

МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА ЕКОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ ТА
УПРАВЛІННЯ

ХАРЛАМОВА ОЛЕНА ВОЛОДИМИРІВНА



УДК: 504.1/.7:502.13:502.175(043.3)

**НАУКОВО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ
СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЗОНИ В УМОВАХ КОМПЛЕКСНОГО
ВПЛИВУ ДЖЕРЕЛ НЕБЕЗПЕКИ**

Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Київ – 2021

Дисертація є кваліфікаційною науковою працею на правах рукопису.
Робота виконана в Кременчуцькому національному університеті імені Михайла Остроградського Міністерства освіти і науки України.

**Науковий
консультант**

доктор технічних наук, професор
Мальований Мирослав Степанович,
Національний університет «Львівська політехніка»
Міністерства освіти і науки України,
завідувач кафедри екології та збалансованого
природокористування, м. Львів

**Офіційні
Опоненти :**

доктор технічних наук, професор
Мандрик Олег Миколайович,
Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу Міністерства освіти і науки
України, перший проректор

доктор технічних наук, доцент
Попович Василь Васильович,
Львівський державний університет безпеки
життєдіяльності Державної служби України з
надзвичайних ситуацій, начальник навчально-
наукового інституту цивільного захисту
доктор фіз.-мат. наук, ст. науковий співробітник

Ващенко Володимир Миколайович,
Міжвідомчий центр фундаментальних досліджень
в галузі енергетики і екології при Одеському
національному політехнічному університеті
Міністерства освіти і науки України, м. Одеса,
заступник директора

Захист відбудеться «24» березня 2021 р. о 10⁰⁰ на засіданні спеціалізованої
вченої ради Д 226.880.01 у Державній екологічній академії післядипломної освіти
та управління за адресою: вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2,
м. Київ, 03035

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державної екологічної
академії післядипломної освіти та управління за адресою: вул. Василя
Липківського, 35, корп. 2, м. Київ, 03035 і на сайті www.dea.edu.ua.

Автореферат розісланий «22» лютого 2021 р.

Учений секретар

спеціалізованої вченої ради Д 26.880.01



Т. Г. Іващенко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Стрімкий розвиток науки та техніки, зумовлений потребами економіки, призвів до появи небезпеки для здоров'я людини та довкілля. У технофері виникла суттєва потенційна небезпека. Джерела екологічної небезпеки антропогенного походження нерівномірно локалізовані у просторі. Спостерігається зосередження певних об'єктів (ГЗК, кар'єри, гірничохімічні комбінати, ГЕС, водосховища та ін.) в окремих зонах, де вони домінують та створюють екологічні загрози в зоні свого впливу. Деякі вітчизняні та закордонні науковці присвятили свої дослідження вивченню впливу цих об'єктів і довкілля та окремі його компоненти, запропонували низку організаційних та технічних заходів для управління екологічною безпекою в зоні впливу таких локалізацій. Але майже поза увагою науковців залишилися складні комплекси з об'єктів антропогенної діяльності, які розташовані в безпосередній близькості, вплив кожного з яких на компоненти довкілля значний. Ми об'єднали такі локації поняттям «соціально-економічна зона (СЕЗ)», що розглядається як адміністративно обмежена сукупність територій і акваторій, у межах якої розташовані об'єкти здійснення економічної діяльності (джерела формування екологічної небезпеки) і соціальна інфраструктура, житлова забудова, геологічне середовище, фауна та флора (об'єкти впливу проявів екологічної небезпеки). Для такого складного комплексу вплив на людей та довкілля завжди слід розглядати як сумарний, комплексний.

Аналіз результатів досліджень щодо розробки способів та методів зниження рівня природно-техногенного навантаження на довкілля в СЕС показав недостатню розвиненість комплексного підходу до ослаблення впливу літосферних процесів техногенного походження та об'єктів підвищеної екологічної небезпеки, одержання ефективних адсорбентів з відходів і застосування їх для очищення компонентів довкілля від забруднень, утилізації біологічних забруднень та промислових відходів із отриманням енергоносіїв. Саме ці аспекти досліджувались у дисертації.

Отже, створення науково-методологічних засад поліпшення стану екологічної безпеки в соціально-економічній зоні в умовах комплексного впливу джерел небезпеки є **актуальною науково-прикладною проблемою**.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тематика дисертаційної роботи відповідає пріоритетним напрямкам діяльності, окресленим в «Основних напрямках державної політики України в області охорони навколишнього середовища, використання природних ресурсів і забезпечення екологічної безпеки», затверджених Постановою Верховної Ради України № 188/98-ВР від 05.03.1998. Дисертаційну роботу виконано відповідно до «Основних засад (стратегії) державної екологічної політики України на період до 2020 року», затверджених Законом України № 2818-VI від 21.12.2010, а також плану науково-дослідних робіт Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського (КрНУ) і кафедри екологічної безпеки та організації природокористування (ЕБОП). В основу дисертації покладено результати науково-дослідних робіт, у яких автор брав участь як виконавець: «Розробка програми

постійного контролю та спостереження «моніторингу» за забрудненням атмосферного повітря в м. Кременчуці на відповідність вмісту забруднюючих речовин нормам ГДК, інтегровану з існуючою системою моніторингу лабораторії спостереження за забрудненням атмосферного повітря (ЛСЗА) м. Кременчука» (№ ДР 0117U001768); «Дослідження санітарно-гігієнічного стану чагарниково-деревинного складу на території парку «Воїнів-Інтернаціоналістів», як складової частини регіонального ландшафтного парку «Кагамлицький»» (№ ДР 0118U001470); «Переробка жирових відходів з отриманням біодизельного палива» (№ ДР 0118U001458); «Наукова еколого-експертна оцінка матеріалів «Екологічна ситуація, що склалась у районі Північного промвузла м. Кременчука, до якого належать потужні підприємства-забруднювачі (ПАТ «Укртатнафта», філія Кременчуцька ТЕЦ ПАТ «Полтаваобленерго», ПАТ «КЗТВ», промивально-пропарювальна станція ВП «Вагонне депо Кременчук» та ін.)» (№ ДР 0118U005136), «Розробка технологічних рекомендацій з удосконалення аеробно-анаеробних процесів очищення стічних вод від забруднень» (№ ДР 0120U101167).

Мета і завдання дослідження. *Мета* дослідження полягає у розробленні теоретичних засад і практичних рішень щодо поліпшення стану екологічної безпеки в соціально-економічній зоні в умовах комплексного впливу джерел небезпеки на підставі закономірностей її формування.

Для досягнення мети в роботі поставлено та вирішено такі **завдання**:

- виявити ефективні методи проведення теоретичних та прикладних досліджень, розробити методологічні аспекти дисертаційного дослідження;
- розширити та поглибити наукові уявлення щодо закономірностей та особливостей виникнення і поширення екологічної небезпеки в умовах комплексного впливу її складових; розробити схему формування екологічної небезпеки в соціально-економічній зоні;
- обґрунтувати загальні теоретичні положення щодо забезпечення екологічної безпеки в умовах комплексного впливу її складових;
- створити математичну модель деформації стану екологічної безпеки під впливом сукупності антропогенних чинників;
- розробити механізм створення ефективної системи забезпечення екологічної безпеки у соціально-економічній зоні;
- здійснити моніторингові дослідження формування та просторового поширення багатофільної екологічної небезпеки у Кременчуцькій СЕЗ (КСЕЗ);
- провести експериментальні дослідження способів і засобів поліпшення стану екологічної безпеки; розробити та реалізувати новий спосіб отримання адсорбенту високої поглинальної здатності;
- створити структурно-логічну модель поліпшення стану екологічної безпеки в СЕЗ і на підставі неї розробити систему управлінських рішень з регулювання стану екологічної безпеки КСЕЗ в умовах комплексного впливу джерел;

Об'єкт дослідження – процеси формування та поширення екологічної небезпеки в умовах комплексного впливу антропогенних чинників.

Предмет дослідження – поліпшення стану екологічної безпеки в техногенно навантаженій соціально-економічній зоні.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження забезпечені класичними методами наукового пізнання: логічного аналізу інформації, наукового узагальнення, дедукції та аналогій. У процесі практичних та експериментальних досліджень використані такі методи: електронної мікроскопії, фотоколориметрії – для дослідження складу, структури та властивостей розроблених адсорбентів; реєстрації механічних коливань з аналізом амплітудно-частотних параметрів – для вивчення наслідків впливу землетрусів техногенного походження; біотестування – для оцінювання екологічного стану водного середовища; регресивно-кореляційного аналізу – для оцінювання впливу проявів екологічної небезпеки на стан здоров'я населення; статистичної ідентифікації даних моделям – для перевірки однорідності та достовірності експериментальних даних. Обробка результатів експериментів проводилася з використанням математичної статистики в пакеті MS Excel і графоаналітичних методів за допомогою прикладного пакету Advanced Grapher.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у тому, що:

- *уперше* науково обґрунтовано загальні теоретичні положення щодо забезпечення екологічної безпеки в соціально-економічній зоні (послаблення наслідків проявів екологічної небезпеки здійснюється у наслідок ефективного впливу на параметри середовища її поширення; мінімізація одночасної присутності складових екологічної небезпеки зменшує негативний вплив на людей та довкілля; реалізація управлінських заходів і зниження ступеня проявів небезпеки завдяки їх застосуванню можуть бути розосереджені як у просторі, так і у часі), які є науковим базисом для створення системи технічних заходів;

- *уперше* розроблена математична модель деформації стану екологічної безпеки під впливом сукупності антропогенних чинників, яка є системою із чотирьох аналітичних залежностей (установлення можливості переходу СЕЗ від одного до іншого стаціонарного стану відповідно до характеру та рівня впливу антропогенних чинників, характеристика стану забруднення водної складової СЕЗ залежно від потужності джерела забруднення та особливостей біфуркації, визначення зміни у часі екологічного ризику впливу техногенних землетрусів у СЕЗ, комбіновану умову варіаційного розв'язання окремих завдань щодо якості системи управління екологічною безпекою) та граничних умов її існування; використання моделі надає можливість реалізувати виважені управлінські рішення;

- *уперше* розроблено наукові засади механізму створення ефективної системи забезпечення екологічної безпеки у соціально-економічній зоні в умовах комплексного впливу її складових різного генезису, що передбачає визначення впливу природних чинників на формування та поширенні небезпеки, виявлення антропогенних джерел впливу, аналіз проявів небезпеки, дослідження зміни показників стану природного середовища, розроблення ефективних заходів;

- *уперше* створена структурно-логічна модель поліпшення стану екологічної безпеки, яка включає у себе елементи системи моніторингу екологічної небезпеки в СЕЗ та його процедури, а також процедури і способи мінімізації негативного впливу на стан екологічної безпеки, які є підґрунтям для формування управлінських рішень;

– *уперше* науково обґрунтовано та реалізовано полістадійний спосіб отримання адсорбенту високої поглинальної здатності на основі відходів агропромислового комплексу, який включає обробку сировини сульфатною кислотою, механохімічне модифікування, електростатичну сепарацію (для забезпечення однорідності гранулометричного складу) та стадію кавітації (для збільшення ступеня поризації); унаслідок застосування адсорбенту поліпшується стан екологічної безпеки завдяки ефективному вилученню забруднень та економії природних ресурсів, що використовувались у традиційних способах отримання адсорбенту;

– *розширено наукові уявлення* щодо закономірностей і особливостей виникнення та поширення екологічної небезпеки в умовах комплексного впливу її складових, що визначається насамперед структуризацією небезпеки – виявленням для конкретної СЕЗ тільки її притаманних домінуючих складових небезпеки з урахуванням ефекту синергії та антагонізму; визначенням особливостей розміщення джерел небезпеки відносно певних об'єктів з урахуванням параметрів середовища, у якому вона поширюється; розроблена схема формування екологічної небезпеки в соціально-економічній зоні, яка включає сукупність внутрішньозонових чинників та враховує зовнішній природно-антропогенний вплив і поширення небезпеки за межі зони; зазначене є теоретичним підґрунтям для практичного визначення станів екологічної небезпеки;

– *удосконалено* систему моніторингу формованої екологічної небезпеки в СЕЗ завдяки використанню показників зміни хіміко-біологічного стану ґрунту та деревно-чагарникового покриву як індикатора: установлення відповідності показників накопичення важких металів у ґрунтах та листі дерев, стану пошкодження листя і хвої рослин рівню антропогенної складової екологічної небезпеки;

– *набули подальшого розвитку* наукові засади забезпечення екологічної безпеки за умови впливу літосферних сейсмічних процесів техногенного походження із застосуванням технічних заходів, розроблених за результатами екологічного моніторингу, зокрема зміни параметрів середовища між джерелом землетрусів та об'єктом, на який впливають або можуть впливати механічні хвилі; ступінь проявів екологічної небезпеки знижується в 1,5 – 2 рази).

Практичне значення отриманих результатів:

1. Застосування у практичній діяльності встановлених закономірностей та особливостей виникнення і поширення екологічної небезпеки, а також математичної моделі деформації її стану дозволяє поліпшити стан екологічної безпеки в конкретній СЕЗ.

2. Використання розробленої (на підставі встановлених загальних теоретичних положень забезпечення екологічної безпеки та відповідної структурно-логічної моделі) системи регулювання стану екологічної безпеки в умовах комплексного впливу складових небезпеки надає можливість знижувати вплив на людей та довкілля шкідливих хімічних і фізичних чинників, економити природні ресурси та одержувати корисну продукцію.

3. Практична реалізація комплексного підходу щодо утилізації відходів у полістадійному процесі виготовлення адсорбентів та застосування останніх для очищення компонентів доквілля (вилучення до 98 % іонів важких металів, нафтопродуктів і барвників, 95 % жирів, 78 % фосфат-іонів) дозволяє поліпшити стан екологічної безпеки у місцях складування відходів унаслідок вилучення забруднень, а також отримати енергоносії (біодизельне паливо, біогаз та ін.), що сприяє економії природних енергетичних ресурсів.

4. Застосування пошарової схеми очищення забруднених нафтопродуктами технологічних ставків з використанням біодеструктора нафти для знешкодження твердих донних відкладень дозволило довести вміст залишкових забруднень на технологічному об'єкті Кременчуцької СЕЗ до значень, нижчих, за ГДК. Регулювання рівня екологічної безпеки запропонованим способом може бути реалізовано в техногенно навантажених регіонах, де є забруднення територій нафтою та продуктами її переробки.

5. Розроблена на підставі теоретичних положень формування екологічної небезпеки система технічних рішень щодо зменшення впливу різних типів джерел техногенних землетрусів реалізована завдяки штучній зміні параметрів середовища в напрямку проходження механічних хвиль. Система може бути впроваджена для забезпечення екологічної безпеки у різних техногенно навантажених соціально-економічних зонах.

Технічну новизну запропонованих у роботі рішень з розробки полістадійного способу отримання адсорбенту підвищеної поглинальної здатності на основі відходів агропромислового комплексу та способу отримання біогазу із синьо-зелених водоростей підтверджено трьома патентами України на корисну модель (пат. № 119632, № 121757, № 105896).

Практична цінність результатів підтверджена 8 актами впровадження. Розроблені у дисертаційній роботі наукові положення щодо моніторингу проявів екологічної небезпеки використані відділом екологічної безпеки Кременчуцької міської ради (акт упровадження від 07.07.17). «Програму постійного контролю та спостереження (моніторингу) за забрудненням атмосферного повітря в м. Кременчуці» затверджено рішенням Кременчуцької міської ради (рішення №1159 від 30.10.2017). Полістадійний спосіб виготовлення адсорбенту високої поглинальної здатності на основі агропромислових відходів апробовано в науково-виробничій фірмі «Реагент» (акт упровадження від 12.05.18). Отриманий адсорбент використано на станції приймання стоків ТзОВ «ПАНСЕМАЛ» для очищення забруднених технологічним мастилом стоків (акт упровадження від 22.11.19). Технічні рішення щодо зменшення впливу різних типів джерел техногенних землетрусів упроваджено в практичну роботу Науково-технічного центру Полтавського відділення Інженерної академії наук України (акт упровадження від 05.06.20), а застосування виготовлених з відходів адсорбентів для вилучення з водного середовища забруднювачів у практичній діяльності Департаменту екології та природних ресурсів Полтавської ОДА (акт упровадження від 18.08.20). Результати дисертаційного дослідження використовуються у навчальному процесі у Кременчуцькому національному університеті імені Михайла Остроградського (КрНУ) на лекційних і практичних заняттях з

навчальної дисципліни «Екологічна безпека» бакалаврату, а також для виконання випускних кваліфікаційних робіт (акт упровадження від 26.08.20), Національному університеті «Львівська політехніка» (акт упровадження від 28.08.20), Національному технічному університеті України «Київський технічний університет імені Ігоря Сікорського» (акт впровадження від 11.09.20); у навчальній та науковій частинах програми підготовки докторів філософії зі спеціальності 101 – «Екологія» в КрНУ (акт упровадження від 26.08.20). Наукові положення дисертації використані для виконання студентами наукових робіт під керівництвом здобувача. На всеукраїнських конкурсах студентських наукових робіт отримано 5 призових місць.

Особистий внесок здобувача. Дисертанту належить формулювання наукової проблеми, мети й завдань досліджень, обґрунтування положень наукової новизни, установлення практичної значущості результатів, формулювання висновків. Автором проведено аналіз літературних джерел за темою дисертаційної роботи; обґрунтовано методологію та визначено ефективні методи досліджень; проведено експериментальні та прикладні дослідження; здійснено обробку даних та їх інтерпретацію; установлено закономірності і особливості функціонування екологічної небезпеки та розроблено загальні теоретичні положення і конкретні технічні рішення щодо поліпшення стану екологічної безпеки в умовах комплексного впливу складових екологічної небезпеки; запропоновано полістадійний спосіб отримання адсорбенту підвищеної поглинальної здатності.

Внесок автора у роботи, виконані у співавторстві. У монографіях [1, 2] дисертанту належить «обґрунтування теоретичних та практичних аспектів структуризації соціально-економічної зони, що включає у себе об'єкти підвищеної екологічної небезпеки» і «створення методології теоретичних і експериментальних досліджень, проведення моніторингу станів екологічної небезпеки, розробка теоретичних засад аналізу формування екологічної небезпеки та системи управління безпекою», відповідно. У колективних монографіях [3,4] викладено «обґрунтування технологічних прийомів підвищення ефективності процесу біологічного очищення господарсько-побутових стічних вод», «визначення способів уникнення екологічної небезпеки у водосховищах Дніпровського каскаду», відповідно. У наукових статтях внесок автора такий: [5] – розроблено модель взаємодії забруднення з водною техногенно навантаженою соціально-економічною зоною, [6] - запропоновано математичний підхід щодо оцінювання антропогенного впливу на СЕЗ, [7] – розроблено класифікації методів оцінювання стану екологічної небезпеки на підставі інтегральних і диференціальних підходів, [8] – виявлення проявів екологічної небезпеки у штучно створених об'єктах гідросфери, [9] – обґрунтування доцільності виробництва енергоносіїв із синьо-зелених водоростей, [10] – обґрунтування застосування ГІС-технологій та методів нечіткого логічного аналізу в системі забезпечення екологічної безпеки щодо об'єктів підвищеної небезпеки, [11] – експериментальні дослідження впливу поля гідродинамічної кавітації на біомасу, [12] – встановлення ефективності застосування стадії кавітації, визначення складу відпрацьованої біомаси, [13] – обґрунтування системного підходу до аналізу формування екологічної небезпеки в умовах комплексного впливу її складових, розробка теоретичних засад

забезпечення екологічної безпеки, [14] – визначення впливу бенз[а]пірену на стан екологічної безпеки харчових продуктів і компонентів довкілля, [19] – моніторинг станів екологічної небезпеки у Кременчуцькій СЕЗ, [20] – наукове обґрунтування використання ґрунтово-рослинного покриву як індикатора рівня формованої екологічної небезпеки, [22] – математичне моделювання процесу виробництва біогазу з мікробіодоростей, верифікація теоретичних розробок експериментальним даним, [23] – обґрунтування можливості застосування природних адсорбентів для виробництва органо-мінерального добрива з використанням аграрних відходів, [24] – дослідження суміші дизельного палива з біопаливом, виготовленим із залученням відходів, [26] – дослідження вибухів на кар'єрах і транспортних магістралей як джерел техногенних землетрусів, [27] – удосконалення способу отримання адсорбентів, [28] – експериментальні дослідження застосування інгібіторів корозії в системах зворотного водопостачання для зниження рівня екологічної небезпеки, [29] – дослідження процесу комплексного перероблення мікробіодоростей з одержанням біодизельного палива та біогазу, [30] – розроблення теоретичних засад і практичних заходів щодо поліпшення стану екологічної безпеки у соціально-економічній зоні, [32] – наукове обґрунтування етапів комплексної технології утилізації мікробіодоростей, [33] – моніторинг станів екологічної небезпеки в акваторіях водосховищ на території Кременчуцької СЕЗ, [34] – експериментальні дослідження композиційних адсорбентів на основі глауконіту, [35] – розроблення методологічних підходів до моніторингу станів екологічної небезпеки, [36] – обґрунтування елементів забезпечення екологічної безпеки в Кременчуцькій СЕЗ в умовах дії хіміко-техногенних чинників, [37, 40] – виявлення наслідків проявів екологічної небезпеки в Кременчуцькій СЕЗ та їх впливу на стан здоров'я населення, [38] – установлення ефективності застосування адсорбентів, розроблення технічних рішень щодо поліпшення стану екологічної безпеки, [39] – обґрунтування способу утилізації водоростей у процесах одержання енергоносіїв задля забезпечення еколого-енергетичної безпеки. У патентах [53-55] автору належить розроблення формул корисних моделей за результатами експериментальних досліджень, обґрунтування задекларованих у патентах способів отримання біогазу з мікробіодоростей, виготовлення адсорбентів з використанням електростатичної сепарації та кавітації, відповідно.

Апробація результатів роботи. Основні наукові та практичні результати дисертаційних досліджень доповідалися та отримали позитивну оцінку на таких конференціях: XV, XIV, XIII Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми екологічної безпеки» (м. Кременчук, 2017 р., 2016 р. та 2015 р., відповідно); VI Всеукраїнському з'їзді екологів з міжнародною участю «Екологія – 2017» (м. Вінниця, 2017 р.); XVII, XVI Міжнародній науково-практичній конференції «Ідеї академіка В. І. Вернадського та проблеми сталого розвитку освіти і науки» (м. Кременчук, 2017 р. та 2015 р., відповідно); XX Міжнародній науково-практичній конференції «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: освіта – наука – виробництво-2017» (м. Харків, 2017 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «ЕКОГЕОФОРУМ-2017. Актуальні проблеми та інновації» (м. Івано-Франківськ,

2017 р.); II Міжнародній науково-практичній конференції «Водопостачання та водовідведення: проектування, будова, експлуатація, моніторинг» (м. Львів, 2017 р.); Міжнародній науково-технічній конференції «Екологічна і техногенна безпека. Охорона водного і повітряного басейнів. Утилізація відходів» (м. Харків, 2017 р.); V Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні проблеми біології, екології та хімії» (м. Запоріжжя, 2017 р.); Міжнародному форумі з екології людини та гігієні навколишнього середовища «Экологические проблемы современности: выявление и предупреждение неблагоприятного воздействия антропогенно детерминированных факторов и климатических изменений на окружающую среду и здоровье населения» (м. Москва, 2017 р.); IV Міжнародному конгресі «Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокорис-тування» (м. Львів, 2016 р.); XVI Всеукраїнській науково-технічній конференції «Актуальні проблеми енергетики та екології» (м. Одеса, 2016 р.); V Міжнародній науковій конференції молодих учених і студентів «Екологія. Довкілля. Молодь: матеріали» (м. Полтава, 2015 р.); Міжнародному науковому симпозиумі «Неделя эколога-2015» (м. Дніпродзержинськ, 2015 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Прикладні аспекти техногенно-екологічної безпеки» (м. Харків, 2015 р. та 2013 р.); Пленуме научного совета по экологии человека и гигиене окружающей среды «Комплексное воздействие факторов окружающей среды и образа жизни на здоровье населения: диагностика, коррекция, профилактика» (м. Москва, 2014 р.); Міжнародній науковій екологічній конференції «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства» (м. Краснодар, 2013 р.).

Публікації. Основні положення дисертації опубліковано в 55 наукових роботах, з яких: 4 монографії; 36 статей (7 – у виданнях, що індексуються БД Scopus і Web of Science), зокрема 25 – у фахових наукових виданнях України з технічних наук, 3 – у фахових наукових виданнях України з географічних і біологічних наук, 1 – у інших наукових виданнях України, 7 – у закордонних наукових періодичних виданнях; 12 тез доповідей у матеріалах міжнародних і всеукраїнських конференцій; 3 патенти України на корисну модель.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, 7 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків. Основний текст із 27 таблицями та 81 рисунком викладено на 304 сторінках, список використаних джерел із 325 найменувань розміщено на 36 сторінках, 13 додатків – на 43 сторінках. Загальний обсяг роботи складає 383 сторінки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання досліджень, визначено наукову новизну та практичну цінність одержаних результатів, наведено дані про особистий внесок здобувача, апробацію результатів дисертації, структуру й обсяг роботи.

Перший розділ *«Установлення ступеня дослідженості наукових проблем з метою обґрунтування ідеї дисертаційної роботи»* присвячено аналітичному огляду наукових матеріалів. У попередніх дослідженнях науковців закладено наукові засади розв'язання проблем екологічної безпеки. Особливе значення дослідження екологічної безпеки у контексті національної безпеки держави пов'язано з аналізом, попередженням і прогнозуванням надзвичайних ситуацій природного та техногенного походження. Означені проблеми ґрунтовно вивчали такі науковці: Боголюбов С.А., Рудько Г.І., Данилова–Данильян В.І., Шмандій В.М., Качинський А.Б., Биченок М.М., Трофімчук О.М та інші. Теоретико-методологічні та організаційно-економічні аспекти екологічної безпеки викладено в роботах вітчизняних учених Сідорчука В.Л., Шевчука В.Я., Мандрика О.М., Шматкова Г.Г. тощо. Сформовано наукові школи із екологічної безпеки майже в усіх галузях знань, розв'язуються конкретні наукові проблеми. За останні роки підготовлена значна кількість кандидатських і докторських дисертацій.

Критичний огляд стану дослідження різних аспектів екологічної безпеки вказує на недостатню вивченість сумісного впливу складових небезпеки різного генезису, загальні та декларативні особливості більшості запропонованих методів регулювання станів безпеки і т.д. Украй незначна увага приділяється вивченню територіальних угруповань, де зосереджені промислово-транспортні техногенні об'єкти та антропогенно змінені потужні об'єкти гідросфери, сумарний вплив яких на компоненти довкілля є комплексним. Екологічна безпека в умовах комплексного впливу її складових безумовно вимагає поглибленої розробки методологічних аспектів і теорії, опрацювання наукових засад управління нею з усебічним дослідженням процесів і умов формування небезпеки, потребує уточнення та деталізації понятійно-термінологічного апарату і т.д. Аналіз результатів наукових досліджень щодо розроблення способів і методів зниження рівня природно-антропогенного навантаження на гідросферу, ослаблення впливу літосферних процесів техногенного походження та об'єктів підвищеної екологічної небезпеки, розроблення ефективних і дешевих адсорбентів для очищення компонентів довкілля від забруднення показав недостатню вивченість зазначених проблем і шляхів їх розв'язання. На нашу думку, важливими інноваційними підходами є використання адсорбційних технологій із отриманням абсорбентів з використанням як сировини рослинних відходів і природних сорбентів.

На підставі результатів літературного огляду та логічного аналізу фактичного матеріалу зроблено висновок про те, що розв'язувана в дисертаційній роботі науково-практична проблема, яка полягає у встановленні закономірностей формування екологічної небезпеки в умовах комплексного впливу її складових і

розробленні теоретичних засад, а також практичних рішень щодо поліпшення стану екологічної безпеки соціально-економічної зони, є досить актуальною. Обґрунтовано мету та основні напрями дисертаційного дослідження, що визначають структуру роботи.

У другому розділі «*Методологія дисертаційного дослідження та використанні методи*» подано результати теоретичних досліджень з обґрунтування методологічного підходу до розв'язання завдань дисертаційного дослідження; охарактеризовано використанні методи проведення досліджень.

Методологія дослідження ґрунтується на застосуванні системного аналізу процесу формування екологічної небезпеки, у межах якого загальне завдання поділяється на підзавдання дослідження окремих чинників, і структурується на такі етапи:

1) логічний аналіз сучасного стану вивченості проблем екологічної безпеки; із використанням методу дедукції встановлюється ступінь опрацювання наукових аспектів і визначаються основні завдання дослідження;

2) розроблення теоретичних засад дисертаційного дослідження, науковим базисом якого є система техніко-технологічного управління екологічною безпекою на підставі принципів формування небезпеки із застосуванням методу елементно-теоретичного синтезу. Експериментальні дані попередніх дослідників, а також, результати власних інструментальних замірювань становлять фактологічний базис. Методами дедукції та аналогій наявна структура екологічної небезпеки деталізується та модифікується, методом індукції розробляється системна класифікація. На підставі визначених способів і механізмів формування небезпеки методом структурно-логічного синтезу формується концепція оцінювання станів екологічної небезпеки;

3) проведення експериментальної та практичної перевірки розроблених теоретичних положень у конкретній соціально-економічній зоні;

4) визначення організаційно-технічних заходів зі зниження рівня екологічної небезпеки на прикладі Кременчуцької СЕЗ; на підставі результатів експериментальних досліджень і методу імітаційного моделювання перевіряється ефективність упровадження розроблених рішень.

У розділі надана характеристика фізико-хімічних властивостей матеріалів, які використовувались у дослідженнях: різних видів відходів агропромислового комплексу (як сировини для отримання адсорбентів); саобстоку (як компонента для виробництва біодизельного палива); мікроводоростей зі штучно створених водойм (як чинників формування екологічної небезпеки у акваторіях природно-антропогенних водосховищ).

Методичні аспекти вивчення можливостей зниження рівня екологічної небезпеки, що формується у гідросфері, ґрунтуються на визначенні ступеня токсичності різних концентрацій субстрату біотестуванням і дослідження процесів утилізації мікроводоростей з одержанням продукції цільового призначення. Під час виготовлення адсорбентів і проведенні експериментальних досліджень їх властивостей використані апробовані методики, у тому числі електронно-мікроскопічні дослідження структури та рельєфу поверхні адсорбентів за

допомогою сканувального електронного мікроскопа FEI Versa3D, низькотемпературна адсорбція азотом, фотоколориметричний метод, тощо.

Для вивчення впливу техногенних землетрусів на стан екологічної безпеки застосовано метод безпосередньої багатоканальної реєстрації короткочасних процесів, що протікають в геологічному середовищі, із подальшим аналізом амплітудно-частотних параметрів.

Методологія аналізу проявів екологічної небезпеки на населення передбачає вивчення дії природних чинників на зародження небезпеки; просторове зонування СЕЗ; установлення взаємозв'язку формування небезпеки, її проявів і просторової локалізації цих проявів; визначення заходів щодо мінімізації наслідків проявів.

Наведений у розділі матеріал використано при виконанні досліджень, результати яких презентовано у наступних розділах. Він є методологічним підґрунтям наукових публікацій за темою дисертаційної роботи.

Третій розділ *«Теоретичні засади аналізу екологічної небезпеки з урахуванням комплексного впливу її джерел різного генезису як наукова передумова регулювання стану екологічної безпеки»* присвячено розробці на підставі узагальнень і власних доробок наукових положень щодо функціонування екологічної безпеки в соціально-економічній зоні.

Установлено закономірності та особливості виникнення та поширення екологічної небезпеки в умовах комплексного впливу її складових різного походження. Вони містять такі положення.

1. Структуризація небезпеки – характерна сукупність для конкретної соціально-економічної зони тільки її притаманних домінуючих за інтенсивністю можливого впливу складових небезпеки.

2. Особливості розміщення джерел небезпеки відносно певних об'єктів із урахуванням параметрів середовища, у якому вона поширюється.

3. Відмінності якості (впливи на довкілля, що якісно відрізняються) та інтенсивності (наприклад, істотна відмінність у кількісних характеристиках викидів) джерел небезпеки.

4. Посилення негативного впливу на населення та довкілля в умовах комплексної (одночасної) дії різних складових екологічної небезпеки.

5. Структуризація об'єктів, що зазнають впливу небезпеки у просторово-часовому континуумі – сукупність об'єктів будь-якого генезису, які утворюють небезпечні для життєдіяльності біоти ситуації та загрожують функціонуванню технічних споруд.

6. Пріоритетність умов формування небезпеки у соціально-економічній зоні – наявність домінуючих за інтенсивністю можливого впливу екологічно небезпечних видів господарської діяльності та природних явищ.

Зазначені положення є теоретичним підґрунтям для визначення станів екологічної небезпеки. Вони реалізовані у схемі процесу формування екологічної небезпеки в соціально-економічній зоні (рис. 1), яку ми розглядаємо як адміністративно обмежену сукупність територій і акваторій, у межах якої розташовані об'єкти здійснення економічної діяльності (джерела формування

екологічної небезпеки) і соціальна інфраструктура, житлова забудова, геологічне середовище, фауна та флора (об'єкти впливу проявів екологічної небезпеки).



Рисунок 1 – Схема формування екологічної небезпеки в соціально-економічній зоні

Основними стадіями формування небезпеки є трансформація речовини та енергії в процесах господарської діяльності, а також під впливом природно-антропогенних чинників. Утворюються побічні продукти та види енергії (відходи), які ми вважаємо забрудненнями, оскільки деякі із них невластиві природному середовищу, а решта збільшує вміст речовини та енергії в компонентах довкілля. Антропогенні джерела провокують збурення у довкіллі, які поширюються в ньому, змінюючи його стан. Унаслідок цього формується екологічна небезпека, яка здатна поширюватися і за межі СЕЗ.

Екологічна безпека характеризується запобіганням або усуненням негативного впливу чинників, що виникають унаслідок функціонування джерел небезпеки. Для ефективного управління безпекою існує нагальна необхідність усебічного вивчення умов формування небезпеки на підставі результатів

моніторингу її станів, який доцільно здійснювати базуючись на принципах системного аналізу. Як приклад, розглянемо техногенні землетруси (рис. 2).



Рисунок 2 – Механізм моніторингу формування екологічної небезпеки в умовах дії техногенних землетрусів

Величину екологічного ризику проявів екологічної небезпеки, формованої техногенними землетрусами, залежності від часу в СЕЗ, з кількістю населення N визначаємо так :

$$R(t) = N \sum_{I=1}^5 \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K P_I P_{Ijk} q_{jk} \left[d_1(t) \eta_j^{(1)} + d_2(t) \eta_j^{(2)} \right], \quad (1)$$

де I – інтенсивність землетрусу;

P_I – ймовірність землетрусу I -ї сили;

P_{Ijk} – ймовірність пошкоджень споруди (будівлі) k -го ступеня з j -ю сейсмостійкістю та землетрусу I -ї сили;

q_{kj} – ймовірності погіршення стану здоров'я людини, що знаходиться в будівлі j -го типу з пошкодженням k -го ступеня ;

$d_1(t)$ і $d_2(t)$ – відносна чисельність населення на території СЕЗ у різний час доби;

$\eta_j^{(1)}$ – середня відносна кількість людей, які мешкають у будинках j -го типу;

$\eta_j^{(2)}$ – середня відносна кількість людей, що знаходиться у виробничих та інших будівлях j -го типу.

Зазначимо, що вираз (1) отримано на підставі відомої залежності впливу природних землетрусів на мешканців і споруди у населених пунктах з урахуванням особливостей техногенних землетрусів та СЕЗ.

Формування теоретичних засад аналізу екологічної небезпеки та забезпечення екологічної безпеки потребує створення сучасного методологічного апарату, а саме розроблення математичної моделі деформації стану екологічної безпеки під впливом сукупності антропогенних чинників. Процес створення моделі ґрунтується на розв'язанні трьох окремих завдань, що наведені нижче.

У межах розв'язання окремого завдання аналізу функціонування екологічної небезпеки в умовах комплексного впливу її джерел (Q_1) розглянемо інтенсивність можливих її проявів, які негативно діють на людину та довкілля. Щільності розподілу проявів екологічної небезпеки F_H у соціально-економічній зоні, залежно від її рівня R на підставі ймовірнісної моделі Гаусса, визначаємо так:

$$F_H(R) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(R-\alpha)^2 / (2\sigma^2)}, \quad (2)$$

де α і σ – параметри, які характеризують загальний стан екологічної небезпеки у соціально-економічній зоні.

На підставі аналізу залежності (2) встановлено діапазони функціонування екологічної небезпеки в СЕЗ:

- фонові небезпека ($R < R_1$);
- небезпека незначного рівня ($R_1 - R_2$);
- прийнятна небезпека ($R_2 - R_3$);
- неприйнятна небезпека ($R_3 - R_4$);
- катастрофічна ($R > R_4$) небезпека ($R > R_4$).

Використано такі позначення рівня небезпеки: R_1 – природний фон; R_2 , R_3 , R_4 – відповідно нижні граничні рівні прийнятної, неприйнятної, катастрофічної небезпеки.

Ми акцентуємо увагу на діапазоні неприйнятної небезпеки, оскільки для нього характерна значно більша кількість випадків проявів небезпеки, порівняно з діапазоном катастрофічної небезпеки.

Процес деформації стану екологічної безпеки під впливом антропогенних чинників характеризується переходом СЕЗ (як різновиду екосистеми) із одного в інший стаціонарний стан. У разі, коли екосистема відповідає вимогам потенційної і може бути описана потенційною функцією $N(X, A)$ від поведінкової змінної X (вразливість) і параметра управління A , маємо:

$$dX/dt = -\partial N(X, A)/\partial X + S^{1/2} \xi(t) = X^\delta + A_1 X + A_2 + S^{1/2} \xi(t), \quad (3)$$

де S – константа,

$\xi(t)$ – гаусівська незалежна.

У межах розв'язання окремого завдання забезпечення екологічної безпеки в

умовах комплексного впливу джерел небезпеки (Q_2) на підставі узагальнення та аналізу фактичного матеріалу, використання встановлених і викладених вище закономірностей виникнення та поширення екологічної небезпеки сформульовано загальні теоретичні положення щодо забезпечення екологічної безпеки.

1. Оптимальне розміщення джерел екологічної небезпеки відносно певних об'єктів соціально-економічної зони з урахуванням параметрів середовища її поширення суттєво послаблює наслідки проявів небезпеки.

2. Мінімізація одночасної присутності декількох складових екологічної небезпеки зменшує ступінь впливу на елементи соціально-економічної зони, у тому числі на населення.

3. Реалізація заходів з управління екологічною безпекою та зниження ступеня проявів небезпеки завдяки їх застосуванню можуть бути розосереджені як у просторі, так і в часі.

Указані положення є підґрунтям для розроблення ефективних технічних рішень з управління екологічною безпекою в конкретній СЕЗ.

З урахуванням викладених теоретичних положень розроблено механізм створення ефективної системи забезпечення екологічної безпеки в СЕЗ (рис. 3).

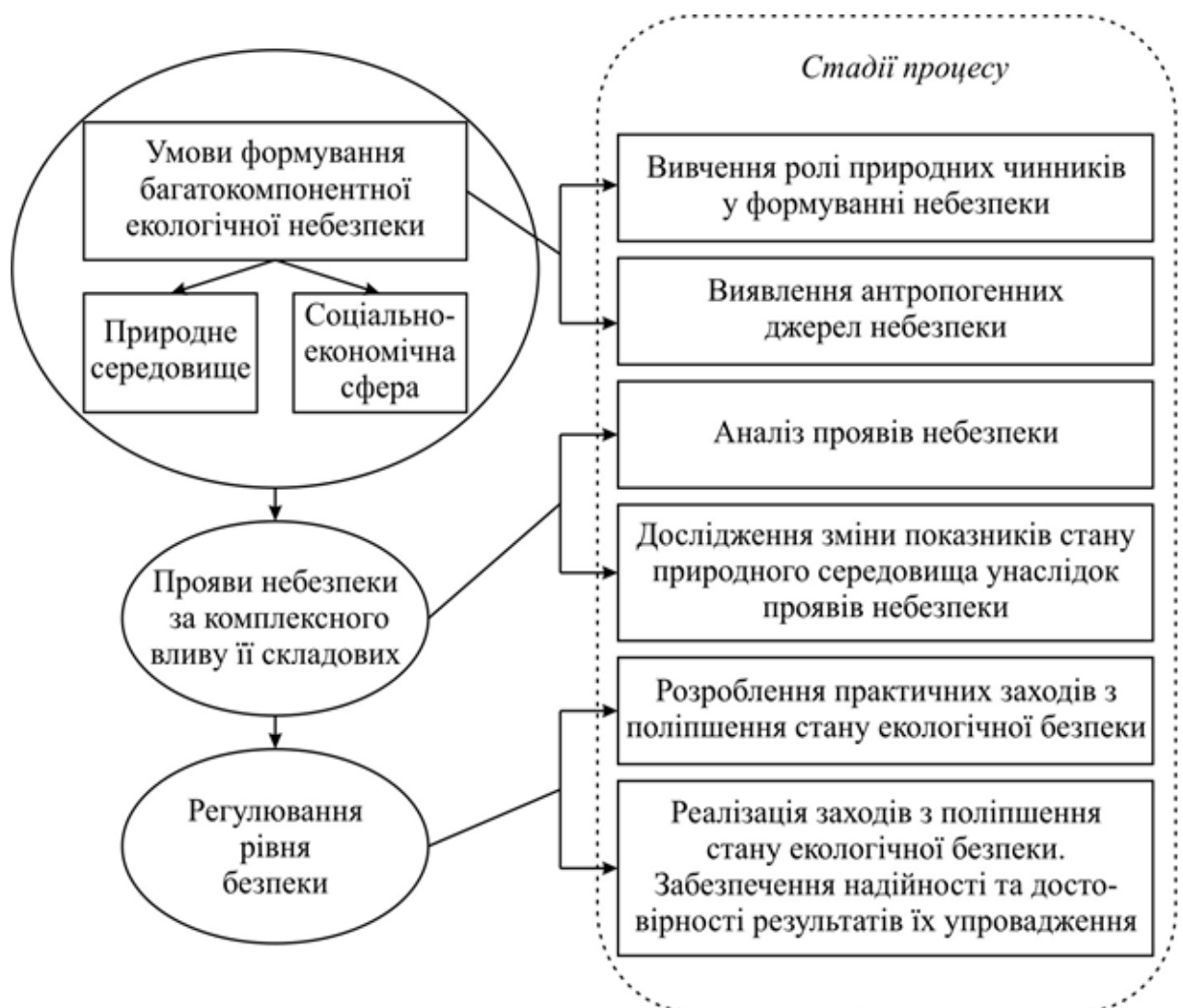


Рисунок 3 – Механізм створення ефективної системи забезпечення екологічної безпеки в СЕЗ при комплексному впливі її джерел

У межах розв'язання окремого завдання створення елементів забезпечення екологічної безпеки в природно-антропогенних водоймах (Q_3) розглядаємо вилучення надлишкової біомаси з подальшою її утилізацією у процесах отримання енергоносіїв (біогазу, біодизельного палива). Процес генерації біогазу описується диференціальним рівнянням Михаеліса – Ментена, рішення якого має вигляд:

$$C = \lambda C_o(1 - e^{-kt}), \quad (4)$$

де C_o – початкова концентрація органічних сполук у біомасі, мг/дм³;

λ – швидкість процесу метаногенезу;

k – константа накопичення біогазу, с⁻¹;

t – час реалізації процесу, с.

За певної концентрації органічних сполук у біомасі швидкість метаболізму врівноважується зі швидкістю надходження, що й визначає максимальний вихід біогазу. Для активізації процесу утворення біогазу доцільна попередня підготовка біомаси. Необхідність застосування обробки у полі кавітації доведена експериментально у розділі 5 дисертації.

Стан забруднення водної складової СЕЗ, залежно від особливостей біфуркації описується системою рівнянь:

$$\frac{dC}{dt} = a - bD(C) - cf(C, E), \quad \frac{dE}{dt} = -dE + eh(C, E), \quad (5)$$

де C – концентрація забруднювача;

E – густина біомаси;

a – потужність джерела забруднення;

$D(C)$ - функція дисипації, що характеризує природний розпад забруднювача;

$h(C, E)$ - функція, що описує вплив забруднення на водну складову СЕЗ;

$f(C, E)$ - функція, що описує абсорбцію забруднювача водної складової СЕЗ;

b – коефіцієнт природної дисипації.

c і e - константи, що більші за 0.

Формалізація параметрів математичної моделі призводить до розв'язання трьох окремих завдань: 1) аналізу функціонування екологічної небезпеки за наявності сукупності її складових різного генезису (Q_1); 2) поліпшення стану екологічної безпеки в умовах комплексного впливу її джерел (Q_2); 3) формування елементів забезпечення екологічної безпеки в природно-антропогенних водоймах (Q_3). Комбінована умова розв'язання вищенаведених окремих завдань має вигляд:

$$G(X, A, C, E, R) = f_{123}(Q_1, Q_2, Q_3), \quad (6)$$

де $G(X, A, C, E, R)$ – рівень стійкості елементів системи екологічної безпеки,
 $f_{123}(Q_1, Q_2, Q_3)$ – відображення розв’язання окремих завдань.

Встановлення граничних умов існування математичної моделі проводимо з використанням рівня стійкості системи екологічної безпеки у часовому вимірі $G(X, A, C, E, R, t)$ (використано нормовані значення усіх параметрів). Розглядали такі види стійкості стану СЕЗ:

а) рівновага – ситуація, за якої різноспрямовані антропогенні чинники взаємно гасяться і властивості стану СЕЗ залишаються незмінними:

$$\begin{array}{l} \text{за умови} \\ G_I(X, A, C, E, R, t_1) = \text{const}, \\ [\Delta X + \Delta A + \Delta C + \Delta E + \Delta R] \rightarrow 0, \\ t_1 \rightarrow \infty, \end{array} \quad (7)$$

б) гомеостаз – стійкий стан рівноваги в СЕЗ:

$$\begin{array}{l} \text{за умови} \\ G_{II}(X, A, C, E, R, t_2) = \text{const}, \\ \Delta X \rightarrow 0; \Delta A \rightarrow 0; \Delta C \rightarrow 0; \Delta R \rightarrow 0, \\ t_2 \rightarrow \infty \end{array} \quad (8)$$

в) стаціонарний режим – послідовність станів повторюється циклічно:

$$\begin{array}{l} \text{за умови} \\ G_{III} = [(G_I + G_{II}), t_3] = \text{const}, \\ t_3 = [t_1' + t_2' + \dots + t_1^k + t_2^k + \dots + t_1^n + t_2^n] \rightarrow \infty, \end{array} \quad (9)$$

де $k=1-n$ – індекс часових інтервалів.

Забезпечення екологічної надійності СЕЗ відповідає виконанню умов (7) - (9) за наступним часовим сценарієм:

$$\begin{array}{l} \text{за умови} \\ \text{var}[G(X, A, C, E, R, t)] \rightarrow G_{II} \\ t \rightarrow \infty \end{array} \quad (10)$$

З урахуванням (1), (3), (5), (6) та (10) побудована шукана математична модель:

$$\left. \begin{array}{l} dX/dt = -\partial N(X, A)/\partial X + S^{1/2} \xi(t) = X^\delta + A_1 X + A_2 + S^{1/2} \xi(t), \\ \frac{dC}{dt} = a - bD(C) - cf(C, E), \quad \frac{dE}{dt} = -dE + eh(C, E), \end{array} \right\} \quad (11)$$

$$R(t) = N \sum_{l=1}^5 \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K P_l P_{ljk} q_{jk} \left[d_1(t) \eta_j^{(1)} + d_2(t) \eta_j^{(2)} \right],$$

$$G(X, A, C, E, R) = f_{123}(Q_1, Q_2, Q_3).$$

$$\text{var}[G(X, A, C, E, R, t)] \rightarrow G_{II} \quad \text{при} \quad t \rightarrow \infty \quad (12)$$

Отже, математична модель деформації стану екологічної безпеки під впливом сукупності антропогенних чинників являє собою систему з чотирьох аналітичних залежностей (11) (перша описує можливості переходу СЕЗ з одного в інший стаціонарний стан відповідно до характеристики та рівня впливу антропогенних чинників, друга характеризує стан забруднення водної складової СЕЗ залежно від потужності джерела забруднення та особливостей біфуркації, третя описує зміни у часі екологічного ризику впливу техногенних землетрусів в СЕЗ, четверта визначає комбіновану умову варіаційного розв'язання окремих завдань щодо якості системи управління екологічною безпекою) та граничних умов її існування (12).

Викладені у розділі наукові положення є теоретичним підґрунтям для проведення досліджень, передбачених структурою дисертації, результати яких викладені у розділах 4 та 5.

Четвертий розділ *«Моніторинг стану та ідентифікація джерел екологічної небезпеки у Кременчуцькій соціально-економічній зоні»* присвячено аналізу й узагальненню результатів моніторингу формування та просторово-часового функціонування екологічної небезпеки в умовах комплексного впливу її джерел.

Як об'єкт досліджень проявів екологічної небезпеки визначено Кременчуцьку соціально-економічну зону (КСЕЗ), основним аргументами вибору якої є наявність специфічних складових небезпеки різного походження, що здійснюють комплексний вплив, небезпечні позиційні характеристики джерел небезпеки відносно об'єктів, на які вони впливають. Характерними особливостями КСЕЗ, які у сукупності відрізняють її від інших зон, є: присутність у її складі акваторій двох водосховищ Дніпровського каскаду (має місце забруднення природних вод), залягання на незначній глибині кристалічного щита (обумовлює значну концентрацію джерел техногенних землетрусів – кар'єрів з видобутку корисних копалин вибуховим способом), наявність мережі об'єктів техногенного впливу – промислових підприємств (формує екологічну небезпеку, пов'язану, зокрема із забрудненням стічних вод). Схематично результати моніторингу станів екологічної небезпеки в КСЕЗ подано на рис. 4. Слід зазначити, що згідно з структуризацією небезпеки (перша з установлених нами у підрозділі 3.2 дисертації закономірностей формування екологічної небезпеки) така схема характерна саме для цієї СЕЗ, а для інших зон вона може відрізнитися.

Ураховуючи те, що останнім часом обсяги промислового виробництва на основних техногенних об'єктах КСЕЗ суттєво скоротилися, їх антропогенний вплив (викиди шкідливих речовин) помітно зменшився. На це вказує зниження значень приземних концентрацій нижче ГДК. Саме тому ми повертаємо основну увагу до специфічних чинників формування екологічної небезпеки, що відображені на рис. 4.

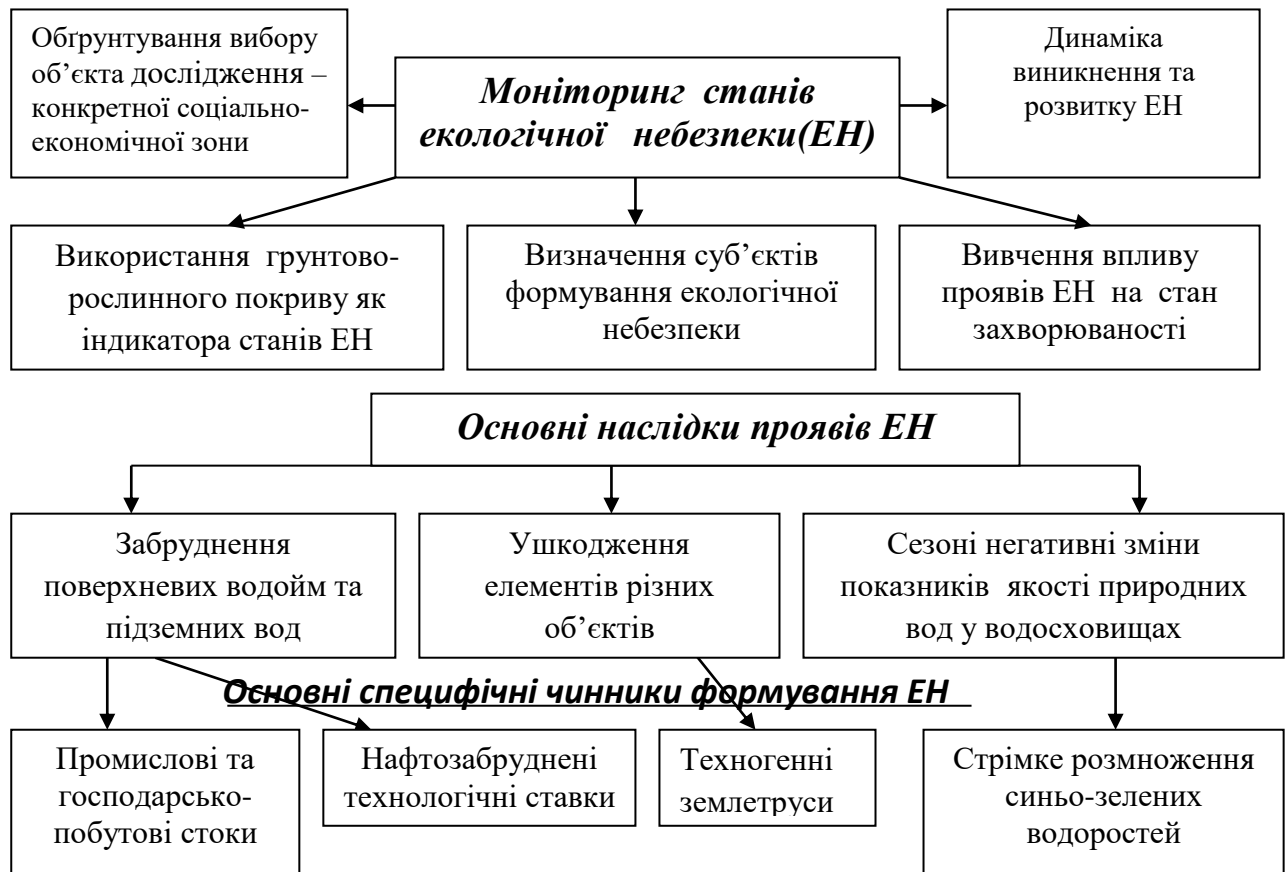


Рисунок 4. – Специфічні чинники формування екологічної небезпеки в Кременчуцькій соціально-економічній зоні за результатами моніторингу її станів

Як одну з складових моніторингу екологічної небезпеки в СЕЗ ми розглядаємо показники зміни хіміко-біологічного стану ґрунту та деревно-чагарникового покриву. За результатами проведених експериментів у центральній частині КСЕЗ встановлено:

- техно-геохімічні ореоли накопичення певних інгредієнтів спостерігаються на відносно значних відстанях від джерел викидів;
- існує залежність ступеня кислотно-лужної деградації ґрунтів від рівня забруднення атмосферного повітря оксидами сульфуру та нітрогену;
- максимальне накопичення заліза у листі більшості порід дерев, що корелює з показниками його викидів техногенними об'єктами;
- відповідність між просторовим розташуванням зон із суттєвими пошкодженнями листя і хвої та зон максимального техногенного навантаження, зокрема, впливу автомагістралей з інтенсивним рухом транспорту (рис. 5).

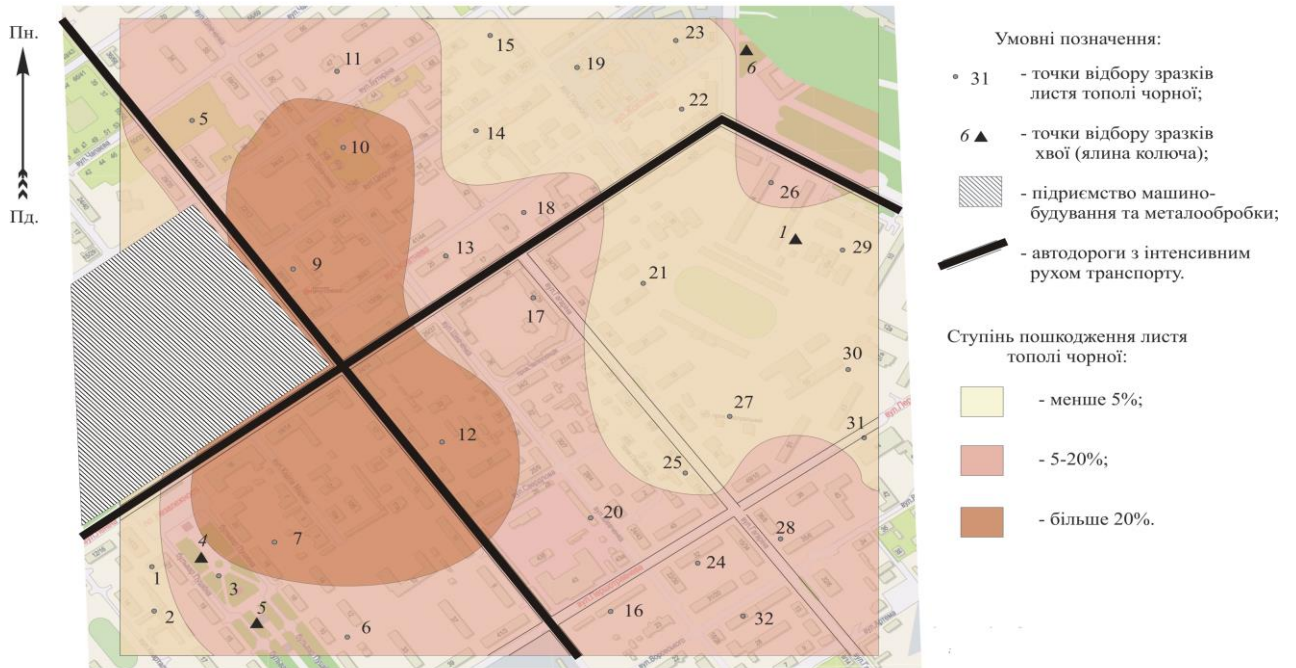


Рисунок 5 – Просторове розташування об'єктів антропогенного навантаження та зон із різним ступенем пошкодження листя

Унаслідок застосування параметра радіємності (максимальна кількість радіонуклідів, яка за своїм впливом ще не здатна порушити основні функції біоти), як індикатора стану екологічної безпеки Дніпровських водосховищ, встановлено максимальне значення (0,8) для Кременчуцького водосховища, тоді як для усіх інших водосховищ він знаходиться в межах 0,6 – 0,7.

Проведено моніторинг станів екологічної небезпеки, формованої під впливом техногенних землетрусів різного походження. За даними інструментального вимірювання швидкості зміщення в елементах споруд зафіксовано перевищення допустимого рівня коливань у житлових і промислових приміщеннях. Виявлені наслідки проявів екологічної небезпеки – механічні пошкодження конструкцій та тимчасові розлади здоров'я мешканців. Установлені об'єкти підвищеної екологічної небезпеки (гребля Кременчуцької ГЕС та авто-залізничний міст через р. Дніпро), пошкодження яких унаслідок впливу техногенних землетрусів є потенційним джерелом екологічних катастроф різного масштабу.

Результати моніторингових досліджень станів екологічної небезпеки у КСЕЗ (основні наслідки її проявів і специфічні чинники формування) є підставою для обґрунтування способів та засобів управління екологічною безпекою.

П'ятий розділ «Аналітико-експериментальне обґрунтування способів та засобів забезпечення екологічної безпеки» присвячено визначенню концептуальних засад регулювання станів екологічної безпеки у СЕЗ.

Досліджено технологічні аспекти використання вилучених із природно-антропогенних об'єктів гідросфери мікроводоростей. Одним з елементів забезпечення екологічної безпеки є утилізація біомаси у процесах отримання

енергоносіїв (біогазу, біодизельного палива). Для інтенсифікації зазначеного процесу досліджувалися різні види кавітації. Установлено, що найефективнішим є застосування саме гідродинамічної кавітації як у випадку екстрагування ліпідів – сировини для виробництва біодизельного палива (рис. 6), так і у випадку добування біогазу (рис. 7).

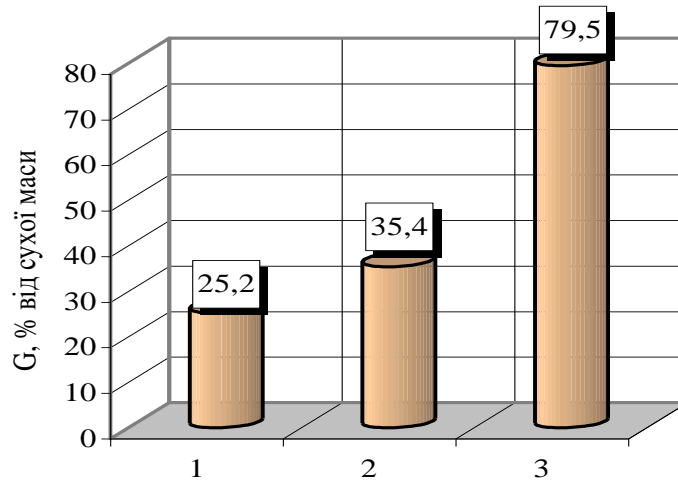


Рисунок 6 – Кількість екстрагованих ліпідів: 1 – без попередньої обробки; 2, 3 – обробка ультразвуковою та гідродинамічною кавітацією, відповідно

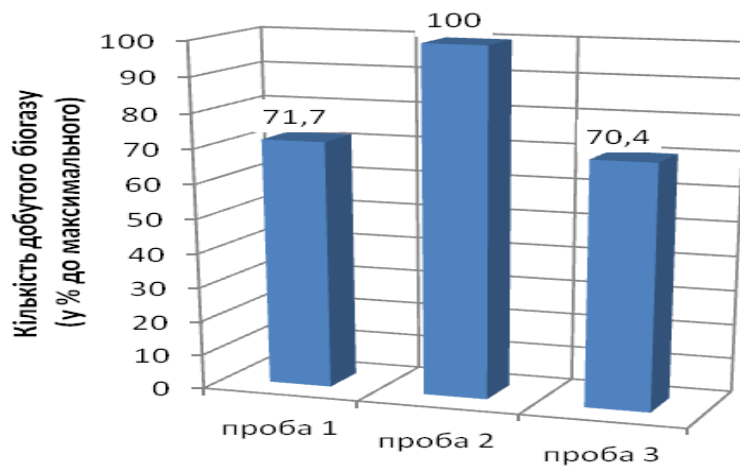


Рисунок 7 – Вихід біогазу, добутого з водоростевої біомаси: 1 – без обробки, 2, 3 – обробка у ротаційному та ультразвуковому кавітаторі, відповідно

Обґрунтована доцільність використання субстрату, отриманого після вилучення енергоносіїв, як добрива. За результатами досліджень на базі Львівської філії Інституту охорони ґрунтів установлено (табл. 1): вміст кальцію, сірки, фосфору та калію (основних елементів живлення рослин) відповідає вмісту їх у мінеральних добривах, що застосовують у агротехнологіях, концентрація хлору допустима. Жоден з елементів, вміст яких у сировині для виробництва добрив

лімітований (кадмій, свинець, арсен), у відпрацьованій біомасі не виявлений.

Таблиця 1 – Склад відпрацьованого після вилучення біогазу субстрату

Компонент біомаси	Масова частка, %	Компонент біомаси	Масова частка, %	Компонент біомаси	Масова частка, %
Si	4,432 ±0,086	Mn	1,139±0,017	Br	0,053 ±0,002
P	7,160 ±0,131	Fe	1,492±0,015	Sr	0,029 ±0,002
S	11,713±0,101	Ni	0,023 ±0,002	Zr	0,004 ±0,002
Cl	8,461 ±0,079	Cu	0,006 ±0,001	Pd	0,008 ±0,002
K	20,197±0,060	Zn	0,024 ±0,001	Sb	0,025 ±0,004
Ca	45,131±0,112	As	0,016 ±0,002	Ti	0,081 ±0,019

Біотехнологічні аспекти регулювання стану екологічної безпеки реалізовані у процесі знешкодження нафтовмісних твердих донних відкладень технологічних ставків у північній зоні КСЕЗ. Утилізацію нафтопродуктів здійснено з використанням біодеструкторів, здатних руйнувати вуглеводневі сполуки до нешкідливих речовин. Прогнозування швидкості V очищення від забруднень, залежно від їх концентрації $[C]$, має вигляд:

$$V = \frac{V_m \cdot [C]}{K_m + [C] + [C]^2 / \lambda \cdot K_m}, \quad (13)$$

де V_m – максимальне значення швидкості очищення, мг/с;

K_m – субстратна константа;

λ – коефіцієнт інгібування.

Викладені у розділі результати фактично є теоретичним підґрунтям для створення системи забезпечення екологічної безпеки.

У шостому розділі «Установлення оптимальних умов синтезу перспективних адсорбентів на основі сільськогосподарських відходів і застосування їх у технологіях забезпечення екологічної безпеки» викладено результати досліджень з розробки нового дешевого адсорбенту високої поглинальної здатності та використання його для очищення забруднених стоків.

Обґрунтовано полістадійний спосіб отримання адсорбенту високої поглинальної здатності на основі відходів агропромислового комплексу. На першій стадії рослинна сировина піддається обробці сульфатною кислотою за стандартною методикою. Друга стадія – механохімічне модифікування (сумісний помел і механоактивація), відбувається подрібнення та пластична деформація. У процесі механохімічного синтезу під впливом агрегації мікроструктурних

кластерів у частинок речовини формується розвинена порова структура. Проте розглянуті процеси не забезпечують необхідної однорідності гранулометричного складу. Завдання розв'язано на третій стадії – електростатичній сепарації (рис. 8).



Рисунок 8 – Блок-схема застосування електростатичної сепарації

Частинки продукту, які не відповідають заданому рівню сепарації, подаються для повторної механоактивації. Процес повторюється до отримання адсорбенту із заданим однорідним гранулометричним складом. Для забезпечення максимальної адсорбційної ємності реалізовано четверту стадію – кавітаційну обробку, під час якої утворюються зони високого та низького тиску, які і руйнують поверхню продукту, збільшуючи його пористість (рис. 9).

Порівнюючи рис. 9 а) та б), робимо висновок, що під впливом кавітації підвищується ступінь розкриття пор адсорбенту. Це обумовлює збільшення його адсорбційної здатності.

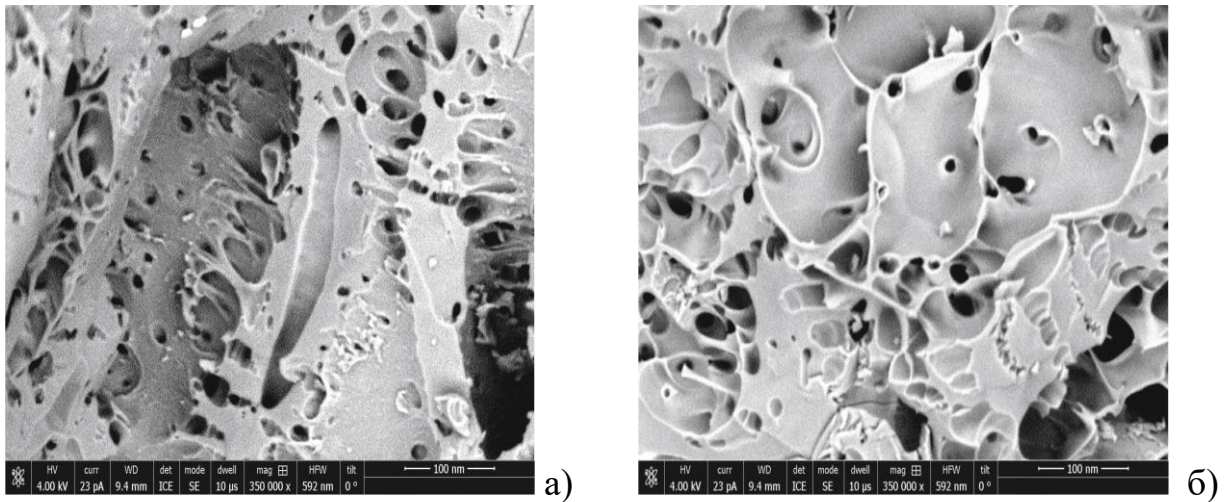


Рисунок 9 – Результати електронно-мікроскопічного дослідження адсорбенту на основі лушпиння гречки на різних стадіях його одержання: а) після механохімічної активації; б) після обробки у полі кавітації упродовж 10 хв

Для визначення ефективності використання розроблених адсорбентів проведено серію експериментів з адсорбції забруднювальних речовин з водних середовищ. Установлено високу (порівняно з традиційними адсорбентами) адсорбційну здатність у процесах очищення стічних вод від іонів важких металів, нафтопродуктів, барвників, вилучення жирів (рис. 10, 11).

ΔA , мг/г

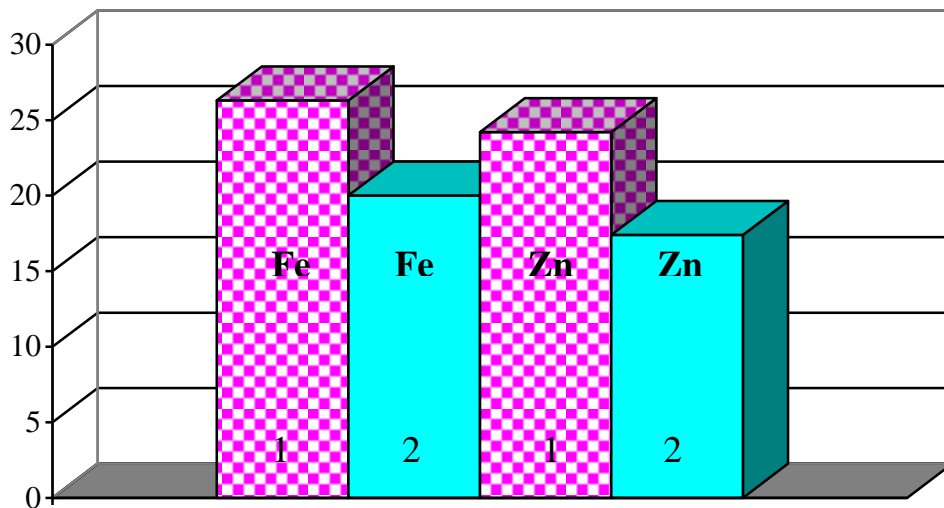


Рисунок 10 – Поглинальна здатність ΔA розробленого адсорбенту (1) та активованого вугілля (2) для іонів важких металів

Доведена доцільність застосування одержаних адсорбентів для поліпшення стану екологічної безпеки компонентів довкілля.

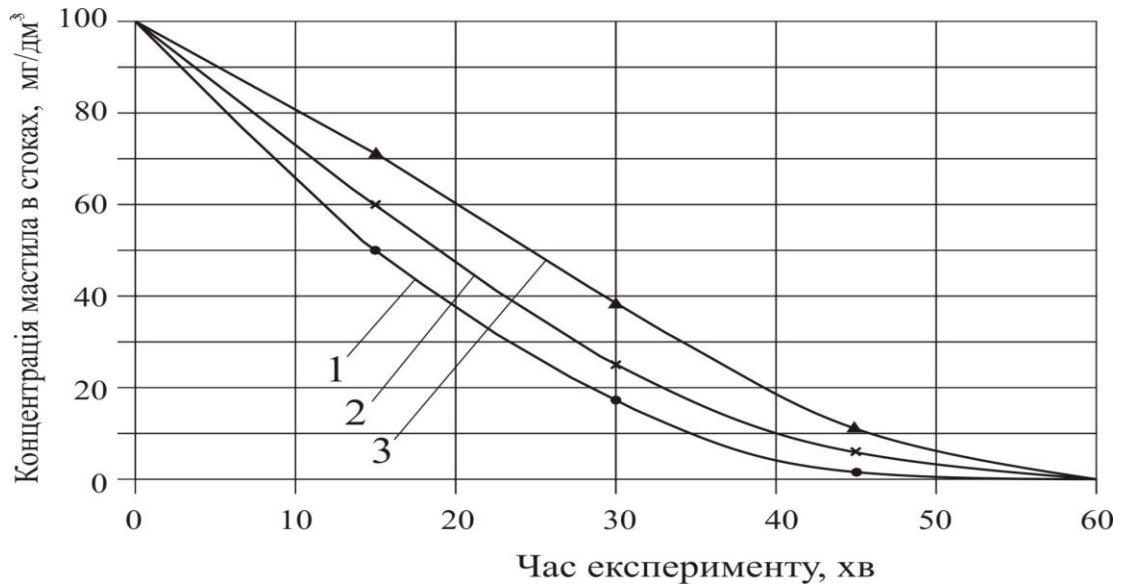


Рисунок 11 – Динаміка зміни у часі концентрації технологічного мастила у забрудненій воді із застосуванням розробленого адсорбенту різного гранулометричного складу: 1) 0,03–0,01 мм; 2) 0,1–1 мм; 3) більше 1 мм

Адсорбент з рослинної сировини (соняшникового лушпиння) ми вводили до складу композиційного адсорбенту на основі глауконіту. В процесі його приготування застосовували метод відмулювання, який дозволяє видалити із сировини легкі глинисті фракції розміром $<0,05$ мм, проводили дві стадії гранулювання (гомогенізацію та формоутворення), хімічну модифікацію 8 % розчином CaCl_2 за змішаної кислотно-сольової обробки. Мала місце кислотна активація сорбенту, що сприяло створенню більшої кількості пор, катіони Ca^{2+} брали участь в іонному обміні, надаючи сорбенту додаткову активність. Ефективність очищення побутових стічних вод від фосфат-іонів складає 78 % (рис. 12).

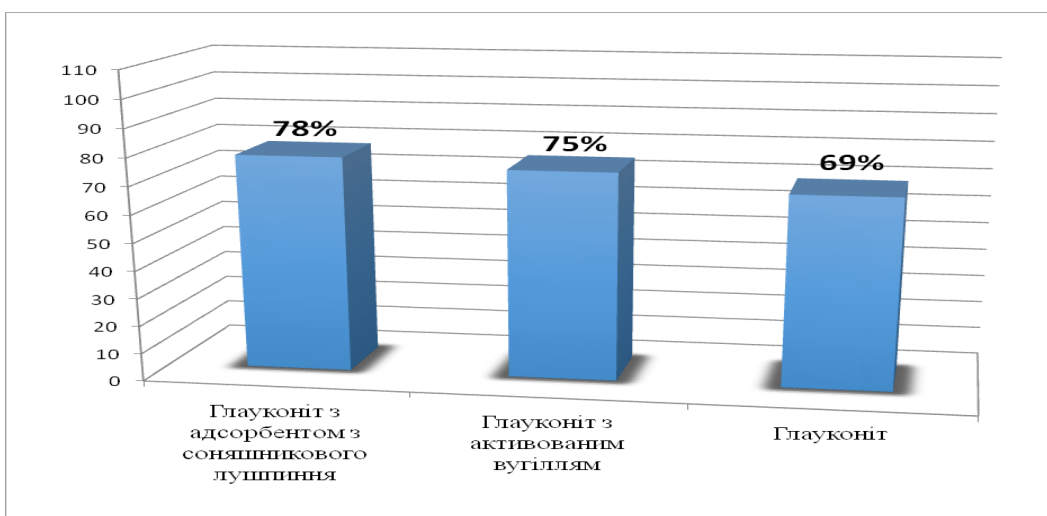


Рисунок 12 – Ефективність очищення побутових стічних вод за умови застосування різних адсорбційних матеріалів

Розроблений адсорбент сумісно з відходом харчової промисловості (соабстоком) залучається у процес одержання біодизельного палива (стадії процесу: обробка соабстоку адсорбентом для виділення жирової фази; уведення в нагріту масу бутанолу та каталізатору; відокремлення біопалива від домішок).

Викладені у розділі результати є практичним підґрунтям для створення системи забезпечення екологічної безпеки в СЕЗ.

Сьомий розділ «Система поліпшення стану екологічної безпеки соціально-економічної зони в умовах комплексного впливу складових небезпеки різного генезису». На підставі застосування теоретичних засад аналізу станів екологічної небезпеки та відповідної математичної моделі (розділі 3), з використанням обґрунтованих способів забезпечення екологічної безпеки (розділи 5, 6) визначено основні напрями поліпшення стану екологічної безпеки в Кременчуцькій соціально-економічній зоні: комплексне використання відходів у процесах, спрямованих на забезпечення екологічної безпеки та економії енергетичних ресурсів з одержанням продукції цільового призначення; поліпшення екологічного стану природно-антропогенних водойм; послаблення негативного впливу техногенних землетрусів на людину та довкілля (рис. 13).



Рисунок 13. – Схема системи поліпшення стану екологічної безпеки в Кременчуцькій СЕЗ за одночасної дії різних складових екологічної небезпеки

Для вирішення поставлених завдань запропонована структурно-логічна модель забезпечення екологічної безпеки (рис. 14), яка містить елементи системи моніторингу станів екологічної небезпеки в СЕЗ та його процедури (викладено у розділі 4 дисертації); процедури та способи мінімізації негативного впливу на стан екологічної безпеки у Кременчуцькій СЕЗ, а також формування управлінських рішень.

Згідно з моделлю встановлено процедури мінімізації негативного впливу на довкілля відходів. Обґрунтовано комплексний спосіб (передбачає 4 стадії) використання відходів і продуктів їх переробки, на підставі якого сформовані управлінські рішення для поліпшення стану екологічної безпеки, економії природних ресурсів та одержання корисної продукції. На першій стадії відходи агропромислового комплексу утилізують у процесах виготовлення адсорбентів за поліциклічним способом, тобто вилучаються з навколишнього середовища, унеможливаючи формування екологічної небезпеки у місцях їх складування. На другій стадії отримані адсорбенти застосовуються для очищення компонентів довкілля (переважно водного середовища) від забруднювальних речовин (які ми також вважаємо відходами), знижуючи рівень екологічної небезпеки. На третій стадії розроблений адсорбент сумісно з відходом харчової промисловості (собстоком) використовують для отримання альтернативних енергоносіїв (зниження рівня екологічної небезпеки в місцях складування відходів харчової промисловості). Четверта стадія – застосування композиційного адсорбенту на основі розробленого нами адсорбенту та глауконіту для очищення побутових стічних вод від фосфат-іонів. Процеси переробки відходів змодельовані так, що унаслідок їх реалізації одержуємо продукцію цільового призначення, як наприклад енергоносії (біодизельне паливо, біогаз і тощо), що сприяє економії природних енергетичних ресурсів.

Установлено процедури мінімізації негативного впливу забруднення природно-антропогенних водойм на стан екологічної безпеки СЕЗ. Сформовано систему управлінських рішень (права частина рис. 13). У межах першого з них реалізовано біотехнологію знешкодження твердих донних відкладень у забруднених нафтопродуктами технологічних ставках з використанням біодеструктора «Еконадин» завдяки внесенню препарату з інтервалом 12 годин. Ефективність очищення склала 99,5 %, що дозволило довести вміст залишкових забруднень до значень, нижчих за ГДК. Загальна тривалість очищення склала 60–65 діб.

Розроблено технічне рішення щодо підвищення ефективності процесу біологічного очищення господарсько-побутових стічних вод від органічних та азотовмісних сполук. За результатами дослідження роботи системи біологічного очищення міських господарсько-побутових стічних вод встановлено, що максимальна ефективність очищення стоків (97,5 % для органічних та 93,4 % для азотовмісних сполук) спостерігається за умови подачі у аеротенк аерованого мулу в кількості, що у 2,6 рази перевищує витрату стічних вод на очищення.

Установлено процедури мінімізації негативного впливу техногенних землетрусів. Науковим базисом технічних рішень є перше теоретичне положення управління екологічною безпекою (розділ 3 дисертації), яке передбачає зміну параметрів середовища поширення механічних хвиль від джерела землетрусів. Це реалізується одним з таких способів:

- спорудження заглиблених споруд, заповнених пористими матеріалами;
- створення масивів з дерев з розвиненою кореневою структурою;
- проведення серії малопотужних вибухів для дроблення твердих порід

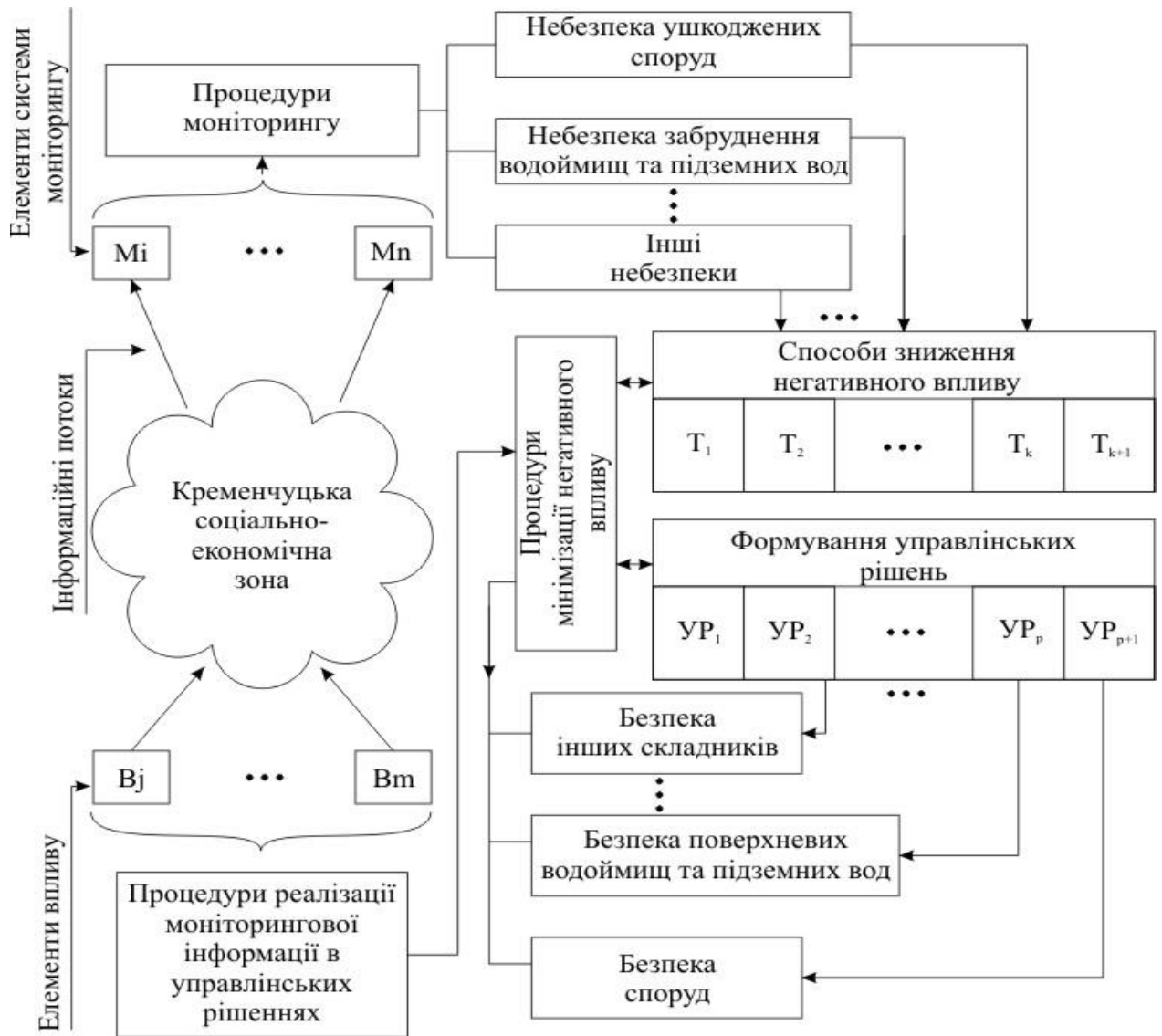


Рисунок 14 – Структурно-логічна модель забезпечення екологічної безпеки в Кременчуцькій соціально-економічній зоні

Запропонована відповідна система технічних рішень:

– для великовантажного транспорту рекомендовано обмеження швидкості руху та маси транспортних засобів (ступінь проявів екологічної небезпеки знижується в 1,5 рази); прокладка безстикової залізничної колії, використання віброізолювального скріплення (унаслідок порівняння результатів інструментального вимірювання швидкості зміщення ґрунту на ділянках магістралей за наявності таких скріплень і без них помічено зменшення інтенсивності коливань у 3 рази);

– щодо об'єктів підвищеної небезпеки (автозалізничного мосту та греблі ГЕС) запропоновано узгоджене ініціювання джерел землетрусів: регулювання у часі інтенсивності руху потягів і великовантажного автомобільного транспорту, а також вибухів на кар'єрах.

Реалізація запропонованої системи регулювання стану екологічної безпеки при одночасній дії різних складових небезпеки підтверджена 8 актами

упровадження: наукові положення щодо моніторингу проявів екологічної небезпеки використані відділом екологічної безпеки Кременчуцької міської ради (акт упровадження від 07.07.17); полістадійний спосіб отримання адсорбенту апробовано в науково-виробничій фірмі «Реагент» (акт упровадження від 12.05.18); отриманий адсорбент використано на станції приймання стоків ТзОВ «ПАНСЕМАЛ» (акт упровадження від 22.11.19); технічні рішення щодо зниження впливу техногенних землетрусів використано Полтавським відділенням Інженерної академії наук України (акт упровадження від 05.06.20), а застосування виготовлених з відходів адсорбентів для вилучення з водного середовища забруднювачів – у практичній діяльності Департаменту екології та природних ресурсів Полтавської ОДА (акт упровадження від 18.08.20). Результати дисертаційного дослідження використовуються у навчальному процесі у Кременчуцькому національному університеті (акт впровадження від 26.08.20), НУ «Львівська політехніка» (акт упровадження від 28.08.20), НТУ «КПІ ім. Сікорського» (акт упровадження від 11.09.20).

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі за результатами теоретичних та експериментальних досліджень презентовано розв'язання актуальної науково-прикладної проблеми створення науково-методологічних засад поліпшення стану екологічної безпеки соціально-економічної зони (на прикладі Кременчуцької СЕЗ) в умовах комплексного впливу джерел екологічної небезпеки завдяки використанню встановлених закономірностей та особливостей її виникнення та поширення, зокрема:

1. Розширено та поглиблено наукові уявлення щодо закономірностей та особливостей виникнення та поширення екологічної небезпеки в умовах комплексного впливу її складових, що визначається, насамперед структуризацією небезпеки – виявленням для конкретної соціально-економічної зони властивих тільки їй складових небезпеки; установленням особливостей розміщення джерел небезпеки відносно різних об'єктів з урахуванням параметрів середовища, у якому вона поширюється. Запропонована схема формування екологічної небезпеки в СЕЗ в умовах комплексного впливу її складових, яка включає сукупність внутрішньозонних чинників, базовим серед яких є трансформація речовини та енергії в процесах господарської діяльності, а також урахується зовнішній природно-антропогенний вплив і поширення екологічної небезпеки за межі зони.

2. Розроблено загальні теоретичні положення щодо забезпечення екологічної безпеки в соціально-економічній зоні в умовах комплексного впливу складових небезпеки, базовими з яких є такі: послаблення наслідків проявів екологічної небезпеки реалізується унаслідок здійснення впливу на параметри середовища її поширення; мінімізація одночасної присутності декількох складових екологічної небезпеки зменшує ступінь впливу на стан здоров'я людей та на елементи

довкілля; реалізація заходів з управління екологічною безпекою та зниження ступеня проявів небезпеки у результаті їх застосування можуть бути розосереджені як в просторі, так і в часі. Закладено наукове підґрунтя механізму створення ефективної системи забезпечення екологічної безпеки.

3. Побудована математична модель деформації стану екологічної безпеки під впливом антропогенних чинників, яка являє собою систему з чотирьох аналітичних залежностей (перша описує можливості переходу СЕЗ з одного в інший стаціонарний стан відповідно до характеристики та рівня впливу антропогенних чинників, друга характеризує стан забруднення водної складової СЕЗ залежно від потужності джерела забруднення та особливостей біфуркації, третя описує зміни у часі екологічного ризику впливу техногенних землетрусів в СЕЗ, четверта визначає комбіновану умову варіаційного розв'язання окремих завдань щодо якості системи управління екологічною безпекою) та граничних умов її існування. Використання моделі надає можливість розробити та реалізувати виважені управлінські рішення.

4. Проведено моніторингові дослідження формування та просторового поширення багатопрофільної екологічної небезпеки у Кременчуцькій СЕЗ. Установлено, що основними специфічними наслідками проявів небезпеки є суттєве погіршення показників якості підземних та поверхневих вод унаслідок забруднення шкідливими речовинами; ушкодження елементів споруд і тимчасові розлади здоров'я мешканців під впливом техногенно спричинених вібраційних збуджень; сезонне погіршення якості природних вод у водосховищах.

5. Обґрунтовано доцільність використання показників зміни хіміко-біологічного стану ґрунту та деревно-чагарникового покриву як елемента моніторингу стану формованої екологічної небезпеки. У Кременчуцькій СЕЗ встановлена залежність ступеня кислотно-лужної зміни стану ґрунтів від рівня забруднення атмосферного повітря оксидами сірки та азоту. Установлено відповідність між просторовим розташуванням зон із суттєвими пошкодженнями листя і хвої дерев та зон максимального техногенного навантаження, зокрема впливу автомагістралей з інтенсивним рухом транспорту.

6. Проведено експериментальні дослідження організаційно-технологічних аспектів використання вилучених із природно-антропогенних об'єктів гідросфери мікроводоростей. Установлено, що унаслідок використання гідродинамічної кавітації для попередньої обробки вилученої біомаси водоростей вдається екстрагувати 80 % від загального вмісту ліпідів (сировина для виробництва біодизельного палива). У випадку добування біогазу попередня гідродинамічна кавітація також виявилась ефективною. Обґрунтована можливість використання відпрацьованого після вилучення біогазу субстрату як органічного добрива, а у випадку комбінування з добавками та мінералами – як мінерально-органічного.

7. Досліджено напрями поліпшення стану екологічної безпеки із застосуванням адсорбентів. З цією метою розроблено полістадійний спосіб отримання адсорбенту високої поглинальної здатності та низької собівартості на основі відходів агропромислового комплексу. Спосіб передбачає обробку сировини сульфатною кислотою, механохімічне модифікування, електростатичну сепарацію (для забезпечення однорідності гранулометричного складу) і стадію

кавітації (для збільшення ступеня поризації). На кожному з нововведених стадій процесу отримано патенти України на корисну модель. За результатами досліджень встановлено високу (порівняно з традиційними адсорбентами) адсорбційну здатність при очищенні стічних вод від сполук важких металів, нафтопродуктів, жирів, ступінь вилучення фосфат-іонів з побутових стоків сягає 78 %. Доведена доцільність застосування одержаних адсорбентів для поліпшення стану екологічної безпеки компонентів довкілля.

8. Розроблена структурно-логічна модель забезпечення екологічної безпеки, яка містить елементи системи моніторингу станів екологічної небезпеки в СЕЗ та його процедури, а також процедури та способи мінімізації негативного впливу на стан екологічної безпеки, які є підґрунтям для формування управлінських рішень.

9. Розроблена та реалізована на практиці система поліпшення стану екологічної безпеки в Кременчуцькій соціально-економічній зоні в умовах сумісного впливу специфічних складових екологічної небезпеки різного генезису, яка передбачає:

- комплексне використання відходів і продуктів їх переробки задля поліпшення стану екологічної безпеки, економії природних ресурсів та одержання корисної продукції (утилізація агропромислових відходів у процесах виготовлення адсорбентів; застосування останніх для вилучення з водного середовища іонів важких металів, нафтопродуктів, жирів, фосфат-іонів; залучення розробленого адсорбенту разом з відходом харчової промисловості до процесу отримання альтернативних енергоносіїв – біодизельного палива);

- заходи щодо поліпшення стану екологічної безпеки в природно-антропогенних водоймах (ліквідація нафтового забруднення технологічних ставків, підвищення ефективності біологічного очищення стічних вод від органічних та азотовмісних сполук);

- систему організаційно-технічних заходів щодо послаблення негативного впливу техногенних землетрусів на людину та довкілля (зокрема регулювання параметрів середовища в напрямку проходження механічних хвиль від джерел; ступінь проявів екологічної небезпеки знижується в 1,5 – 2 рази).

Технічну новизну запропонованих у роботі рішень з розробки полістадійного способу отримання адсорбенту підвищеної поглинальної здатності на основі відходів агропромислового комплексу та способу отримання біогазу із синьо-зелених водоростей підтверджено трьома патентами України на корисну модель. Практична цінність результатів підтверджена 8 актами впровадження.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ***Наукові праці, у яких опубліковані основні наукові результати дисертації***

1. Матвєєва І.В., Азаров С.І., Кутлахмедов Ю.О., Харламова О.В. Стійкість екосистем до радіаційних навантажень: монографія. К: НАУ, 2016. 396 с.
2. Харламова О.В., Шмандий В.М., Ригас Т.Е. Управление экологической безопасностью в регионе: антропоцентрические аспекты (научная монография). Германия: LAMBERT Academic Publishing, 2014. 78 с.
3. Kharlamova O. V., Malovanyu M.S., Shmandiy V.M., Svyatenko A.I. Ways of increasing the efficiency of anaerobic-aerobic processes of biological wastewater treatment: «Water Supli and Wastewater Disposal»: Monografie. Lublin: Lublin Uniwersiti of Technology. Poland, 2018. P. 124–131.
4. Харламова О.В., Мальований М.С., Никифоров В.В., Синельников О.Д. Використання ціанобактерій для отримання енергоносіїв – шлях до уникнення екологічної небезпеки від їх неконтрольованого розвитку у водосховищах Дніпровського каскаду: «Сталий розвиток – ХХІ століття: управління, технології, моделі», колективна монографія. Черкаси: ФОП Чабаненко Ю.А., 2015. С. 352–361.
5. Азаров С.І., Харламова О.В. Модель взаємодії забруднення з водною техногенно навантаженою екосистемою. *Екологічна безпека та природокористування*, 2020. Том 34. № 2. С.72-80.
6. Азаров С.І., Харламова О.В. Моделювання впливу антропогенних чинників на стан довкілля. *Науково-практичний журнал «Екологічні науки»*, 2020. №1(28), С. 97–101.
7. Мальований М.С., Шмандий В.М., Харламова О.В., Челядин Л.І., Сакалова Г.В. Аналіз та систематизація існуючих методів оцінювання ступеня екологічної небезпеки. *Науковий журнал «Екологічна безпека»*. 2013. №1(15). С. 37–44.
8. Мальований М.С., Никифоров В.В., Харламова О.В., Синельников О.Д. Оцінювання екологічної небезпеки в акваторіях Дніпровських водосховищ внаслідок неконтрольованого розвитку ціанобактерій. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2015. вип. 25.6. С. 159–164.
9. Мальований М.С., Синельников О.Д., Харламова О.В., Мальований А.М. Оптимальні умови отримання енергії із ціанобактерій. *Науково-виробничий журнал «Хімічна промисловість України»*. 2014. №5(124). С.39–43.
10. Харламова О.В., Мороз Н.Н., Азаров С.І., Коваль О.О. Усовершенствование научных основ экологического аудита объектов повышенной экологической опасности. *Науковий журнал «Екологічна безпека»*. 2015. Вип. 2 (20). С. 26–31.
11. Мальований М.С., Никифоров В.В., Синельников А.Д., Харламова О.В., Бунько В.Я. Влияние гидродинамической кавитации на биологические объекты. *Науково-технічний журнал «Технологічний аудит та резерви виробництва»*. 2015.

№ 5/4(25). С. 41–45.

12. Мальований М.С., Никифоров В.В., Харламова О.В., Синельников О.Д. Рациональна технологія утилізації синьо-зелених водоростей. *Науковий вісник НЛТУ України: збірник науково-технічних праць*. 2015. Вип. 25.10. С. 140–149.

13. Харламова О.В., Шмандий В.М., Ригас Т.Є. Системний підхід до аналізу функціонування екологічної небезпеки та управління безпекою в умовах природно-техногенного навантаження. *Науково-практичний журнал «Екологічні науки»*. 2016. № 1–2 (12–13). С. 5–18.

14. Ригас Т.Є., Харламова О.В., Безденежних Л.А., Шмандий В.М. Моніторинг станів екологічної небезпеки, що формується у техногенно навантаженому комплексі *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2016. Вип. 5(100). ч. 2. С.83–88.

15. Харламова О.В. Освітньо-інформаційні чинники в забезпеченні екологічної безпеки. *Науковий журнал «Екологічна безпека»*. 2013. Вип. 2(16). С. 17–22.

16. Харламова О.В. Теоретичне обґрунтування можливості реалізації елементів управління екологічною безпекою в природно-антропогенних водоймах. *Науково-технічний журнал «Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування»*. 2016. Вип. 2/(14). С. 76–80.

17. Харламова О.В. Моніторингові дослідження станів екологічної небезпеки регіонального рівня. *Вісник Житомирського державного технічного університету. Серія: технічні науки*. 2013. №4(67). С. 146–150.

18. Харламова О.В. Управление экологической безопасностью на основе техногенно-социогенных факторов разного генезиса *Загальнодержавний науково-технічний журнал «Проблеми екології»*. 2014. № 1 (33). С. 68–74.

19. Бахарєв В.С., Корцова О.Л., Харламова О.В., Волошина В.Г. Наукова еколого-експертна оцінка екологічної ситуації, що склалась у районі північного промвузла м. Кременчук. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2017. Вип. 5(106). С.101-108.

20. Шмандий В.М., Алексеєва Т.М., Харламова О.В. Характеристика стану екологічної небезпеки за показниками деградації ґрунтово-рослинного покриву в урбосистемі. *Науково-технічний журнал «Техногенно-екологічна безпека»*. 2017. № 2. С.11–17.

21. Харламова О.В. Антропоцентричний підхід в управлінні екологічною безпекою на регіональному рівні. *Науково-технічний журнал «Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування»*. 2014. № 2 (10). С. 142–149.

22. Malovanyu M., Nykyforov V., Kharlamova O. Synelnikov O. Mathematical model of the process of synthesis of biogas from blu-grin. *Науковий журнал «Екологічна безпека»*. 2015. Вип. 1 (19). С. 58–63.

23. Kharlamova O., Kanda M., Maliovanyi M., Odnorih Z., Chornomaz N. Determining the optimal ration of natural mineral adsorbents with regard to ammonia

adsorption. *Науковий журнал «Екологічна безпека»*. 2016. Вип.1 (21). С. 76–80.

24. Shmandiy V., Kharlamova O., Rigas T. Improvement of the ecological safety of road transport in the use of alternative fuel and exhaust converters. *Environmental Problems*. 2017. Vol. 2, No. 2. P. 54–57.

25. Харламова О.В. Експериментальне дослідження способів підвищення рівня екологічної безпеки об'єктів гідросфери. Збірник наукових праць «Екологічна безпека та природокористування (КНУБА, ІТГІП НАНУ)». 2016. № 3–4 (22). С. 24–29.

26. Харламова О.В., Шмандій В.М., Ригас Т.Є. Consisting of ecological safety in the Kremenchuk industrial region after action of technological earthquakes. *Науковий вісник НГУ*. Дніпро: НГУ, 2018. Вип. 5(167). С.115-121 (**Scopus**).

27. Volodymyr Shmandiy, Olena Kharlamova, Myroslav Malovanyu, Liliya Bezdeneznych, Tetyana Rigas. Improving the Method for Producing Adsorbents from Agro-Industrial Wastes. *Chemistry & Chemical Technology* Vol. 14, No. 1, 2020, pp. 102–108(**Scopus, Web of Science**)

28. Kharlamova O., Shmandiy V., Bezdeneznych L., Svjatenko A., Malovanyu M., Petrushka K., Polyuzhyn I. Methods of salt content stabilization in circulating water supply systems. *Journal «Chemistry & Chemical technology»*. 2017. Vol. 11, № 2. P. 242–246. (**Scopus, Web of Science**).

29. Malovanyu M., Nikiforov V., Kharlamova O., Synelnikov O. Production of renewable energy resources via complex treatment of cyanobacteria biomass. *Journal «Chemistry & Chemical technology»*. Vol. 10, No. 2, 2016. P. 251–254. (**Scopus, Web of Science**).

30. Шмандій В.М., Харламова О.В. Теоретичні та практичні аспекти управління екологічною безпекою на основі антропоцентричного підходу. *Вісник ХНУ ім. В.Н. Каразіна*. Харків: ХНУ, 2013. Вип. 9. № 1070 серія «Екологія». С. 24–30.

31. Харламова О.В. Using sociogen and technogen factors in an ecological safety at the regional level. *Науковий журнал «Людина і довкілля. Проблеми неоекології»*. Харків: ХНУ, 2014. С. 123-126.

32. M. Malovanyu, Y. Mahera, O. Zakhariv, R. Romaniv, O. Kharlamova, Synelnikov O. Prospects of combining in complex usage of different types of renewable energy and creation of renewable energy sources. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Біологія, біотехнологія, екологія»*. К.: ВЦ НУБіП України, 2015. Вип. 214. С. 155-163.

33. Kharlamova O., Malovanyu M., Nykyforov V., Synelnikov O., Dereyko Kh. Reduction of the environmental threat from uncontrolled development of cyanobacteria in the waters of the Dnieper reservoirs. *Науковий журнал «Environmental problems»*. Львів: НУ «Львівська політехніка». 2016. №1/1. С. 61–64.

34. Liliya Bezdeneznych, Olena Kharlamova, Volodymyr Shmandiy, Tetiana Rigas Research of adsorption properties of glauconite-based composite absorbents. *Journal of Ecological Engineering*. 2020. Vol. 21, No. 6, pp. 147–154 (**Scopus**).

35. Харламова О.В., Шмандій В.М., Ригас Т.Е. Исследование проявлений

екологічної небезпеки на регіональному рівні. *Научно-практичний журнал «Гігієна і санітарія»*. М.: НІІ ЕЧІГОС, 2015. № 7. С. 90–92. (*Scopus*).

36. Харламова О.В., Шмандий В.М., Ригас Т.Е. Елементи управління екологічною безпекою в умовах дії хіміко-техногенних факторів. *Научно-практичний журнал «Гігієна і санітарія»*, М.: НІІ ЕЧІГОС, 2018. №97(9). С. 809-812 (*Scopus*).

37. Харламова О.В., Шмандий В.М., Ригас Т.Е. Методологічні підходи к аналізу впливу екологічної небезпеки на стан здоров'я населення в регіоні. *Здоров'я і освіта в ХХІ столітті*. М: ІПК РУДН, 2016, т. 18, № 12. С. 54-57.

38. Харламова О.В., Шмандий В.М., Ригас Т.Е. Фундаментальні аспекти управління екологічною безпекою в техногенно навантаженому регіоні. *Научно-теоретичний журнал «Екологічний вісник Північного Кавказу»*. Краснодар, 2014. Том 10 № 3. С. 53 – 63.

39. Харламова Е.В., Мальований М.С., Никифоров В.В., Синельников А.В. Природоохоронні і енергетичні аспекти біотехнології утилізації ціанобактерій як еколого-економічного імперативу сталого розвитку. *Міжнародний журнал «Устойчивое развитие»*. Варна, 2015. №1(22).С. 4-9.

40. Харламова Е.В., Шмандий В.М., Кушніренко А.А. Регулювання впливу екологічної небезпеки на здоров'я населення в територіально-адміністративних одиницях. *Електронний науково-освітній Вісник «Здоров'я і освіта в ХХІ столітті»*. Калінінград, 2017 №10 Том 19. С. 55-60.

Наукові праці, які свідчать про апробацію матеріалів дисертації:

41. Харламова О.В., Шмандий В.М., Ригас Т.Е. Наукові засади моніторингу станів екологічної небезпеки. *Сучасні проблеми біології, екології та хімії: збірник матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції*. Запоріжжя: АА ТанDEM, 2017. С. 225–226.

42. Шмандий В.М., Харламова О.В., Ригас Т.Є. Управління екологічною безпекою шляхом отримання сорбента з відходів і застосування його для очищення стічних вод. *Екологічна і техногенна безпека. Охорона водного і повітряного басейнів. Утилізація відходів: матеріали міжнародної науково-технічної конференції*. Харків: ХНУБА. 2017. С. 103–104.

43. Харламова О.В., Шмандий В.М., Ригас Т.Е. Радіоємність екосистеми як індикатор стану екологічної безпеки. *Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування: збірник тез доповідей XX Міжнародної науково-практичної конференції*. Харків: ХНУ ім. Каразіна, 2017. С. 227–228.

44. Харламова О.В., Шмандий В.М. Аналіз результатів наукових досліджень з проблем екологічної безпеки. *«ЕКОГЕОФОРУМ-2017. Актуальні проблеми та інновації»*: тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції. Івано-Франківськ: Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу 2017. С. 152–154.

45. Харламова О.В., Шмандий В.М., Святенко А.І., Мальований М.С.

Проблеми реалізації анаеробно-аеробних процесів біологічного очищення стічних вод. *Водопостачання та водовідведення: проектування, будова, експлуатація, моніторинг*: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції. Львів: ЗУКЦ, 2017. С. 113–115.

46. Харламова О.В., Мальований М.С. Теоретичні основи управління екологічною безпекою в умовах природно-техногенного навантаження. *Актуальні проблеми енергетики та екології*: матеріали XVI Всеукраїнської науково-технічної конференції. Херсон: ФОП Грінь Д.С., 2016. С. 105–106.

47. Харламова О.В., Шмандій В.М., Знайко В.Ю., Знайко Н.С. Аналіз стану техногенно-екологічної небезпеки у промисловому регіоні. *Екологія. Довкілля. Молодь*: матеріали V Міжнародної наукової конференції молодих учених і студентів. Полтава: ПолтНТУ, 2015. С. 101–104.

48. Харламова О.В., Засядько Т.А. Техногенні землетруси як літосферний чинник формування екологічної небезпеки. *Неделя еколога-2015*: тезиси докладов Международного научного симпозиума. Днепродзержинск: ДГТУ, 2015. С. 200–203.

49. Харламова О.В., Шмандій В.М., Ригас Т.Е. Методологические аспекты изучения воздействия факторов экологической опасности на человека и окружающую среду в индустриально развитом регионе. *Комплексное воздействие факторов окружающей среды и образа жизни на здоровье населения: диагностика, коррекция, профилактика*: материалы пленума научного совета РФ по экологии человека и гигиене окружающей среды. Москва, 2014. С. 469–472.

50. Харламова Е.В. Техногенные землетрясения как возмущающий фактор в системе экологической безопасности. *Прикладні аспекти техногенно-екологічної безпеки*: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції. Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2013. С. 166–167.

51. Харламова Е.В. Решение вопросов обеспечения экологической безопасности путем получения сорбентов из отходов агропромышленного комплекса. *IV-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю (Екологія/Ecologi-2013)*: збірник наукових статей. Вінниця: Видавництво-друкарня ДІЛО, 2013. С. 63–65.

52. Харламова О.В., Безденежных Л.А., Нечипоренко-Шабунина Т.Г., Шмандій В.М. Получение наноструктурированных адсорбентов из зерновых отходов агропромышленного комплекса. *Проблеми рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства*: сборник трудов III Международной научной экологической конференции. Краснодар: КГАУ, 2013. С. 122–125.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

53. Мальований М.С., Никифоров В.В., Харламова О.В., Синельников О.Д. Спосіб отримання біогазу із синьо-зелених водоростей: пат. 105896 Україна: (51) МПК (2016.01), С12Р 5/00. № у 2015 09295; заявл. 28.09.15; опубл. 11.04.2016, Бюл. №7. 4 с.

54. Шмандій В.М., Харламова О.В., Безденежних Л.А. Спосіб отримання сорбенту.: патент на корисну модель 119632 Україна, (51) МПК В01J 20/22(2006.01) В01J 20/30 (2006.01). № у 2017 04957; заявл. 22.05.2017; опубл. 25.09.2017, Бюл. №18. 6 с.

55. Мальований М.С., Слюсар В.Т., Харламова О.В., Ригас Т.Є. Спосіб отримання сорбенту: патент на корисну модель 121757 Україна: (51) МПК В01J 20/22 (2006.01). № у 2017 07254; заявл. 10.07.17; опубл. 11.12.2017, Бюл. №23. 4 с

АНОТАЦІЯ

Харламова О. В. Науково-методологічні основи екологічної безпеки соціально-економічної зони в умовах комплексного впливу джерел небезпеки. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління. Київ, 2021. Спеціалізована вчена рада Д 26.880.01.

У дисертаційній роботі викладено результати наукових досліджень з розробки науково-методологічних основ поліпшення стану екологічної безпеки соціально-економічної зони в умовах комплексного впливу складових небезпеки.

Установлено закономірності та особливості виникнення та поширення екологічної небезпеки за одночасної присутності її складових різного походження. Запропонована схема формування екологічної небезпеки в соціально-економічній зоні (СЕЗ). Побудована математична модель деформації стану екологічної безпеки під впливом антропогенних чинників, використання якої надає можливість розробити та реалізувати виважені управлінські рішення.

Розроблено загальні теоретичні положення щодо забезпечення екологічної безпеки в СЕЗ в умовах комплексного впливу складових небезпеки, встановлено механізм створення ефективної системи забезпечення екологічної безпеки.

За результатами моніторингових досліджень формування та просторового поширення екологічної небезпеки в Кременчуцькій СЕЗ виявлено основні специфічні наслідки її проявів. Обґрунтована доцільність використання показників хіміко-біологічного стану ґрунту та деревно-чагарникового покриву як елемента моніторингу.

Розроблено полістадійний спосіб отримання адсорбенту високої поглинальної здатності на основі відходів агропромислового комплексу. Запропонована структурно-логічна модель забезпечення екологічної безпеки, на основі якої розроблена та реалізована на практиці система поліпшення стану безпеки в Кременчуцькій СЕЗ, яка передбачає: комплексне використання відходів і продуктів їх переробки для зменшення негативного впливу на населення та елементи довкілля, економії природних ресурсів, отримання корисної продукції; ліквідації нафтового забруднення технологічних ставків; штучну зміну параметрів середовища в напрямку проходження механічних хвиль від джерел техногенних землетрусів.

Ключові слова: екологічна безпека, соціально-економічна зона, антропогенне навантаження, комплексний вплив, моніторинг, екологічна небезпека, адсорбенти, полістадійний спосіб, енергоносії, літосферні техногенні процеси, структурно-логічна модель.

АННОТАЦІЯ

Харламова Е. В. Научно-методологические основы экологической безопасности социально-экономической зон в условиях комплексного влияния источников опасности. – Квалификационная научная работа на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 21.06.01 – экологическая безопасность. Государственная экологическая академия последипломного образования и управления. Киев, 2021. Специализированный ученый совет Д 26.880.01.

В диссертационной работе приведены результаты научных исследований по разработке научно-методологических основ улучшения состояния экологической безопасности социально-экономической зоны в условиях комплексного влияния составляющих опасности.

Установлены закономерности и особенности возникновения и распространения экологической опасности в условиях одновременного присутствия ее составляющих различного происхождения. Предложена схема формирования экологической опасности в социально-экономической зоне (СЭЗ), включающая совокупность внутризонных факторов с учетом внешнего воздействия и распространения опасности за пределы зоны.

Построена математическая модель деформации состояния экологической безопасности под влиянием антропогенных факторов, представляющая собой систему из четырех аналитических зависимостей (переход СЭЗ из одного в другое стационарное состояние в соответствии с характером и уровнем влияния антропогенных факторов, степень загрязнения водной составляющей СЭЗ в зависимости от мощности источника загрязнения и характера бифуркации, изменение во времени экологического риска воздействия техногенных землетрясений, комбинированное условие вариационного решения отдельных задач по качеству системы обеспечения экологической безопасности) и граничных условий ее существования; использование модели позволяет разработать и реализовать взвешенные управленческие решения.

Разработаны общие теоретические положения по обеспечению экологической безопасности в социально-экономической зоне в условиях комплексного воздействия составляющих опасности, установлен механизм создания эффективной системы улучшения состояния экологической безопасности в СЭЗ.

По результатам мониторинговых исследований формирования и пространственного распространения многопрофильной экологической опасности в Кременчугской СЭЗ установлены основные специфические последствия

проявлений опасности, определены объекты повышенной опасности. Обоснована целесообразность использования параметров химико-биологического состояния почвенно-растительного покрова в качестве элемента мониторинга уровня формируемой экологической опасности, установлено соответствие между пространственным расположением зон с существенными повреждениями листьев деревьев и зон максимального техногенной нагрузки, в частности, влияния автомагистралей с интенсивным движением транспорта.

Разработан полистадийный способ получения адсорбента повышенной поглощающей способности на основе отходов агропромышленного комплекса, включающий механохимическую модификацию, электростатическую сепарацию, обработку в поле кавитации (на стадии процесса получены патенты на полезную модель).

Предложена структурно-логическая модель обеспечения экологической безопасности, включающая элементы и процедуры мониторинга ее состояний, процедуры и способы минимизации негативного влияния, формирование управленческих решений.

Разработана и реализована на практике система улучшения состояния экологической безопасности в Кременчугской социально-экономической зоне в условиях комплексного влияния составляющих опасности различного генезиса, которая включает: комплексное использование отходов и продуктов их переработки в процессах, направленных на обеспечение экологической безопасности и экономии природных энергетических ресурсов; ликвидацию нефтяного загрязнения технологических прудов; повышения эффективности биологической очистки сточных вод, очистки сточных вод от фосфат-ионов; искусственное изменение параметров среды в направлении прохождения механических волн от источников техногенных землетрясений.

Ключевые слова: экологическая безопасность, социально-экономическая зона, антропогенная нагрузка, комплексное влияние, мониторинг, экологическая опасность, адсорбенты, полистадийный способ, энергоносители, литосферные техногенные процессы, структурно-логическая модель.

ABSTRACT

Kharlamova O.V. Scientific and methodological bases of ecological safety of a socio-economic zone in the conditions of complex influence of sources of ecological danger. - Qualifying scientific work on the manuscript right.

The dissertation on competition of a scientific degree of the doctor of technical sciences on a specialty 21.06.01 - ecological safety. State Ecological Academy of Postgraduate Education and Management. Kyiv, 2021. Specialized Academic Council D 26.880.01.

In the dissertation work, the results of scientific researches on development of scientific and methodological bases of maintenance of ecological safety of a social and economic zone in the conditions of complex influence of components of danger are

resulted.

Regularities and features of occurrence and distribution of ecological danger at simultaneous presence of its components of a different origin are established. The scheme of formation of ecological danger in a social and economic zone (SEZ) is offered. A mathematical model of the deformation of the state of ecological safety under the influence of anthropogenic factors is built, the use of which allows to develop and implement balanced management decisions.

The general theoretical provisions on maintenance of ecological safety in SEZ in the conditions of complex influence of components of danger are developed, the mechanism of creation of effective system of management of ecological safety is established.

According to the results of monitoring studies of the formation and spatial distribution of ecological dangers in the Kremenchug SEZ, the main specific consequences of its manifestations have been established. The expediency of using the state of soil and vegetation as an element of monitoring is substantiated.

A multi-stage method of obtaining an adsorbent of high absorption capacity on the basis of agro-industrial waste has been developed. The structural and logical model of ecological safety is offered, on the basis of which the system of improvement of a condition of safety in Kremenchug SEZ is developed and realized in practice. The structural and logical model includes: complex use of wastes and products of their processing for the purpose of reduction of negative impact on the population and elements of environment; elimination of oil pollution of technological ponds; artificial change of environmental parameters in the direction of mechanical waves from sources of man-made earthquakes.

Keywords: ecological safety, socio-economic zone, anthropogenic load, complex influence, monitoring, ecological danger, adsorbents, multi-stage method, energy carriers, lithosphere technogenic processes, structural-logical model.

ХАРЛАМОВА ОЛЕНА ВОЛОДИМИРІВНА

**НАУКОВО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ
СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЗОНИ В УМОВАХ КОМПЛЕКСНОГО
ВПЛИВУ ДЖЕРЕЛ НЕБЕЗПЕКИ**

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека

Підписано до друку **18.01.2021**. Формат 60 × 90/16. Папір друкарський.
Гарнітура Times New Roman Суг. Друк ризограф.
Ум. друк. арк. 1,6. Наклад 100 прим.
Замовлення № **18477**

Віддруковано у видавничому відділі Кременчуцького національного університету імені Михайла
Остроградського,
39600, м. Кременчук, вул. Першотравнева, 20
Реєстраційне свідоцтво серії ДК №4837 від 22.01.2015 р.