

## **ВПЛИВ АЕС НА ЕКОЛОГІЧНУ БЕЗПЕКУ ПРИЛЕГЛИХ ТЕРИТОРІЙ**

**Abstract.** The detailed analysis of the factors of radiation and chemical effects on all components of the environment during NPP exploitation is executed in the article. Done classification of factors influence objects NPP on the environment. The scheme of interaction of NPP and the environment is presented. The systematization of typical interconnections and negative impacts of different sources of danger that form natural and man-made condition of the whole system "nuclear power plant – the natural environment" and define the main types of ecological dangers is contained in the article.

### **Вступ**

Атомна енергетика України є однією з базових галузей економіки України, та джерелом її енергетичної стабільності. Протягом тривалого періоду атомна енергетика забезпечує істотну частину загального виробництва електроенергії в Україні (до 50%).

У даний час на чотирьох АЕС, що підпорядковані НАЕК «Енергоатом», експлуатуються 15 ядерних енергоблоків із загальною встановленою потужністю 13835 МВт: 13 енергоблоків з реакторами типу ВВЕР-1000 та 2 енергоблоки з реакторами типу ВВЕР-440. Це складає 26,3% від сумарної встановленої потужності всіх електростанцій країни.

Відповідно до «Енергетичної стратегії України до 2030 року» розвиток паливно-енергетичного комплексу країни тісно пов'язується з ядерною енергетикою. Планується, що в загальному балансі виробництва електроенергії частка атомних електростанцій (АЕС) складе 52,1%.

Реальність і здійсненність такого державного підходу залежить не тільки від фінансово-економічних чинників, а й від того, наскільки безпечно працюватимуть підприємства ядерно-енергетичної галузі, у т.ч. і з екологічної точки зору [2].

Розвиток атомної енергетики повинен здійснюватися за результатами вивчення впливу цієї галузі виробництва на навколишнє середовище під час безаварійної роботи підприємств. Такі дослідження необхідно проводити з урахуванням усього комплексу факторів, пов'язаних із впливом не тільки на здоров'я людини, а й безпосередньо на компоненти довкілля.

Використання лише санітарно-гігієнічних показників може виявитися некоректним; необхідно відійти від антропоцентричного світогляду у вивченні стану навколишнього природного середовища (НПС) та враховувати ландшафтну структуру територій навколо енергетичних об'єктів як характеристики природних властивостей та потенціалу. Лише у цьому випадку буде можливо в повній мірі дослідити вплив підприємств атомної енергетики на НПС, існуючі зв'язки між компонентами довкілля та

забезпечити екологічну безпечність промислового виробництва.

В даній роботі представлено аналіз основних радіаційних та нерадіаційних факторів впливу АЕС України на всі компоненти НПС. Дане дослідження є основою для побудови системи комплексного радіоекологічного моніторингу наземних екосистем у районах розташування АЕС для забезпечення їх екологічної та радіаційної безпеки [2, 11, 12].

### **Джерела екологічних впливів при експлуатації АЕС**

Техногенні впливи на НПС при будівництві й експлуатації АЕС різноманітні. Вони пов'язані з фізичними, хімічними, радіаційними та іншими чинниками впливу від експлуатації АЕС на об'єкти НПС.

Найбільш істотні фактори [1, 13]:

- локальний механічний вплив на рельєф – при будівництві;
- порушення стоку поверхневих і ґрунтових вод, що містять хімічні і радіоактивні компоненти;
- зміна характеру землекористування й обмінних процесів у безпосередній близькості від АЕС;
- зміна мікрокліматичних характеристик прилеглих районів.

Наявність потужних джерел тепла у вигляді градирень та водойм-охолоджувачів, що входять до технологічного циклу роботи АЕС, помітним чином змінює мікрокліматичні характеристики прилеглих районів. Робота систем з підготовки води для технологічних та побутових потреб, рух води в мережах зовнішнього тепловідводу, скидання технологічних вод, що містять різноманітні хімічні компоненти впливають на популяції, флору і фауну екосистем.

Особливе значення має поширення радіоактивних речовин у компонентах НПС. Загальновізнано, що АЕС при їхній нормальній експлуатації набагато – не менш чим у 5-10 разів «чистіше» в екологічному відношенні теплоелектростанцій. Проте при аваріях АЕС можуть спричинити істотний радіаційний вплив на людей та екосистеми. Тому забезпечення безпеки екосфери і захисту навколишнього середовища (НС) від шкідливих впливів АЕС – актуальна наукова і технологічна задача ядерної енергетики, вирішення якої сприятиме забезпеченню сталого розвитку ядерної галузі.

Вплив АЕС на довкілля можна розподілити на такі складові [3, 8]:

- викиди у повітря радіоактивних сполук, які в аварійних режимах роботи АЕС можуть створювати потенційну небезпеку здоров'ю людини, флорі та фауні;
- зміни природного режиму водних ресурсів через теплове, радіаційне, хімічне і біологічне забруднення;
- порушення природного режиму землекористування через розміщення майданчиків АЕС та електричних мереж, складування різних видів відходів, у тому числі твердих та рідких радіоактивних відходів;
- активізація деяких екзогенних та ендегенних геодинамічних процесів (зсуви, ерозія ґрунтів, берегоруйнівні процеси, просідання ґрунтів,

тощо).

Чинники екологічного впливу АЕС можна розподілити на дві групи – це чинники безпосереднього впливу (прямої дії) та чинники опосередкованого впливу.

До чинників безпосереднього екологічного впливу належать ті, що пов'язані з експлуатацією самих АЕС та об'єктів їх інфраструктури (електричні мережі, трансформаторні станції, градирні, системи водоспоживання тощо), а до опосередкованих – ті, що виникають при створенні умов для функціонування цих об'єктів (наприклад, вплив на довкілля при видобуванні та транспортуванні палива, що поставляється на АЕС, при виготовленні електроенергетичного обладнання).

До загальних чинників екологічного впливу АЕС належать: відчуження та механічне порушення земельних ресурсів; до групових можна віднести теплове та хімічне забруднення води, акустичний вплив.

До специфічних впливів АЕС належать: викиди забруднюючих речовин і утворення твердих, рідких та газоподібних радіоактивних відходів; утворення зон підвищеного напруження електромагнітного поля (лінії електропередач (ЛЕП)). У табл. 1 наведено класифікацію чинників впливу об'єктів АЕС на довкілля відповідно до зазначених категорій впливу [1, 8, 13].

За умов штатного режиму роботи атомних реакторів і забезпечення надійного захоронення створюваних на них радіоактивних відходів (РАВ), АЕС є найбільш екологічно чистими і безпечними для природного середовища і населення енергетичними об'єктами.

Цей висновок підтверджується щоквартальними та щорічними звітами ВП АЕС України по природоохоронній діяльності та оцінці впливу нерадіаційних (у відповідності з СОУ-Н ЯЕК 1.026:2010) та радіаційних (у відповідності з СОУ-Н ЯЕК 1.009:2008) факторів на НС.

Також на ВП АЕС НАЕК «Енергоатом» у 2007-2012 рр. були проведені декілька екологічних аудитів, які показали та довели безпеку екологічного впливу АЕС на НПС. Екологічні аудити виконувались незалежними закордонними та вітчизняними компетентними організаціями [9].

У щорічних «Національних доповідях про стан навколишнього природного середовища України» Мінприроди України говориться про незначні викиди та скиди, що здійснюють АЕС в НПС, які є на декілька порядків нижчі в порівнянні з вимогами НРБУ-97 щодо допустимих значень радіонуклідів в повітрі приземного шару атмосфери, в підземних та поверхневих водах територій розташування АЕС України. Вплив радіаційних факторів на стан НПС більш детально описано в окремому річному звіті дирекції з нагляду за безпекою [10].

Втім, атомна енергетика в цілому з урахуванням відходів, що скидаються у природне середовище обслуговуючими її підприємствами інших галузей, не може вважатися екологічно чистою.

При роботі АЕС утворюються різні види РАВ. Так, твердими відходами АЕС є частини демонтованого обладнання, відпрацьовані фільтри, сміття

тощо; рідкими відходами є залишки після випаровування радіоактивних вод, дезактиваційні розчини, води спецпралень та інші.

Усі радіоактивні викиди потоків газів у повітря технологічного та вентиляційного походження піддаються попередньому очищенню.

Таблиця 1

**Класифікація факторів впливу об'єктів АЕС на довкілля**

<b>Чинники</b>	<b>Впливи</b>	<b>Енергетичні об'єкти</b>
<b>Чинники безпосереднього впливу</b>		
Загальні	вилучення території	Для всіх об'єктів інфраструктури АЕС
Групові	теплове забруднення повітряного басейну і водного середовища	градірні, водойми-охолоджувачі АЕС
	зволожуюче забруднення повітряного басейну	градірні, водойми-охолоджувачі АЕС
	використання водних ресурсів; скиди забруднюючих речовин ( у водні об'єкти/грунти)	АЕС
	шумовий вплив	ЛЕП АЕС
Специфічні	утворення твердих, рідких і газоподібних радіоактивних відходів	АЕС
	будівництво гребель	водовми-охолоджувачі АЕС, канали
	створення водойм	водовми-охолоджувачі АЕС, канали
	переформування берегів	водовми-охолоджувачі АЕС
	зміна сейсмічності території	водовми-охолоджувачі АЕС
	підтоплення та заболочування територій	водовми-охолоджувачі АЕС, канали
	вплив на підземні води	АЕС, водойми-охолоджувачі АЕС
	зміна внутрішньоводоймових процесів	Річки, водосховища
	виникнення блукаючих струмів	ЛЕП і електричні підстанції
	виникнення шумів	ЛЕП і електричні підстанції, насосні
	утворення зон підвищеної напруженості електромагнітного поля	ЛЕП і електричні підстанції
<b>Чинники опосередкованого впливу</b>		
Загальні	вплив на довкілля при виготовленні електроенергетичного обладнання	Для всіх об'єктів АЕС
Групові	вплив на довкілля при транспортуванні палива	АЕС

При роботі АЕС використовується велика кількість води для охолодження конденсаторів турбін. При цьому в атомних реакторах типу ВВЕР (PWR), що зараз встановлені на всіх українських АЕС, з турбін доводиться відводити значно більше теплоти, ніж з турбін ТЕС. За порівняно однакової потужності електростанцій витрати води на охолодження конденсаторів АЕС через градирні значно більші, ніж на ТЕС. У разі використання на АЕС водойм-охолоджувачів їхня поверхня також має бути значно більшою. В цьому випадку площа земель, що відводяться під водойму-охолоджувач також значно збільшується. Отже, АЕС при експлуатації мають суттєво більші масштаби використання природних водних і земельних ресурсів, ніж звичайні теплоелектростанції, що працюють на органічному паливі.

За умови нормальної експлуатації АЕС наявні реактори ВВЕР-1000 та ВВЕР-440 не спричиняють істотних змін природного радіоактивного фону. Разом з тим, під час технологічного процесу при експлуатації АЕС здійснюються певні викиди радіоактивних аерозолів і відбуваються витoki води, яка містить радіоактивні речовини (рис. 1) [7].

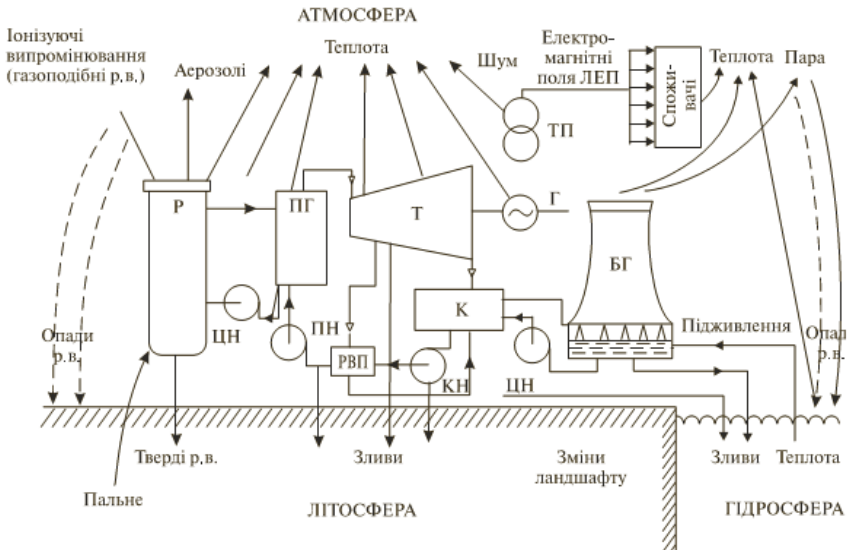


Рис. 1. Схема взаємодії АЕС і довкілля

Р – ядерний реактор, ПГ – парогенератор, Т – турбоагрегат, Г – електрогенератор, ПК – підвідні канали, К – конденсатор, РВП – регенеративні водопідігрівачі, КН – конденсатні насоси, ПН – живильні насоси, ЦН – циркуляційні насоси, ТП – трансформаторні підстанції, ЛЕП – лінії електропередач, БГ – бризкальня градирня, р.в. – радіоактивні відходи.

Для захисту населення від впливу несприятливих виробничих чинників з урахуванням напрямків поширення можливих викидів та скидів навколо промайданчиків АЕС встановлюються санітарно-захисні зони (ЮУ АЕС – 2,5 км; ХАЕС – 2,7 км; РАЕС – 2,5 км; ЗАЕС – 2,5 км).

Основний чинник екологічної небезпеки АЕС – можливість значного радіоактивного забруднення довкілля внаслідок аварійних техногенних викидів при роботі атомних реакторів.

Забруднення території України радіоактивними викидами при аварії на Чорнобильській АЕС не мало аналогів як за масштабами, так і за глибиною екологічних, соціальних та економічних наслідків. Аварія на Чорнобильській АЕС призвела до забруднення близько 12 млн. га земель, з них 8,4 млн. га сільськогосподарських угідь. Залежно від ландшафтних та геохімічних особливостей ґрунтів, міри перевищення природного доаварійного рівня накопичення радіонуклідів у НС, пов'язаних з ними ступенів можливого негативного впливу на здоров'я населення, вимог щодо здійснення радіаційного захисту населення та інших спеціальних заходів, з урахуванням загальних виробничих соціально-побутових відносин, територія, що зазнала радіоактивного і забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи, була поділена на спеціальні зони, а саме: зона відчуження, зона безумовного (обов'язкового) відселення, зона гарантованого добровільного відселення, зона посиленого радіоекологічного контролю [5].

Аналіз літературних даних, спеціальні натурні, експериментальні та модельні дослідження природних і техногенних процесів, їх параметрів і чинників небезпеки, що мали місце в зонах впливу АЕС України, дозволили систематизувати типові взаємозв'язки та негативні впливи різних джерел небезпек, які формують природно-техногенний стан усїєї системи “АЕС-НПС” [6] і визначають основні види екологічних небезпек, що показано на рис. 2.

На схемі представлені основні групи небезпечних геологічних і інженерно-геологічних процесів (явищ), що виділені у рамках. Прояв цих процесів безпосередньо в зоні розташування АЕС обумовлює можливі зміни в параметрах геологічного середовища та інших підсистемах – гідросфері, атмосфері та біосфері. Стрілки вказують, з одного боку, можливі негативні впливи об'єктів інфраструктури АЕС на розвиток (активізацію) геодинамічного процесу (явища), з іншого, – характер небезпечних можливих впливів природних процесів на інженерну стійкість споруд АЕС (пунктирні стрілки – незначний вплив, суцільні – можливі значні негативні впливи).

Знак “+” біля найменування процесу вказує на можливість його прояву на майданчику проектування АЕС, але такий процес повинен бути підконтрольним на весь час експлуатації станції, а також на випадок його активізації для зменшення негативного впливу повинні бути розроблені природозахисні заходи. Знак “-” вказує на недопустимість прояву процесу на майданчиках розміщення АЕС в зонах, де ці процеси можуть безпосередньо створювати підвищений ризик щодо відповідальних споруд АЕС (реакторне

відділення, гребля водоймища-охолоджувача, сховище РАВ та ін.).

На схемі також відображено характер взаємодії з боку АЕС на інші підсистеми НПС – атмосферу, гідросферу, а також можливі впливи на саму АЕС з боку зовнішніх чинників (падіння метеориту або літака, катастрофічне атмосферне явище, впливи суміжних природно-техногенних систем).

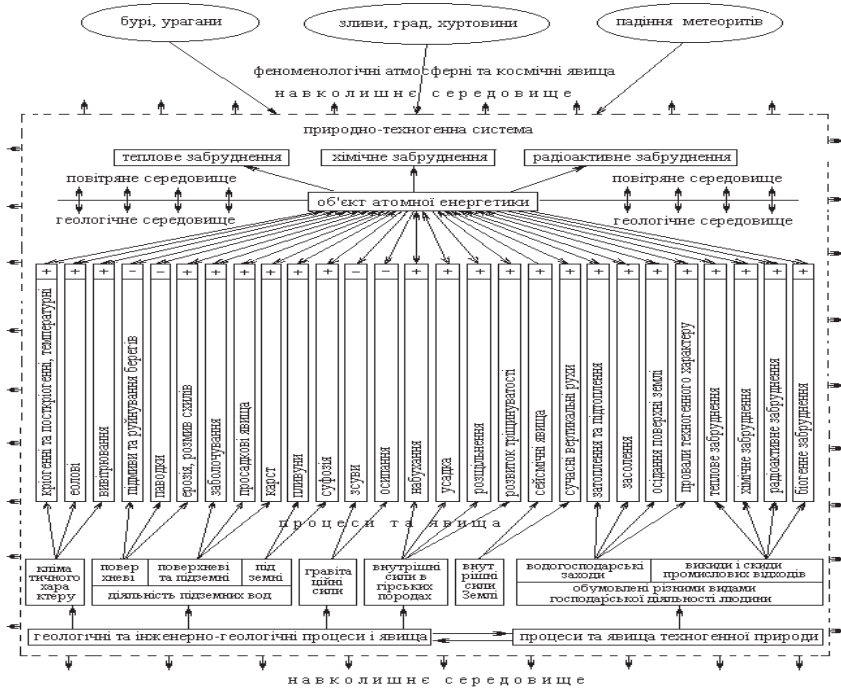


Рис. 2. Принципова схема формування стану природно-техногенної системи “АЕС-НПС” в зоні впливу АЕС (з зовнішніми та внутрішніми зв’язками між підсистемами та негативними процесами і явищами)

При нормальній роботі АЕС та при проектних аваріях (оціночна імовірність аварійних ситуацій така, що ними нехтувати не можна) станція є джерелом відносно малих забруднень, впливи яких на НС і населення незначні (ефекти синергізму внаслідок цього виключені). Проте, усі види впливів на НПС та населення з боку АЕС діють в одному напрямі, що в свою чергу призводить до ефекту, при якому відклики (реакція) екосистем і організму людини на впливи сумуються.

Для систематизації впливів від різних видів забруднень з об’єктів атомної енергетики, спрощення та чіткої структуризації моделей прогнозування ступеню техногенно-екологічної небезпеки для населення і

довкілля запропоновано розділити систему “АЕС-НПС” на підсистеми, що включають: техногенну складову – джерела небезпеки (АЕС та об’єкти ЯПЦ), види забруднень; природні підсистеми – повітря, поверхневі води, підземні води, ґрунти, що розглядаються середовищами переносу забруднень з складними шляхами міграції хімічних та радіоактивних речовин, органічно пов’язаних з ланцюгами життєзабезпечення людини (диханням, надходженням з їжею, зовнішнім опроміненням та безпосереднім шкіряним контактом). Блоково-модульна структурна схема цієї моделі наведена на рис. 3. Ця концептуальна модель є базовою при розрахунках ступеня небезпеки для проживання населення, що мешкає в екологічно небезпечних зонах, і застосовується при розрахунках екологічних ризиків від дії радіаційних і хімічних чинників небезпеки.

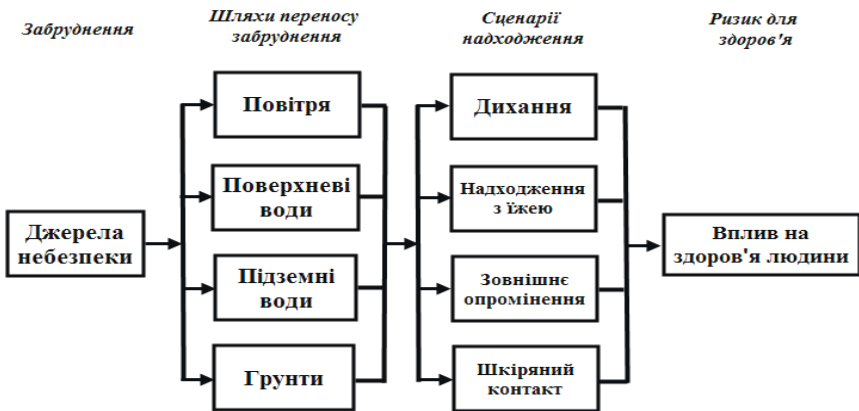


Рис. 3. Принципова структурна схема моделі розповсюдження речовин-забруднювачів у підсистемах природного середовища з урахуванням можливих сценаріїв впливу на населення

АЕС є не тільки потенційним джерелом радіоактивного забруднення, але і становлять загрозу як джерела хімічного забруднення довкілля [1, 9].

Основним джерелом хімічного забруднення повітряного басейну від діючих АЕС є, в основному, допоміжні об’єкти: пускові резервні котельні, дизельні генератори, пересувний транспорт, підприємства водоканалізаційного господарства, ремонтно-будівні цехи і т.д [9].

Внески АЕС у хімічне забруднення водних об’єктів можуть здійснюватись через продувочні води, які скидаються у ставки-охолоджувачі, та промислово-зливові води проммайданчиків АЕС. Однак їх вплив в цілому оцінюється як незначний.

У технологічних циклах АЕС використовується значна кількість токсичних хімічних речовин, що вимагає ретельного аналізу можливих небезпек, пов’язаних з цими чинниками. Це вимагає здійснення низки



превентивних заходів для запобігання попадання шкідливих сполук в об'єкти НС [4].

Більша частина АЕС України (ЗАЕС, ХАЕС, ЮУАЕС) в процесі своєї роботи для охолодження конденсаторів турбін використовує воду спеціально споруджених для цих цілей ставків-охолоджувачів. Тільки РАЕС і частково ЗАЕС використовують для цього зворотну воду, яка охолоджується градирнями. Продувки ставків-охолоджувачів на ЗАЕС та ЮУАЕС здійснюються періодично у відповідності з чинними регламентами та в строки, що дозволені природоохоронними та рибоохоронними органами. Підживлення з річки та продувка в річку систем оборотного охолодження РАЕС здійснюється постійно. За результатами експлуатації ставка-охолоджувача ХАЕС було доведено, що його продувка не потрібна, в зв'язку з тим, що водоймище має достатній водообмін з природним джерелом додаткової води [9].

Використана ВП АЕС технічна вода, стічні (після очистки), дебалансні та дощові води скидаються, як правило, в ставки-охолоджувачі. При цьому останні забруднюються хімічними, біологічними та іншими сполуками. АЕС здійснюють також тепловий вплив на НС шляхом скидання в ставки-охолоджувачі підігрітих вод після конденсаторів турбін. В результаті випаровування та сольових надходжень зростає мінералізація закритих промислових водоймищ, що здійснює негативний вплив на роботу теплообмінного обладнання АЕС.

Таким чином, хімічний чинник безпеки є важливою складовою в процесах експлуатаційного циклу роботи АЕС, що обґрунтовано вимагає здійснення контролю за цими процесами та їх потенційними впливами на об'єкти НПС.

### **Висновки**

Як показує аналіз світових та вітчизняних проблем атомної енергетики, її становлення та розвиток створюють різні негативні впливи на об'єкти НПС.

В даній статті виконаний детальний аналіз факторів радіаційного та хімічного впливу на всі компоненти НПС при експлуатації АЕС. Приведено систематизацію типових взаємозв'язків та негативних впливів різних джерел небезпек, які формують природно-техногенний стан усєї системи "АЕС-НПС" і визначають основні види екологічних небезпек.

Показано, що при нормальній роботі та при проектних аваріях АЕС є джерелом відносно малих хімічних та радіаційних забруднень, впливи яких на навколишнє середовище і населення незначні. Проте, усі види впливів з боку АЕС діють в одному напрямі, що в свою чергу призводить до ефекту синергізму, який створює значні екологічні ризики для компонентів НПС та ризики для здоров'я населення прилеглих територій.

При великих запроектованих аваріях, АЕС є дуже потужним джерелом радіаційного забруднення, вплив якого на довкілля має катастрофічні наслідки.

Проведене дослідження є основою для побудови системи комплексного радіоекологічного моніторингу наземних екосистем у районах розташування АЕС для забезпечення їх екологічної та радіаційної безпеки при штатному та аварійному режимах роботи.

1. *Бадяев В.В.* Охрана окружающей среды при эксплуатации АЭС. / В.В. Бадяев, Ю.А. Егоров, С.В. Казаков. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 224 с.
2. *Барбашев С.В.* Система комплексного радіоекологічного моніторингу районів розташування АЕС України : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : спец. 05.14.14 „Теплові та атомні енергоустановки” / С.В. Барбашев. – Одеса, 2009. – 36 с.
3. *Бликс Х.* Атомная энергия и окружающая среда / Х. Бликс // Экологические системы. – 2005. – № 8. – С. 5-7.
4. *Герцюк М.М.* Хімічна безпека систем підготовки води Южно-Української АЕС / М.М. Герцюк та ін. // VII Міжнар. наук. – практ. конф. "Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення" (Алушта, АР Крим, вересень 12–16, 2011 р.): 36. наук. ст. у двох томах – Харків, 2011. – Т.1. – С. 152-159.
5. Закон України «Про статус і соціальний захист громадян, які постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи», введений в дію Постановою ВР N 797-ХІІ (797-12) від 28.02.91 (остання редакція закону N 5459-VI (5459-17) від 16.10.2012).
6. *Лисиченко Г.В.* Методологія оцінювання екологічних ризиків. Монографія. / Г.В. Лисиченко, Г.А. Хміль, С.В. Барбашев – Одеса: Астропринт. 2011. – 368 с.
7. *Маляренко В.А.* Энергетика і навколишнє середовище / В.А. Маляренко. – Х.: Видавництво САГА, 2008. – 364 с.
8. *Маргулова Т.Х.* Атомные электрические станции: Учебник для вузов / Т. Х. Маргулова. – М.: Высшая школа, 1984. – 304 с.
9. Отчет «По оценке воздействия нерациональных факторов ОП АЭС ГП НАЭК «Энергоатом» на окружающую среду за 2012 г.». – К., 2013. – 87 с.
10. Отчет «Состояние радиационной безопасности и радиационной защиты на ОП АЭС ГП «НАЭК «Энергоатом» в 2012 г.». – К., 2013. – 102 с.
11. *Попов О.О.* Підходи до організації та ведення комплексного радіоекологічного моніторингу наземних екосистем у районах розташування АЕС / О.О. Попов // Збірник наукових праць ІПМЕ ім. Г.С. Пухова НАН України. – 2013. – Вип. 68. – С. 11-18.
12. *Сегеда С.О.* Екологічна оцінка стану навколишнього природного середовища в районі розташування ВП «Южно-Українська АЕС»: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 21.06.01 «Екологічна безпека» / С.О. Сегеда. – Харків, 2012. – 20 с.
13. *Топольницький М.В.* Атомні електричні станції: [Підручник для ВУЗів.] / М.В. Топольницький. – Л : Видавництво національного університету "Львівська політехніка", 2003. – 563 с.

*Поступила 10.03.2014р.*