

Ю. М. Лобач, О. В. Сваричевська,  
В. В. Тришин

*Інститут ядерних досліджень НАН України*

## Особливості оцінки впливу на оточуюче середовище при знятті з експлуатації дослідницького реактора ВВР-М

*Проведено аналіз основних факторів впливу на довкілля при роботах із зняття з експлуатації дослідницького реактора ВВР-М та порівняння особливостей радіаційного моніторингу при його експлуатації та при знятті з експлуатації.*

Ю. Н. Лобач, Е. В. Сваричевская, В. В. Тришин

**Особенности оценки воздействия на окружающую среду при снятии с эксплуатации исследовательского реактора ВВР-М**

*Проведен анализ основных факторов воздействия на окружающую среду при работах по снятию с эксплуатации исследовательского реактора ВВР-М и сравнение особенностей радиационного мониторинга при его эксплуатации и снятии с эксплуатации.*

**Д**ослідницький ядерний реактор ВВР-М (далі — ДЯР) є експериментальною базою для багатьох наукових, науково-технічних та освітнянських установ. За 47 років роботи реактора на ньому було виконано значний обсяг наукових досліджень з ядерної і нейтронної фізики, атомної енергетики, радіаційного матеріалознавства, фізики конденсованого середовища, радіаційної фізики напівпровідників, радіобіології, медицини.

У 2004 р. НАН України схвалила документ [1], стратегічною метою якого визначено продовження експлуатації реактора до 2015 р., після чого його експлуатація буде остаточно зупинена і відбудеться перехід до завершального етапу життєвого циклу реактора — зняття з експлуатації (далі — ЗЕ).

Згідно з нормативним документом [2], планування ЗЕ ядерної установки має починатися якомога раніше, ще на етапі її експлуатації. Попереднє планування ЗЕ ДЯР ВВР-М було розпочато в Концепції зняття з експлуатації дослідницького реактора ВВР-М НЦ ІЯД НАН України [3], де в загальному вигляді окреслено можливі підходи до майбутнього ЗЕ. Зараз продовжується робота по вдосконаленню і деталізації цього документа.

Існує декілька визначень терміну *зняття з експлуатації*, в цій статті він використовується в широкому розумінні, яке охоплює всі адміністративні й технічні заходи, пов'язані з виконанням ЗЕ і вивільненням майданчика з-під регулюючого контролю. Такі заходи полягають у своєчасному плануванні ЗЕ, видаленні відпрацьованого ядерного палива або його збереженні на майданчику, дезактивації структур і обладнання, демонтажі систем і обладнання, видаленні радіоактивних та інших відходів за межі майданчика, відновленні забруднених територій і будівель, що залишаються, а також у будь-якій іншій діяльності, пов'язаній з досягненням прийняттого кінцевого стану майданчика. Процес ЗЕ може тривати кілька років або навіть десятиліть, він може складатися з періодів виконання робіт, розділених періодами відносної бездіяльності. При цьому, безумовно, мають бути забезпечені безпека і захист здоров'я людей та навколишнього середовища від радіологічних і техногенних впливів.

Національне ядерне законодавство України, в цілому, сформовано і, тим самим, створено правове поле для регулювання мирного використання ядерної енергії. Однак у системі чинних нормативно-правових актів з безпеки в ядерній енергетиці немає спеціальних нормативів (критеріїв) з ядерної та радіаційної безпеки при виконанні робіт зі ЗЕ, тому для таких робіт треба використовувати ті ж самі документи, що і при експлуатації.

Досвід свідчить, що ЗЕ не є простим продовженням експлуатаційних операцій, подібним новому експлуатаційному режиму. При ЗЕ матиме місце цілеспрямоване руйнування захисних бар'єрів безпеки і потенційно можливий викид радіоактивних речовин у твердому і рідкому вигляді або у вигляді аерозолів. Тому прийнято, що положення з безпекою, що мало місце при експлуатації установки, не відповідає положенню при її ЗЕ. Радіоактивні речовини та інші небезпечні відходи, що утворюватимуться при ЗЕ, слід врахувати, класифікувати і привести до стану, безпечного для персоналу, населення і навколишнього середовища. Радіаційні умови при виконанні робіт із ЗЕ можуть суттєво відрізнятись від умов при експлуатації ЯУ (ліквідовані захисні бар'єри, значний обсяг робіт з відкритими ДІВ з переважним внутрішнім опроміненням персоналу та ін.). Перед виконанням кожного етапу ЗЕ для забезпечення радіаційної

безпеки розробляється, погоджується і затверджується у встановленому порядку (а в ході виконання за необхідності — вчасно переглядається) програма радіаційного захисту в складі програми (проекту) реалізації даного етапу ЗЕ.

Оцінка впливів на навколишнє середовище (ОВНС) встановлена чинним законодавством [2, 4 — 6]. Метою ОВНС є недопущення можливих негативних наслідків від діяльності при ЗЕ на оточуюче природне, техногенне і соціальне середовище. Результати попередньої оцінки впливів на навколишнє середовище при ЗЕ мають бути представлені у відповідних розділах звітів ОВНС у складі пакетів проектно-документації. Результати детальної оцінки впливів на навколишнє середовище при ЗЕ мають бути представлені в складі програм ЗЕ та підлягають уточненню в складі програм (проектів) реалізації етапів ЗЕ. Слід відзначити, що процес виконання ОВНС є по своїй суті інтерактивним процесом, тобто кожен крок розробки проекту ЗЕ повинен враховувати результати ОВНС, а в разі необхідності проект має бути відповідним чином змінений.

У даній роботі проаналізовано основні фактори впливу на довкілля при виконанні робіт зі ЗЕ ДЯР ВВР-М та порівняння особливостей радіаційного моніторингу при його експлуатації та під час ЗЕ. Попередні висновки такого аналізу будуть враховані при виборі варіанта стратегії ЗЕ, використання технологій демонтажу і поводження з радіоактивними відходами.

### Основні проблеми при ЗЕ ДЯР ВВР-М

ДЯР ВВР-М являє собою одну із вдалих модифікацій вододяних реакторів. Такі реактори відзначаються простотою конструкції, зручностями проведення експериментів, відносно невеликою вартістю, низькими експлуатаційними витратами, надійністю і безпекою в роботі. Реактор ВВР-М — реактор басейного типу, в якому вода виконує функції уповільнювача нейтронів, теплоносія та є одночасно біологічним захистом. Завдяки своїм параметрам (теплова потужність 10 МВт, щільність потоку нейтронів близько  $1,2 \cdot 10^{14}$  н/см<sup>2</sup>·с, 10 горизонтальних та 20 вертикальних каналів) він належить до кращих реакторів у світі.

Ядерним паливом для ДЯР ВВР-М є збагачений уран, який завантажується в активну зону у вигляді тепловидільних збірок (ТВЗ). Використовуються ТВЗ типу ВВР-М2 із збагаченням 36 % по урану-235.

Основні споруди реактора знаходяться на реакторному майданчику, розташованому на території Інституту ядерних досліджень НАН України — це південно-східна частина м. Києва. За гідрологічними, геологічними умовами та з точки зору сейсмічності майданчик реактора відповідає вимогам правил, норм і стандартів щодо розміщення ядерних об'єктів: ґрунтові води знаходяться нижче 20 м, зона сейсмічності майданчика — 5 балів.

Протягом усього періоду експлуатації реактора на різних рівнях потужності напрацьовано 39,3 ГВт·діб і жодна з аварійних ситуацій на реакторі не призвела до порушень меж і умов безпечної експлуатації. Забруднень радіонуклідами та аерозолями приміщень зони вільного режиму за роки експлуатації вище встановлених контрольних рівнів не було. Непередбачуване забруднення приміщень зони строгого режиму відбувалося, в основному, внаслідок помилкових дій персоналу (біля 95 %). Дози зовнішнього опромінення персоналу не перевищували встановлених контрольних рівнів.

ЗЕ ДЯР має ряд особливостей порівняно із ЗЕ енергоблоків АЕС, що необхідно враховувати при виборі стратегії та на всіх етапах робіт [7 — 15]. У процесі ЗЕ ДЯР значно меншими будуть кількість матеріалів від демонтажу (за оцінками, приблизно 10 — 15 % для енергоблока АЕС потужністю 1000 МВт) та вплив на оточуюче середовище.

Ключовим документом МАГАТЕ, що узагальнює світовий досвід і містить рекомендації до підходів і процедур ЗЕ, є документ [16], у якому визначено два основних підходи до ЗЕ: невідкладний демонтаж та відкладений демонтаж.

Альтернативним підходом є концепція “могильника”, реалізована в деяких країнах для окремих об'єктів [10]. Зокрема, концепція ENTOMB, яка дозволена регулюючим органом США, передбачає включення радіоактивно забрудненого об'єкта до структури стабільного матеріалу типу бетону. Така стверділа структура відповідно підтримується, забезпечується тривалий контроль за відсутності виходу радіоактивності з об'єкта доти, поки за рахунок розпаду радіоактивність не досягне рівнів, допустимих для необмеженого використання. Разом з тим, на сьогодні у більшості країн таке захоронення ЯУ як завершальний етап її життєвого циклу вважається неприйнятним.

Вибираючи стратегію ЗЕ ДЯР ВВР-М, необхідно враховувати деякі особливості:

ДЯР розташований у великому багатомільйонному місті, що збільшує потенційну небезпеку наслідків можливих аварій і ускладнює роботи з вивозу відпрацьованого ядерного палива, радіоактивних відходів та забрудненого обладнання;

поряд з ДЯР на території Інституту розташовані інші діючі радіаційно-небезпечні установки (насамперед, електростатичний прискорювач ЕСГ та циклотрон У-240);

через досить високі щільності потоку нейтронів наведена активність конструкцій, розташованих в безпосередній близькості від активної зони, дуже значна;

відходи, що утворюються при ЗЕ, відрізняються від експлуатаційних як більшим різноманіттям видів, так і значно більшими об'ємами;

ДЯР має у своєму складі горизонтальні експериментальні канали та інші експериментальні пристрої, демонтаж яких особливо складний.

Зняття реактора з експлуатації передує етап припинення експлуатації — заключний етап експлуатації, який реалізується після прийняття рішення про зняття його з експлуатації. Головна мета етапу припинення експлуатації — звільнення реактора від ядерного палива і переміщення ВЯП у сховища для довгострокового безпечного зберігання. Цей етап починається після остаточної зупинки реактора і виконується відповідно до програми припинення експлуатації. Паливо з активної зони реактора після витримки в басейні на протязі трьох років підлягає вилученню за межі реактора в сховище для довгострокового зберігання. Операції по вилученню палива виконуються в рамках ліцензії на експлуатацію, а по завершенні цих операцій ліцензія анулюється і не може бути поновлена. Подальші операції виконуються згідно з ліцензією на ЗЕ.

Особливістю заключного етапу життєвого циклу ядерних установок є відсутність на їх території ядерного палива, а отже, відсутність можливості виникнення ядерної аварії й істотне зниження ймовірності та розмірів потенційних радіаційних аварій. Крім того, припинення технологічного циклу обумовлює істотно менші газо-аерозольні радіоактивні викиди до атмосфери у порівнянні з періодом експлуатації. Як наслідок, безпосередній вплив на компо-

ненти навколишнього природного середовища виявляється істотно менш вагомим і більш локалізованим, а безпосередній вплив на інші складові довкілля — нехтуючи малим у порівнянні з періодом експлуатації.

Вітчизняним нормативним документом [2] встановлено наступні етапи ЗЕ: остаточне закриття, консервація, витримка і демонтаж, причому в разі обрання стратегії невідкладного демонтажу етапи консервації і витримки є непотрібними. Кінцевий стан етапу демонтажу характеризується тим, що територія реактора звільняється від підлягаючих контролю джерел іонізуючого випромінювання з подальшим скасуванням режиму обмежень і скороченням радіаційного контролю в зоні спостереження та санітарно-захисній зоні. Досягнення такого кінцевого стану в повному обсязі не є обов'язковим, якщо на базі частини реактора передбачається створення нового об'єкта (нова ядерна установка чи об'єкт, призначений для поводження з радіоактивними відходами) або певна частина реактора має бути приєднана до іншого вже існуючого об'єкта, який експлуатується (сховище ВЯП, "гарячі камери" та ін.).

Вибираючи найбільш прийнятну стратегію ЗЕ [17] для конкретного ДЯР, необхідно оцінити вплив великої кількості факторів, в тому числі й аналіз "витрати — користь". При цьому на вибір стратегії ЗЕ суттєво впливатимуть результати ОВНС.

Вирішальним фактором вибору стратегії ЗЕ є плани майбутнього використання майданчика, тобто його обмежене або обмежене використання. На сьогодні існує деяка невизначеність стосовно майданчика ДЯР ВВР-М і тому в [3] розглядаються обидва варіанта стратегії ЗЕ: а) невідкладний демонтаж реактора, який можливо виконати за 3–4 роки; б) відкладений демонтаж, який виконуватиметься після витримки реактора в законсервованому стані на протязі 30 років. Остаточний вибір оптимальної стратегії ЗЕ буде зроблено при розробці програми зняття з експлуатації на стадії техніко-економічного обґрунтування, при цьому враховуватимуться результати, отримані в процесі комплексного інженерного і радіаційного обстеження, а також економічні і екологічні оцінки, але зараз при попередній оцінці впливу ЗЕ на довкілля мають розглядатися обидва варіанти.

### Сучасний стан радіаційного моніторингу в зоні впливу ДЯР ВВР-М

Можливими джерелами іонізуючого випромінювання чи радіаційних полів у ДЯР є:

- радіоактивність, накопичена в активній зоні реактора; сховище відпрацьованого ядерного палива;
- продукти поділу, активації та корозії в басейні витримки або системі теплоносія;
- обладнання, системи і трубопроводи, які містять джерела з наведеною активністю;
- тверді і рідкі відходи та установки для поводження з ними, а також протікання або розливи рідин з цих установок;
- газоподібні радіоактивні матеріали з басейна, систем теплоносія, експериментальних установок, з'єднаних з вентиляційними системами, або будь-які протікання з цих систем;
- експериментальні установки, в яких потенційно можуть утворюватися радіоактивні речовини, або установки для зберігання таких речовин і поводження з ними, включаючи установки з активації зразків (опромінюючі установки), експериментальні установки в активній зоні і гарячі камери;

матеріал, опромінений у реакторі; пускові нейтронні джерела.

Основним фактором радіаційного впливу на довкілля під час експлуатації ДЯР ВВР-М є радіоактивні викиди, скиди відсутні завдяки технологічній конструкції реактора. На протязі всього періоду експлуатації ДЯР ВВР-М проводиться систематичний радіаційний моніторинг за впливом на об'єкти навколишнього природного середовища. Завданням діючої системи моніторингу є радіаційний контроль впливу ДЯР на об'єкти довкілля в санітарно-захисній зоні та зоні спостереження. Дослідження проводяться в 6 стаціонарних точках санітарно-захисної зони (СЗЗ) реактора ВВР-М і в 12 стаціонарних точках зони спостереження (ЗС), вибраних з урахуванням рози вітрів.

За регламентом контролюються рівні загальної гамма-, бета- і альфа-активності та вміст радіонуклідів  $^3\text{H}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  у атмосферних опадах і осідаючому пилю; воді з основних колекторів ІЯД; воді з відкритих водоймищ (у тому числі з р. Дніпро — вище та нижче за течією відносно розташування реактора); талій воді снігового покриву і безрезовому соку; ґрунті та рослинності. Також проводяться вимірювання вмісту короткоіснуючих і довгоіснуючих альфа-, бета-аерозолів у приземному шарі атмосферного повітря та потужності експозиційної дози гамма-випромінювання у контрольних точках. Періодичність контролю визначається відповідно до вимог "Положення ЦЭПАЭ ИЯИ НАН Украины по радиационному контролю объектов внешней среды", затвердженого Головним санітарним лікарем м. Києва.

Підготовка зразків та вимірювання вмісту в них радіонуклідів проводиться в лабораторії II класу робіт з радіоактивними речовинами, акредитованій Всеукраїнським державним науково-виробничим центром стандартизації, метрології, сертифікації та захисту прав споживачів. При виконанні досліджень використовуються, в основному, загальноприйняті методики [18], в окремих випадках — власні методики [19–20]. Результати багаторічних спостережень щоквартально передаються до міської СЕС та надаються усім зацікавленим організаціям, таким як Головна екологічна інспекція Мінекобезпеки України, Державний комітет ядерного регулювання України та ін., а також представлені в публікаціях [21–23].

Аналіз результатів спостережень свідчить, що радіаційний вплив ДЯР на довкілля (повітря, воду, ґрунт, рослинність тощо) дуже незначний і його надзвичайно важко вичленити з природного радіаційного фону та на тлі техногенних забруднень, пов'язаних з чорнобильськими та глобальними випадіннями [21].

З вищесказаного можна зробити висновок, що, по-перше, радіаційний моніторинг навколо дослідницького реактора ВВР-М, безсумнівно, треба продовжувати на випадок аварійних ситуацій і, по-друге, необхідно підвищувати чутливість вимірювань за рахунок використання сучасного високочутливого обладнання та розробки нових методик вимірювань.

### Можливий вплив на оточуюче середовище при ЗЕ ДЯР ВВР-М

Для ефективного захисту персоналу і навколишнього середовища від радіоактивного забруднення головними завданнями при ЗЕ ДЯР повинні бути:

- мінімізація опромінення персоналу, який здійснює роботи зі ЗЕ;
- мінімізація об'ємів радіоактивних відходів.

Таблиця 1. Ідентифікація впливу ЗЕ ДЯР ВВР-М на довкілля

| ФАКТОРИ                     |                       | Дії, що мають потенційний вплив на компоненти довкілля |                      |                            |                     |                               |                     |                            |                  |                      |                             |        |                              |                    |                 |  |
|-----------------------------|-----------------------|--|----------------------|----------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|----------------------------|------------------|----------------------|-----------------------------|--------|------------------------------|--------------------|-----------------|--|
|                             |                       | Модифікація майданчика                                 | Модифікація будівель | Модифікація меж майданчика | Розбирання будівель | Виспання і переміщення ґрунта | Утилізація відходів | Транспортування матеріалів | Поводження з РАВ | Викиди газів і рідин | Зберігання твердих відходів | Пожежі | Протікання забруднених рідин | Поломки обладнання | Нещасні випадки | Руйнування в результаті зовнішнього впливу |
| Природне середовище         | Повітря               | —  | —                    | —                          | ⊗                   | ⊗                             | ○                   | ○                          | ○                | ○                    | —                           | ⊗      | ○                            | —                  | —               | ○  |
|                             | Ґрунти                | ○  | ○                    | ○                          | ⊗                   | ○                             | ○                   | —                          | —                | ○                    | ○                           | ○      | ○                            | —                  | —               | ○  |
|                             | Водне середовище      | —  | —                    | —                          | ○                   | —                             | —                   | —                          | ○                | ○                    | ○                           | ○      | ○                            | —                  | —               | ○  |
|                             | Рослинний світ        | —  | —                    | —                          | ○                   | —                             | —                   | —                          | —                | ○                    | ○                           | ○      | ○                            | —                  | —               | ○  |
|                             | Тваринний світ        | —  | —                    | —                          | ○                   | —                             | —                   | —                          | —                | ○                    | ○                           | ○      | ○                            | —                  | —               | ○  |
|                             | Ландшафт              | —  | ○                    | ○                          | ○                   | ○                             | —                   | —                          | —                | —                    | ○                           | ○      | —                            | —                  | —               | —  |
| Соціо-економічне середовище | Використання землі    | —  | —                    | —                          | ○                   | —                             | —                   | —                          | —                | —                    | ○                           | —      | —                            | —                  | —               | —  |
|                             | Культурні фактори     | ○  | —                    | —                          | —                   | —                             | —                   | —                          | —                | —                    | —                           | —      | —                            | —                  | —               | —  |
|                             | Інфраструктура        | ○  | ○                    | ○                          | —                   | —                             | —                   | ○                          | ○                | —                    | —                           | —      | —                            | —                  | —               | —  |
|                             | Людські фактори       | ○  | ○                    | ○                          | ○                   | ○                             | ○                   | ○                          | ○                | ○                    | ○                           | ⊗      | ○                            | ○                  | ⊗               | ⊗  |
|                             | Населення і економіка | —  | —                    | —                          | —                   | —                             | ○                   | ○                          | —                | ○                    | —                           | ⊗      | ○                            | —                  | —               | ⊗  |

Примітка. ⊗ — значний вплив; ○ — незначний вплив; — відсутність впливу.

З економічної точки зору ефективність виконання ЗЕ обумовлюється:

використанням апробованих технологій настільки, наскільки це можливо (крайні випадки, що потребують розробки спеціальних технологій для демонтажу, мають бути обмежені);

скороченням часу виконання робіт.

ЗЕ ДЯР включатиме такі види радіаційно-небезпечних робіт:

промивку і дезактивацію технологічного обладнання;

інвентаризацію радіоактивних відходів;

вилучення найбільш потужних джерел іонізуючого випромінювання з метою зниження фону до початку робіт з дезактивації;

дезактивацію забруднених приміщень і обладнання;

демонтаж обладнання і розбирання будівель, якщо це потрібно.

Конкретні технології дезактивації і демонтажу будуть визначені при розробці проекту ЗЕ, але цілком можливе припущення, що використовуватимуться такі методи:

холодне і гаряче різання технологічного обладнання;

демонтаж механічного обладнання шляхом звичайного розгвинчування і різання газовими різакми;

для будівель — застосування звичайних засобів руйнування;

для дезактивації — вода під тиском, застосування розчинів, електролітична дезактивація.

ЗЕ ДЯР ВВР-М може спричинити вплив на наступні фактори природного та соціально-економічного середовища.

**Повітряне середовище.** Демонтажні роботи при ЗЕ ДЯР включатимуть у себе розбирання будівель, дроблення уламків, розбирання металевих обладнання, переміщення транспорту і механізмів та ін. Така діяльність призводить до збільшення емісії радіоактивних і нерадіоактивних газів і аерозолів, а отже, може змінювати якість повітря.

Зазначимо, що в нормальному режимі робіт не буде неконтрольованої емісії радіоактивності повітряним шляхом завдяки наявності бар'єрів, таких як бар'єри тиску, закриті палатки, фільтри вентиляційних систем і т. д. Найважливішим потенційним джерелом емісії може бути пожежа.

**Водне середовище.** У разі демонтажу будівель і зняття штучних покриттів може змінитися поверхня стоку води і дренажні характеристики ділянки.

**Ґрунти.** Забруднюючі частинки можуть знаходитися на поверхні землі або в ґрунті і це може впливати на якість ґрунту. Проте забруднені ділянки будуть в значній мірі локалізовані на майданчику. З метою повного вивільнення майданчика забруднені ділянки мають бути дезактивовані. Потенційні модифікації території обумовлюватимуться заповненням заглиблень, вирівнюванням, трамбуванням і перепрофілюванням, може мати місце видалення підземних споруджень.

**Рослинний і тваринний світ, заповідні об'єкти** — без істотного негативного впливу. Умови проживання і (або) поведінки деяких видів фауни підлягатимуть незначному впливу через збільшення рівня шуму.

**Навколишнє соціальне середовище (населення).** Очікується радіаційний вплив, значно менший встановлених лімітів доз з урахуванням квот згідно з НРБУ-97.

**Навколишнє техногенне середовище.** Очікується радіаційний вплив без перевищення нормативних лімітів доз для персоналу сусідніх об'єктів у санітарно-захисній зоні.

**Ландшафт.** Ландшафт зазнаватиме незначного впливу і тільки при розбиранні великих будівельних конструкцій.

**Використання землі.** Використання додаткових земель не буде, оскільки майданчик ДЯР ВВР-М займає обмежену частину території ІЯД НАН України.

**Інфраструктура.** В цілому, діяльність із демонтажу буде причиною збільшення інтенсивності дорожнього руху.

**Людські фактори.** Слід звернути увагу на наступні чинники: якість життя, здоров'я і безпека, матеріальне благо-

получчя і спосіб життя. Відносно здоров'я і безпеки, при ЗЕ ДЯР передбачаються певні заходи з підвищенням опромінення персоналу і другими ризиками. Відповідна проектно-документація оцінюватиме такі ризики і засоби їх попередження або зменшення. Найзначимішими з цих ризиків є:

- опромінення іонізуючим випромінюванням;
- вплив високих концентрацій пилу;
- падіння, контакт з електрикою та інші ризики, типові для будівельних робіт;
- вплив високих рівнів шуму.

Кількість персоналу ДЯР буде зменшено порівняно з періодом експлуатації і залежатиме від вибраного варіанта ЗЕ

*Населення і економіка.* Ризики, пов'язані зі здоров'ям і безпекою, будуть значно меншими порівняно з тими, що мали місце при експлуатації ДЯР. В цілому, повинні бути проаналізовані наступні фактори: рівень зайнятості, економічна доцільність, наявність допоміжної промисловості, інвестиції і затрати. Найбільший вплив на населення і економіку пов'язаний з припиненням корисної виробничої (наукової) діяльності і зменшенням економічної активності.

*Клімат, мікроклімат, геологічне середовище, культурні фактори* не зміняться.

У табл. 1 наведено матрицю ідентифікації впливу ЗЕ ДЯР ВВР-М на компоненти навколишнього природного середовища.

Система радіаційного контролю за впливом на довкілля при ЗЕ ДЯР ВВР-М базуватиметься на діючій системі радіаційного моніторингу. Проте її необхідно модифікувати і розширити, виходячи із задач, які виникатимуть від час виконання робіт зі ЗЕ. Насамперед, це задачі радіаційного контролю при транспортуванні ВЯП та РАВ, проведенні дезактиваційних та демонтажних робіт.

Контроль радіаційної обстановки при ЗЕ ДЯР здійснюватиметься штатною системою радіаційного контролю за допомогою таких технічних засобів:

- стаціонарних автоматизованих засобів безперервного контролю;
- рухомих засобів оперативного контролю;
- лабораторних аналізів;
- відбору і підготовки проб.

Контроль радіаційної обстановки залежно від характеру виконуваних робіт має включати:

- контроль потужності дози гамма-випромінювання на робочих місцях, в окремих приміщеннях та на території майданчика;

- контроль концентрації й радіонуклідного складу газів і аерозолів у повітрі робочих та інших приміщень, а також на майданчику;

- контроль рівня забруднення радіоактивними речовинами на поверхнях робочих приміщень і обладнання, спецодегу та взутті персоналу;

- контроль викиду радіоактивних речовин в атмосферу, включаючи контроль нуклідного складу;

- контроль вмісту радіоактивних речовин у радіоактивних відходах, включаючи контроль нуклідного складу;

- контроль на всіх етапах поводження з радіоактивними відходами;

- контроль нерадіоактивних відходів, що вивозяться за межі майданчика;

- контроль рівня забруднення транспортних засобів;
- контроль можливої міграції радіонуклідів у ґрунтових водах.

В цілому, у процесі ЗЕ не передбачається понаднормативного впливу на оточуюче середовище, а також не перед-

бачається нанесення йому шкоди. Тому відновні заходи з метою нормалізації стану окремих компонентів оточуючого середовища і проведення компенсаційних заходів для рівноцінного поліпшення стану природного і соціального середовища не потрібні. Проте при знятті ДЯР з експлуатації буде утворена певна кількість радіоактивних відходів. Таким чином, залишковий вплив на довкілля у вигляді утворення додаткового обсягу радіоактивних відходів при ліквідації реактора є неминучим.

## Висновки

1. Багаторічні дослідження в СЗЗ і ЗС ДЯР ВВР-М показали, що при експлуатації вплив на довкілля незначний.

2. При ЗЕ ДЯР ВВР-М діюча система радіаційного моніторингу навколишнього природного середовища буде збережена і пристосована до вирішення задач, пов'язаних з цими роботами.

3. У процесі ЗЕ не передбачається понаднормативного впливу на оточуюче середовище, а також нанесення йому помітної шкоди. Проте є неминучим залишковий вплив на довкілля у вигляді утворення додаткового обсягу РАВ.

4. Для оцінки впливу на довкілля і населення робіт зі ЗЕ ДЯР ВВР-М буде підготовлена вся документація згідно з вимогами, встановленими чинним законодавством. Громадськість буде проінформована про результати досліджень.

## Література

1. Стратегічний план використання дослідницького ядерного реактора ВВР-М Інституту ядерних досліджень НАН України. Затверджено НАНУ 5.07.2004.
2. НП 306.2.02/1.004-98, Загальні положення забезпечення безпеки при знятті з експлуатації атомних електростанцій і дослідницьких ядерних реакторів. — 1998.
3. Концепція зняття з експлуатації дослідницького реактора ВВР-М НЦ ІЯД НАН України. — К., 2001.
4. Закон України "Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку" від 8.02.1995, № 39/95-ВР.
5. Закон України "Про поводження з радіоактивними відходами" від 30.06.1995, № 255/95-ВР.
6. НД 306.607-95 Поводження з радіоактивними відходами. Вимоги до поводження з радіоактивними відходами до їх захоплення. Загальні положення. — 1995.
7. Decommissioning techniques for research reactors, Technical Report Series 373, IAEA, 1994.
8. Radiological characterization of shut down nuclear reactors for decommissioning purposes, Technical Report Series 389, IAEA, 1998.
9. State-of-the-art technology for decontamination and dismantling of nuclear facilities, Technical Report Series 395, IAEA, 1999.
10. On-site disposal as a decommissioning strategy, TECDOC 1124, IAEA, 1999.
11. Organization and management for decommissioning of large nuclear facilities, Technical Report Series 399, IAEA, 2000.
12. Transition from operation to decommissioning of nuclear installations, Technical Report Series 420, IAEA, 2004.
13. Safety considerations in the transition from operation to decommissioning of nuclear facilities, Safety Report Series 36, IAEA, 2004.
14. Decommissioning of research reactors: evolution, state of the art, open issues, Technical Report Series 446, IAEA, 2006.
15. Management of problematic waste and material generated during the decommissioning of nuclear facilities, Technical Report Series 441, IAEA, 2006.
16. Decommissioning of nuclear power plants and research reactors, Safety Guide WS-G-2.1, IAEA, 1999.

17. Selection of decommissioning strategies: issues and factors, TECDOC 1478, IAEA, 2005.

18. Методические рекомендации по санитарному контролю за содержанием радиоактивных веществ в объектах внешней среды / Под общ. ред. А. И. Мареев и А. С. Зыковой. — М., 1980.

19. Звіт про науково-дослідну роботу «Міграція природних та штучних (техногенних) радіонуклідів у компонентах наземних та водних екосистем різних ґрунтово-кліматичних зон України» / ІЯД НАН України. — 1999.

20. Звіт про науково-дослідну роботу «Дослідження впливу АЕС на регіональні екосистеми для побудови моделі управління радіаційним станом системи «АЕС — навколишнє середовище» / ІЯД НАН України. — 2002.

21. Сваричевська О. В., Кузьміна А. Й., Бекірова Г. О. та ін. Радіаційний моніторинг об'єктів навколишнього природного се-

редовища в зоні впливу дослідницького реактора ВВР-М і третієвих лабораторій НЦ «ІЯД» НАН України (1995—2000 рр.) // 36. наук. праць ІЯД. — 2002. — № 1(7). — С. 107 — 112.

22. Сваричевська О. В., Шовкун М. О., Кузьміна А. Й. та ін. Результати досліджень вмісту техногенних радіонуклідів в зразках ґрунту із спостережних свердловин дослідницького реактора ВВР-М НЦ «ІЯД» НАН України / Матеріали наук. конференції ІЯД НАНУ: Збірник доповідей. — 1999. — С. 270. — 272.

23. Коваль Г. М., Дрозд І. П., Сваричевська О. В. Радіоекологічна ситуація на забруднених територіях у доаварійний період // Чорнобильська катастрофа. — К.: Наук. думка, 1996. — С. 203 — 218.

24. Дослідження статистичних закономірностей в системі АЕС — навколишнє середовище: Звіт, № держреєстрації 0102U005195. — К., 2006. — 88 с.