meeting the needs of nuclear power plants in natural uranium in the medium and long term; zirconium production, which involves the establishment of zirconium production.

The results of the implementation of the regional program for the development of the nuclear-industrial complex should include the following: increasing the competitiveness of enterprises in key strategic industries: nuclear, mining, metallurgy, chemical and mechanical engineering; increasing the innovation of production through the development of scientific potential of the region, the commercialization of the scientific process; development of enterprises on the basis of the latest technologies of industrial waste processing, including for the development of the region's infrastructure; reduction of man-caused load on the environment; creating more attractive and diverse jobs; ensuring the stabilization of social processes in the mining regions.

One of the directions of modernization of the nuclear-industrial complex of Ukraine is the creation of SMR reactors (Smallmodularreactor) and its installation instead of the existing ones. Their production must be carried out at Ukrainian enterprises.

The necessity of increasing the volume of uranium production, the level of its enrichment and at the same time solving environmental issues on waste disposal is substantiated.

Keywords: nuclear-industrial complex, modernization, institutions, ecology.

Шевченко В. Г., Мухачев А. П., Ляшенко В. І., Осадча Н. В. Институциональные условия развития атомно-промышленного комплекса и управления радиоактивными отходами в Украине

В статье проанализированы тенденции развития атомно-промышленного комплекса и управления радиоактивными отходами. Среди основных проблем развития атомно-промышленного комплекса и управления радиоактивными отходами выделены несовершенство законодательной базы, отсутствие инвестиций.

Вклад атомно-промышленного комплекса Украины в создание валового внутреннего продукта не значителен, но его роль важна в обеспечении экономической безопасности и достижении энергетической независимости страны. Исследовано состояние атомно-промышленного комплекса в других странах мира.

Для развития атомно-промышленного комплекса целесообразно использовать инновационный подход. Данный подход представлен как совокупность трех обоюдно взаимосвязанных блоков, а именно: методико-информационный; диагностико-ориентировочный; оценочно-процессуальный. Непосредственно, атомно-промышленный комплекс, являющийся главным звеном ядерно-энергетического комплекса Украины, можно считать комплексной отраслью национальной экономики, включая: урановое производство,

что создает основу для удовлетворения потребности атомных электростанций в природном уране на средне- и долгосрочную перспективу; циркониевое производство, которое предусматривает налаживание выпуска циркония.

К результатам выполнения областной программы развития атомно-промышленного комплекса целесообразно включить следующие: повышение конкурентоспособности предприятий ключевых стратегических отраслей: атомной, добывающей, металлургии, химической и машиностроения; повышение инновационности производств через развитие научного потенциала области, коммерциализацию научного процесса; развитие предприятий на основе новейших технологий переработки промышленных отходов, в том числе, для развития инфраструктуры региона; сокращение техногенной нагрузки на окружающую среду; создание привлекательных и разнообразных рабочих мест; обеспечение стабилизации социальных процессов шахтерских регионов.

Одним из направлений модернизации атомно-промышленного комплекса Украины является создание реакторов SMR (Small modular reactor) и установление взамен существующих. Их производство необходимо осуществлять на предприятиях Украины.

Обоснована необходимость увеличения объема добычи урана, уровня его обогащения и одновременно решений экологических вопросов утилизации отходов.

Ключевые слова: атомно-промышленный комплекс, модернизация, институты, экология.

Стаття надійшла до редакції 17.08.2020

Прийнято до друку 15.09.2020