

Приазовського державного технічного університету. Серія «Економічні науки». 2017. № 33. С. 50-57.

10. Яненко І. Г. Організаційно-управлінські ресурси інноваційного розвитку економіки: методологія та практика: [моногр.]; НАН України; Ін-т екон. та прогноз. Миколаїв : Вид-во ЧДУ імені Петра Могили, 2012. 380 с.
11. Геєць В. М. Нестабільність та економічні зростання. К. : Інститут економічних прогнозів. 2006. 344 с.

УДК 330.341.1:338.45

JEL classification: O11, O14, O31

Копішинська К. О.

канд. економ. наук

ORCID ID: 0000-0002-1609-2902

Широкова І. С.

ORCID ID: 0000-0002-2881-5856

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ АТОМНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ

CURRENT STATE AND INNOVATIVE DEVELOPMENT PERSPECTIVES OF NUCLEAR ENERGY OF UKRAINE

У статті виділено основні тенденції розвитку атомної енергетики в світі та в Україні. Спостерігається поступове зменшення кількості атомних реакторів у світі. Деякі країни після аварії на японській АЕС «Фукусіма – 1» почали згортати свої програми з розвитку атомної енергетики та розвивати альтернативну енергетику (Німеччина, Нідерланди), інші навпаки нарощують потенціал атомної генерації (Китай, Індія). Визначено останні досягнення галузі та проблеми її функціонування. Ключовими проблемами атомної енергетики можна назвати: безпеку експлуатації функціонуючих атомних електростанцій; переважання реакторів II покоління на АЕС більшості країн; наближення завершення планових строків експлуатації більшості реакторів; утилізацію відпрацьованого ядерного палива; пріоритетний розвиток відновлюваної енергетики. Серед досягнень галузі варто виділити: будівництво інноваційних АЕС з розробкою модифікованих реакторів ВВЕР-1200 та ВВЕР-1300, розроблення малих модульних реакторів (ММР), програму з удосконалення палива та оболонки для палива.

Проаналізовано діяльність України в галузі атомної енергетики та виявлено перспективи її подальшого розвитку. Так, Україна посідає друге місце в світі за показником атомної генерації у структурі генерації електроенергії – 55%. Проте, більшість, 11 з 15 працюючих в країні атомних реакторів до 2030 року вичерпають не лише плановий, а й пролонгований термін експлуатації. Також наявні проблеми з диверсифікацією постачальників ядерного палива, та утилізацією відпрацьованих ядерних відходів. Наведено основні аспекти інноваційної діяльності в атомно-енергетичній сфері. Запропоновано шляхи подальшого інноваційного розвитку атомної енергетики України, зокрема: будівництво власного централізованого сховища відпрацьованого палива, заміна

старих реакторів серії ВВЕР на нові малі модульні реактори SMR-160, впровадження інноваційної технології 3D сканування станції.

Ключові слова: атомна енергетика, АЕС, інноваційний розвиток, малі модульні реактори, перспективи інноваційного розвитку.

The article highlights the main trends in the development of nuclear energy in the world and in Ukraine. There is a gradual decrease in the number of nuclear reactors in the world. Some countries after the accident at the Japanese nuclear power plant "Fukushima-1" began to turn off their nuclear power development programs and develop alternative energy (Germany, the Netherlands), while others, on the other hand, are increasing the potential of nuclear power generation (China, India). The latest achievements of the branch and problems of its functioning are determined. The key issues in nuclear energy include: the safety of operating nuclear power plants; the predominance of second generation reactors at NPPs in most countries; the forthcoming completion of the planned useful life of most reactors; disposal of spent nuclear fuel; priority development of renewable energy. Among the achievements of the industry are the following: the construction of innovative NPPs with the development of modified reactors VVER-1200 and VVER-1300, the development of small modular reactors (SMP), a program for improving fuel and shell for fuel.

The activity of Ukraine in the field of nuclear energy is analysed and prospects of its further development are revealed. Thus, Ukraine ranks second in the world by the indicator of nuclear generation in the structure of electricity generation - 55%. However, most of the nuclear reactors in the country by 2030 will exhaust not only the planned, but also prolonged useful life. There are also problems with the diversification of suppliers of nuclear fuel and the disposal of spent nuclear waste. The main aspects of innovative activity in the atomic-energy sphere are presented. The ways of further innovative development of nuclear power engineering of Ukraine are proposed, in particular: construction of own centralized storage of spent fuel, replacement of old reactors of the VVER series with new small SMR-160 modular reactors, introduction of innovative 3D scanning technology of the station.

Keywords: nuclear power energy, nuclear power plants, innovative development, small modular reactors, perspectives of innovation development.

Вступ. У сучасному світі питання енергоспоживання з кожним роком набуває все більшої значущості. Збільшення потреби в електроенергії є результатом розвитку світової промисловості, збільшення кількості населення, намаганнями зменшити обсяги викидів вуглецю в атмосферу та інших факторів. У той же час, неможливість довгострокового використання вичерпних ресурсів, таких як: нафта, вугілля, природний газ, та незадовільні кліматичні та/або географічні умови, в результаті чого з'являється обмеження у застосуванні альтернативних джерел виробництва електроенергії (сонячне випромінювання, вітер, тепло земних надр), дозволяє атомній енергетиці зайняти чільне місце в загальному енергетичному комплексі світу. Відповідно до даних Міжнародного агентства атомної енергії (МАГАТЕ), атомна генерація забезпечує більше половини всього виробництва електроенергії України. Цей факт підтверджує важливість та необхідність розвитку атомної енергетики в державі.

Проблемам та перспективам розвитку атомної енергетики присвятили свої роботи такі науковці та дослідники: В. Шендерович [9], М. Уманець [10], Д. Бобро [11] та багато інших. Питаннями інноваційного потенціалу енергетичної галузі займались: Н. Ісаков [8], М. Власенко [13] та інші. Не

зважаючи на значну кількість досліджень за даною тематикою, існує необхідність систематизації та актуалізації інформації, а також конкретизації пропозицій щодо інноваційного розвитку атомної енергетики України.

Постановка задачі. Метою статті є дослідження сучасного стану атомної енергетики в світі та в Україні, аналіз наявних проблем та перспектив розвитку галузі, визначення напрямів інноваційного розвитку атомної енергетики України.

Методологія. Під час проведення дослідження були використані методи наукового пізнання: теоретичного та логічного узагальнення, систематизації – під час визначення основних тенденцій розвитку атомної енергетики у світі та в Україні, порівняння та систематизації – для виявлення переваг реакторів ММР SMR-160 перед реакторами серії ВВЕР, аналізу та синтезу – для ідентифікації проблем атомної енергетики України та перспектив інноваційного розвитку галузі.

Результати дослідження. Стан атомної енергетики в світі зазнав суттєвих змін після аварії на японській АЕС «Фукусіма – 1», яка сталась у березні 2011 року. Деякі країни, що не мали власних виробничих потужностей в галузі атомної енергетики та планували розпочати будівництво перших АЕС після трагедії відмовились від своїх намірів, зокрема: Венесуела, Італія і Тайланд. Рішення про зупинку реалізації нових проектів будівництва атомних енергоблоків прийняли, також, Німеччина та Швейцарія.

За даними *World Nuclear Association*, станом на 30 січня 2019 року, у світі експлуатується 193 атомні електростанції з 454 енергоблоками загальною електричною потужністю близько 399 307 ГВт, серед діючих: у США знаходиться 99 реакторів, у Франції – 58, у Китаї – 46, в Японії – 42, в Росії – 36, в Південній Кореї – 24, в Україні та Великобританії – по 15. Близько 55 енергоблоків знаходяться на стадії будівництва, ще 170 – закриті [1].

Найбільшу частку атомної енергії у структурі виробництва електроенергії має Франція – 72%, Україна, як вже зазначалося, посідає другу сходинку з показником у 55%. Більшість європейських країн мають значну частку атомної енергії (більше 20%) у структурі виробництва електроенергії [1]. Лише Німеччина та Нідерланди, маючи обсяг виробництва атомної енергії 12% та 3% відповідно, більш активно почали використовувати альтернативні джерела енергії та намагаються максимально збільшити їх частку у структурі виробництва електроенергії. А країни Азії, зокрема Китай та Індія, навпаки планують щорічне збільшення виробництва атомної енергії, постійно збільшуючи інвестиції у дану галузь.

Проте, Міжнародне енергетичне агентство прогнозує що у період з 2017 по 2040 рр. буде закрито майже 200 реакторів.. За прогнозами МАГАТЕ, відповідно до песимістичного сценарію, частка АЕС у загальному виробництві електроенергії знизиться у 2030 р. - до 7,9% та до 5,6% - у 2050 р. За оптимістичним сценарієм частка АЕС навпаки у 2030 р. зросте - до 12%,

у 2050 р. становитиме 11,7%. Загальне виробництво електроенергії від АЕС продовжить зростати незалежно від сценарію. При оптимістичному сценарії воно зросте на 59%, і ще на 52% протягом наступних 20 років. Загалом виробництво електроенергії на АЕС у 2050 р. збільшиться у 2.4 рази у порівнянні з 2017 роком [2].

Країни з високою часткою атомної генерації в загальній структурі виробництва електроенергії переважно намагаються зберегти свої позиції в даній галузі, незважаючи на сучасні виклики та наявні проблеми в атомній енергетиці (табл.1).

Таблиця 1 – Основні тенденції розвитку атомної енергетики у світі

Країна	Загальна електрична потужність за 2010 рік	Загальна електрична потужність за 2017 рік	Напрямок розвитку
США	101,167ГВт, (генерація – 19,6%)	99,635ГВт, (генерація – 20%)	Експлуатація діючих блоків, подовження експлуатації, обмежене будівництво нових блоків <i>Фактори: висока вартість будівництва, наявність дешевого газу</i>
Японія	48,96ГВт, (30%)	41,48, (4%)	Японія підтвердила орієнтир ядерної енергетики – 20-22% до 2030р. <i>Фактори: залежність від імпорту енергоресурсів, участь у «кліматичних» угодах</i>
Франція	63,1ГВт, (50%)	63,1ГВт, (72%)	Передбачається подальше використання АЕС та збереження потужностей. <i>Фактори: участь у «кліматичних» угодах</i>
Китай	10,82ГВт, (33%)	35,81ГВт, (4%)	Збільшення потужностей ядерної генерації. Розвиток власних технологій. Замикання ЯТЦ <i>Фактори: забруднення повітря ТЕС, зростання енергоспоживання, вивід на ринок своїх технологій</i>
Німеччина	21,5ГВт, (25%)	9,52ГВт, (12%)	Виведення АЕС з експлуатації з 2022р. <i>Фактори: збільшення ефективності енергоспоживання, передбачуване зниження енергоспоживання та перехід на відновлюючу генерацію</i>
Швеція	9,15ГВт, (38%)	8ГВт, (40%)	Експлуатація діючих блоків, майбутня ядерна стратегія чітко не визначена <i>Фактори: високий податок на CO₂, високий податок на ядерну генерацію</i>
Угорщина	2ГВт, (42,2%)	2ГВт, (49,2%)	Підписано контракт на будівництво 2-х блоків. Передбачається збільшення ядерної генерації до 60% <i>Фактори: диверсифікація, забезпечення надійності енергопостачання</i>

Джерело: [3]

Аналіз розвитку атомної енергетики за останні десятиріччя показав наявність таких ключових проблем: безпека експлуатації функціонуючих атомних електростанцій; переважання реакторів II покоління на АЕС більшості країн, що розвивають ядерну енергетику; наближення завершення планових строків експлуатації більшості реакторів, що використовуються та необхідність їх подовження; утилізація відпрацьованого ядерного палива; пріоритетний розвиток відновлюваної енергетики, що може привести до зменшення коефіцієнта використання потужності АЕС і більш ранніх термінів початку виведення їх з експлуатації.

Враховуючи вищезазначене, першочерговою необхідністю для країн, що представляють галузь, є: забезпечення енергетичної безпеки; розроблення інноваційних ядерних реакторів і паливних циклів; відповідність діяльності світовим нормам та стандартам; зниження кількості викидів CO₂ у навколишнє середовище; дотримання екологічної гармонізації; підвищення енергоефективності тощо.

Таким чином, в найближчому майбутньому, перед лідерами галузі постає завдання розробки та впровадження інновацій, які здатні задовольнити критерії екологічності, ефективності та безпеки. В табл.2 представлено основні світові тенденції інноваційної діяльності в сфері атомної енергетики.

Отже, в результаті проблем, що пов'язані з експлуатацією існуючих реакторів АЕС, енергетичні гіганти спрямовуватимуть свою діяльність у напрямку інноваційного розвитку з метою створення новітніх технологій.

В Україні ядерну галузь представляє державне підприємство «НАЕК «Енергоатом». За 2018 рік атомними електростанціями було вироблено 84 626,3 млн кВт*год електроенергії, що перевищує планове виробництво на 2%. Україна має 55,6% ядерної генерації в загальній структурі виробництва електроенергії, 30,4 % електроенергії виробляється на ТЕС та ТЕЦ, 8% - на ГАЕС та ГЕС та ще 8% - інші джерела [3].

Окрім перспектив розвитку та позитивної динаміки змін у функціонуванні в енергетичній сфері, країна має проблеми, вирішити які, зокрема, можливо завдяки активній інвестиційній та інноваційній діяльності оператора АЕС.

Одним з головних бар'єрів на шляху до становлення України потужною енергетичною державою є ядерний статус країни. У зв'язку з особливостями зазначеного статусу, в державі не може бути замкненого ядерно-паливного циклу, що робить її імпортозалежною від інших країн. У зв'язку з цим розробка та виробництво реакторних технологій, засобів з перероблення відпрацьованого ядерного палива (ВЯП), самого палива та збагачення урану в межах Будапештського меморандуму на території України залишається неможливим.

Таблиця 2 – Світові тенденції розвитку інноваційної діяльності в атомно-енергетичній сфері

Країни – ініціатори	Інноваційне рішення	Перспективи впровадження та реалізації
Росія (ВАТ Концерн «Росенергоатом»)	Будівництво інноваційних АЕС з розробкою модифікованих реакторів ВВЕР-1200 та ВВЕР-1300	У 2016 році запущено перший у світі енергоблок з найсучаснішим реактором покоління «3+» ВВЕР-1200. Унікальність проекту в поєднанні активних та пасивних систем безпеки, що робить станцію максимально стійкою до внутрішніх та зовнішніх впливів
США, Китай, Аргентина, Росія	Заміна традиційних реакторів великої потужності на модульні реактори малої потужності	У світі нараховується близько 50 проектів та концепцій ММР, які знаходяться на різних стадіях розробки
США (компанія Westinghouse Electric Company LLC.)	Програма EnCore з удосконалення палива та оболонки для палива	Лінійка продукції EnCore здатна забезпечити стійкість до важких аварій, покращити економіку паливного циклу тощо
США (проект компаній Exelon Generation та ORNL)	Удосконалення моделювання проектів реакторів на киплячій воді (BWR)	Реалізація анонсованого у 2018 році проекту дозволить підвищити експлуатаційні характеристики реакторів
США (General Atomics)	Проект з термоядерних досліджень на токамаке DIII-D з метою детального дослідження властивостей термоядерної плазми	Допоможе в майбутній експлуатації міжнародного термоядерного реактору ІТЕР. В 2018 році вже розпочато програму модернізації реактору з метою вдосконалення управління ІТЕР та збільшення потужності

Джерело: складено авторами на основі [4,5,6,7, 8]

У процесі розвитку атомної енергетики першочерговим завданням є забезпечення безпеки в сфері використання атомної енергії, а також розробка заходів з продовження термінів експлуатації енергоблоків АЕС. В Україні розташовано 4 атомні електростанції, на яких, в загальній кількості, експлуатується 15 енергоблоків, з яких до 2030 року в 11 закінчується експлуатаційний термін, у зв'язку з чим необхідним є визначення подальших дій щодо розвитку ядерної галузі. Продовження терміну експлуатації енергоблоків є звичною практикою у таких ситуаціях, зокрема, й щодо енергоблоків з реакторами типу ВВЕР, які, крім України, експлуатуються у Фінляндії, Угорщині, Чехії, Словаччині і в РФ [9, 10].

Вітчизняна атомна генерація забезпечує більшу частину всього виробництва електроенергії, до того ж її вартість є набагато нижчою в порівнянні з електростанціями типу ТЕС, ГЕС та ін. За даними довідкових матеріалів «Енергетичної стратегії України до 2035 року» собівартість 1 кВт*год електроенергії складає: виробленої АЕС – 43 коп/кВт*год, виробленої ТЕС – 103 коп/кВт*год, виробленої ТЕЦ – 114 коп/кВт*год,

ГЕС(ГАЕС) – 69^3 коп/кВт*год. Отже, завдяки функціонуванню ядерної галузі, загальна собівартість електроенергії, виробленої всіма енергоджерелами країни в середньому становить 72 коп/кВт*год. [9].

Третім бар'єром становлення України як потужної енергетичної держави є імпортозалежність, яка полягає у наданні переваг РФ у контролі стратегічної галузі української енергетики. На даний момент на АЕС використовуються реактори радянського зразка, що були виготовлені на території Росії, типу ВВЕР-1000 та ВВЕР-440. Відповідно до цього, ДП «НАЕК «Енергоатом» закупає паливо для енергоблоків у російській компанії ТВЕЛ, що фактично давало РФ монопольну владу на енергетичному ринку України. Проте, між компанією Westinghouse та Україною було укладено угоду на постачання палива ТВС-W. Станом на кінець 2018 року паливо компанії Westinghouse використовується на Запорізькій АЕС (окрім 6 енергоблоку) та на другому та третьому енергоблоках Південноукраїнської АЕС суміжно з паливом ТВЕЛ. Таким чином, проблема ресурсозалежності держави не вирішена, однак, шляхом диверсифікації джерел постачання ядерного палива було зроблено «перші кроки» щодо створення конкурентного енергетичного ринку [11].

Важливим моментом на шляху до перетворень ядерної енергетичної галузі є створення в Україні замкненого ядерно-паливного циклу, що забезпечить гарантовану незалежність АЕС від імпортного ядерного палива і дозволить знизити потребу держави в його закупівлі. Замкнений цикл передбачає переробку та повторне використання ВЯП. Україна ВЯП не переробляє, проте віддає на переробку до РФ. Завдяки позитивній динаміці змін у сфері інноваційного розвитку атомної енергетики, держава може позбутись статусу «єдиної в світі країни з розвинутою атомною енергетикою, яка не має власного сховища ВЯП» [12].

Для подальших перспектив розвитку атомної енергетики найважливішим етапом є впровадження інноваційних технологій. На даний момент, в країні наявні наступні перспективи інноваційного розвитку атомної енергетики:

1. Будівництво власного централізованого сховища відпрацьованого палива на території України.

Американська компанія Holtec International виграла оголошений ДП «НАЕК «Енергоатом» тендер на спорудження централізованого сховища. У 2017 році було видано ліцензію на будівництво та введення в експлуатацію Централізованого сховища використаного ядерного палива(ЦСВЯП) та розпочато будівництво. Сам вибір технології зберігання заснований на аналізі усіх можливих варіантів «сухого» зберігання ВЯП з урахуванням наявного досвіду і застосовності до умов України. Прийнята технологія фірми Holtec має тривалий позитивний досвід застосування в різних країнах світу [9].

2. Заміна старих реакторів серії ВВЕР на нові малі модульні реактори SMR-160.

Проект SMR-160 – це інноваційний проект по виготовленню та впровадженню модульних реакторів малої потужності на АЕС, що може стати для України інвестицією у майбутній розвиток атомно-енергетичної галузі країни. Реалізація проекту можлива в майбутній перспективі з набуттям АЕС ДП «НАЕК «Енергоатом» практичного досвіду експлуатації ММР першими у світі. За більшістю характеристик малі модульні реактори мають суттєві переваги в порівнянні з реакторами великої потужності (табл. 3).

Таблиця 3 – Порівняння основних економічних характеристик ММР SMR-160 та ВВЕР

Характеристика	АЕС з реактором великої потужності ВВЕР	SMR
Приведена вартість електроенергії(LU EC)	Доведена нижча вартість електроенергії у порівнянні з SMR	Потенціал зниження приведеної вартості електроенергії за рахунок серійного будівництва.
Капітальні витрати	Великі початкові капітальні витрати; економія масштабу	Початкові капітальні витрати можна розділити; спрощене фінансування; економія серійного виробництва.
Витрати на підтримку експлуатації	Стабільні (мала варіація)	Потенціал зниження; можливість відхилення за рахунок невизначеності кількості персоналу та охорони для багатомодульних систем.
Вартість палива	Низька вартість; проводяться дослідження в напрямку безпеки та економічності палива.	Вартість аналогічна великим реакторам; Проводиться багато досліджень укорочених збірок LWR для отримання ліцензії.

Джерело: [13]

Незважаючи на переваги ММР серії SMR-160 важливим залишається той факт, що при заміщенні одного реактору ВВЕР – 1000 необхідно придбати 6 реакторів SMR – 160. До того ж, залишається відкритим питання щодо отримання ліцензії на впровадження технології на АЕС України.

3. Перспектива впровадження інноваційної технології 3D сканування станції.

Компанія Westinghouse, яка поставляє ядерне паливо на АЕС України працює над впровадженням технології 3D – сканування для забезпечення моніторингу стану ядерного палива в процесі експлуатації. З урахуванням спільної діяльності, в результаті отримання ліцензії на впровадження засобу на АЕС України, така технологія дозволить підвищити ефективність виконання ремонту паливних збірок, а відтак – і їх економічну ефективність [7].

Отже, незважаючи на наявні проблеми, атомна енергетика в Україні й досі займає важливе місце. І завдання держави полягає у забезпеченні умов щодо її подальшого розвитку: розроблення нормативно-законодавчої бази, що, відповідатиме світовим стандартам безпеки атомної генерації та контроль її дотримання під час експлуатації вітчизняних АЕС, створення

умов для залучення інвестицій в галузь (для реалізації ключових інноваційних проектів), розвиток вузівської та академічної науки, а також підтримання КБ профільних промислових підприємствах, зокрема ПАТ «Турбоатом», що спроможні у кооперації самостійно займатись розробленням інноваційних рішень для галузі.

Висновки. Глобальні процеси автоматизації та цифровізації світової економіки вимагають споживання все більшого обсягу енергії, постачання якої повинно бути безперебійним, а джерело – екологічним. Атомна енергетика у безаварійному режимі вважається однією з найбільш екологічних. Враховуючи, що на АЕС в Україні виробляється 55% електроенергії, альтернатива такому способу генерації поки що відсутня. Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному: виявлено ключові проблеми атомної енергетики в світі, систематизовано наявні інноваційні розробки в галузі, запропоновано напрями інноваційного розвитку вітчизняної атомної енергетики. Подальші дослідження у цьому напрямі можуть стосуватись особливостей реалізації запропонованих у статті перспектив інноваційного розвитку атомної енергетики.

Література:

1. Reactor Database. *World Nuclear Association*. 2017. URL: <http://www.world-nuclear.org/information-library/facts-and-figures/reactor-database.aspx>
2. Energy, electricity and nuclear power estimates for the period up to 2050. IAEA-RDS-1/38, Vienna. 2018. 150 p. URL: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/RDS-1-38_web.pdf
3. Власенко М. І. Роль та місце АЕС на енергетичній карті світу ВП "НТЦ" ДП "НАЕК "Енергоатом". 2016. URL: http://www.energoatom.kiev.ua/files/file/ntc_vlasenko_rol_i_mesto_aes_na_energeticheskoy_karte_mira.pdf
4. Инновационный энергоблок поколения «3+» Нововоронежской АЭС вошел в тройку лучших атомных установок мира по версии журнала «POWER». Росэнергоатом. 2017. URL: <http://www.rosenergoatom.ru/zhurnalistam/main-news/25261/>
5. Минэнерго США объявило о финансировании ряда прорывных проектов в энергетике. Атомная энергия. 2018. URL: <http://www.atomic-energy.ru/news/2018/12/26/91536>
6. Малые модульные реакторы. IAEA Международное агентство атомной энергии. URL: <https://www.iaea.org/ru/temy/malye-modulnye-reaktory>
7. Еннебі К. Інновації компанії “Westinghouse” для застосування в атомній енергетиці. Westinghouse. URL: http://www.energoatom.kiev.ua/files/file/009_carina_onneby_unf_nov_2018_westinghouse_final.pdf
8. Исаков Н. Ш. Инновационная атомная энергетика на базе реакторов малой и средней мощности. *Перспективы реализации в государствах-участниках СНГ проектов инновационных реакторных установок повышенной безопасности малой и средней мощности*: междунар. науч.-практ. конф., 20.07.2017. Астана. 2017. URL: <http://sng-atom.com/sites/default/files/presentations/4.%20Инновационная%20атомная%20энергетика%20Исаков%20НШ.pdf>
9. Шендерович В. Атомна енергетика України: Часу для суб'єктивних оцінок не залишилося. *Укрінформ*. 2018. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/2406172-atomna-energetika-ukraini-casu-dla-subektivnih-ocinok-ne-zalislilos.html>

10. Уманець М. Час не чекає. *Вісн. НАН України*. № 11. 2017. С.81-85.
11. Бобро Д. Г. Диверсифікація постачань ядерного палива в контексті енергетичної незалежності держави. Аналітична записка. Національний інститут стратегічних досліджень України. URL: <http://www.niss.gov.ua/articles/1735/>
12. Україна завдяки ЦСВЯП отримає ядерну незалежність від Росії. Уніан. 2018. URL: <https://economics.unian.ua/energetics/10096133-ukrajina-zavdyaki-csvyap-otrimaye-yadernu-nezalezhnist-vid-rosiji-poroshenko.html>
13. Власенко М. І. Про перспективи спорудження модульних реакторів. ВП "НТЦ" ДП "НАЕК "Енергоатом". 2018. URL: http://www.energoatom.kiev.ua/files/file/05_vlasenko.pdf