

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ВСЕУКРАЇНСЬКИЙ КОНКУРС СТУДЕНТСЬКИХ НАУКОВИХ РОБІТ

«ЕКОЛОГІЯ»

**ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ
АТОМНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ**

**«ХАЕС»
(шифр)**

2021

АНОТАЦІЯ

« ХАЕС »

(шифр)

Актуальність. Однією з найвагоміших екологічних проблем м.Нетішин Хмельницької області є дослідження впливу ВП «Хмельницька АЕС» на водні, земельні ресурси, атмосферне повітря та здоров'я населення.

Тому, необхідно постійно проводити екологічний контроль рівня радіоактивного забруднення території і розробляти ефективні природоохоронні заходи для зниження негативного впливу виробничої діяльності ВП «Хмельницька АЕС» на елементи природного середовища та населення.

Мета роботи - дослідити екологічні наслідки експлуатації Хмельницької атомної електростанції.

Задачі дослідження. Для досягнення поставленої мети були сформульовані наступні задачі:

1. Дослідити територію розміщення станції дати характеристику впливу ХАЕС на довкілля.
2. Розглянути екологічні аспекти утилізації радіоактивних відходів.
3. Оцінити рівень зростання екологічного ризику для населення яке проживає в зоні впливу ВП «Хмельницька АЕС» та м.Нетішин.
4. Запропонувати природоохоронні заходи поводження з радіоактивними відходами ХАЕС.

Загальна характеристика роботи. У роботі наведено загальні відомості про техногенний вплив на навколишнє природне середовище ВП «Хмельницька АЕС» на території міста Нетішин Хмельницької області. Наведено дані забруднення атмосферного повітря, поверхневих вод, ґрунту викидами і скидами ХАЕС. В роботі використані результати досліджень проведені спеціалізованою екологічною лабораторією електростанції.

Ключові слова: АЕС, РАДІОАКТИВНІ ВІДХОДИ, ЕКОЛОГІЧНИЙ РИЗИК, ПРОЕКТНА АВАРІЯ, МАКСИМАЛЬНА ПРОЕКТНА АВАРІЯ, ЗАПРОЕКТНА АВАРІЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ РОЗМІЩЕННЯ СТАНЦІЇ	5
1.1 Рельєф території.....	5
1.2 Метеорологічні умови.....	6
1.3 Аерокліматичні умови.....	8
1.4 Гідрологічні умови.....	8
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ВПЛИВУ ХАЕС НА ДОВКІЛЛЯ.....	10
2.1 Джерела радіаційного впливу та їх характеристика.....	10
2.1.1 Джерела рідких і твердих радіоактивних відходів та динаміка їх накопичення.....	11
2.1.2 Характеристика утворення твердих радіоактивних відходів.....	12
2.1.3 Фонове забруднення радіонуклідами території АЕС.....	13
2.1.4 Радіоактивне забруднення ЗС ХАЕС радіонуклідами.....	14
2.1.5 Прогнозна оцінка радіаційного забруднення в зоні спостереження і у пункті АЕС.....	16
2.2 Джерела хімічного впливу і їх характеристики.....	17
2.2.1 Джерела газо-аерозольних викидів в атмосферу.....	17
2.2.2 Джерела теплового впливу і їх характеристика.....	22
2.2.3 Прогнозна оцінка хімічного і теплового забруднення.....	24
2.3 Оцінка впливів на поверхневі й підземні води.....	25
2.3.1 Оцінка за індексом забруднення води.....	26
2.3.2 Екологічна оцінка.....	26
2.4 Оцінка впливів на ґрунти.....	28
2.5 Оцінка впливів на рослинний світ.....	30
2.6 Оцінка можливого впливу на тваринний світ.....	31
2.7 Оцінка дози опромінення населення за рахунок викидів АЕС.....	32
3 ПОВОДЖЕННЯ З РАДІОАКТИВНИМИХ ВІДХОДАМИ.....	34
3.1 Класифікація РАВ в Україні.....	34
3.2 Утворення РАВ в процесі експлуатації АЕС.....	35
3.3 Опис сховищ та площадок для захоронення РАВ.....	36
3.4 Пункти збереження РАВ на території України.....	37
3.5 Пропозиції щодо вдосконалення системи поводження з РАВ.....	39
3.6 Схеми утилізації рідких радіоактивних відходів.....	40
3.7 Поводження з нерадіоактивними відходами ВП ХАЕС.....	42
3.8 Оцінка екологічного ризику експлуатації ВП ХАЕС.....	44
ВИСНОВКИ.....	49
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	51
Додаток А. Середньорічний викид радіонуклідів з вентиляційних труб ХАЕС.....	52
Додаток Б. Утворення і розміщення нерадіоактивних відходів ВП ХАЕС.....	53

ВСТУП

Україна належить до числа держав з розвинутою атомною енергетикою і промисловістю. Частка електроенергії, що виробляється АЕС, становить близько 50 відсотків загального енергобалансу країни.

Саме атомна енергетика є одним із пріоритетних шляхів отримання електроенергії. Водночас в галузі техногенної безпеки і екології – вона одна з найнебезпечніших, оскільки передбачає теплове, хімічне, радіоактивне забруднення навколишнього середовища.

Експлуатація атомної електростанції включає утворення радіоактивних відходів. До них відносяться: радіоактивні відходи, відпрацьоване ядерне паливо, викиди в атмосферу, скиди стічних вод, та інші речовини. Всі вони спричиняють негативний вплив на довкілля.

На сьогоднішній день однією з найважливіших екологічних проблем м.Нетішин Хмельницької області є дослідження наслідків експлуатації ВП «Хмельницька АЕС» на водні, земельні ресурси, атмосферне повітря та здоров'я населення.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРИТОРІЇ РОЗМІЩЕННЯ СТАНЦІЇ

Територія 30-кілометрової зони Хмельницької АЕС знаходиться у межах Західно-Української провінції лісостепової зони України де виділяються три фізико-географічні області – Волинська височина, Мале Полісся й Північне Поділля. Дві із трьох фізико-географічних областей – це області поширення лісостепових ландшафтів, які сформувалися на лесових акумулятивних, акумулятивно-денудаційних, денудаційно-структурних рівнинах різного гіпсометричного рівня – від 200 до 320 м. Окрім зональних типів ландшафтів тут широко розповсюджені інтразональні – лучні, лучно-болотні, болотні. Територія 30-кілометрової зони розташована в межах Волино-Подільської плити. Найбільші висоти – це висоти Подільського плато (329,5 м) і Мізочського кряжу (313,6 м). Середня багаторічна кількість атмосферних опадів за рік становить 550 - 700 мм. За даними метеостанції Шепетівка, середньорічна температура повітря дорівнює 6,9 °С, середня температура повітря січня мінус 5,4 °С, а липня 18,2 °С.

На відносно невеликій території 30-ти кілометрової зони ХАЕС зосереджена третя частина асоціацій ценофонду Українського Полісся. Ценофонд рослинності нараховує 178 асоціацій, які належать до 6 типів рослинності; фітоценофонд нараховує 1146 видів рослин, які належать до 24 родин та 5 родам.

Різноманіття факторів ґрунтоутворення визначили різноманітність ґрунтового покриву. Серед 1200 ґрунтових відмін України, які описані у “Польовому визначнику ґрунтів” більше третини зустрічається у зоні можливого впливу ХАЕС [1].

В ландшафтно-морфологічній структурі території виділяється більше 2000 видів простих та складних урочищ.

1.1 Рельєф території

У межах Волинської фізико-географічної області (на території 30-кілометрової зони ХАЕС) знаходиться 15 фізико-географічних (ландшафтних) районів: Новосільський, Новомалинський, Гощанський, Завозовський, Миротинський, Гремячевський, Милятинський, Бочаницький, Ганопільський, Бадівський, Прикорчицький, Острозький, Нетішинський, Мізочсько-Буцевський, Міньковецький.

Серед природних факторів, які вплинули на формування фізико-географічної своєрідності цієї області, варто виділити, насамперед, орографічні й літолого-геоморфологічні. Так, абсолютні висоти до 280 - 300 м і вище, значне вертикальне розчленовування (перевищення вододілів над тальвегами 80 - 120 м), майже суцільний розвиток лісового покриву (за винятком Мале Полісся), обумовили формування ярово-балкових систем, певних біогеоценозів і ґрунтів, ландшафтних систем у цілому.

У лісостепових ландшафтах Волинської фізико-географічної області формується рослинність відповідно до природних умов: дубові ліси з домішкою граба, липи, ліщини на горбкуватих ділянках і лугові степи з багатим різнотрав'ям і бобовими травами на плоских низинних територіях. На лесовидних суглинках, в

основному карбонатних, утворилися ясно-сірі, сірі, темно-сірі лісові ґрунти, чорноземи опідзолені переважно легко- і середньосуглинисті по механічному складу [1, 2].

Територія Волинської фізико-географічної області майже повністю розорана (крім еродованих, залісених і заболочених ділянок).

Фізико-географічна область Малого Полісся характеризується рівнинним рельєфом з незначним розчленовуванням поверхні, поганим дренажом, і як наслідок, надмірною зволоженістю території, особливо деяких ландшафтних систем, розміщених у зниженнях рельєфу. Складена вона переважно піщаними пухкими відкладеннями водного походження. Тому тут переважають соснові ліси й болота з характерними ґрунтами - дерено-підзолистими, дерновими, дерновими опідзоленими, луговими, лучно-болотними, болотними. Присутність великих масивів лісів і боліт впливає на мікроклімат прилягаючих територій. Для нього характерна більш тривала весна, оскільки значна частина тепла використовується на випар вологи з поверхні перезволожених горінь. В області Малого Полісся виділено 12 фізико-географічних районів: Славутський, Бугринсько-Нетішинський, Нетішинсько-Славутський, Свитеньський, Малополіський, Хоровицький, Вілійський, Привілійський, Стороничевський, Радогощенський, Шепетівський.

Фізико-географічна область Північного Поділля займає південну частину зони. Переважають хвилясті лесові рівнини на лесовидних суглинках. Область Північного Поділля розташована в басейні ріки Горині і її припливів – Случі й Хомори, на північному схилі Подільського плато.

Характерними рисами цієї фізико-географічної області є:

- а) значна роздробленість усього Північного Поділля на окремі ландшафти;
- б) присутність в окремих місцях природних геосистем поліського типу;
- в) близьке до поверхні залягання кристалічних порід;
- г) значне поширення рівнинних місцевостей із чорноземами глибокими малогумусними. До складу області входять такі фізико-географічні райони: Північно-Подільський, Борисівський, Ізяславський, Добринський і Білогіродський.

Таким чином на території 30-кілометрової зони ХАЕС виділений 31 фізико-географічний район у межах трьох фізико-географічних областей: в області Волинської височини – 15 районів, Малого Полісся – 11 районів, Північного Поділля – 5.

1.2 Метеорологічні умови

Майданчик Хмельницької АЕС розташований в північно-західній частині України на території Волинського Полісся, у зоні помірно-континентального клімату з позитивним балансом вологи. Для цього типу клімату характерні порівняно високі температури й невелика відносна вологість повітря влітку й низькі температури, значна вологість і наявність сніжного покриву взимку.

Клімат району формується під впливом як морських, так і континентальних повітряних мас. Характер і інтенсивність основних кліматотворюючих факторів істотно різняться по сезонах року.[2].

Основні характеристики регіонального клімату в районі Хмельницької АЕС приводяться за даними спостережень найближчих метеостанцій Шепетівка, Рівне і Ямпіль. Аерологічні характеристики прикордонного шару атмосфери – за даними аерологічної станції Шепетівка. Метеостанції перебувають на відстані 34, 45 і 48 км від майданчика АЕС (Шепетівка, Рівне, Ямпіль, відповідно) і утворюють між собою приблизно рівносторонній трикутник з вершинами на межі 30-кілометрової зони АЕС. Метеорологічні умови північної частини зони АЕС характеризує метеостанція Рівне, східної й центральної (у тому числі й майданчик АЕС) – метеостанція Шепетівка й південної – метеостанція Ямпіль. Всі зазначені метеостанції мають багаторічні періоди спостережень (30-50 років) за основними метеорологічними параметрами, що забезпечує їх вірогідність [3].

Сонячна радіація. Найбільших значень сонячна радіація досягає в червні-липні, найменших - листопаді-грудні. Річна сума прямої сонячної радіації в зоні ХАЕС становить 1650 МДж/м², розсіяної – 1870 МДж/м².

Температура повітря. Річний хід середніх місячних температур повітря на території зони ХАЕС характеризується найбільшими значеннями в липні (18,0-18,2 °С) і найменшими – у січні (мінус 4,9-5,4 °С). В окремі роки середні місячні температури повітря в липні становлять усього 15,1-15,3 °С або ж досягають 21,4-22,1 °С; у січні, у відносно теплі зими, середні місячні температури мають плюсові значення, порядку 0,6-1,2 °С (2014 р.).

Вологість повітря. Річний хід відносної вологості повітря характеризується найбільшими значеннями в холодний період року й найменшими - у теплий, тоді як річний хід парціального тиску й дефіцит насичення повторюють річний хід температури повітря, тобто найбільші значення цих показників спостерігаються в найбільш жаркі літні місяці, а найменші - у зимові місяці.

Хмарність. Річна кількість хмарності в межах розглянутої території становить 6,7 балів по загальній хмарності й 4,9 бали по нижній. У розрізі року найбільша частина неба буває закрита хмарами протягом холодного періоду (7,0 - 8,2 бали по загальній хмарності). Нижня хмарність найбільше інтенсивно виражена в листопаді-грудні (7,0 бала). Найменша хмарність, як загальна, так і нижня спостерігається в серпні (5,3 загальна й 3,3 бали нижня). Добовий хід хмарності в холодний період року виражений слабо, у теплий - найбільша хмарність відзначається в полуденні години, коли конвективні процеси найбільш розвинені, найменша – уночі [3-6].

Атмосферні опади. По кількості опадів, що випали, розглянутий район, як і вся західна частина України, відноситься до зони достатнього зволоження. Тут спостерігаються всі види опадів: рідкі, тверді й змішані. Протягом року опади розподіляються дуже нерівномірно. Сума опадів, що випали за зиму становить усього 16 % річної кількості, навесні й восени – 45 %, улітку – 39 %.

На півночі зони ХАЕС тривалість опадів трохи більша, ніж у центральній і південній частинах зони. Найбільш тривалими бувають опади в холодний період року, коли середня тривалість опадів становить 143-171 годин/місяць [2, 3].

1.3 Аерокліматичні умови

Для захисту атмосферного повітря від шкідливого впливу викидів АЕС ведеться облік метеорологічних і аерологічних характеристик стану атмосфери, що роблять безпосередній вплив на розсіювання радіонуклідів і, насамперед, тих з них, які погіршують інтенсивність природного механізму самоочищення атмосфери й сприяють нагромадженню домішок у повітряному середовищі. До них відносяться:

- напрямок і швидкість вітру;
- температурна стратифікація атмосфери;
- режим хмар, опадів, туманів, імовірність виникнення стихійних метеорологічних явищ.

Режим вітру й температурна стратифікація атмосфери є головними факторами поширення домішок. Від цих факторів залежить стійкість атмосфери, режим турбулентної дифузії у вертикальному й горизонтальному напрямках. Формування факелів викидів від будь-якого джерела, у тому числі й від АЕС, залежить як від стійкості атмосфери, так і від висоти джерела.

При функціонуванні високих холодних джерел, якими є вентиляційні труби нормально експлуатованої Хмельницької АЕС, найбільші приземні концентрації формуються:

- нестійкою стратифікацією;
- інверсійним ходом температури повітря з висотою, при потужних приземних і піднятих інверсіях.

Аналіз аерологічного режиму досліджуваної території проводився за матеріалами висотного радіозондування атмосфери по найближчій до Хмельницького АЕС аерологічної станції Шепетівка [3].

1.4 Гідрологічні умови

Найбільшою рікою в 30-кілометровій зоні ХАЕС є р. Горинь із припливами Вілія, Корчик, Утка, Цвітоха, Гуска, Канава, Понорка й інші.

Загальна довжина річкової мережі в 30-кілометровій зоні – 2294,7 км. Більше важливим показником для оцінки впливу річкової системи на навколишнє середовище є її густота, тому що ріки переносять більшу частину хімічних речовин. Середня густота річкової мережі становить 0,81 км/км², причому в межах 30-кілометрової зони цей показник збільшується від центральної частини до периферії. Так, в 10-кілометровій зоні середня густота річкової мережі – 0,62 км/км², в 20-кілометровій зоні – 0,75, а в 30-кілометрової – 0,81 км/км². Це є, якоюсь мірою, позитивним фактором, тому що перерозподіл забруднюючих речовин буде відбуватися повільніше й внаслідок цього зменшиться їхній винос за межі зони. В 10-кілометровій зоні найбільша густота річкової мережі спостерігається в північно-західному напрямку (0,99), у південному й західному (0,84). Це дозволяє зробити висновок про те, що на даній ділянці перерозподіл забруднюючих речовин буде відбуватися з найменшою швидкістю й більшою

їхньою частиною буде залишатися в горіннях у цьому секторі 10-кілометрової зони.

В 30-кілометровій зоні ХАЕС знаходиться багато водоймищ, ставків, каналів. Ці штучні водойми будуються в умовах нерівномірного стоку з метою його регулювання для забезпечення водою потреб господарства й населення. Усього в 30-кілометровій зоні ХАЕС налічується 216 ставків, 3 водоймища, 1290 каналів. В 10-кілометровій зоні в західному й південно-західному секторах площі всіх водойм становлять 50 % площі всіх штучних водойм 30-кілометрової зони (1606,50 га). Це пояснюється наявністю тут самого великого в даному регіоні наливного водоймища в руслі ріки Гнилий Ріг – водойми-охолоджувача ХАЕС [3, 5-8].

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ВПЛИВУ ХАЕС НА ДОВКІЛЛЯ

Місто Нетішин розташоване на правому березі р. Горині. У геоморфологічному відношенні – у межах долини р. Горині і її правобережного вододілу. Абсолютні відмітки поверхні від 200 м до 230 м.

Ступінь впливу геологічних зовнішніх природних факторів на стійкість будинків і споруджень ХАЕС залежить від властивостей і стійкості геологічного середовища. Геологічне середовище промайданчика й пункту ХАЕС характеризуються достатньою стійкістю, у зв'язку із цим не робиться висновок щодо негативного впливу на функціонування споруджень ХАЕС.

2.1 Джерела радіаційного впливу та їх характеристика

У процесі експлуатації АЕС неминуче утворення газоподібних, твердих і рідких продуктів, що містять у своєму складі радіоактивні елементи.

Джерелами радіоактивності в першому контурі енергоблоку є:

- продукти розпаду ядерного палива;
- продукти корозії конструкційних матеріалів;
- продукти активації.

У нормальних умовах експлуатації реакторної установки будь-який вихід елементів з під оболонки твелів або часткове руйнування цієї оболонки призводить до потрапляння деякої кількості продуктів поділу в теплоносій першого контуру.

Тритій, який знаходиться в теплоносії першого контуру, є особливо важливим компонентом цих продуктів активації. Вихід тритію з води першого контуру можливий при:

- організованих протіканнях;
- зливах води першого контуру в баки зливу води першого контуру.

Тритій ^3H – радіоактивний ізотоп водню з періодом напіврозпаду 12,34 року. У реакторах АЕС з ВВЕР тритій утворюється:

- безпосередньо при поділі ядер палива як продукт потрійного поділу;
- в результаті взаємодії нейтронів з ядрами дейтерію;
- в результаті різних реакцій швидких нейтронів з конструкційними матеріалами активної зони реактора;
- в результаті активації борної кислоти в теплоносії першого контуру.

Розчинені продукти ділення і активації виводяться з теплоносія за рахунок процесів іонного обміну, в результаті яких утворюються забруднені іонообмінні смоли установок спецводоочистки (СВО). В результаті періодичної заміни цих смол утворюються як рідкі, так і тверді радіоактивні відходи [4].

Процес поводження з радіоактивними середовищами на установках СВО, розташованих у спецкорпусі, призводить до утворення радіоактивних відходів (РАВ) всіх трьох форм.

Допустимі протікання в парогенераторі теплоносія першого контуру в другий контур ведуть до утворення радіоактивно забруднених вод цього контуру. Гази, які накопичуються в першому контурі під час експлуатації, виводяться з

нього. Це призводить до утворення потоку газоподібних викидів. Такі викиди зазвичай включають в себе тритієву водяну пару, благородні гази, аерозолі та інші газоподібні частинки.

Під час щорічної зупинки реактора проводиться скидання тиску із систем охолодження, кришка реактора знімається і частина паливних збірок виймається і переміщається в басейн витримки для зберігання. Крім виїмки відпрацьованого палива, процедури перевантаження палива можуть привести до підвищення виходу рідких радіоактивних відходів (РРВ) і викидів в атмосферу з басейну витримки, шахти ревізії апарату і шахти ревізії блоку захисних труб [5].

Основними джерелами радіоактивних викидів є:

- вентруби реакторного відділення та спецкорпусу, з висотою викиду 100 м;
- ежектор турбоагрегату.

Благородні гази виділяють в окрему групу, маючи на увазі їх властивість, не вступати в хімічні реакції і не накопичуватися в органах людини. РБГ Небезпечні при зовнішньому опроміненні в хмарі газу і при диханні.

Активність середовища з ізотопом йоду відносно велика. Маючи здатність накопичуватися в щитовидній залозі, ізотопі йоду створюють найбільш небезпечні дози в порівнянні з дією на інші органи різних радіоактивних речовин.

Досить великий вплив робить йод на все тіло. Критичною групою населення по відношенню до дози на щитовидну залозу є діти. Йод надходить в організм з повітрям, водою, їжею.

Аерозолі містять довгоживучі нукліди (ДЖН) з $T_{1/2}$ більше 3 годин і короткоживучі нукліди (КЖН) з $T_{1/2}$ менше 3 годин. Період напіврозпаду визначає час, а разом з ним і дозу можливого впливу на органи людини. Надходження радіоактивних речовин, що відносяться до аерозолів, відбувається з водою, повітрям і їжею.

Можливим шляхом надходження тритію в організм є шлунково-кишковий тракт. Незалежно від шляху надходження в організм, тритій рівномірно розподіляється по органах и тканинах. Поступивши в організм людини тритій існує у вигляді двох окремих з'єднань – вільної води і органічно зв'язаного тритію. Ефективний період напіввиведення тритію з вільної води організму становить 9,7 діб [5-9].

Дані за величиною і нуклідним складом викидів ежекторами конденсатора турбіни одного енергоблоку, а також сумарний викид ежекторами турбоагрегатів ХАЕС з урахуванням введення в експлуатацію енергоблоків № 3 і 4 (для чотирьох енергоблоків) наведені в додатку А. Передбачається експлуатація енергоблоків протягом 45 років.

2.1.1 Джерела рідких і твердих радіоактивних відходів та динаміка їх накопичення

Рідкі радіоактивні відходи підлягають збору і переробці.

Води з високим солевмістом, до яких відносяться трапні і душові води, переробляються методом дистиляції з подальшим очищенням отриманого

дистиляту на іонообмінних фільтрах. Очищений дистилят направляється на повторне використання для потреб спеціального водоочищення (СВО).

Отриманий при випаровуванні концентрат (кубовий залишок) надходить в баки кубового залишку тимчасового вузла зберігання радіоактивних відходів. Деяку відмінність представляє система переробки вод зливу першого контуру, що містять розчинену борну кислоту. Концентрат, отриманий при випаровуванні цих вод, після очищення на іонообмінних фільтрах від лужних з'єднань і радіоактивних домішок у вигляді очищеного концентрованого розчину борної кислоти надходить знову в системи першого контуру. Отриманий дистилят проходить очистку на іонообмінних фільтрах, а потім прямує на повторне використання для потреб СВО.

Рідкі радіоактивні відходи з відносно низьким вмістом домішок, крім солей борної кислоти, переробляються методом іонного обміну і знову повертаються в системи першого контуру.

У процесі роботи установок утворюються радіоактивні стоки:

- регенераційні та відмивної води;
- радіоактивні дренажі;
- скиди від пробовідбірних ліній [10-15].

2.1.2 Характеристика утворення твердих радіоактивних відходів

До ТРВ відносяться: забруднене демонтоване устаткування, трубопроводи і арматура, забруднений інструмент і пристосування, які відпрацювали фільтри і фільтруючі матеріали систем вентиляції, теплоізоляційні матеріали, деревина, використовувана для проведення ремонтних робіт, обтиральні матеріали, гума, пластикат, металева стружка, спецодяг, папір, використані засоби індивідуального захисту (ЗІЗ), які не підлягають обробці.

До ТРВ відносяться також затверділі РРВ. Це кубові залишки випарних апаратів СВО-3 і СВО-7 після переробки на установці глибокого упарювання. Отримується в результаті роботи установки глибокого упарювання сольовий концентрат розфасовується в контейнери-бочки місткістю по 0,2 м.

Збір ТРВ здійснюється в місцях їх утворення: реакторному відділенні головного корпусу і в спецкорпусі. Сорткування ТРВ на I, II і III групи радіоактивності, а також сорткування ТРО на групи спалювані, пресовані і не перероблюючі провадиться за місцем їх утворення шляхом затарювання в паперові або поліетиленові мішки разового користування з подальшим завантаженням у відповідні контейнери-збірки, розміри і конструкція яких передбачають можливість механізованого навантаження і розвантаження їх з транспортних засобів.

Транспортування ТРВ від місць збору в сховища ТРВ в спецкорпусі і в будівлі переробки радіоактивних відходів (СТРВ) проводиться в контейнерах, що транспортуються спеціальними транспортними засобами - автомобілями та електровізків. Управління всіма механізмами з поводження з ТРВ виробляється з місцевих пультів. Потужність дози випромінювання на відстані 1 м від контейнера з РАВ не перевищує 10 мБер/год.

Великогабаритні відходи, які не розуміються і не ріжуться, і для яких не може бути передбачена тара, видаляються з дотриманням необхідних запобіжних заходів, що виключають можливість поширення радіонуклідів у навколишнє середовище [8, 9, 15-17].

Всі транспортно-технологічні операції з ТРВ супроводжуються радіаційним контролем (вимірюється потужність дози гамма-випромінювання на поверхні відходів або захисного контейнера), для забезпечення радіаційної безпеки персоналу станції. У таблиці 2.1 наведено дані з освіти середньоактивних ТРВ за останні чотири роки при роботі двох енергоблоків № 1,2.

Таблиця 2.1 – Утворення ТРВ при роботі двох енергоблоків

Назва відходів	Група ТРВ по активності	2016 р	2017 р	2018 р	2019 р
Об'єм утворених ТРВ, м ³	Низькоактивні	228,4	183,7	319,3	282,0
	Середньоактивні	4,1	1,1	0,7	2,9
	Високоактивні	0,3	01	0,2	0,5
	Всього	232,8	184,9	320,2	285,4

2.1.3 Фонове забруднення радіонуклідами території АЕС

Відбір проб ґрунту і рослинності в районі розміщення ХАЕС проводився в 2019 році за стандартною методикою з допомогою агрохімічного бура (глибина пробовідбору 20 см). Після відповідної підготовки відібраних проб в них визначено зміст гамма-випромінюючих радіонуклідів.

Отримані результати за вмістом ¹³⁷Cs в ґрунті 30-кілометрової зони ХАЕС показали, що забруднення досліджуваного регіону складається з суперпозиції глобальних випадів, випадів внаслідок аварії на ЧАЕС і випадів, обумовлених аерозольними викидами енергоблоків № 1, 2 ХАЕС за весь час їх експлуатації. Останній джерело забруднення настільки малий, що практично його виділення з сумарного забруднення неможливо. Забруднення в результаті випробувань ядерної зброї для досліджуваної території має порядок 3 кБк/м². Сумарне забруднення станом на 2019 рік представлено з щільністю в діапазоні 0,5 до 16 кБк/м².

Калій-40. Цей радіонуклід має природне походження і є одним з основних (за активністю) природних радіонуклідів у ґрунтах, рослинах і об'єктах агропромислового виробництва. Радіоактивність калію в ґрунтах визначається в першу чергу його вмістом в материнській породі. Отримані результати показали, що питомий вміст цього радіонукліда в ґрунтах коливається в діапазоні від 30 до 700 Бк/кг. Мінімальні значення характерні для ґрунтів легкого механічного складу. З важкістю механічного складу зростає і зміст ⁴⁰K. Поширення цього радіонукліда в природному середовищі пов'язано з поширенням його стабільних ізотопів. В одному грамі стабільного калію міститься близько 30 Бк ⁴⁰K.

Торій-232 та продукти розпаду. Питома активність цього радіонуклідів для розглянутої території змінюється в межах від 3 до 50 Бк / кг. Широкий діапазон

зміни питомої активності пояснюється великою строкатістю ґрунтового покриву досліджуваного регіону. Також як і для ^{40}K , вміст ^{232}Th в ґрунті визначається материнською породою, і зростає з навантаженням механічного складу ґрунту.

Радій-226 та продукти його розпаду. Є дочірнім продуктом ^{238}U . ^{226}Ra і його дочірні радіонукліди мають важливе радіологічне значення. Основним джерелом цього радіонукліда в біосфері є земна кора. Не входить до складу окремих мінералів, а широко поширений у вигляді включень у багатьох утвореннях. Кларковий вміст у ґрунтах становить близько 30 Бк/кг. Діапазон змісту цього радіонукліда у верхньому шарі ґрунтів на території, прилеглій до ХАЕС, змінюється від 3 до 40 Бк/кг [9].

Таким чином, радіологічна ситуація в районі ХАЕС в даний час визначається в основному радіонуклідами природного походження.

2.1.4 Радіоактивне забруднення ЗС ХАЕС радіонуклідами

Для отримання даних про радіоактивне забруднення досліджуваної території проведено експериментальні роботи з відбору проб ґрунту і виміру в них гамма – випромінюючих радіонуклідів. Відбір проб ґрунту для визначення щільності радіоактивного забруднення в районі розміщення ХАЕС проводився в 2019 році за стандартною методикою за допомогою бура (глибина пробовідбору 20 см). Отобрані проби висушувалися до повітряно-сухого стану, ретельно гомогенізовані до досягнення однорідності (рослинність подрібнювалася) і вимірювалися в банках. У ході роботи було проаналізовано близько 100 проб ґрунту. Для картування використовувалися також дані, отримані при проведенні ОВНС ХАЕС-2. Отримані результати за вмістом ^{137}Cs в ґрунті 30-ї кілометрової зони ХАЕС наведені на рисунку 2.1. Цей радіонуклід має техногенне походження. Представлене на мапі забруднення складається з суперпозиції глобальних випадінь, випадів внаслідок аварії на ЧАЕС і випадінь, обумовлених аерозольними викидами енергоблоків № 1, 2 ХАЕС. Останній джерело забруднення настільки малий, що практично його виділення з сумарного забруднення неможливо. Інші техногенні радіонукліди не встановлені. Це підтверджує, що станція працювала в режимі нормальної експлуатації. Забруднення в результаті випробувань ядерної зброї для досліджуваної території не перевищує 3 кБк/м². Виходячи з цього, можна сказати, що досліджувана територія була забруднена ^{137}Cs внаслідок аварії на ЧАЕС від 2 до 10 кБк/м². Сумарне забруднення станом на 2019 рік представлено, в основному, щільністю в діапазоні від 1 до 5 кБк/м². Невелика пляма в районі с. Хоровіца, очевидно, має чорнобильську походження.

Результати за вмістом у ґрунті ^{40}K представлені на рисунку 2.2. Цей радіонуклід має природне походження і є одним з основних (за активністю) природних радіонуклідів у ґрунтах, рослинах і об'єктах агропромислового виробництва. Радіоактивність калію в ґрунтах визначається в першу чергу його вмістом в материнській породі. Найбільш висока концентрація спостерігається в дрібнодисперсного глинистої фракції ґрунтів. Отримані результати показали, що питомий активність цього радіонукліда в ґрунтах досліджуваного регіону коливається в діапазоні від 40 до 700 Бк/кг [9, 12, 17].

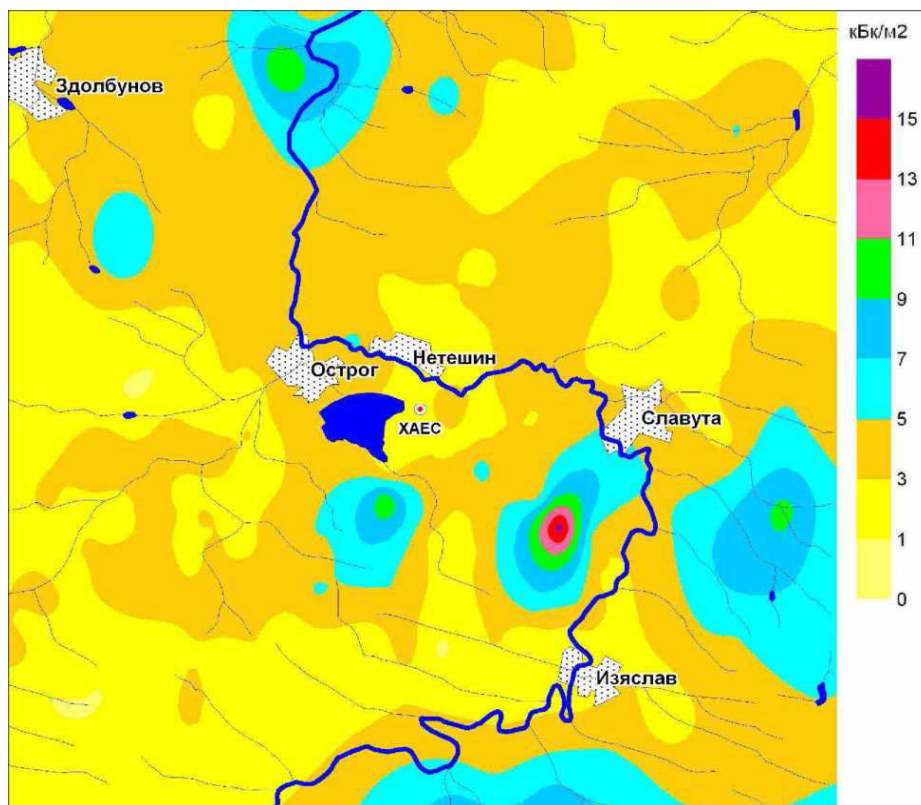


Рисунок – 2.1 Щільність забруднення ближньої зони ХАЕС ^{137}Cs (2019 рік)

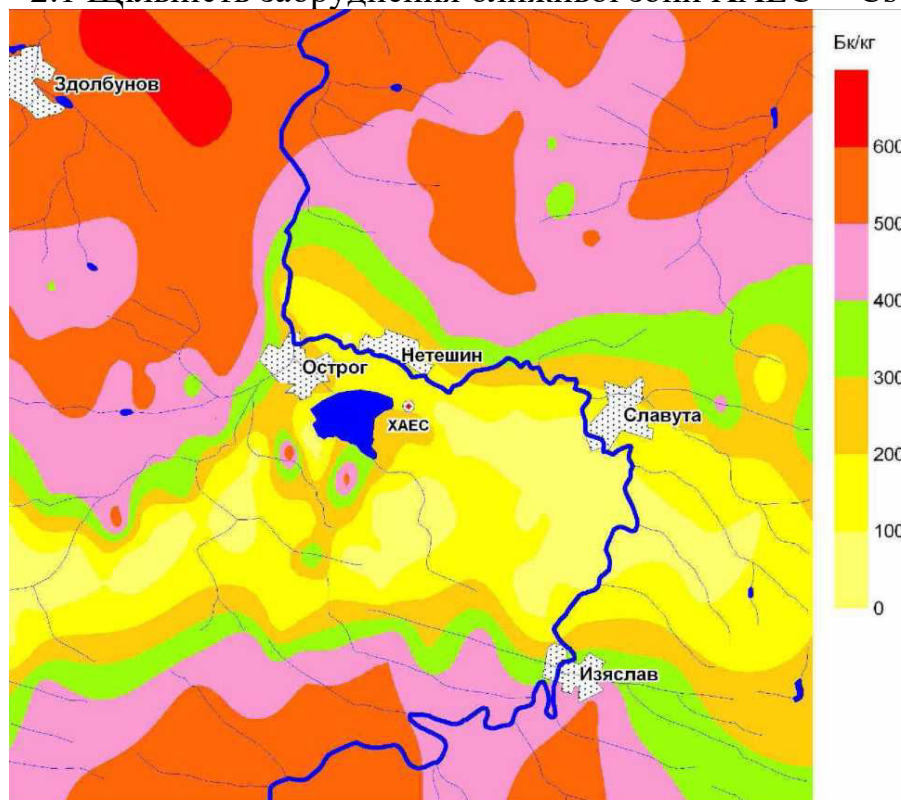


Рисунок 2.2 – Питома активність ^{40}K в ґрунтах ближньої зони ХАЕС (2019, глибина пробовідбору 0,2 м)

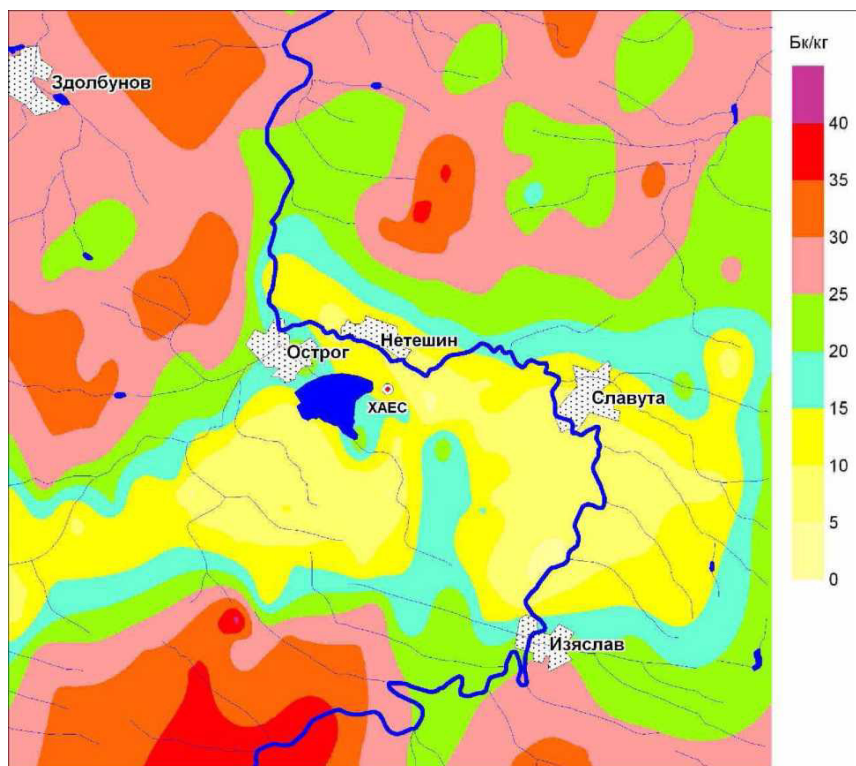


Рисунок 2.3 – Питома активність ^{226}Ra у ґрунтах ближньої зони ХАЕС (2019, глибина пробо відбору 0,2 м)

В результаті досліджень встановлено, що потужність експозиційної дози випромінювання в пунктах спостереження Хмельницької АЕС не перевищує $17 \text{ мкР} \cdot \text{год}^{-1}$ (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Потужність експозиційної дози в населених пунктах ($\text{мкР} \cdot \text{год}^{-1}$)

Найменування населених пунктів спостереження	Відстань від ХАЕС, км	2018			2019		
		мін.	макс.	середнє за рік	мін.	макс.	середнє за рік
м. Нетішин	3	9	12	10,3	9	12	10,3
с. Полян	5	8	11	9,5	8	10	9,1
м. Славута	18	7	12	9,3	7	11	8,9
м. Шепетівка	38	12	16	13,7	11	17	14,4
м. К.-Подільський	175	7	12	10,1	9	12	10,7
м. Хмельницький	100	13	16	15,0	14	16	15,4

2.1.5 Прогнозна оцінка радіаційного забруднення в зоні спостереження і у пункті АЕС

Для оцінки забруднення підземних вод при виникненні аварійних ситуацій на Хмельницької АЕС була побудована чисельна модель масопереносу. Модель переносу МТ 3Д була розроблена для використання з блок-центрованої звичайно-різницевої моделлю потоку MODFLOW, яка застосована для вирішення гідродинамічних завдань і ґрунтується на допущенні, що зміни концентрацій не роблять істотного впливу на полі потоку. Модель переносу МТ 3Д моделює адвекцію (конвективний перенос), дисперсію і хімічні реакції розчинених

складових (лінійну і нелінійну сорбцію і незворотні реакції першого порядку або біодеградацію) в системах підземних вод у двох або в трьох вимірах [10].

Вихідними для розрахунків служили всі гідродинамічні характеристики, отримані при вирішенні зворотних і прогнозних гідрогеологічних завдань, а також відомості про концентрації стронцію-90 і цезію-137 в підземних водах перших двох від поверхні водних комплексів і коефіцієнти розподілу радіонуклідів в системі "грунт-вода" (K_d).

Необхідні деякі коментарі до вихідних радіохімічних даних. Вміст стронцію-90 і цезію-137 у відібраних пробах підземних вод у районі зони спостереження ХАЕС дуже низький: за ^{90}Sr – 0,4-8,3 мБк /л, по ^{137}Cs – 0,9-5,9 мБк/л. Ці значення перебувають у межах чутливості апаратури, застосовуваної для їх визначення. Помилка розрахунків може складати сотні відсотків. Тому їх використання для калібрування міграційної моделі неправомерно. Разом з тим значимість проведених робіт висока. Доведено, що забруднення підземної гідросфери практично відсутня.

Що стосується визначення сорбційних здібностей ґрунтів зони аерації, то можна констатувати наступне. По-перше, дуже широкий діапазон зміни значень K_d для одних і тих же літологічних різниць порід ускладнює вибір розрахункових параметрів. По-друге, високі їх значення практично не дадуть можливості проникнення радіонуклідів на рівень ґрунтових вод. Отримані результати побічно підтверджуються і майже 25-річним спостереженням за забрудненням підземної гідросфери в зоні спостереження навколо Чорнобильської АЕС і в межах Київської міської агломерації. Незважаючи на дуже високі рівні забруднення ґрунтів цезієм-137 і стронцієм-90 в районі ЧАЕС, концентрація цих радіонуклідів на Янівському і Новошепеличеському ділянках Прип'ятського водозабору, що експлуатує еоценову (другий від поверхні) водоносний комплекс на глибинах 45-55 м, становить $1 \cdot 10^{-3}$ - $1 \cdot 10^{-2}$ Бк / л. У четвертинному водоносному комплексі ці концентрації на 2 порядки вище [10].

2.2 Джерела хімічного впливу і їх характеристики

2.2.1 Джерела газо-аерозольних викидів в атмосферу

Основними домішками нерадіоактивної характеру у приземному шарі атмосфери, за якими ведуться спостереження в 30-кілометровій зоні ХАЕС, є діоксид азоту (NO_2), діоксид сірки (SO_2) і зважені речовини. Моніторинг атмосферного повітря Хмельницької АЕС включає 5 пунктів спостережень, розташованих як в районі самої проммайданчика ХАЕС.

Завислі речовини, присутні в повітрі, обумовлені перенесенням різної пилу, сажі. Їх кількість в атмосферному повітрі залежить від характеру підстилаючої поверхні і від вітрового переносу. Максимальна кількість зважених речовин в повітрі в зоні АЕС спостерігалася в районі ОВК і тепличного господарства (1,66 - 3,7 мг/м³), в районі м. Нетішин 3,4 - 7,7 мг/м³ і в районі с. Комарівка – 1,65 мг/м³. В таблиці 2.3 зображені результати спостережень, виконані ХАЕС в 2019 р [5, 6].

Таблиця 2.3 – Середньомісячні значення приземних концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі за даними спостережень Хмельницької АЕС

Місяць	Промплощадка ХАЕС				м. Нетішин			
	район ОВК		район теплиць		район спорткомплекса		район мельниці	
	Оксид сірки, мг/м ³	Оксид азоту, мг/м ³	Оксид сірки, мг/м ³	Оксид азоту, мг/м ³	Оксид сірки, мг/м ³	Оксид азоту, мг/м ³	Оксид сірки, мг/м ³	Оксид азоту, мг/м ³
Середнє за 2019 рік	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,02	< 0,01	< 0,02

Величини і склад викидів джерелами хімічних (нерадіоактивних) викидів в атмосферу є об'єкти і споруди на промисловому майданчику АЕС, в яких технологічні процеси супроводжуються виділенням шкідливих газоподібних речовин.

В даний час хімічні викиди в атмосферу на 85 – 90 % складаються з викидів пуско-резервної котельні (ПРК). Викиди з інших виробничих установок відносно невеликі зважаючи на малу потужності джерел та наявності пристроїв для очищення викидів. Шкідливими складовими хімічних викидів в атмосферу із джерел АЕС є:

- Діоксид сірки (сірчистий ангідрид);- Окис вуглецю;
- Двоокис азоту;
- Аміак;
- Бензол;
- Ксилол;
- Толуол;
- Фенол;
- Марганець та його сполуки;
- Фтористий водень;
- Сажа;
- Залізо та його сполуки;
- Сірководень;
- Хлор;
- Хром та його сполуки;
- Пари сірчаної кислоти.

За результатами проведених досліджень вміст міді, цинку, кадмію в ґрунтах, території, що прилягає до АЕС, перебуває на фоновому рівні. Можливо незначне додаткове забруднення свинцем ґрунту сільгоспугідь, розташованих поблизу автодоріг, що не приведе до перевищення ГДК у сільгосппродукції.

Деградаційні процеси ґрунтів, пов'язані з будівництвом ВП ХАЕС, поширені лише в зоні проммайданчика. Наявність їх у ЗС практично не пов'язане з роботою станції [8, 9].

У цілому, аналіз фізико-хімічних властивостей ґрунтів регіону показав що, незважаючи на значну строкатість ґрунтового покриття, більшість ґрунтів мають значну буферну стійкість до техногенних навантажень.

Забруднення повітряного басейну в межах СЗЗ і ЗС АЕС викидами шкідливих речовин із джерел АЕС характеризується валовими викидами в річному і секундному розрізі і приземної концентрацією цих викидів в атмосферному повітрі [8].

Розрахунки за приземними концентраціями шкідливих речовин виконувалися на підставі даних в яких були наведені значення секундних викидів з усіх джерел АЕС, обсяги і температури витрат викидаючих газових мас, висот і діаметрів вентиляційних труб, координати джерел викидів.

Результати розрахунків приземних концентрацій шкідливих речовин представлені у вигляді карт розсіювання (2.1 – 2.3) і в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Результати розрахунків приземних концентрацій шкідливих речовин на межі СЗЗ

Назва шкідливої речовини	ГДК _{мр} , мг/м ³	Розрахункове значення ГДК _{мр} (на межі це СЗЗ)	Абсолютне значення концентрації, мг/м ³ (на межі СЗЗ)
Сірчистий ангідрид	0,5	0,22	0,110
оксид вуглецю	5	0,03	0,150
діоксид азоту	0,2	0,21	0,018
сажа	0,15	0,015	0,002
пил неорганічний	0,3	0,05	0,015
пил деревний	0,1	< 0,01	< 0,001
пил абразивно-металевий	0,4	< 0,01	< 0,004
толуол	0,6	< 0,05	< 0,030
бутилацетат	0,1	0,05	0,005
сольвент нафта	0,2	0,05	0,010

З наведених малюнків можна зробити наступні висновки:

- по діоксину азоту максимальні приземні концентрації становлять 0,51 ГДК_{мр};
- по сірчистому ангідриду максимальні приземні концентрації становлять 0,59 ГДК_{мр};
- по сажі максимальні приземні концентрації становлять не більше 0,54 ГДК_{мр}.

Таким чином, за приземними концентраціями шкідливих речовин на кордоні та закордоном СЗЗ з джерел АЕС за всіма інгредієнтами не перевищує граничнодопустимі значення для населених пунктів [11].

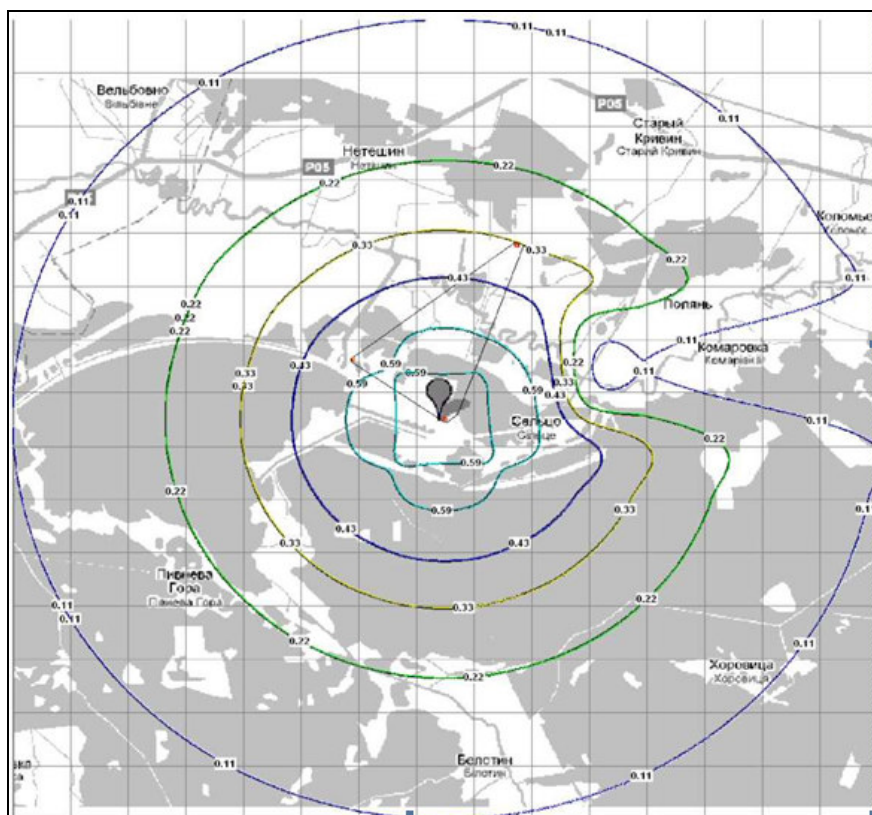


Рисунок 2.4 – Карта розсіювання викидів SO_2 . Значення в частках ГДКмр

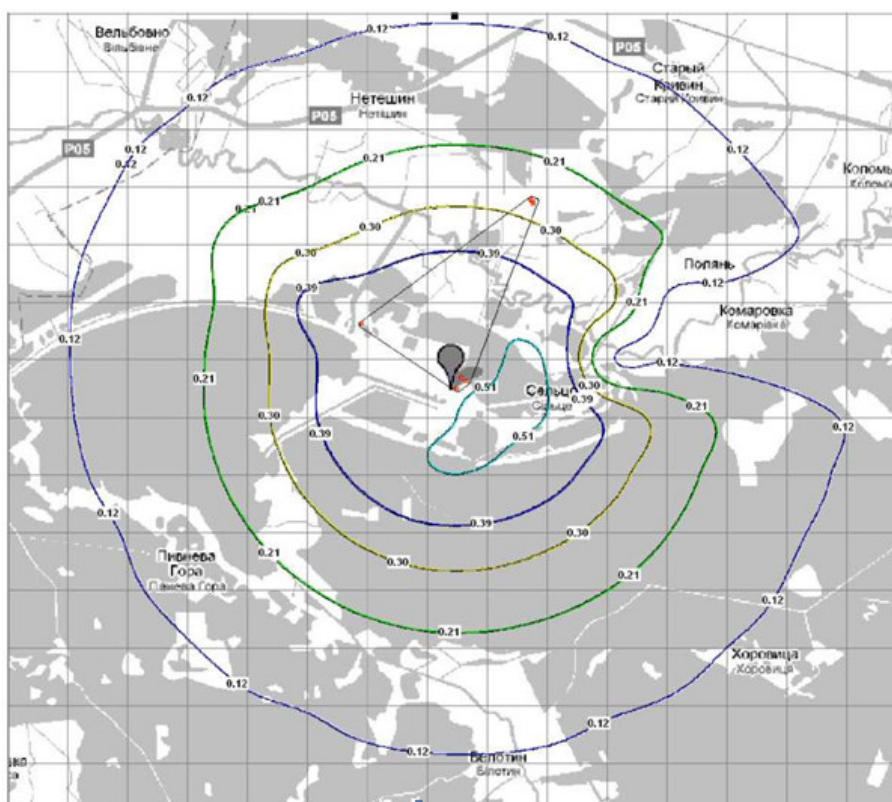


Рисунок 2.5 – Карта розсіювання викидів NO_2 . Значення в частках ГДКмр

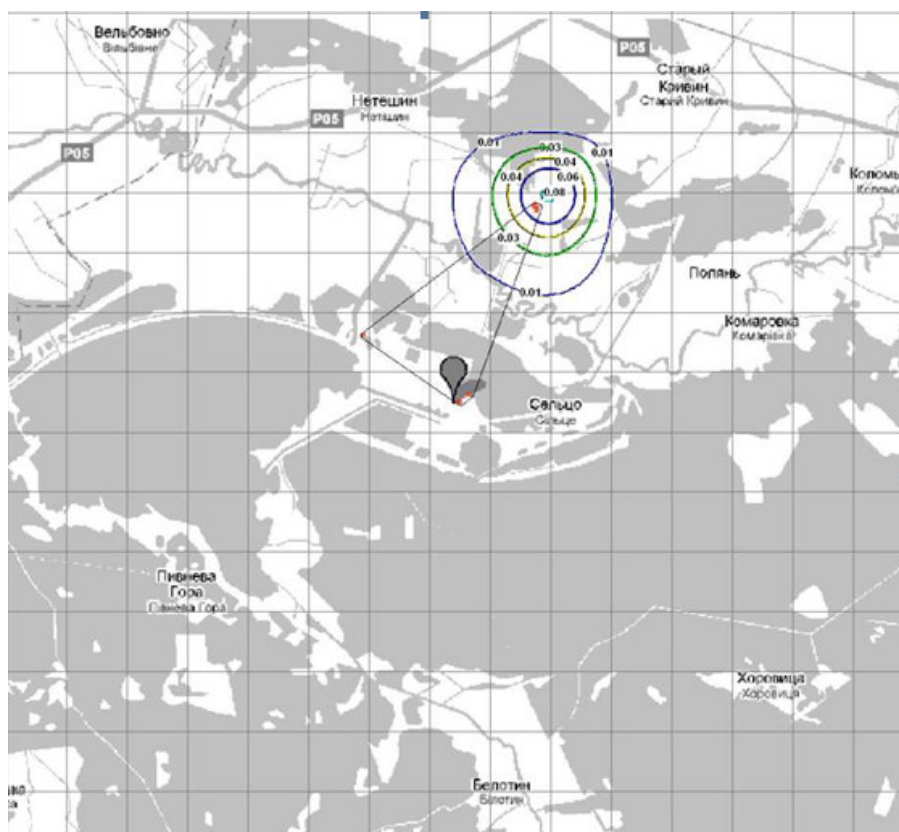


Рисунок 2.6 – Карта розсіювання СО. Значення в частках ГДКмр

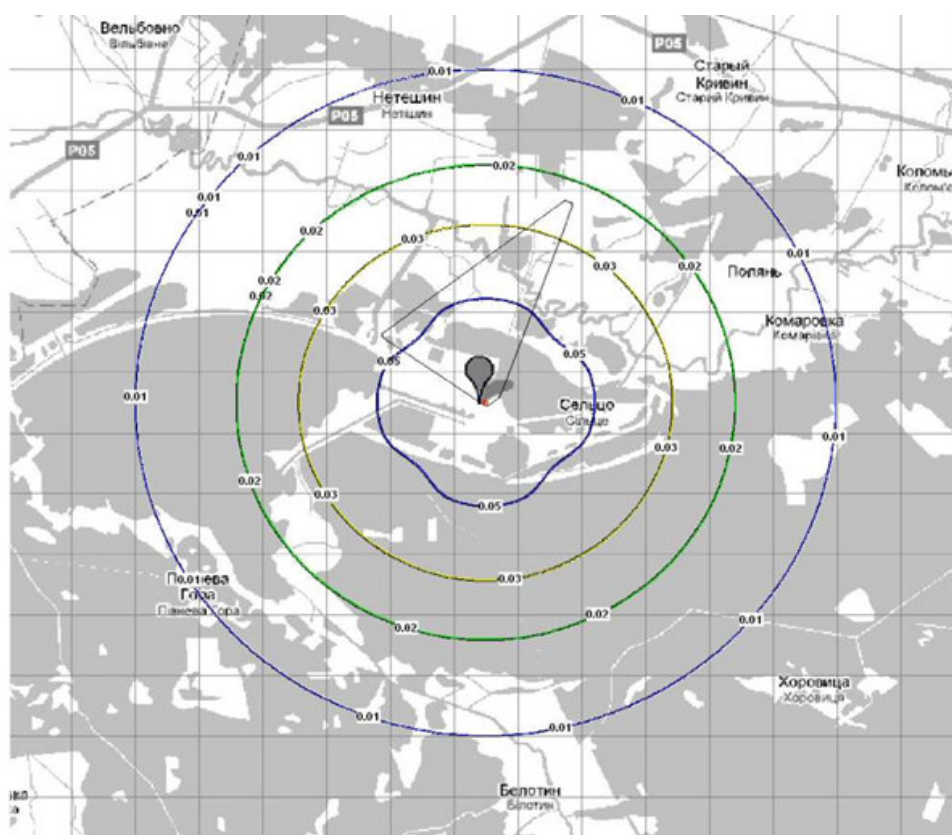


Рисунок 2.7 – Карта розсіювання викидів сажі. Значення в частках ГДКмр

2.2.2 Джерела теплового впливу і їх характеристика

Атомна станція є джерелом значних теплових викидів. Приблизно дві третини теплової енергії, виробленої реактором, не можуть бути використані для виробництва електроенергії і скидаються в навколишнє середовище.

Джерелами впливу на навколишнє повітряне середовище є:

- водосховище-охолоджувач основної системи охолодження і системи охолодження споживачів групи "В";
- бризкальні басейни системи охолодження споживачів групи "А".

Кількість скидного тепла від енергоблоків АЕС визначається, в основному, теплоутримуюча пара, відпрацьованого в турбінах і скидного в конденсатори для повторного використання. Скидних тепло в конденсаторах турбін передається охолоджуючої воді, з нею надходить у водойму-охолоджувач і далі в атмосферу через випаровування і конвективне охолодження води.

Тепловий вплив ХАЕС на повітряне середовище відбувається в основному за рахунок скидів низько потенційної теплової енергії, яка не може бути використана для вироблення електроенергії і в інших технологічних циклах АЕС.

Коефіцієнт корисної дії атомних електростанцій становить 30 %. Відповідно, 70 % теплової енергії, що виробляється в реакторах АЕС, у вигляді відпрацьованого в турбінах пара низьких параметрів передається в конденсаторах турбін та інших теплообмінниках охолоджуючої води. При цьому температура охолоджуючої води підвищується на 9-10° С в основній системі охолодження, на 7,7 °С в системі охолодження споживачів групи "В", на 2,56 °С, 5,0 °С або 12,0 °С в системі охолодження споживачів групи "А". Скидних тепло з нагрітою водою надходить у водосховище-охолоджувач і бризкальні басейни, і далі в атмосферу через випаровування і конвективне охолодження води [9].

Аналіз результатів натурних спостережень дозволив зробити наступні висновки:

- вплив водосховища-охолоджувача на температуру повітря в різні сезони року різному. У холодний період року над водною поверхнею та поблизу водойми на відстані 100 м температура повітря вище 2,0-2,5 °С, ніж на опорній станції (за межами впливу водойми). У літній час середні температури повітря на узбережжі і на віддалених ділянках суші мало різняться і не перевищують 0,5 °С. У районі впливу водойми добовий хід температури повітря згладжується, змінюються абсолютний максимум і мінімум температури в порівнянні з материковими станціями;

- вплив водойми на вологість повітря на навколишньої території найбільш істотно проявляється влітку. У цей період середньомісячні значення пружності водяної пари, що міститься в повітрі на узбережжі, на 1,0-1,7 гПа вище, ніж на опорній станції, розташованій за межами впливу водойми. Взимку контрасти не перевищують 1,0 гПа на відстані 100 м від урізу води.

Розрахункові величини тепловиділень від енергоблоків № 1-4, які надходять у водосховищі-охолоджувач, наводяться в таблиці 2.5.

Сумарні величини тепловиділень, які надходять у водосховищі-охолоджувач і в бризкальні басейни, наведені в таблиці 2.6-2.7.

У системах охолодження АЕС теплові викиди в теплообмінниках передаються циркулюючої охолоджуючої воді, яка через водойму-охолоджувач для основної системи охолодження турбінного відділення, системи охолодження споживачів групи «В» і бризкальні басейни для системи охолодження споживачів групи «А» відводить тепло в атмосферу.

Таблиця 2.5 – Розрахункові величини тепловиділень від енергоблоків

Кількість енергоблоків	Кількість тепла		
	гКал/год	гКал/добу	гКал/рік*
1	2095	50250	$13618 \cdot 10^3$
2	4190	100500	$27235 \cdot 10^3$
3	6285	150750	$40854 \cdot 10^3$
4	8380	201000	$54472 \cdot 10^3$

* Величини тепловиділень при річному числі годин використання встановленої потужності 7200 годин.

Передача тепла в навколишнє середовище відбувається, головним чином, за рахунок конвективної теплопередачі тепла навколишнього атмосфері, а також випаровування частини води.

Таблиця 2.6 – Величини тепловиділень які надходять у водосховищі-охолоджувач і в бризкальні басейни

Кількість енергоблоків	Кількість тепла максимальна мінімальна		
	гКал/ч	гКал/сут	гКал/год
1	2115	50730	$13793 \cdot 10^3$
	2098	50310	$13640 \cdot 10^3$
2	4230	101460	$27585 \cdot 10^3$
	4195	100620	$27279 \cdot 10^3$
3	6345	152190	$41379 \cdot 10^3$
	6294	150930	$40920 \cdot 10^3$
4	8460	202920	$55172 \cdot 10^3$
	8392	201240	$54560 \cdot 10^3$

Випаровування води в циркуляційних системах охолодження призводить до накопичення в них солей. Технологічні обмеження вмісту солей у охолоджуючій воді вимагають продувки систем охолодження для підтримки в них сольового режиму на допустимому рівні.

Продування допускається тільки за попередньою оформленим у встановленому порядку регламентом, погодженим Держуправлінням екологічної безпеки [11].

На навколишнє середовище діє також вода, яка надходить в атмосферу за рахунок додаткового випаровування і краплинного виносу вітром. Кількісні величини втрат води на випаровування і винесення вітром визначаються нормативними документами.

Таблиця 2.7 – Сумарні величини тепловиділень, які надходять у водосховищі-охолоджувачі в бризкальні басейни

Кількість енергоблоків	Кількість тепла максимальна і мінімальна		
	Гкал/ч	Гкал/доба	Гкал/год
1	2115	50730	$13793 \cdot 10^3$
	2098	50310	$13640 \cdot 10^3$
2	4230	101460	$27585 \cdot 10^3$
	4195	100620	$27279 \cdot 10^3$
3	6345	152190	$41379 \cdot 10^3$
	6294	150930	$40920 \cdot 10^3$
4	8460	202920	$55172 \cdot 10^3$
	8392	201240	$54560 \cdot 10^3$

Радіологічна ситуація в районі розміщення станції в цей час, в основному, визначається радіонуклідами природного походження. Коротко існуючі техногенні ізотопи в ЗС ВП ХАЕС не виявлені. Забруднення території ^{137}Cs перебуває на рівні, близькому до рівнів глобального забруднення (близько 3 кБк/м^2).

Рельєф поверхні ближньої зони станції й наявність орографічних бар'єрів враховані при моделюванні розсіювання газоаерозольних викидів.

Оцінка ступеню забруднення ґрунтів показала, що, за винятком чорнобильських випадіннь, на території зони практично відсутні техногенні забруднення [8, 9].

2.2.3 Прогнозна оцінка хімічного і теплового забруднення

При роботі енергоблоків № 1,2 техногенний вплив ХАЕС практично не вплинуло на положення рівня підземних вод, однак позначилося на їхній хімічний склад і температурі.

Слід підкреслити, що хімічна і теплове забруднення ґрунтових вод і гідравлічно пов'язаної з ними верхньої частини верхньопротерозойського горизонту локалізовано тільки в межах проммайданчика ХАЕС; на периферії проммайданчика зафіксовані фонові значення хімічного складу і температури підземних вод. При цьому в межах проммайданчика утворилася не суцільне поле техногенно забруднених підземних вод, а роз'єднані локальні ділянки, на яких підземні води характеризуються підвищеною мінералізацією і температурою.

Фільтрація води з підвідного та відвідного каналів не приводить до техногенного забруднення підземних вод, так як потік підземних вод

спрямований убік каналів. Дати прогноз кількісних змін у хімічному складі і температурі підземних вод, пов'язаних з техногенним впливом споруд ХАЕС, не представляється можливим, так як вихідні дані для такого кількісного прогнозу відсутні (можливі витoki хімічно забрудненої і гарячої води непередбачені).

Рекомендується в майбутньому провести спеціальний комплекс робіт для виявлення джерел техногенного впливу на підземні води. Негативний вплив можливих витоків виробничих вод, а також фільтрація з водоймища-охолоджувача не вплинуть на якість підземних вод за межами проммайданчика; це процес локальний. Впливу на якість води водозаборів господарсько-питного водопостачання ці процеси не нададуть [8].

2.3 Оцінка впливів на поверхневі й підземні води

Район розміщення ХАЕС знаходиться на східній окраїні Волино-Подільського артезіанського басейну, у зоні його з'єднання з Українським кристалічним масивом. Всі горизонти й комплекси, крім четвертинного, відносяться до міжпластових.

Для району ХАЕС характерний переважно плановий характер потоків підземних вод з генеральним напрямком руху до регіонального дренажу - р. Прип'яті, що обумовлено значною перевагою їхньої латеральної довжини в порівнянні з потужністю й відносно низькою гідрографічною розчленованістю рельєфу.

Підвищенню стійкості гідродинамічних умов сприяє наявність водозаборів господарсько-питного водопостачання тільки в першому й третьому (найбільш глибокому) водоносних комплексах. У зв'язку із цим другий водоносний комплекс відіграє роль «буферної» системи, що сприяє захищеності третього (горбашевсько-поліського) водоносного комплексу, що є основним джерелом централізованого господарсько-питного водопостачання в 30-ти кілометровій зоні.

Режим ґрунтових вод у пункті й на проммайданчику після введення в експлуатацію ХАЕС сформувався під впливом техногенних факторів: створення водойми-охолоджувача, підвідного та відвідного каналів, а також техногенного впливу споруд ХАЕС на гідрогеологічну обстановку. Радіаційний стан підземних вод, у тому числі Нетішинського водозабору, задовільний, тобто нижче граничного рівня, регламентованого нормативними документами [9].

Поверхневі води Гідрографічну мережу в 30-кілометровій зоні впливу Хмельницької АЕС представляють річки басейну р. Горинь, а також озера, ставки, водоймища й меліоративна мережа каналів. Загальна кількість озер у зоні ХАЕС (у басейнах рік довжиною > 10 км) – 111, загальна площа їхнього водного дзеркала – 5,92 км². Загальна кількість водоймищ у зоні ХАЕС – 3. Найбільше з них – водойма-охолоджувач Хмельницької АЕС.

У процесі експлуатації енергоблоків № 1, 2, у результаті інфільтрації виробничих вод відбулися зміни деяких параметрів підземних вод. Внаслідок цього на деяких ділянках фіксується підвищення температури й мінералізації підземних вод, досить стійке в часі, однак це процес локальний і за межі

проммайданчика не поширюється. Радіаційний стан підземних вод, у тому числі Нетішинського водозабору, задовільне, тобто нижче граничного рівня, регламентованого нормативними документами. За результатами моделювання, використовуваний для забору води водоносний комплекс характеризується захищеністю від поверхневого хімічного й радіонуклідного забруднення, тобто відносяться до екологічно стійких джерел господарсько-питного водопостачання.

2.3.1 Оцінка за індексом забруднення води

Аналізуючи якість води відкритого водоймища р. Горинь в районі м. Славута, встановили, що патогенна мікрофлора і бактеріофаги не були виявлені. Проте максимальна контамінація води лактозопозитивні бактеріями (ЛКП) від 24000 до 110000 КОЕ/дм³ свідчать про забруднення води, яка за мікробіологічними показниками відповідає IV категорії джерел водопостачання. Представлені дані свідчать про те, що вміст бактерій групи кишкової палички (БГКП) у воді колодязів коливається в межах менше 10 КУО/дм³. Максимальні значення БГКП в 1 дм³ перевищували нормативи – 10 КУО/дм³ в 2,3 рази, що створювало епідеміологічну загрозу при вживанні такої води.

Аналізуючи якість води відкритого водоймища р. Горинь в районі м. Славута (табл. 2.8), встановили, що патогенна мікрофлора і бактеріофаги не були виявлені. Проте максимальна контамінація води лактозопозитивні бактеріями (ЛКП) від 24000 до 110000 КОЕ/дм³ свідчать про забруднення води, яка за мікробіологічними показниками відповідає IV категорії джерел водопостачання.

Проби води, відібрані зі ставка-охолоджувача м. Нетішин в 2019 році, за середнім значенням індексу ЛКП (менше 4697) відповідали вимогам СанПіН 4630-88 «Санітарні правила і норми охорони поверхневих вод від забруднення». У холодний період року індекс ЛКП становив менше 300; в теплий - до 46000, що не відповідало вимогам СанПіН 4630-88 [11].

2.3.2 Екологічна оцінка

1) У період з 20014-2019 роки вода р. Горинь в межах м. Славута за основними санітарно-технічними показниками мала стабільний склад з відхиленнями в межах ГДК. Виявлене наявність забрудненості річкової води органічними речовинами (перевищення гігієнічних нормативів за БПК₂₀ і ГПК в три рази відповідних гранично-допустимих нормативів) і загальним залізом (до 2,6 ГДК), а також епізодичне коливання рН води в кислу сторону (5,3 - 5,4), що імовірно пов'язано зі скиданням у р. Горинь недостатньо очищених стічних вод.

2) Вода р. Горинь в динаміці в межах м. Нетішин за органолептичними особливостям, мінеральному складу і показниками органічного забруднення мала стабільний склад в межах ГДК. Відхилення від гігієнічних нормативів виявлено за показниками БПК₂₀ і ГДК до 1,9 допустимого рівня, що свідчить про наявність органічного забруднення. Вміст розчиненого кисню у воді річки періодами знижується до рівнів 0,77-1,1 мг/дм³ і може викликати різке гальмування біохімічних процесів самоочищення і мор риби. Епізодично, при вмісті

розчиненого кисню 0,77-1,1 мг/дм³ річкову воду можна віднести до високого ступеня забруднення з індексом - 3.

3) Для води водосховища-охолоджувача характерне підвищення активної реакції води в кислу сторону, збільшення величин перманганатная окислюваність і періодичне зниження вмісту розчиненого кисню до критичного рівня, що викликає гальмування біохімічних процесів самоочищення води. За гігієнічною класифікацією водних об'єктів за показником - розчинений кисень вода відноситься до категорії надзвичайно забрудненої з індексом забруднення - 3, що пов'язано зі специфікою ВО.

Таблиця 2.8 – Санітарно-бактеріологічний аналіз води 2019

Назва водойм		Індекс ЛКП		Індекс Е. СоП	
		середнє значення	діапазон коливань	середнє значення	діапазон коливань
м.Славута	р. Горинь	2916±1397	від 230 до 4300	-	-
м.Нетішин	Водойма-охолоджувач	<(4697±112000)	від 300 до 46000	-	-
	р.Горинь	<(23159±44582)	від 300 до 110000	619±3	від 0 до 360

4) Проведені дослідження показали, що на якість води в р. Горинь впливають скиди неочищених або зовсім неочищених господарсько-побутових стічних вод і зливових вод з території міста [10].

5) Питна вода системи централізованого господарсько-питного водопроводу м. Славута за основними санітарно-хімічними показниками відповідала вимогам чинного стандарту (ГОСТ 2874-82 «Вода питна» та ДСанПіН № 383 186/1940). У період спостережень визначено наднормативне вміст у питній воді заліза (до 4,2 ГДК), марганцю (до 2,2 ГДК), вміст фтору було менше ГДК в 2,7 рази, що свідчить про необхідність удосконалення технології водопідготовки на водопровідній станції міста. Для запобігання соматичних захворювань населення питна вода вимагає додаткового фторування.

6) Якість питної води централізованого господарсько-питного водопостачання м. Нетішин в період спостережень з основними санітарно-хімічними показниками відповідало вимогам чинного санітарного законодавства. Спостерігалися відхилення від стандарту за вмістом у питній воді залишкового вільного хлору (до 1,4 ГДК) і нітратів (до 1,1 ГДК). Незначна наднормативна концентрація нітратів у питній воді свідчить про наявність органічного засмічення в розподільній мережі міста.

7) Колодязна (грунтова) вода в м. Славута протягом семи років спостережень за органолептичними показниками мала хороші якості (запах і присмак відсутні). Епізодично вміст нітратів (за максимальними показниками)

збільшувалася до 3,4 ГДК, що свідчить про наявність значного органічного забруднення.

8) За результатами санітарно-мікробіологічних досліджень протягом 2014 – перших п'яти місяців 2019 років якість питної води з джерел централізованого та нецентралізованого водопостачання в м. Славута – 100 % відборів відповідали вимогам за бактеріологічними показниками.

9) Протягом 2014-2019 років значення санітарно-мікробіологічних показників води з поверхневих водойм в р. Горинь м. Славута перебували на однаковому рівні, при цьому якість за останні 2,5 роки значно покращився.

2.4 Оцінка впливів на ґрунти

Забруднення ґрунту важкими металами (ВМ) відбувається трьома основними шляхами: повітряним, водним та внесенням разом з добривами і пестицидами при сільськогосподарському землекористуванні.

Найбільш поширений і важливий повітряний шлях надходження важких металів у вигляді аерозолів і газів, як наслідок викидів промислових підприємств, двигунів внутрішнього згоряння, ТЕС, ТЕЦ, в результаті використання населенням природного палива (вугілля) для обігріву приміщень. Основний забруднення локалізується в районі знаходження джерела викидів. Найбільш істотні рівні забруднення ґрунтів ВМ спостерігаються в радіусі 10 км. Однак залежно від метеорологічних факторів, рельєфу, висоти викиду зона забруднення може займати великі території, а його сліди спостерігаються на великому видаленні від джерела.

У населених пунктах, де в якості палива використовується кам'яне вугілля, забруднення ґрунтів свинцем простежується на відстань 5 км від межі населеного пункту. Ймовірність аерозольного забруднення сільськогосподарської продукції на присадибних ділянках і городах досить висока. Основним джерелом забруднення свинцем на досліджуваній території є автомобільні дороги. Тверді частинки неорганічних сполук свинцю, надходячи з вихлопами двигунів внутрішнього згоряння в атмосферу, утворюють аерозолі. Навколо доріг з різною інтенсивністю руху автотранспорту утворюються локальні геохімічні аномалії, які мають ширину від 100 до 200 м. За рахунок вітрового перенесення пилу з дороги спостерігається значне (до 50 % від загального) забруднення рослин свинцем, з максимумом на відстані 60 м від дороги [8, 11].

Залежно від рельєфу та кліматичних особливостей аномалії можуть мати різноманітну конфігурацію з поступовим зниженням концентрацій забруднювача від центру до периферії. Таким чином, автодороги утворюють постійно діючі лінійні аномалії, які призводять до забруднення сільськогосподарської продукції вздовж них. Аномалії мають виражену сезонну і кліматичну динаміку, різкі зміни концентрацій, їх параметри важко прогнозувати. Через зону спостереження проходять тільки дві дороги регіонального значення (Р-05, Р26), які не є автомагістралями.

На досліджуваній території відсутні великі промислові об'єкти, які скидають у воду свої відходи. Локальні забруднення можуть викликати

комунальні води, стічні води тваринницьких ферм, відходи цукрових заводів, які при недостатній очищенню потрапляють в річки і водосховища. В даний час спостерігається спад у сільськогосподарському виробництві, а відповідно і зменшення кількості рідких скидів.

За даними екологічних паспортів Хмельницької та Рівненської областей перевищення ГДК ВМ у контрольних створах річок, які знаходяться в ДТ, не спостерігалось. Зрошення в сільському господарстві ДТ не використовується і не може бути додатковим джерелом забруднення сільськогосподарських угідь ВМ. У сільськогосподарському виробництві використовуються різноманітні добрива та пестициди, які містять домішки ВМ (таблиця 2.9). Внесення добрив на поля не завжди виконується згідно науково-обґрунтованим нормативам доз, що призводить до підвищення концентрації ВМ в ґрунтах і виникнення локальних аномалій.

Разом з інсектицидами на поля вноситься свинець, з цинковими добривами обробці вноситься надлишок даного елемента, мідь у вигляді домішок вноситься з вапном і в суперфосфаті, а також з гноєм (20 т гною дають 40 г міді). Підстилковий гній, збагачений органічними та мінеральними сполуками, також містить велику кількість ВМ. У зв'язку з відсутністю достатньої кількості мінеральних добрив, в даний час він є основним добривом.

Забруднення сільськогосподарських угідь ВМ внаслідок внесення добрив є одним з незначних джерел надходження їх у сільськогосподарські культури. Через відсутність великих промислових підприємств кольорової і чорної металургії ймовірність повітряного забруднення існує поблизу автодоріг.

Таблиця 2.9 – Результати оцінки вмісту важких металів у деяких добривах, мг/кг (кислотна витяжка) [8]

Назва добрива	Cu	Zn	Pb	Cd
аміачна селітра	0,18	0,21	0,04	<0,001
сечовина	0,21	0,18	0,05	<0,001
нітрофоска	0,27	0,29	0,07	0,002
суперфосфат	18,4	21,9	34,3	0,34
суперфосфат подвійний	22,7	31,9	40,4	0,37
калій магнезія	4,1	6,0	9,1	0,31
Калійна сіль 30 - %	6,5	14	13,8	0,54
Калійна сіль 40 - %	8,4	12,3	14,9	0,57

За результатами проведених досліджень вміст міді, цинку, кадмію та свинцю в ґрунтах, території, прилеглої до ХАЕС, перебуває на фоновому рівні. Можливе незначне додаткове техногенне надходження свинцю в ґрунти сільгоспугідь, що примикають до автодоріг, не приведе до перевищення середніх фонових концентрацій цього елемента та забруднення їм сільгосппродукції.

У результаті ґрунтових, ландшафтних і ландшафтно-геохімічних досліджень в 30-ти кілометровій зоні впливу ХАЕС встановлено, що:

Структура ґрунтового покриву 30-ти кілометрової зони впливу ХАЕС відрізняється сильною строкатістю. Складністю ґрунтової структури 30-ти кілометрової зони впливу ХАЕС (біля 500 ґрунтових відмін) визначається ще й тим, що регіон розташований на стику Малого Полісся, Поліської провінції та лісостепової зони, що відобразилося не лише на значній типологічній різноманітності ґрунтів, але й на різноманітному їх поєднанні.

Деградаційні процеси ґрунтів, пов'язані з будівництвом Хмельницької АЕС, розповсюджені лише в зоні промайданчика. Наявність їх в 30-ти кілометровій зоні ХАЕС не пов'язана з роботою станції. Основні види деградації ґрунтів зони дослідження пов'язані з їх інтенсивним сільськогосподарським використанням, проведенням комплексу осушувальних меліорацій і наступним освоєнням меліорованих земель.

В умовах нормальної експлуатації робота ХАЕС в складі чотирьох енергоблоків не відобразиться на величинах природного радіоактивного фону, оскільки прогнозована щільність радіоактивного забруднення при цьому в десятки разів менша від прийнятих в Україні і світі нормативів [11].

2.5 Оцінка впливів на рослинний світ

Рослинний світ. Територія 30-ти кілометрової зони ХАЕС знаходиться на південно-західному краї зони змішаних лісів на стику трьох геоботанічних округів. Центральна й східна частини характеризуються типовими рисами природи Полісся. Складність рельєфу, неоднорідність зволоження й строкатість четвертинних відкладень спричиняються розмаїтістю рослинного світу.

Флора зони відноситься до флори міграційного типу, що сформувались за рахунок різних видів центрів розвитку (основними є гумідна, аридна й арктоальпійська). Провідні позиції займають бореальні види. Серед них переважають види з голарктичним і євразійським типами ареалів. Бореальні елементи утворюють види луків, боліт і хвойних лісів. Їхня перевага пояснюється не стільки кліматичними, скільки історичними умовами. Друге місце займають неморальні види. Це види широколистяних лісів, що заходять і в дубово-соснові ліси. Інші елементи флори не грають у її утворенні помітної ролі. Плуорорегіональні й космополітні види становлять невелику частину флори зони (близько 2 %). Це переважно водні, почасти, прибережно-водні види рослин озер і рік [7]. Комплексність рослинного покриву - одна із самих примітних особливостей цієї території. Природна рослинність значною мірою збереглася. У рослинному покриві переважають ліси, середня лісистість території зони спостереження 28 %. Головною особливістю лісів є їх переважна едафічна обумовленість. Перевага серед поверхневих порід флювіогляціальних відкладень легко механічного складу привела до панування сосни серед лісоутворюючих порід більшої частини території.

Соснові ліси займають верхні частини схилів і їхньої вершини, переміняючись у зниженнях дубово-сосновими лісами або евтрофними або мезотрофними болотами. У ценотичному відношенні соснові ліси представлені такими основними групами асоціацій: соснові ліси лишайникові, соснові ліси і

соснові ліси чорнично-зеленомошні, соснові ліси молінієві. Характерними рисами дубово-соснових лісів є наявність двох'ярусного деревостою, ярусу підліска, а також видове багатство трав'яно-кустарничкового ярусу, у якому сполучаються бореальні й неморальні види. Вони представлені двома групами асоціацій - дубово-соснові ліси крушинові й дубово-соснові ліси ліщинові.

Основні масиви грабово-дубових лісів зустрічаються в північній частині зони на сірому і ясно-сірому лісовому суглинному ґрунтах на лесі й лесовидних суглинках. Їм властивий двох'ярусний деревостій з високою зімкнутістю. Для цих лісів характерна наявність поряд з неморальними, ряду бореальних видів [11].

Складні багатокомпонентні співтовариства являють собою грабово-сосново-дубові ліси, що зустрічаються в центральній частині території зони. Ці ліси сформувалися на більш бідних ґрунтах, займають більш високе гіпсометричне положення, тобто розташовуються вище грабово-дубових. Їх деревостій має триярусну будову, травостій розріджений і має нерівномірне додавання: види зустрічаються групами на більше освітлених місцях. Роль бореальних видів вища, ніж у грабово-дубових лісах.

Березові ліси сформувалися на місці соснових і дубово-соснових. Вони досить поширені, але більших масивів не утворюють, зустрічаючись невеликими ділянками в комплексі з лісами, на місці яких утворилися. Для них характерна значна домішка в деревостою інших порід. Трав'яно-кустарничковий покрив різноманітний по видовому складу. Як правило, він "успадкований" від соснових і дубово-соснових лісів, у зв'язку із чим серед березових лісів переважають зеленомошні, орлякові, чорничні, молінієві.

Класичне місце розташування вільхових боліт – притерасна частина заплави більших рік і уздовж невеликих річок, у перезволожених зниженнях з високим рівнем багатих мінеральними речовинами ґрунтових вод.

Загальні закономірності антропогенних змін рослинного покриву зони спостереження полягають у зменшенні площ боліт і луків, викликаному осушенням і наступною оранкою, у трансформації рослинності осушених боліт у напрямку поступового формування торф'янистих луків, у трансформації справжніх луків внаслідок перевипасу в торф'янисті луки, у трансформації луків у болота в зоні підтоплення водойми-охолоджувача, у розширенні площі монокультур сосни і їли на місці більше складних лісових співтовариств.

Таким чином, рослинний світ зони впливу – надзвичайно цікавий об'єкт як із флористичної, так і фітоценотическої точок зору. Рослинний покрив її відрізняється багатством і розмаїтістю. Поряд з типовими сосновими й дубово-сосновими лісами значна участь у рослинному покриві приймають грабово-дубові ліси. На їхньому фоні контрастно виступають мезотрофні болота западин і типові лугові ділянки. Рослинний світ зони має велике созоологічне значення, оскільки в ньому збереглися рідкі співтовариства й рідкісні види [7, 11].

2.6 Оцінка можливого впливу на тваринний світ

Тваринний світ. Досліджуваний район відповідно до еколого-зоологічного районування України відноситься до Бессарабско-Подільської ділянки зони

широколистяних і змішаних лісів. Тут деякі середньоземноморські види проникають далеко на північ і при цьому далеко на південь проникають окремі представники північної лісової фауни.

Аналіз фауни регіону показав, що вона відрізняється досить високим ступенем видової розмаїтості й присутністю видів, рідких в Україні і Європі. Орієнтовно в регіоні живе близько 300 видів, 30 родів, 5 класів хребетних. Завдяки тому, що даний район перебуває на стику Лісостепової й Лісової зон, отут спрацьовує правило високої видової розмаїтості фауни на екотоні (у цьому випадку на стику природних зон). Найбільше чітко ця закономірність простежується при дослідженні населення птахів і комах.

В 30-ти кілометровій зоні ХАЕС живуть 19 видів, занесених у Червону книгу України, 2 види - у Європейський Червоний список (деркач і видра), і близько 20 - у Європейський устав видів, яким загрожує зникнення.

Експлуатація двох додаткових енергоблоків у цілому не вплине на структуру й динаміку рослинних співтовариств, а також не спричинить зміни чисельності популяцій рідких і внесених до Червоної книги України видів рослин. Однак у випадку проведення додаткових будівельних або інших робіт, пов'язаних зі зміною гідрорежиму, порушенням цілісності рослинного або ґрунтового покриву, необхідно додаткове дослідження й екологічна експертиза цієї території.

Радіаційна ситуація в районі ЗС ВП ХАЕС у цей час визначається в основному радіонуклідами природного походження. Біоіндикатором радіоактивного забруднення доцільно використовувати гриби, сосну, чорницю, мохи та лишайники (для кожного з ярусів), для яких є достатня база даних і встановлені відповідні залежності. У цілому, радіаційний вплив більш ніж двадцятилітньої діяльності ВП ХАЕС не позначилося на стані рослинності ЗС [7, 11]. Додатковим позитивним фактором з охорони природи є створення в Хмельницькій області національного природного парку "Мале Полісся" (Указ президента України від 2016 року).

2.7 Оцінка дози опромінення населення за рахунок викидів АЕС

Проведена оцінка річних ефективних доз на населення по всіх шляхах впливу, включаючи надходження радіонуклідів з продуктами харчування. Індивідуальна річна ефективна доза на представників дорослого сільського населення що проживає, біля кордону санітарно-захисної зони може скласти 0,6 мкЗв. індивідуальний ризик виникнення стохастичних ефектів при такій дозі знаходиться нижче нехтуванні рівня.

Аналіз шляхів впливу показав, що максимальний внесок у очікувану ефективну дозу на всіх відстанях вносять радіоактивні благородні гази ^{88}Kr , ^{133}Xe , ^{135}Xe при опроміненні від хмари. Решта шляхи впливу в формування дози вносять істотно менший внесок.

Максимальна розрахункова ефективна індивідуальна доза 2,8 мкЗв /рік отримана на відстані 0,5 км у східному напрямку від станції. На відстані 25 км сумарна ефективна доза зменшується до сотих мкЗв.

Аналіз отриманих оцінок дозволив зробити висновок про те, що основний внесок у формування дозових навантажень на організм людини на території ЗС ХАЕС при роботі станції в режимі нормальної експлуатації будуть вносити природні радіонукліди: ^{40}K , ^{238}U , ^{232}Th та продукти їх розпаду. Штучні радіонукліди глобальних випадів, радіонукліди чорнобильського походження і, тим більше, радіонукліди викидів ХАЕС, дають істотно менший внесок у величину дози опромінення. За добу від природного фонових опромінення людина одержує приблизно таку ж дозу, як і від викидів ХАЕС за рік [11].

Згідно НРБУ-97, населення, яке проживає поблизу АЕС, може отримати дозу опромінення за рахунок газо-аерозольних викидів АЕС, що не перевищує 4 % граничної дози, тобто < 40 мкЗв/рік, причому ця доза формується за всіма шляхами впливу. У разі населення оціночні дозові навантаження за межами СЗЗ будуть на два порядки величини нижче встановлених лімітів.

Найзагальнішим з віддалених наслідків опромінення є скорочення тривалості життя. В багатьох дослідках виявлена пряма залежність між дозою радіації і ступенем скорочення тривалості життя. Віддаленими наслідками також можуть бути виникнення нових лейкозів, збільшення кількості катаракт (порівняно з середнім рівнем), порушення рівноваги функції ендокринних залоз, зниження плодючості, тимчасова втрата здатності до відтворення (стерильність), ослаблення імунітету, ранній прояв симптомів старіння.

Злоякісні новоутворення під впливом опромінення можуть виникати практично в усіх органах. Найчастіше спостерігаються лейкози, раки молочної залози, яєчників, а також шлунка і легенів (які виникають, головним чином, внаслідок загальної променевої дії). Пухлини шкіри та кісток, як правило, наслідок локального опромінення, зовнішнього (шкіра) або внутрішнього.

Типовим віддаленим наслідком загального опромінювання організму або локального опромінення є помутніння кришталика ока – катаракта. Отже, наведені прогнози оцінки дозових навантажень для за даних умов показують, що внесок радіонуклідів викидів АЕС становить дуже малу величину в порівнянні з дозовими навантаженнями від природних і штучних (глобальних випадів) радіонуклідів [11, 12].

З ПОВОДЖЕННЯ З РАДІОАКТИВНИМИХ ВІДХОДАМИ

3.1 Класифікація РАВ в Україні

Відповідно до вимог «Норм радіаційної безпеки України. Доповнення; радіаційний захист від джерел потенційного опромінення» (НРБУ-97/Д-2000) і залежно від цілей класифікації радіоактивні відходи (РАВ) поділяються на типи, групи і категорії.

Визначаються два типи РАВ:

- короткоіснуючі РАВ (КІВ) – рівень звільнення від регулюючого контролю досягається раніше, ніж через 300 років після їхнього захоронення;
- довгоіснуючі РАВ (ДІВ) – рівень звільнення від регулюючого контролю досягається через 300 і більше років після їхнього захоронення.

Ця класифікація заснована на критерії припустимості (неприпустимості) захоронення РАВ в приповерхньому (поверхневому) або геологічному сховищі.

Класифікація РАВ, заснована на критеріях припустимості (неприпустимості) їхнього захоронення в сховищах різних типів [15, 16].

З таблиці 3.1 видно, що РАВ поділяються на два типи: короткоіснуючі, довгоіснуючі і місця їх захоронення.

Таблиця 3.1 – Припустимі типи захоронення РАВ

Тип РАВ	Дози потенційного опромінення через 300 років після захоронення	Тип можливого звільнення в період до 300 років після захоронення	Припустимий тип захоронення РАВ
Короткоіснуючі	Нижче рівня 1 мЗв/рік	Повне, обмежене	Поверхневий або приповерхній
Довгоіснуючі	Вище рівня 50 мЗв/рік	Не розглядається	У стабільних глибоких геологічних формаціях

Залежно від фізичного стану РАВ розділяються на тверді, рідкі та газоподібні (таблиця 3.2). Тверді РАВ поділяються на чотири групи за критерієм «рівень вилучення». Класифікація твердих РАВ за критерієм питомої активності таблиця 3.3.

Таблиця 3.2 – Класифікація твердих РАВ за критерієм «рівень вилучення»

Група РАВ	Тверді РАВ	Рівень вилучення, кБіс-кТ ¹
1	Трансуранові альфа-випромінюючі радіонукліди	0,1
2	Альфа-випромінюючі радіонукліди (за винятком трансуранових)	1
3	Бетта-, гамма-випромінюючі радіонукліди (за винятком віднесених до групи 4)	10
4	³ H, ¹⁴ C, ³⁶ Cl, ⁴⁵ Ca, ⁵³ Mn, ⁵⁵ Fe-55, ⁵⁹ Ni, ⁶³ Ni, ^{93m} Nb-93, ⁹⁹ Tc, ¹⁰⁹ Cd, ¹³⁵ Cs, ¹⁴⁷ Pm, ¹⁵¹ Sm, ¹⁷¹ Tm, ²⁰⁴ Tl	1000

Таблиця 3.3 – Класифікація твердих РАВ за критерієм питомої активності.

Категорії РАВ	Інтервал значень питомої активності, кБк-кг*			
	Альфа-радіонукліди		Бета-, гамма радіонукліди	
	Група 1	Група 2	Група 3	Група 4
Низькоактивні (НАВ)	$10^{-1} - 10^1$	$10^0 - 10^2$	$10^1 - 10^3$	$10^3 - 10^5$
Середньоактивні (САВ)	$10^1 - 10^5$	$10^2 - 10^6$	$10^3 - 10^7$	$10^5 - 10^8$
Високоактивні (ВАВ)	більше 10^5	більше 10^6	більше 10^7	більше 10^8

Примітка. Категорія високоактивних РАВ розділяється на дві підкатегорії:

а) «низькотемпературний високоактивні РАВ – питома тепловиділення не перевищує $2 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-3}$;

б) «тепловиділяючі» високоактивні РАВ -тепловиділення перевищує $2 \text{ кВт} \cdot \text{м}^{-3}$.

До рідких РАВ відносяться: неорганічні розчини, пульпи фільтрувальних матеріалів, шлами. органічні рідини (масла, розчини).

3.2 Утворення РАВ в процесі експлуатації АЕС

В Комплексній Державній Програмі поводження з РАВ АЕС чітко сформульовані всі заходи щодо поводження з РАВ, які доцільно виконувати на АЕС:

1) проектування, виготовлення та введення в експлуатацію технологічних ліній попередньої переробки твердих та рідких РАВ на Рівненській, Хмельницькій, Запорізькій, Південно-Українській АЕС;

2) проектування та введення в експлуатацію сховищ контейнерів з сольовим плавом;

3) реконструкція сховищ твердих РАВ;

4) проектування, виготовлення та введення в експлуатацію технологічної лінії видалення твердих РАВ із сховища та їх сортування;

5) будівництво та введення в експлуатацію центрального підприємства переробки РАВ АЕС;

6) розроблення та впровадження приладів і методик контролю фізичних параметрів РАВ;

7) створення Державного реєстру РАВ та кадастру сховищ РАВ;

8) вдосконалення нормативних актів та навчально-методичної документації з питань поводження з РАВ;

9) розроблення та організація промислового виробництва контейнерів для збирання, зберігання та транспортування РАВ.

Виведення енергоблоків з експлуатації повинне здійснюватися таким чином, щоб радіаційний вплив речовин у твердому, газоподібному та аерозольному стані не перевищував рівнів, визначених відповідними нормативними актами.

Сховища РАВ, які існують на території АЕС заповнюються швидкими темпами, а на деяких АЕС ситуація вже набула, або наближається до критичного становища [17].

3.3 Опис сховищ та площадок для захоронення РАВ

Як уже відзначалося, радіоактивні відходи, що містять короткоживучі радіонукліди, національним законодавством дозволяється захороняти у поверхневих і приповерхневих спорудах. Всі інші радіоактивні відходи допускається захороняти тільки в сховищах геологічного типу, після переведення їх у твердий стан вибухо-, пожежо- і ядернобезпечні форми. Отже, до створення подібної споруди, на це потрібно буде кілька десятиліть, подібні відходи повинні зберігатися у відповідних безпечних умовах.

Основні вимоги зі забезпечення безпеки сховищ радіоактивних відходів регулюються нормативними документами, вони встановлюють процедури, умови і критерії ліцензування, вибору і отвердження площадки для будівництва, проектування, будівництва, експлуатації, закриття і зняття з експлуатації, забезпечення якості, проведенні радіаційного контролю і моніторингу навколишнього середовища.

Для кожного сховища повинні розроблятися й узгоджуватися з наглядовими і регулювальними органами критерії прийому радіоактивних відходів на зберігання або захоронення, до яких можна віднести:

- перелік і максимальна активність радіонуклідів;
- вимоги до форми відходів;
- перелік і гранично допустимий вміст токсичних й інших небезпечних нерадіоактивних речовин,
- вимоги до упаковок, контейнерів і їхнього маркування і т.п.

Перелік критеріїв може уточнюватися і розширюватися як ліцензіатом, так і регулювальним органом [16].

На кожену упаковку з відходами, виробниками відходів повинний бути складений паспорт, у якому подаються основні характеристики відходів.

Крім того для кожного сховища встановлюють:

- межі загальної активності, у тому числі для кожної ємності чи модуля,
- час і умови зберігання,
- спосіб розміщення і витягання упаковок з відходами і їх транспортування чи переміщення в сховищах,
- технології й устаткування для дезактивації транспортних засобів, устаткування,
- системи дренажу, вентиляції, радіаційного контролю,
- системи моніторингу навколишнього середовища,
- вимоги фізичного захисту, і т.п.

До характеристик площадки для розміщення сховищ встановлюються вимоги, які можуть впливати на безпеку зберігання чи захоронення радіоактивних відходів, до яких відносяться:

- геологічна будова площадки;

- геологічна стабільність;
- щільність населення і перспективи розвитку територій;
- наявність і використання мінеральних водяних ресурсів;
- геохімічні і гідрологічні умови і характеристики;
- рельєф;
- вплив на навколишнє природне середовище;
- транспортні комунікації та ін [16].

Пропозиції щодо створення сховищ радіоактивних відходів розглядаються за наявності не менше трьох варіантів площадок. При цьому матеріали обов'язково повинні містити:

- характеристики навколишнього природного середовища в районі можливого розміщення сховища;
- оцінку впливу робіт з будівництва, введення в експлуатацію, експлуатації і зняття з експлуатації на людину і навколишнє природне середовище;
- міри передбачені проектом, спрямовані на запобігання і зменшення шкідливого впливу на навколишнє природне середовище [16].

3.4 Пункти збереження РАВ на території України

Сховищем називаються споруди що розміщують радіоактивні відходи, у яких забезпечується їхня ізоляція від навколишнього природного середовища, фізичний захист і радіаційний моніторинг, з можливістю подальшого їхнього витягання для переробки, перевезення і захоронення.

Кількість сховищ і могильників радіоактивних відходів в Україні досить велика. На даний час радіоактивні відходи зберігаються в сховищах і спорудах:

- на кожній атомній електростанції,
- пунктах захоронення радіоактивних відходів міжобласних спецкомбінатах об'єднання "Радон",
- пунктах захоронення і тимчасової локалізації радіоактивних відходів зони відчуження Чорнобильської АЕС,
- науково-дослідних центрах Київського інституту ядерних досліджень, Севастопольському інституті ядерної енергетики і промисловості, Національному науковому центрі "Харківський фізико-технічний інститут" - ВАТ "Ізотоп".

Існують визначені проблеми з класифікацією об'єктів у яких зберігаються, або містяться захоронені радіоактивні відходи. Це насамперед відноситься до споруд призначених для локалізації аварійних відходів, таких як об'єкт "Укриття", ПЗРВ "Підлісний", ПЗРВ "ІІІ черга".

Наприклад, об'єкт "Укриття" з технічної точки зору не відповідає діючим нормам безпеки і не може бути класифікований як сховище радіоактивних відходів, проте, це об'єкт у якому знаходяться залишки ядерного палива і радіоактивні відходи.

Постановою Кабінету Міністрів України від 28.12.96 № 1561 визначено, що ядерні матеріали, що знаходяться в об'єкті "Укриття", визнані радіоактивними відходами, і головна мета робіт на об'єкті "Укриття" полягає в якнайшвидшому витягненні залишків ядерного палива для їхньої ізоляції і захоронення. Виходячи

з цих передумов об'єкт "Укриття" можна прирівняти до сховищ радіоактивних відходів [11, 16].

Пункти захоронення радіоактивних відходів міжобласних спецкомбінатів об'єднання "Радон" призначені для збору, переробки, зберігання і захоронення твердих і рідких радіоактивних відходів, а також відпрацьованих джерел іонізуючого випромінювання.

Так наприклад, ПЗРВ Київського міжобласного спецкомбінату об'єднання "Радон" за проектом був розрахований на прийом:

- твердих радіоактивних відходів з питомою активністю до $3,7 \cdot 10^6$ Бк-кг⁻¹ (до $1 \cdot 10^{-4}$ Кі-кг⁻¹), у кількості 515 м³ з них:
 - 200 м³ у рік підлягають спалюванню;
 - 300 м³ у рік - пресуванню;
 - 14 м³ у рік - похованню без переробки;
 - 1 м³ у рік - трупи тварин;
- рідкі радіоактивні відходи з питомою активністю до $3,7 \cdot 10^5$ Бк л⁻¹, у кількості 33,8 м³;
- відпрацьовані джерела іонізуючого випромінювання:
 - за у-випромінюванням ізотопу Co⁶⁰ - $2,59 \cdot 10^3$ Бк;
 - за нейтронним випромінюванням - $2 \cdot 10^8$ н-с.

Вимоги до сховищ і могильників радіоактивних відходів постійно вдосконалюються, розширюються й уточнюються. У зв'язку з цим реально постала проблема пов'язана з тим, що темпи зміни вимог стандартів, норм і правил на жорсткіші значно випереджають технічні і фінансові можливості підприємств для їхньої реконструкції чи модернізації. Значна частина існуючих сховищ уже не відповідає діючим нормам і правилам. Гостро стоїть завдання щодо підготовки і проведення реконструкції чи закриття більшості існуючих сховищ.

Для подолання цієї проблеми розпочато будівництво першої черги комплексного пункту "Вектор" по переробці всього захоронення РАВ у зоні відчуження, але будівництво ведеться повільними темпами. Планується розширення постійного пункту захоронення РАВ "Буряківка".

Ведеться перезахоронення відходів з підтоплених пунктів, зокрема з пункту "Нафтобаза" перезахоронено 19 тис. тонн радіоактивних відходів, але лишається ще 60 тис. тонн.

Завершуються роботи щодо обстеження та інвентаризації пунктів тимчасового захоронення РАВ з метою створення інформаційно-аналітичної системи потенційно-небезпечних об'єктів.

Для зменшення виносу радіонуклідів у Київське водосховище проводяться роботи по ремонту лівобережної польдерної дамби.

З метою зменшення змиву радіонуклідів стронцію в Київське водосховище на 100-200 Кі щорічно (із загальної кількості близько 450 Кі) розпочато будівництво захисної дамби на правобережній заплаві р. Прип'ять довжиною 4,1 км. Загальна кошторисна вартість будівництва складає 9 млн. грн. Розпочато намівання правобережної дамби на ділянці "Залізничний міст – Яновський

затон”. Необхідно провести дезактивацію найбільш забрудненої ділянки правобережної заплави (що відсікається дамбою) та Яновського затону [16].

З метою подальшого зменшення змиву радіонуклідів із забруднених ділянок на лівобережній заплаві р. Прип’ять розпочато розчистку меліоративних каналів для забезпечення відводу води за межі значно забруднених ділянок лівобережної заплави р. Прип’ять. Це дозволить зменшити змив радіонуклідів у водосховище приблизно на 20 %.

Сьогодні пріоритетним є завдання приведення у відповідність з вимогами чинних норм і правил існуючих у зоні відчуження пунктів захоронення радіоактивних відходів і пунктів тимчасової локалізації радіоактивних відходів. Вони створювалися в екстремальних після аварії умовах і не відповідають вимогам радіаційної безпеки, а тому несуть потенційну загрозу для навколишнього середовища. За даними спостережень горизонти ґрунтових вод знаходяться в безпосередній близькості від пунктів тимчасової локалізації радіоактивних відходів. Тому, внаслідок певних гідрогеологічних процесів, ці пункти можуть стати суттєвими радіаційними забруднювачами території зони відчуження і басейну ріки Прип’ять.

У 2010 році вони становили в середньому 2,05 мЗв. Було зафіксовано один випадок вмісту інкорпорованого цезію-137 активністю 3341 Кі, що перевищує контрольний рівень у 3,34 разу. Цей випадок пояснюється споживанням дичини місцевого походження. Середнє значення річної індивідуальної дози опромінення персоналу об’єкту “Укриття” складає 5,47 мЗв, прикомандированого персоналу – 6,01 мЗв [16, 17].

3.5 Пропозиції щодо вдосконалення системи поводження з РАВ

З метою попередження забруднення навколишнього середовища та, як наслідок цього, негативного впливу на здоров’я населення для удосконалення системи поводження з РАВ рекомендуються наступні пропозиції:

Створення таких економічних важелів стимулювання або оподаткування, щоб вигідніше було очистити, чим забруднити (штрафи, платежі);

Надання повноважень щодо поводження з відходами (особливо токсичними) комерційним структурам повинно здійснюватись тільки після одержання сертифікату цими підприємствами на проведення цих робіт;

Створення незалежного міжвідомчого експертного органу до складу якого повинні ввійти фахівці (токсикологи, хіміки, технологи, економісти, екологи), надати йому певні повноваження:

- а) участь в експертизі проектів;
- б) ліцензуванні підприємств, які виконують роботи по знешкодженню чи утилізації відходів;
- в) розробки необхідної наукової документації (наприклад: методології по оцінці ризику при забрудненні, переліки критеріїв по ліцензуванню підприємств і т.д.) [14-17].

3.6 Схеми утилізації рідких радіоактивних відходів

Для утилізації рідких відходів використовують пристрої, які працюють на природному газі. Структурні схеми наведені на рисунку 3.1, 3.2. Суть полягає в тому, що після проходження рідких РАВ через даний пристрій утворюється тверда суміш меншого об'єму і містить на 90 % менше радіоактивних частинок [10].

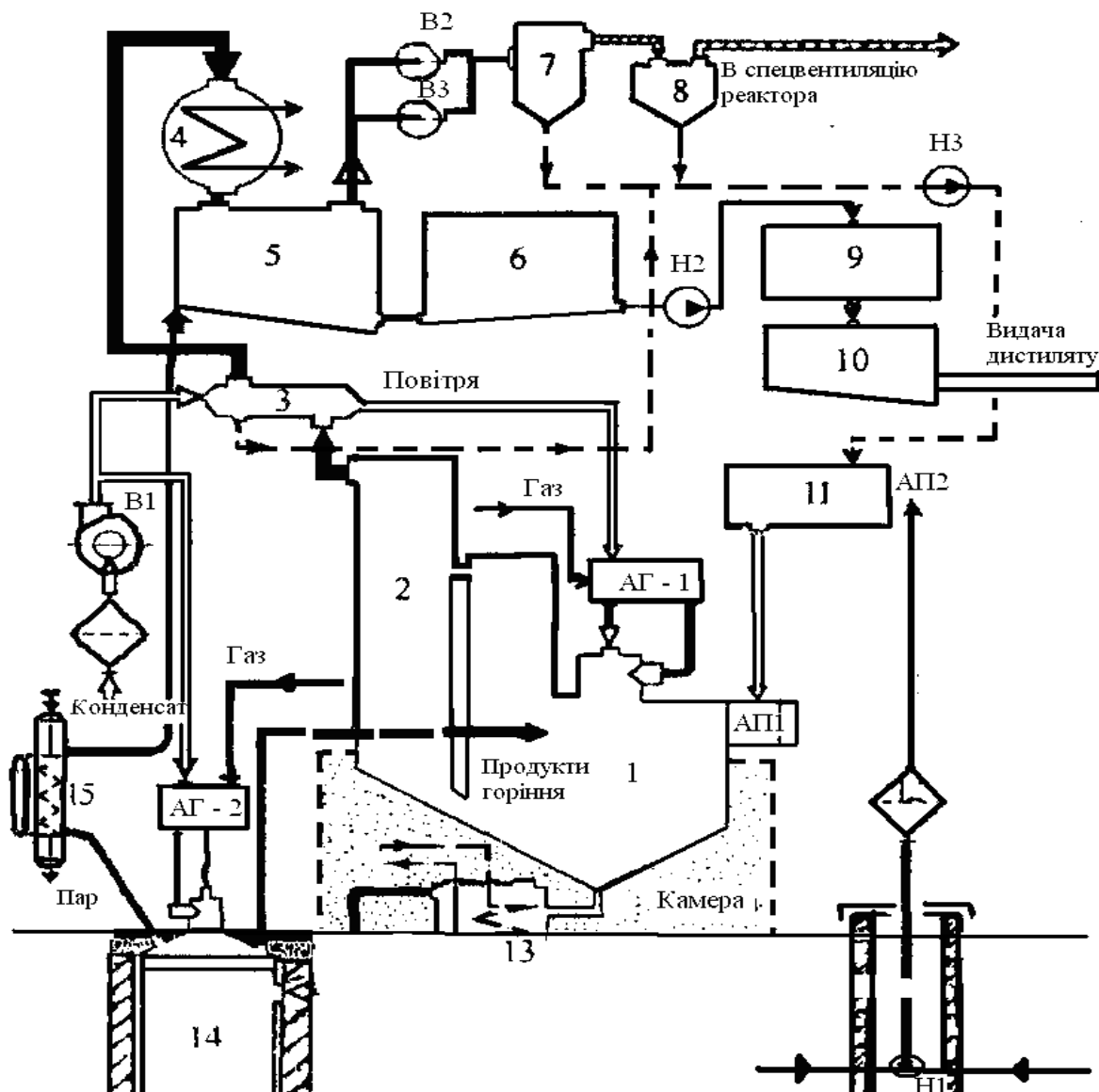


Рисунок 3.1 – Схема очистки рідких радіоактивних відходів:

1 – Продукти горіння; 2 – колона; 3 – рекуператор; 4 – охолоджувач - конденсатор; 5 – газоконденсуючий роздільник; 6 – конденсуючий бак; 7 – сухий скруббер; 8 – доочисник димових газів; 9 – блок сорбційної очистки конденсату; 10 – бак збору дистиляту; 11 – бачок для доливання дистиляту; 12 – фільтр механічної очистки; 13 – декантатор; 14 – бак для РАВ; 15 – конденсатор; В1 – вентилятор; В2 – В3 – димосмоки; Н1 – насос подачі рідких відходів; Н2 – конденсатний насос; Н3 – насос для повернення вентиляційного конденсату; АП1 – автомат підживлення; АП2 – автомат підживлення бачка; АГ – 1 – автомат горіння; АГ – 2 – автомат горіння баку для РАВ.

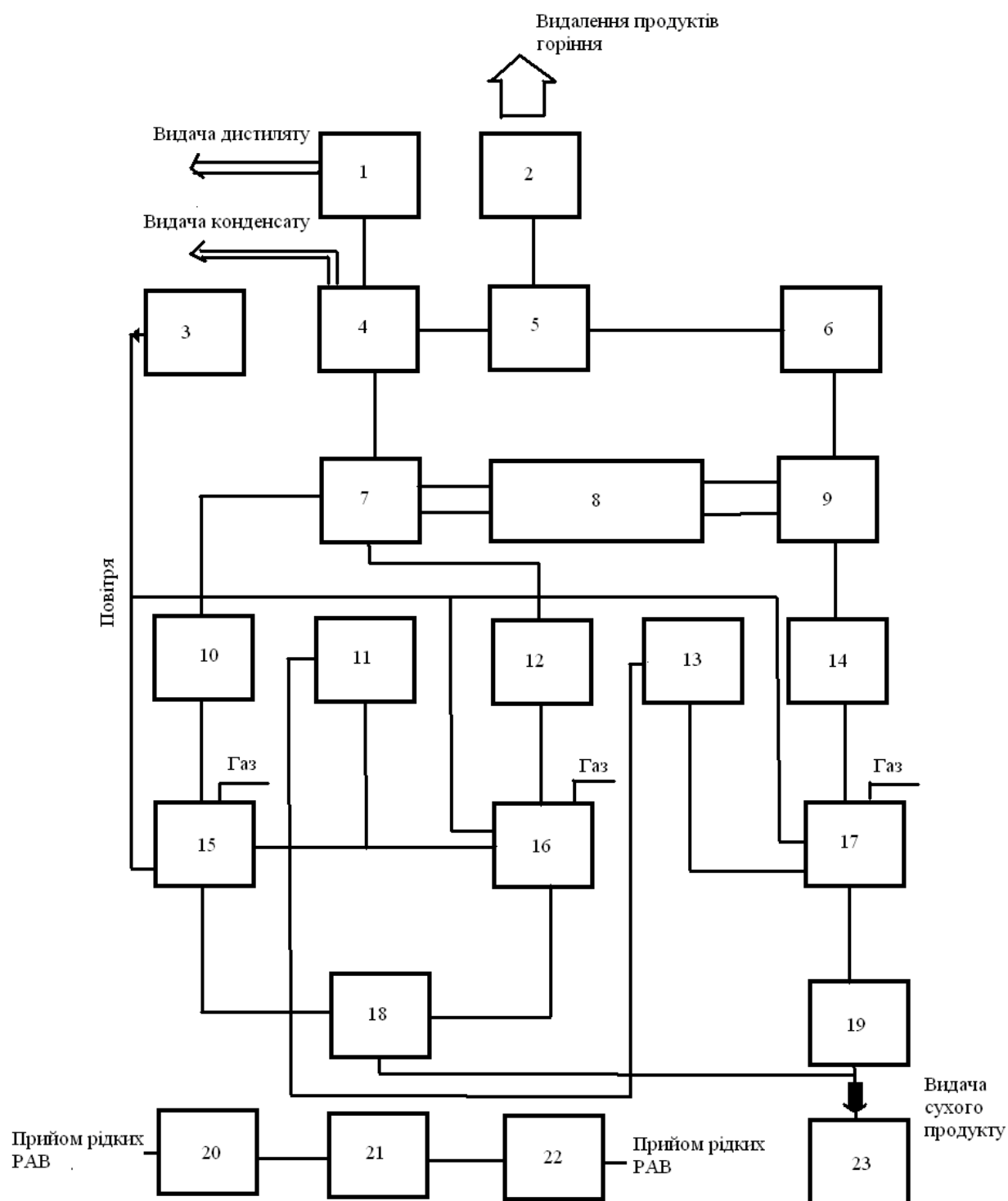


Рисунок 3.2 – Структурна схема очисного комплексу:

1 – дистильований блок; 2 – газоочисник; 3 – вентилятор; 4, 6 – фазорозділювачі; 5 – димовсмоктуючий комплекс; 7, 9 – охолоджувач – конденсатор; 8 – градирня; 10, 12, 14 – сепаратори; 11, 13 – ємності для підживлення; 15, 16, 17 – продукти горіння; 18, 19 – ємності для РАВ; 20, 22 – накопичувачі рідких відходів; 21 – блок подачі рідких РАВ; 23 – утилізатор.

3.7 Поводження з нерадіоактивними відходами ВП ХАЕС

В процесі виробничої діяльності у ВП ХАЕС утворюється значний перелік нерадіоактивних відходів (додаток Б). Відповідно до проведеної інвентаризації та на підставі інформації, яка надається структурними підрозділами, у ВП ХАЕС утворюється (можливе утворення) 50 видів нерадіоактивних відходів (класифікація за ДК 005-96). Згідно Наказу Міністерства екології та природних ресурсів № 342 від 07.07.2008 року, на підприємстві структурними підрозділами ведеться первинний облік утворення (руху) усіх видів відходів по формі 1-ВТ.

У ВП ХАЕС організована робота щодо збору, тимчасового зберігання, утилізації/видалення та передачі на утилізацію сторонній організації усіх відходів що утворюються. Поводження з відходами регулюється ЗУ «Про відходи» та іншими державними законодавчими актами щодо дотримання природоохоронного законодавства, а також інструкціями та наказами ВП ХАЕС (Наказ від 06.04.2019 №512, “Положення по поведженню з нерадіоактивними відходами на ВП «Хмельницька АЕС. 0.ЛО.6204.ПЛ-12», інв. 16305 тощо). Наказом від 06.04.2019 №512 призначені відповідальні особи по підрозділах щодо поведження з відходами та ведення первинного поточного обліку кількості, типу і складу відходів. Рух нерадіоактивних відходів на ВП ХАЕС представлено на рисунку 3.3.

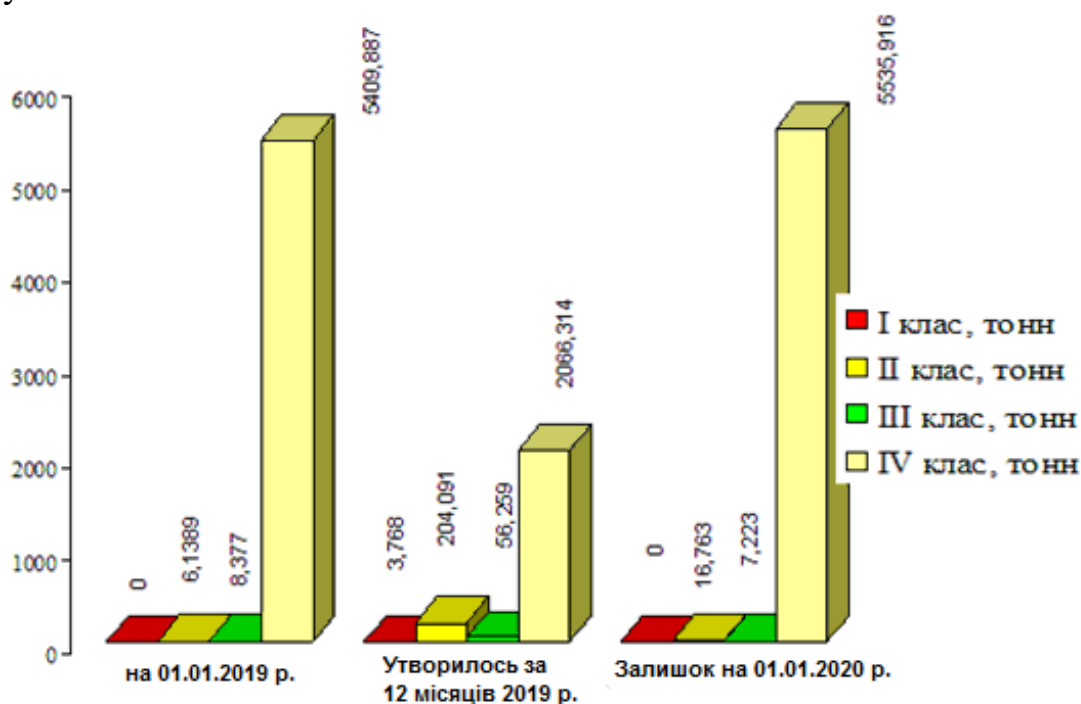


Рисунок 3.3 – Рух відходів на ВП ХАЕС.

У 2019 році ВП ХАЕС отримала Ліміти на утворення та розміщення відходів і Дозволи на розміщення відходів, а саме:

- Дозвіл № 3185 від 29.10.2019, виданий Міністерством екології та природних ресурсів України;
- Дозвіл № 6814001 від 20.12.2019, виданий Департаментом екології та природних ресурсів у Хмельницькій області.

Для розміщення промислових відходів, що утворюються в процесі виробничої діяльності ВП ХАЕС організовані наступні місця:

1. Шламонакопичувач. Шламонакопичувач ВП Хмельницької АЕС служить для прийому шламу, що утворюється від освітлення води вузла попередньої очистки хімічного цеху та шламу, що утворюється від регенерації іонообмінників станції знезалізнення питної води комунального господарства. Для запобігання фільтраційних процесів шламонакопичувач має гідроізоляцію. Розміщення шламонакопичувача передбачено проектом Хмельницької АЕС, виконаним Київським інститутом “Енергопроект”.

Шламонакопичувач розміщений на відстані 50 метрів на схід від периметра промислового майданчика ВП Хмельницької АЕС. Відповідно до проекту інв. № 74989 в шифр 61-725 об’єм води шламонакопичувача складає: 1 черга – 55674 м³, 2 черга – 223000 м³. Площа шламонакопичувача складає 77350 м² (7,74 га). Введений в експлуатацію з пуском 1-го енергоблоку ВП ХАЕС у грудні 1987 р.

Контроль за станом якості води шламонакопичувача здійснює щокварталу еколого-хімічна лабораторія відділу охорони навколишнього середовища ВП Хмельницької АЕС відповідно до “Графіка відбору проб та виконання хімічних аналізів вод природоохоронних об’єктів і стічних вод ХАЕС”. Ємність шламонакопичувача передбачена з урахуванням ресурсу роботи 4-х енергоблоків. На шламонакопичувач розроблений “Паспорт місця видалення відходів”

2. Майданчик компостування. Майданчик компостування ВП Хмельницької АЕС розташовується на території очисних споруд господарсько-побутових стоків м. Нетішин і служить для витримки і дозрівання шламу від очистки вод стічних комунальних (міських); шламу, що не містить нафтопродуктів (шлам з бризкальних басейнів); відходів речовин для вогнегасіння. Площадка компостування передбачена проектом № 127489 вк.

Відходи із майданчика компостування після дозрівання використовуються для підсилення ґрунтів із метою озеленення. Контроль за якістю шламів ведеться лабораторією комунального господарства та еколого - хімічною лабораторією відділу охорони навколишнього середовища ВП Хмельницької АЕС. На майданчик компостування розроблений “Паспорт місця видалення відходів”.

Для утилізації відходів у ВП ХАЕС є потужності з утилізації відходів, а саме пуско-резервна котельня (ПРК) гідротехнічного цеху. На ПРК встановлено 4 котли типу ГМ-50-14/250, у якості палива використовується мазут, переважно марки М-100. При цьому разом із мазутом спалюються відходи відпрацьованих автомобільних і енергетичних мастил. На частку відпрацьованих мастил припадає менше 1% у порівнянні з витратою мазуту.

Еколого-хімічною лабораторією ВОНС ВП Хмельницької АЕС ведеться контроль за якістю атмосферного повітря в районі проммайданчика, за викидами забруднюючих речовин із димовими газами ПРК, за якістю підземних і поверхневих вод. Контроль ведеться відповідно до «Графіків відбору проб і виконання хімічних аналізів ...». На місце утилізації/видалення відходів нафтопродуктів в ПРК ГТЦ, розроблений “Паспорт місця видалення відходів”, а також розроблена “Реєстрова карта об’єкта утилізації відходів, реєстраційний номер № 257 від 06.07.2019 року.

Загальна кількість нерадіоактивних відходів (таблиця 4.2), які утворились за 12 місяців та залишки на початок 1-го кварталу 2020 року за класами (I, II, III, IV) складає:

Таблиця 3.4 - Утворення відходів на ВП ХАЕС.

Класи	На 01.01.2019 року	Утворилось за 12 місяців 2019 року	Залишок на 01.01.2020 року
I клас, тонн	0	3,768	0
II клас, тонн	6,1389	204,091	16,763
III клас, тонн	8,377	56,259	7,223
IV клас, тонн	5409,887	2066,314	5535,916
РАЗОМ, тонн	5424,4029	2330,432	5559,902

3.8 Оцінка екологічного ризику експлуатації ВП ХАЕС

Поняття ризику (імовірності прояву ефекту) уводиться для порівняння значимості впливу різних факторів, наприклад, радіаційних і нерадіаційних на здоров'я людини. Концепція багатофакторного ризику впливу АЕС на населення й навколишнє середовище використовується для оптимізації застосування захисних заходів при будівництві, нормальній експлуатації й аваріях на станції.

У НРБУ-97 регламентується практична діяльність в умовах нормальної експлуатації. Для цього вводяться дозові межі опромінення персоналу та населення, рівні припустимого надходження та вмісту. Прийнятий в Україні ліміт ефективної дози опромінення населення становить 1 мЗв/рік. При цьому, населення, що проживає поблизу АЕС, може одержати квоту дози опромінення за рахунок газо-аерозольних викидів АЕС по всіх шляхах впливу, що не перевищує 4 % граничної дози, тобто < 40 мкЗв/рік.

У НРБУ-97/Д-2000 референтною величиною ризику вважається:

- для персоналу 2×10^{-4} /рік;
- для населення 5×10^{-5} /рік.

Історична довідка. 1986 рік. На блоці №1 ведуться роботи з улаштування натяжки гермооболонки, монтаж трубопроводів вентиляційних систем, в оболонці реакторного відділення встановлена шахта першого реактора. У серпні змонтовано купол оболонки першого реактора. На блоці ведуться роботи з радіаційного контролю, хімічному захисту. Величина екологічного ризику для населення - 0/рік. 1987 рік здійснено завантаження ядерного палива в реактор першого енергоблоку. Екологічного ризик для населення - 3×10^{-5} /рік. 2000 рік завершено будівництво другого енергоблоку ХАЕС. Величина екологічного ризику для населення - 5×10^{-5} /рік. «Енергетичною стратегією України до 2030 року» передбачено добудувати та ввести в експлуатацію в 2015 та 2016 роках 3-й та 4-й енергоблоки Хмельницької АЕС. Величина екологічного ризику для населення зросте у 3 рази і буде становити - 15×10^{-5} /рік.

В ОВНС оцінені індивідуальні ефективні дози населення в результаті МПА. Консервативні оцінки дозових навантажень на населення, з урахуванням всіх

шляхів впливу, крім надходження радіонуклідів з продуктами харчування, показали, що при МПА не потрібне проведення ніяких екстрених або невідкладних контрзаходів. Проведена оцінка показала, що на границі СЗЗ по осі сліду індивідуальні ризики для населення від техногенного опромінення внаслідок газо-аерозольного викиду АЕС при МПА, як при проведенні захисних заходів (контрзаходів), так і без них (менш $2,0 \cdot 10^{-6}$ і $3,8 \cdot 10^{-6}$, відповідно) знаходяться навіть нижче межі прийнятного рівня індивідуального ризику в $5 \cdot 10^{-5}$ рік⁻¹ згідно НРБУ-97. Найбільша ймовірність необхідності ухвалення рішення щодо вилучення, заміни та обмеження вживання сільськогосподарської продукції місцевого виробництва за межами СЗЗ у безпосередній близькості до неї існує для листових овочів та молока.

Залежність очікуваної прижиттєвої ефективної дози від відстані з урахуванням надходження радіонуклідів з продуктами харчування (без проведення контрзаходів та із заборонаю споживання продуктів харчування відповідно до критеріїв) представлена на рисунку 3.4.

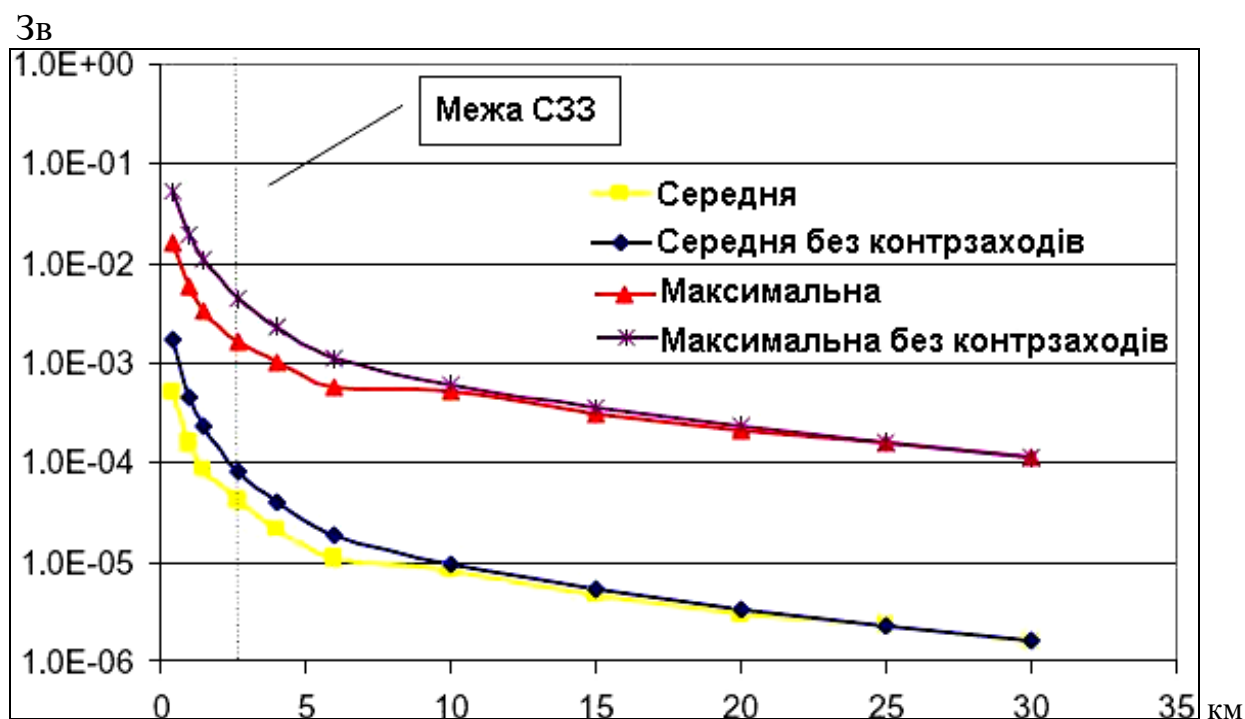


Рисунок 3.4– Очікувана прижиттєва ефективна доза населення при МПА.

В ОВНС оцінені індивідуальні ефективні дози населення в результаті ЗПА. Виходячи з максимальних оцінок ефективної дози потребуватиметься введення обмеження перебування населення на відкритому повітрі на відстані до 4 км від джерела викиду. Зазначений контрзахід визначений запобігнутою дозою на все тіло. Розрахована доза на щитовидну залозу не перевищує нижньої межі виправданості для проведення йодної профілактики. Проте, радіоізотопи йоду в цілому формують більше 80 % ефективної дози гострого періоду аварії, причому на границі СЗЗ сумарна ефективна доза головним чином формується за рахунок інгаляції. Виходячи з цього, ймовірно виправданим виявиться застосування йодної профілактики для населення, що проживає в ЗС, на самій ранній стадії

аварії.

Проведені розрахунки показали, що за межами границі СЗЗ по осі сліду індивідуальні ризики для населення від техногенного опромінення внаслідок газо-аерозольного викиду АЕС при ЗПА при проведенні захисних заходів (контрзаходів) будуть нижче $1,3 \cdot 10^{-5}$ і не перевищать межі прийнятного рівня індивідуального ризику в $5 \cdot 10^{-5} \text{ рік}^{-1}$ згідно НРБУ-97. У разі відсутності проведення захисних заходів при ЗПА на межі СЗЗ уздовж осі сліду на видаленні декількох сотень метрів при найгірших умовах може на вкрай обмеженій території спостерігатися перевищення ризику смертності для населення на рівні $5 \cdot 10^{-5} \text{ рік}^{-1}$. Введення обмежень на споживання продуктів харчування з цієї ділянки дозволяє зменшити дозові навантаження на населення.

Оцінені індивідуальні ефективні дози не досягають порога виникнення детермінованих ефектів. Індивідуальні ризики виникнення стохастичних ефектів для населення знаходяться на знехтувано низькому рівні (рисунок 3.5).

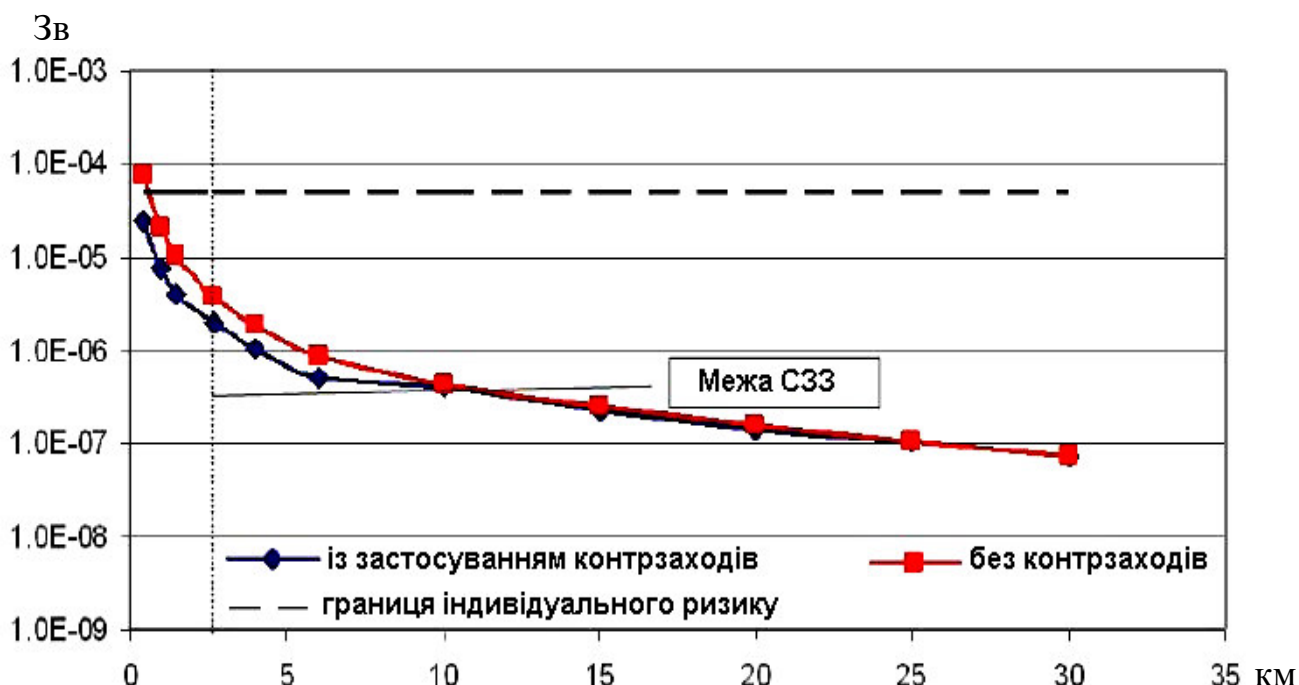


Рисунок 3.5 – Загальний ризик виникнення стохастичних ефектів при МПА

Радіоактивне забруднення сільськогосподарської продукції в ЗС при ЗПА може перевищувати встановлені критерії прийняття рішення щодо вилучення, заміни та обмеження споживання такої продукції. По осі сліду перевищення припустимих рівнів вмісту ^{137}Cs у молоці, м'ясі великої рогатої худоби, продовольчому зерні та листових овочах може очікуватись на відстанях 25 км і більше від ХАЕС, у капусті - до 20 км, у фруктах - до 10 км від ХАЕС. Вміст ^{90}Sr по осі сліда може перевищити припустимі рівні у продовольчому зерні та листових овочах на відстанях до 30 км від ХАЕС, у молоці - до 10 км, у м'ясі, овочах та фруктах - до 4-6 км. Відповідно до отриманих в ОВНС консервативних оцінок, тривалість введення заборони споживання зернової продукції та м'яса, вирощених на цій території, може сягати двох років.

У випадку проведення зазначеного контрзаходу, індивідуальні ризики

виникнення стохастичних ефектів не перевищують границю індивідуального ризику для населення.

Залежність очікуваної прижиттєвої ефективної дози від відстані з урахуванням всіх шляхів надходження радіонуклідів (без проведення контрзаходів та з проведенням вказаних контрзаходів) представлена на рис. 3.6.

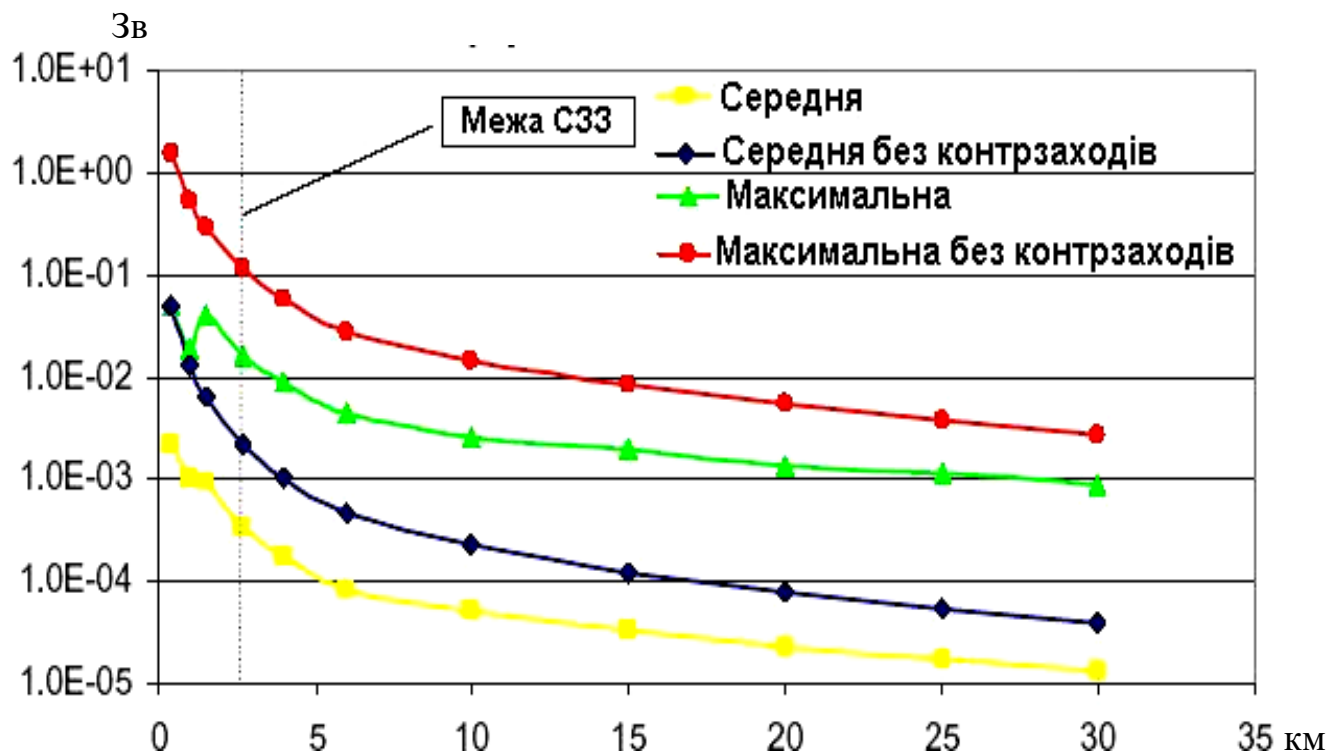


Рисунок 3.6 – Очікувана прижиттєва ефективна доза населення при ЗПА.

Шум від механізмів та устаткування під час експлуатації енергоблоків № 3, 4 ВП ХАЕС може бути ефективно зменшений при виборі техніки й матеріалів для будівництва будівель. Джерела шуму також можуть бути ізольовані покриттям або обладнані захисними екранами, при необхідності. Шум, що виникає внаслідок вібрації, може бути зменшений за допомогою установавання віброуючого устаткування на амортизатори.

Індивідуальні ризики виникнення стохастичних ефектів для населення, у випадку не проведення контрзаходів (обмеження перебування населення на відкритому повітрі), перевищують границю індивідуального ризику на відстанях до 4 км від джерела викиду (рисунок 3.7).

Навколо ВП ХАЕС існує СЗЗ, де не мешкають постійно, і де господарська діяльність обмежена. Радіологічний вплив на здоров'я населення, як було показано вище, у межах СЗЗ мінімальний й не перевищить меж, встановлених вимогами НРБУ. За межами СЗЗ вплив може вважатися незначним.

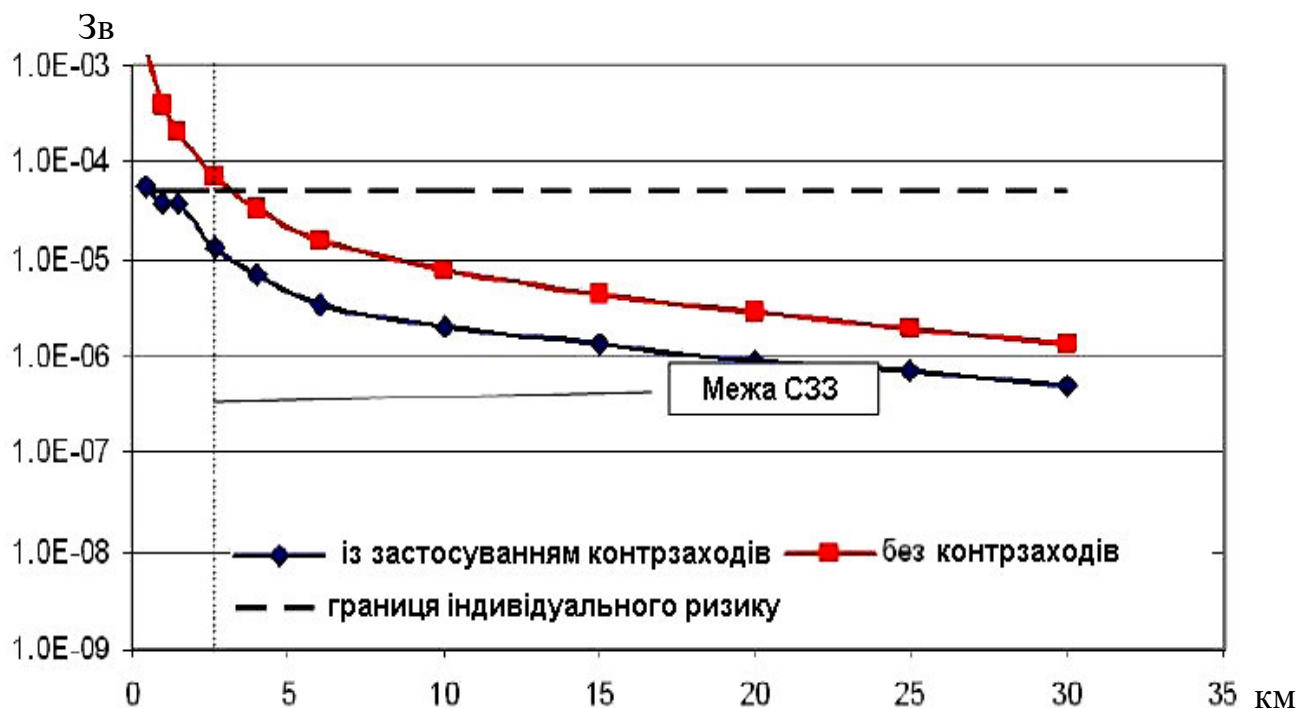


Рисунок 3.7 – Загальний ризик виникнення стохастичних ефектів при ЗПА.

Проте, мінімізація радіаційного впливу на навколишнє середовище, персонал і населення забезпечується за рахунок наступних заходів: контроль над радіоактивними джерелами, забезпечення багатоступінчастих бар'єрів поширення й герметизація радіоактивних речовин з метою запобігання їхнього надходження в навколишнє середовище; контроль і мінімізація радіоактивних викидів і скидів.

ВИСНОВКИ

У повітряне середовище надходять викиди від основних і допоміжних виробничих приміщень, розташованих на промайданчику АЕС. Зазначені викиди містять хімічні речовини й елементи, що спричиняють шкідливий вплив на навколишнє середовище. Більшість джерел працює в періодичному режимі, тому кількість валових річних викидів невелика.

В процесі експлуатації Хмельницької АЕС здійснюється користування підземними та поверхневими водами. Підземні води добувають за допомогою артезіанських свердловин. Поверхнева вода забирається з р.Горинь та р.Гнилий Ріг. На ВП «ХАЕС» впроваджуються заходи з підтримки у належному стані якості води водойми-охолоджувача. В даний час на ВП «ХАЕС» реалізуються заходи щодо інтенсифікації процесів біомеліорації водойми-охолоджувача шляхом розведення риб-біомеліораторів.

У ВП ХАЕС розроблений і погоджений у встановленому порядку «Аварійний план ВП «Хмельницька АЕС», який призначений для підготовки і проведення узгоджених дій, які направлені на ліквідацію наслідків аварії, попередження або зниження радіаційного впливу на персонал ВП ХАЕС, населення та навколишнє середовище у випадку виникнення на ХАЕС аварії, а також надзвичайних ситуацій які нею викликані.

ВП ХАЕС проводить безперервний контроль за станом навколишнього середовища, здійснює прогнозування та надає інформацію у випадку аварії, надзвичайної ситуації.

Серед населення, що проживає на території 30-ти кілометрової зони ВП ХАЕС, систематично проводиться роз'яснювальна робота, в тому числі через засоби масової інформації, щодо дій населення у випадку аварії, надзвичайної ситуації, яка може виникнути на ХАЕС та щодо застосування засобів індивідуального захисту.

На підставі проведених досліджень отримано такі основні результати:

1. Проаналізовано метеорологічні, аерокліматичні, гідрологічні, гідрогеологічні, геоморфологічні характеристики території розміщення ВП «Хмельницька АЕС» та прилеглої тридцятикілометрової санітарно-захисної зони, яка включає м.Нетішин.

2. Зроблено аналіз характеристик забруднення території розміщення ВП «Хмельницька АЕС» та території м.Нетішин на основі результатів спостережень еколого-хімічної лабораторії відділу охорони навколишнього середовища ВП «Хмельницька АЕС».

3. Розглянуті і проаналізовані характеристики: джерел радіаційного впливу, джерел рідких і твердих радіоактивних відходів та динаміку їх накопичення, фонового радіоактивного забруднення радіонуклідами прилеглої до АЕС території, джерел хімічного впливу і їх характеристики, джерел газо-аерозольних викидів в атмосферу, джерел теплового впливу на основі результатів спостереження еколого-хімічної лабораторії відділу охорони навколишнього середовища ВП «Хмельницька АЕС».

4. Отримані і проаналізовані: прогнозні оцінки радіаційного забруднення в зоні спостереження АЕС, прогнозні оцінки хімічного і теплового забруднення, оцінки впливів на поверхневі й підземні води, оцінки впливів на ґрунти, оцінки впливів на рослинний світ, оцінки можливого впливу на тваринний світ та оцінки доз опромінення населення за рахунок викидів АЕС.

5. Розглянуті характеристики радіоактивних відходів що утворюються в процесі експлуатації ВП «Хмельницька АЕС» та технологічні схеми їх подальшої утилізації.

6. Проаналізовано динаміку зміни рівня екологічного ризику для населення яке проживає в зоні впливу АЕС та м.Нетішин внаслідок: 1) проектної аварії (ПА), 2) максимальної проектної аварії (МПА), 3) запроектної аварії (ЗПА) на ВП «Хмельницька АЕС».

7. Запропоновані природоохоронні рекомендації спрямовані на зниження рівня екологічного ризику негативного впливу діяльності ВП «Хмельницька АЕС» на навколишнє природне середовище і населення яке проживає в м.Нетішин та зоні впливу станції.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Л. М. Вороніна Атомні електричні станції - М.: Енергія, 1977 – 120 с.
2. ДГН 6.6.1- 6.5.001 -98. Норми радіаційної безпеки України. НРБУ-97.
3. Допустимий газо-аерозольний викид і водний скидання радіоактивних речовин Хмельницької АЕС "0.РБ.0139.НР-02. Погоджено Заступником Головного державного лікаря України, 2002 – 68 с.
4. Правила ядерної безпеки реакторних установок атомних станцій з реакторами з водою під тиском. НП 306.2.145-2008. ДКЯР України, 2008.
5. Кашпаров В. О. Оцінка і прогнозування радіоекологічної обстановки при радіаційних аваріях з викидом частинок опроміненого ядерного палива, - М.: Енергія, 2000 – 134 с.
6. В. М. Шестопалов, П.В.Замостян Поводження з радіоактивними відходами в Україні: проблеми, досвід, перспективи. – Київ, Енергія 1998 – 120 с.
7. Физическая экология: Учеб. Пособие / Ю.И.Куклев. 2-е изд. Испр. – М.: Высш. Шл., 2003. – 357 с.
8. С. Ю. Саверський, В. І. Холоша, С. Ю. Саверський, М. І. Проскура “Про комплексне вирішення проблем поводження з радіоактивними відходами у зоні відчуження у зв'язку з підготовкою до зняття з експлуатації Чорнобильської АЕС”.- К.: Чорнобильінтерінформ.-№16
9. Доповідь Мінекобезпеки України “Про стан ядерної та радіаційної безпеки в Україні за 2001 р.” / Мінекобезпеки України. - Київ, 2002 – 53 с.
10. Радиация. Дозы, эффекты, риск. - М.: Мир, 1988 – 250 с.
11. Державний комітет ядерного регулювання України. Фінансування заходів з управління РАВ – Режим доступу - <http://www.snrc.gov.ua/nuclear/uk>
12. Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища" прийнятий від 7 березня 2002 року №3073-III 18.
13. Михайлівська Л.Н., Молчанова І.В., Караваєва Е.Н. Форми знаходження і міграція радіонуклідів в ґрунтах аварійної зони Чорнобильської АЕС // Афохімія. № 1. - С, 98-101.
14. Сорбция тяжелых металлов и изотопных носителей долгоживущих радионуклидов на гуминовой кислоте/ Г.М. Варшал, И.Я. Кошечева, Т.К. Велюханова и др. //Геохимия. -1996. - № 11. - С. 1107-1112.
15. Состояние и поведение частиц диспергированного топлива, выброшенного из 4-го блока Чернобыльской АЭС/ Ю.В. Дубасов, А.С. Кривохвватский, В.Г. Савоненков, Е.А. Смирнова // Радиохимия. - 1991. - №1.- С. 96-100.
16. Термодинамическое исследование дезактивации почв, загрязненных радионуклидом цезия-137 в результате аварии на ЧАЭС/ Д.Э. Чиркет, К.П. Чалиян, А.Г. Чалиян // Радиохимия. - 1994. - Т. 36, вып. 5. - С. 459-461.
17. Рекультивация почв, контаминированных цезием-137 и стронцием-90 в результате аварии на ЧАЭС/ Д.Э. Чиркет, К.Н Чалиян, А.Г. Чалиян// Радиохимия. - 1996. - Т. 38, вып. 6. - С. 558-562.

Додаток А.
Середньорічний викид радіонуклідів з вентиляційних труб ХАЕС

Ізотоп	Період напіврозпаду	Викид одного блоку, Кі/добу	Викид одного блоку, Бк/добу	Сумарний викид ХАЕС, Кі/добу	Сумарний викид ХАЕС, Бк/добу
Тритій	12,33 років	8,07E-02	2,99E+09	3,22E-01	1,20E+10
Вуглець-14	5730 років	2,79E-08	1,03E+03	1, 12E-07	4,12E+03
Азот-16	7,13 с	5,34E-01	1,98E+10	2,14E+00	7,92E+10
Азот-17	4,17 с	7,43E-05	2,75E+06	2,98E-04	1, 10E+07
Натрій-24	14,97 год	8,33E-08	3,08E+03	3,34E-07	1,23E+04
Аргон-41	1,82 год	2,62E-01	9,69E+09	1,05E+00	3,88E+10
Калій-42	12,36 год	2,51E-06	9,29E+04	1,00E-05	3,72E+05
Хром-51	27,7 діб	1,68E-08	6,22E+02	6,72E-08	2,48E+03
Марганець-54	312,2 діб	4,15E-10	1,54E+01	1,66E-09	6,16E+01
Залізо-55	2,68 р	5,86E-10	2,17E+01	2,34E-09	8,68E+01
Кобальт-60	5,27 год	1, 17E-09	4,33E+01	4,68E-09	1,73E+02
Селен-83	22,4 хв	6,88E-09	2,55E+02	2,76E-08	1,02E+03
Бром-83	2,39 год	8,34E-07	3,09E+04	3,34E-06	1,24E+05
Криптон-83 м	1,83 год	6,67E-01	2,47E+10	2,66E+00	9,88E+10
Рубідій-88	17,8 хв	1,99E-02	7,36E+08	7,96E-02	2,94E+09
Стронцій-89	50,62 діб	9,22E-09	3,41 E+02	3,68E-08	1,36E+03
Ітрій-90	64,26 год	1,03E-11	3,81 E-01	4,12E-11	1,52E+00
Цирконій-95	64,02 доби	1,19E-07	4,40E+03	4,76E-07	1,76E+04
Ніобій-95м	3,61 доби	2,01 E-11	7,44E-01	8,04E-11	2,98E+00
Молібден-99	66,02 год	1,47E-10	5,44E+00	5,88E-10	2,18E+01
Ніобій-101	7,1 с	7,61E-09	2,82E+02	3,04E-08	1, 13E+03
Технецій-101	14,2 хв	2,46E-07	9,10E+03	9,84E-07	3,64E+04
Рутеній-103	39,25 діб	5,13E-10	1,90E+01	2,06E-09	7,60E+01
Родій-103м	56,114 хв	4,68E-08	1,73E+03	1,87E-07	6,92E+03
Сурьма-129	4,4 год	3,13E-09	1, 16E+02	1,25E-08	4,64E+02
Теллур-129 м	33,6 доби	3,88E-11	1,44E+00	1,55E-10	5,76E+00
Олово-130	3,7 хв	2,36E-08	8,73E+02	9,44E-08	3,50E+03
Йод-131	8,01 діб	4,77E-05	1,76E+06	1,91E-04	7,04E+06
Ксенон-131 м	11,97 діб	2,07E+00	7,66E+10	8,28E+00	3,06E+11
Цезій-137	30,20 р	6,85E-07	2,53E+04	2,74E-06	1,01E+05
Барій-137 м	2,552 хв	2,56E-06	9,47E+04	1,02E-05	3,78E+05
Лантан-141	3,92 ч	5,37E-08	1,99E+03	2,14E-07	7,96E+03
Церій-143	33,0 год	5,88E-09	2,18E+02	2,36E-08	8,72E+02
Празіодим-144м	7,2 хв	4,04E-12	1,49E-01	1,62E-11	5,96E-01

Додаток Б.
Утворення і розміщення нерадіоактивних відходів ВП ХАЕС.

Клас небезпек відходів	Найменування і фізичний стан відходів	Місце зберігання	Наявність відходів на <u>01.01.2019 р.</u>		Рух відходів											
					Ліміт утворення відходів		Утворилось відходів		Використано відходів		Вивезено відходів на звалище		Передано відходів		Залишок відходів на <u>01.01.2020 р.</u>	
			кіль-ть	од. вим.	кіль-ть	од. вим.	кіль-ть	од. вим.	кіль-ть	од. вим.	кіль-ть	од. вим.	кіль-ть	од. вим.	кіль-ть	од. вим.
1	2	3	4	4*	5	5*	6	6*	7	7*	8	8*	9	9*	10	10*
I	Лампи люмінесцентні і відходи, що містять ртуть, інші зіпсовані або відпрацьовані (ДРЛ, ЛБ, ДНаТ)	Склад ЕЦ на ВРП-750 кВ	(0)	шт.	161000	шт.	12560	шт.	---		---		12560	шт.	0	шт.
			0	тн.			3,768	тн.	---		---		3,768	тн.	0	тн.
I	Матеріали, які містять ртуть, відпрацьовані	Склад ЦТАВ	0	тн.	0,001	тн.	0	тн.	---		---		0	тн.	0	тн.
РАЗОМ (I клас)														шт.	0	шт.
							3,768	тн.	---	тн.	---	тн.	3,768	тн.	0	тн.
II	Батареї свинцеві зіпсовані або відпрацьовані (аккумулятори)	Акумуляторна ТрЦ	4,7499	тн.	23,000	тн.	16,158	тн.	---		---		6,761	тн.	14,147	тн.
II	Масла і мастила моторні, трансмісійні інші зіпсовані або відпрацьовані (автомобільні масла)	ТрЦ, ГТЦ	1,389	тн.	7,300	тн.	3,845	тн.	2,618	тн.	---		---		2,616	тн.
II	Відпрацьоване березове вугілля	-	0	тн.	30,000	тн.	7,6	тн.	---		---		7,6	тн.	0	тн.
II	Плівка фотографічна і папір, що містить срібло або сполуки срібла, некондиційні	-	0	тн.	0,002	тн.	0,001517	тн.	---		---		0,001517	тн.	0	тн.
II	Речовини і матеріали, які використовуються в енергетиці, інші, зіпсовані забруднені або неідентифіковані, їх залишки, які не можуть бути використані за призначенням (енергетичні масла)	Утилізація в ПРК ГТЦ	0	тн.	215,300	тн.	112,636	тн.	112,636	тн.	---		0	тн.	0	тн.