

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ»



**ПАВЛИЧЕНКО АРТЕМ ВОЛОДИМИРОВИЧ**

УДК 504.06:622.33

**ЕКОЛОГІЧНА НЕБЕЗПЕКА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА  
ЛІКВІДАЦІЇ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ:  
МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНКИ, НАПРЯМИ І ЗАСОБИ ЗНИЖЕННЯ**

Спеціальність 21.06.01 – Екологічна безпека.

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора технічних наук

Дніпро – 2017

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі екології та технологій захисту навколишнього середовища Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України (м. Дніпро)

**Науковий  
консультант**

- доктор технічних наук, професор  
**КОЛЕСНИК Валерій Євгенійович**,  
Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України (м. Дніпро), професор кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища

**Офіційні  
опоненти:**

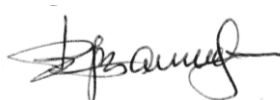
- доктор технічних наук, професор  
**АДАМЕНКО Микола Ігоревич**,  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна Міністерства освіти і науки України, завідувач кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності
- доктор технічних наук, професор  
**ВАМБОЛЬ Сергій Олександрович**,  
Національний університет цивільного захисту України Державної служби з надзвичайних ситуацій (м. Харків), завідувач кафедри прикладної механіки
- доктор технічних наук, старший науковий співробітник  
**БУНЬКО Тетяна Вікторівна**,  
Інститут геотехнічної механіки імені М.С. Полякова НАН України (м. Дніпро), старший науковий співробітник відділу проблем розробки родовищ на великих глибинах

Захист дисертації відбудеться «30» червня 2017 р. о 13-00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.080.02 при Державному вищому навчальному закладі «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України за адресою: 49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного вищого навчального закладу «Національний гірничий університет» Міністерства освіти і науки України за адресою: 49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19.

Автореферат розісланий «30» травня 2017 р.

Вчений секретар спеціалізованої  
вченої ради Д 08.080.02,  
к.т.н., доцент



В.В. Панченко

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Багаторічний видобуток вугілля на території України призвів до високих рівнів забруднення атмосферного повітря, ґрунтів, поверхневих і підземних вод, а також до утворення значних обсягів відходів. Розробка вугільних родовищ негативно впливає на стан об'єктів навколишнього середовища і погіршує умови проживання населення у гірничопромислових регіонах. При цьому масштабними факторами впливу є: викиди забруднюючих речовин в атмосферу, скиди забрудненої шахтної води у поверхневі водойми, відвали шахтних порід, трансформація (деформація) земної поверхні, засолення та деградація ґрунтів тощо.

В результаті реструктуризації вугільної галузі на закриття було передано близько 150 шахт, з яких ліквідаційні роботи у повному обсязі були виконані лише на 50 підприємствах. Масова ліквідація шахт супроводжується суттєвими негативними екологічними наслідками: просіданням земної поверхні, підтопленням і заболочуванням земель, погіршенням якості водних ресурсів, а також зростанням ризиків руйнування будинків та об'єктів інфраструктури.

Процес функціонування системи «вугільна шахта – навколишнє середовище» умовно розділяється на наступні стадії: проектування та реалізація проекту, стає функціонування гірничого підприємства, припинення діяльності (затухання), ліквідація та постліквідаційний період. З точки зору формування екологічних ризиків для довкілля у вугледобувних регіонах найбільш небезпечними є стадії експлуатації та подальшої ліквідації. Під час експлуатації шахт відбуваються найбільш масштабні за рівнями та наслідками забруднення об'єктів довкілля, які значно посилюються при ліквідації гірничих підприємств. Це потребує розробки нових та удосконалення існуючих підходів до визначення рівня екологічної небезпеки діяльності гірничих підприємств, розробки й впровадження системи ефективного управління екологічною безпекою вугледобувних регіонів на різних етапах функціонування шахт.

Виходячи з цього, постає актуальна наукова проблема удосконалення методологічного підходу до комплексної оцінки рівня екологічної небезпеки, обумовленого багаторічною експлуатацією та ліквідацією вугільних шахт, розробки та пошуку оптимальних форм управління екологічною безпекою вугледобувної галузі, вирішенню якої присвячена дисертація.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Тематика дисертаційної роботи відповідає пріоритетним напрямам природоохоронної діяльності в Україні, окресленим в «Основних напрямках державної політики України в області охорони навколишнього середовища, використання природних ресурсів і забезпечення екологічної безпеки», затверджених Верховною Радою України від 05.03.1998 № 188/98-ВР; «Основних засадах (стратегії) державної екологічної політики на період до 2020 року» затверджених Законом України від 21.12.2010 № 2818-VI; Концепції розвитку вугільної промисловості, схваленій розпорядженням Кабінету Міністрів

України від 07.07.2005 №236-р.; Концепції реформування вугільної галузі України, схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14.05.2008 №737-р.; Програмі закриття неперспективних вугільних шахт і розрізів, торфодобувних підприємств, затвердженій постановою Кабінету Міністрів України від 28.03.1997 №280; Програмі «Українське вугілля», затвердженій постановою Кабінету Міністрів України від 19.09.2001 №1205; Енергетичній стратегії України на період до 2030 року, схваленої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 №1071-р., та ін.

Дисертаційну роботу виконано в рамках науково-дослідних робіт, що проводилися в Державному ВНЗ «Національний гірничий університет», в яких автор брав участь: як виконавець – «Розробка технологічних, управлінських рішень, нормативної документації, системи екологічного моніторингу щодо природоохоронної діяльності гірничих підприємств» (№ ДР 0112U000875, 2012-2013), «Розробка засад синтезу інформаційних і геомеханічних систем керування процесами підземних гірничих робіт» (№ ДР 0114U006105, 2014-2016), «Розвиток наукових основ управління навантаженням кріпильних, охоронних систем повторно використовуваних виробок. Підвищення ефективності протипилового захисту» (№ ДР 0115U002295, 2015-2017), «Розробка екологобезпечних технологій видобування корисних копалин і гірничотехнічної рекультивації, спрямованих на ефективне використання постгірничопромислових територій» (№ ДР 0116U004621, 2016-2017); як відповідальний виконавець – «Розробка заходів реабілітації та поліпшення стану довкілля» (№ ДР 0108U004366, 2008-2011), «Розробка заходів з підвищення рівнів екологічної безпеки об'єктів паливно-енергетичного комплексу» (№ ДР 0112U004203, 2012-2015), «Екологічне обґрунтування режиму скиду шахтних вод з ставків-накопичувачів в р. Самара (на прикладі ставків-накопичувачів балок Космінна та Свідовок)» (№ 010308, 2012), «Розробка екологобезпечних технологій ведення гірничих робіт з урахуванням потреб в ліквідації та консервації гірничодобувних підприємств» (№ ДР 0115U002301, 2015-2016), «Розробка заходів з поліпшення екологічної ситуації та підвищення рівня екологічної безпеки у гірничодобувних регіонах» (№ ДР 0116U005245, 2016-2019).

**Мета роботи** – створення методології визначення показників екологічної небезпеки процесів експлуатації та ліквідації вугільних шахт для об'єктів навколишнього середовища, розробка ефективних природоохоронних заходів і засобів, спрямованих на покращення екологічного стану територій вугледобувних регіонів.

Для досягнення вказаної мети вирішувалися наступні **задачі дослідження**:

1) створити методологію оцінювання показників, що визначають рівень екологічної небезпеки викидів забруднюючих речовин вугільними шахтами в атмосферу, на основі аналізу процесів їх динаміки, та скидів шахтної води в поверхневі води з визначенням цих показників в умовах діючих типових

вугільних шахт;

2) розробити критерії та методи оцінювання екологічних наслідків довготривалого впливу на навколишнє середовище породних відвалів і ставків-накопичувачів шахтної води в умовах експлуатації та подальшої ліквідації вугледобувних підприємств;

3) визначити напрями розробки нових та удосконалення існуючих засобів і заходів зниження рівня екологічної небезпеки експлуатації та ліквідації вугільних шахт;

4) створити методологію комплексної оцінки рівня екологічної небезпеки функціонування вугільних шахт для компонентів навколишнього середовища та обґрунтувати теоретичні та практичні засади виведення шахт з експлуатації;

5) удосконалити систему ефективного управління екологічною безпекою функціонування як окремих шахт, так і вугільної галузі в цілому.

**Об'єктом дослідження** є забруднення і трансформація компонентів навколишнього середовища на різних етапах функціонування вугільних шахт.

**Предметом дослідження** є закономірності формування рівня екологічної небезпеки при експлуатації та ліквідації вугільних шахт, його оцінка й розробка напрямів і засобів зниження.

**Методи дослідження.** В дисертаційній роботі використовувався комплекс наукових методів, що включав: аналіз науково-технічної літератури та інших інформаційних джерел – при формулюванні наукової проблеми; аналітично-розрахункові методи – для оцінки рівнів та характеру забруднення компонентів навколишнього середовища на територіях вугледобувних регіонів; розрахунково-експериментальні методи – для встановлення механізмів забруднення довкілля на територіях розміщення породних відвалів, ставків-накопичувачів шахтних вод тощо; наукове узагальнення – при визначенні механізмів трансформації об'єктів навколишнього середовища, масиву гірських порід та земної поверхні на сталому і завершальному етапах функціонування вугільних шахт; інженерний і конструкторський пошуки – при розробці технічних рішень, спрямованих на зниження рівня екологічної небезпеки в умовах ліквідації вугільних шахт; методи виявлення ступеня поглинання солей та важких металів з ґрунтів фіторемедіантами – при обґрунтуванні технологічних схем відновлення земель; методи екологічного моніторингу – для оцінки, прогнозу та подальшого управління екологічною безпекою експлуатації та ліквідації шахт.

Для створення електронних екологічних паспортів породних відвалів використані програмні продукти Microsoft Office, BingMaps, SAS.Planet. Моделювання процесу розсіювання забруднюючих речовин проводили з використанням програм EOL 2000 та УПРЗА «ЕКОцентр», Scilab, а для побудови 3D-моделі породного відвалу застосовували програму RealTime Landscaping Architect 2012 (всі програмні продукти є ліцензованими).

Для визначення складу порід зони аерації та їх сорбційних властивостей

проводився гранулометричний аналіз, аналіз мінерального складу, хімічний аналіз водорозчинного комплексу та аналіз вмісту мікроелементів у породах за вмістом водорозчинних та кислоторозчинних форм (дослідження проводили на базі лабораторії геоєкології НДІ геології ДНУ ім. О.Гончара).

### **Наукові положення, що захищаються в дисертації:**

1. Регулярні дані про викиди забруднюючих речовин вугільної шахти в атмосферу у вигляді часових рядів дозволяють прогнозувати рівні їх екологічної небезпеки не тільки за індексами забруднення атмосфери, але й за динамічними показниками, зокрема за відсотком випадків перевищення нормативних рівнів забруднення, шляхом обчислення інтегралів математичної задачі про вихід випадкового процесу за встановлений рівень. За відсутності вищезазначених даних можливе використання регулярних показників продуктивності шахти за добутою гірничою масою, споживання вугілля шахтною котельнею, утворення відходів тощо, величини яких пропорційні викидам.

2. Негативний вплив породних відвалів вугільних шахт і ставків-накопичувачів шахтної води формується на усіх етапах функціонування вугільного підприємства, що проявляється стосовно відвалів за рахунок процесу вивітрювання, індикаторами типу якого виступають кислотно-лужний показник (рН) та вміст важких металів на територіях, прилеглих до відвалу, а стосовно ставків-накопичувачів – в результаті підвищення рівня засолення ґрунтів, причому сумарне накопичення солей у ґрунті зменшує вміст в них гумусу відповідно до залежності, згідно з якою сумарний вміст солей у ґрунтах не повинен перевищувати 0,14%.

3. Рівень екологічної небезпеки експлуатації та ліквідації вугільних шахт достовірно і оперативно визначається сумою середніх балів проведених оцінок (за 4-бальною шкалою: 0 – вплив фактору відсутній; 1 – мінімальний або опосередкований вплив; 2 – періодичний вплив (безпосередній або опосередкований); 3 – безперервний безпосередній вплив) екологічного стану компонентів навколишнього середовища (атмосфери, гідросфери, літосфери, ґрунтів і біоти), обумовленого впливом кожного з 16 визначених пріоритетних техногенних чинників вугледобування, що дозволило комплексно в межах 15-бальної шкали встановити три рівня екологічної небезпеки: «низький» (0-5 балів), «помірний» (5-10 балів), «високий» (10-15 балів).

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає в розвитку наукових засад управління екологічною безпекою на територіях вугледобувних регіонів при експлуатації та подальшій ліквідації вугільних шахт, а саме:

1. **Вперше** запропонована методологія оцінки динамічних показників викидів забруднюючих речовин вугільною шахтою в атмосферу (з головного вентиляційного ствола, труби шахтної котельні, з відвалів тощо), яка базується на математичному аналізі часових рядів цих викидів або рядів регулярних даних, що пропорційні викидам (продуктивність шахти, обсяги споживання палива, інтенсивність утворення відходів тощо), шляхом обчислення інтегралів

математичної задачі про вихід випадкового процесу за встановлений рівень. Методологія дозволяє визначати динамічні показники, що характеризують екологічну небезпеку викидів забруднювачів в атмосферу, зокрема за відсотком випадків перевищення їх нормативних рівнів (ГДК, ГДВ).

2. **Вперше** встановлено, що якість поверхневих вод у межах вугледобувних регіонів залежить від сольового складу, вмісту забруднюючих речовин еколого-санітарної та токсичної дії у скидах шахтної води, а значення інтегрального індексу у досліджених водоймах склали від 4,94 до 5,35, що характеризує якість води переважно як «погану» при рівні «брудна». Причому найбільший внесок у сумарне забруднення поверхневих вод привносять компоненти сольового складу, а найменший – речовини токсичної дії.

3. **Вперше** встановлено закономірність впливу надходження солей у ґрунти на територіях, прилеглих до ставків-накопичувачів шахтних вод, на вміст в них органічної речовини (гумусу). Закономірність представлена регресійною залежністю у вигляді параболи, згідно з якою максимум вмісту гумусу спостерігається при сумарному вмісті солей у ґрунті близько 0,14%. Це дозволяє оперативно оцінювати ступінь засолення ґрунтів та ефективність реалізації природоохоронних заходів.

4. **Вперше** розроблено методологію оцінки рівня екологічної небезпеки на різних етапах функціонування вугільної шахти (за 4-бальною шкалою) за впливом 16 пріоритетних техногенних чинників, обумовлених експлуатацією і ліквідацією вугільних шахт, на об'єкти довкілля при їх безпосередньому обстеженні. Комплексну оцінку рівня екологічної небезпеки на територіях вугледобувних регіонів запропоновано визначати за підсумковою 15-бальною шкалою, рівномірно поділеною на три рівня, що дозволило кількісно оцінити та порівняти за впливом на довкілля як способи ліквідації шахт, так і ефективність реалізації природоохоронних рішень та заходів.

5. **Уточнено** закономірності міграції важких металів I–III класів небезпеки з відвалів шахтної породи залежно від технологічних змін (розбирання відвалу, досипання «свіжої» породи тощо), що дозволяє оцінювати та прогнозувати рівні їх накопичення як у ґрунтах, так і у рослинах, які на них зростають.

6. Шляхом наукового узагальнення **запропоновано класифікацію** породних відвалів, які поділено на групи: I – на стадії затухання внутрішніх та зовнішніх фізико-хімічних процесів; II – на стадії затухання фізико-хімічних процесів за умов порушення цілісності тіла відвала та розкриття внутрішніх порід; III – на стадії затухання фізико-хімічних процесів за умов внесення «свіжої» відвальної породи; IV – з активними внутрішніми та зовнішніми фізико-хімічними процесами. Класифікація дозволяє визначити ефективні засоби зниження екологічної небезпеки породних відвалів для довкілля.

7. **Уточнено** закономірності надходження хімічних сполук з відвалів шахтних порід у довкілля, що обумовлені процесом вивітрювання, індикатором типу якого у прилеглих до відвалу ґрунтах, як встановлено, виступає кислотно-

лужний показник (рН) в інтервалах від 6,8 до 8,4 та від 2,8 до 4,3, залежно від мінералогічного складу породи, фізико-хімічних процесів, що в ній відбуваються, та терміну знаходження на денній поверхні. Це стало основою оцінки та прогнозування рівня забруднення ґрунтів на територіях розміщення відходів вуглевидобутку.

8. **Уточнено** рівень впливу ставків-накопичувачів шахтних вод на ґрунти і підземні води, що оцінений за 5-бальною шкалою (залежно від мінералізації шахтних вод, гідрогеологічних особливостей району розташування, тиску на стінки й дно ставка, співвідношення глибини до площі дзеркала води тощо) як «високий» (3,8 і 4,0 у досліджених ставках) при мінімальному опосередкованому впливі на рослинний покрив та атмосферне повітря.

#### **Практичне значення результатів роботи:**

1. Удосконалено існуючі та розроблено нові засоби: локалізації пилових викидів зі ствола вугільної шахти в атмосферу на основі їх душення дисперговою водою для осадження тонкої фракції пилу або вловлювання електрофільтром з низьким аеродинамічним опором; зменшення скиду завислих речовин з шахтними водами в поверхневі водойми за рахунок раціонального вибору параметрів перегородок горизонтального відстійника шахтної води. Також удосконалено технологічні схеми ліквідації гірничих виробок, залежно від ступеня їх екологічної небезпеки.

2. На основі виявлених особливостей та закономірностей поглинання солей і важких металів з ґрунтів рослинами рекомендовано на територіях, прилеглих до породних відвалів вугільних шахт і ставків-накопичувачів шахтних вод, висаджувати фіторемедіанти, що дозволяє за термін від 2 до 5 років нормалізувати сольовий склад ґрунту, понижуючи лужність ґрунтів, зменшити вміст важких металів та підвищити вміст гумусу у ґрунтах.

3. Розроблено алгоритм екологічної паспортизації місць розміщення відходів вуглевидобутку, що включає етапи введення, накопичення, обробки та систематизації інформації, а також картографування місць розміщення відходів, на основі якого розроблена методика створення електронних екологічних паспортів породних відвалів, що дозволяє згрупувати та об'єднати всі дані, необхідні для реалізації природоохоронних заходів на відвалах, в одному документі.

4. Визначені сорбційні властивості порід зони аерації ставків-накопичувачів шахтних вод, відповідно до яких вони виступають геохімічним бар'єром, що стало основою розроблення ефективних способів зниження забруднення підземних вод важкими металами, зокрема шляхом обвалування бортів указаних ставків, тампонування тріщин дамб та ін., що сприятиме покращенню стану водних ресурсів у вугледобувних регіонах.

5. Запропонована методика комплексної оцінки ефективності природоохоронної діяльності на різних етапах життєвого циклу вугільної шахти, яка дозволяє встановити пріоритетність заходів з реабілітації та



розробити рекомендації щодо покращення екологічного стану об'єктів довкілля в зоні впливу як окремої шахти, так і вугільної галузі в цілому.

**Реалізація результатів роботи.** Методику оцінки та прогнозування рівнів забруднення об'єктів навколишнього середовища на територіях розміщення породних відвалів, у тому числі ліквідованих вугільних шахт, а також критерії вибору закладного матеріалу з урахуванням гідрогеологічної ситуації, наявності природних матеріалів та техногенної сировини впроваджено в природоохоронну діяльність шахт ДП «Львіввугілля» (довідка 2/443 від 06.03.2015 р.) та ВСП «ШУ Тернівське» ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» (довідка №1244 від 03.06.2015 р.). Методика розробки електронних екологічних паспортів місць складування промислових відходів вугледобувних підприємств та алгоритм прийняття рішень з диверсифікації технологій поводження з відвальними масивами використовується в діяльності ВСП «ШУ Дніпровське» ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» (довідка №1421 від 03.06.2015 р.). Технології відновлення територій, зайнятих породними відвалами, а також порушених внаслідок деформації земної поверхні над шахтними полями ліквідованих шахт, використані ВСП «ШУ Першотравневе» ПАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» (довідка №11 від 03.02.2014 р.).

Методики ідентифікації та експертного оцінювання рівня екологічної небезпеки функціонування та ліквідації вугільних шахт використано впродовж 2011-2013 рр. при підготовці проектів ліквідації шахт на території Красноармійського вуглепромислового району, які виконувалися ДП «Дніпродіпрошахт» (довідка від 25.09.2014 р.). Методика прогнозування змін екологічного стану об'єктів навколишнього середовища залежно від способів ліквідації гірничих підприємств, а також способи зниження рівня екологічної небезпеки пилових викидів вугільних шахт, використовуються в проектній діяльності ТОВ «Науково-проектний центр ДТЕК» (довідка від 04.10.2016 р.).

Результати узагальнення методів управління екологічною безпекою на територіях вугледобувних підприємств при їх експлуатації та ліквідації використовуються в навчальному процесі Державного ВНЗ «Національний гірничий університет» (довідка №07-19/162 від 15.12.2016 р.) та Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління Міністерства екології та природних ресурсів (довідка №138 від 17.03.2017 р.). За матеріалами дисертації розроблено і удосконалено лекційні курси з дисциплін «Екологічнобезпечні технології ліквідації гірничих підприємств», «Екологічна експертиза», «Рекультивация земель» та «Охорона земної поверхні» для студентів спеціальності 101 «Екологія».

**Обґрунтованість і достовірність** наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи забезпечуються коректністю постановки задач, використанням математичних методів аналізу динаміки випадкових процесів, загально прийнятих методик фізико-хімічного аналізу показників стану шахтної породи та якості води в поверхневих водоймах на територіях

функціонування вугільних шахт, методів статистичної обробки експериментальних даних, а також збіжністю результатів обчислювальних і натурних експериментів та математичного моделювання в умовах як діючих, так і ліквідованих вугільних підприємств, відносна похибка яких не перевищувала 25%.

**Особистий внесок здобувача** полягає у формулюванні наукової проблеми, мети й основних завдань досліджень, обґрунтуванні наукових положень. Автором проведений аналіз літературних та патентних джерел за темою дисертаційної роботи; обґрунтовані методи дослідження; проведені розрахунково-експериментальні дослідження, статистична обробка даних та їх аналіз; сформульовані положення методології визначення динамічних показників пилових викидів з головного ствола діючої вугільної шахти та з труби шахтної котельні в атмосферу; встановлено механізми надходження хімічних сполук з відвалів шахтних порід і ставків-накопичувачів шахтної води та їх вплив на рівні забруднення компонентів довкілля; розроблено комплекс заходів з підвищення рівня екологічної безпеки; удосконалено систему управління екологічною безпекою на різних етапах життєвого циклу вугільних шахт на основі комплексного оцінювання їх техногенного впливу на довкілля.

Внесок автора у роботи, виконані у співавторстві, полягав у обґрунтуванні напрямків досліджень, плануванні та обробці результатів експериментальних досліджень, розробці методологічних основ оцінки рівня екологічної небезпеки функціонування підприємств вугільної галузі, а також у розробці й впровадженні ресурсо- та природозберігаючих технологічних рішень. Автору також належать загальні висновки та наукові положення, що виносяться на захист.

**Апробація результатів дисертації.** Основні наукові результати дисертаційної роботи доповідались, обговорювались та отримали схвалення на міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференціях: «Форум гірників» (Дніпропетровськ, 2009, 2011-2014, 2016); «Географія, геоecологія, геологія: досвід наукових досліджень» (Дніпропетровськ, 2010); «Школа підземної розробки» (Дніпропетровськ, 2012); «Екологічні проблеми регіону» (Рубіжне, 2013); «Цілі збалансованого розвитку для України» (Київ, 2013); «Досвід і проблеми інкорпорації, імплементації та адаптації екологічного законодавства» (Дніпропетровськ, 2013); «Надрокористування в Україні. Перспективи інвестування» (Трускавець, 2014); «Тиждень еколога-2015» (Дніпродзержинськ, 2015); «Еколого-правові та економічні аспекти екологічної безпеки регіонів» (Харків, 2015); «Сучасний стан та перспективи розвитку водного господарства» (Дніпро, 2016); «Актуальні проблеми науково-промислового комплексу регіонів» (Рубіжне, 2016) та ін.

**Публікації.** Всього за результатами дисертаційних досліджень опубліковано 83 роботи. Основні результати досліджень опубліковано в 52 наукових працях, з них: 8 монографій, 25 статей у науково-технічних журналах, які входять у відповідний перелік ДАК, з них 8 статей у виданнях, що включені

до міжнародної наукометричної бази Scopus, 19 – у збірниках матеріалів міжнародних та всеукраїнських науково-практичних конференцій.

**Структура й обсяг роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел (357 найменувань) на 35 сторінках і 2 додатків на 21 сторінці. Загальний обсяг дисертації – 351 сторінка, у тому числі 77 рисунків та 46 таблиць.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

**У вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертації, її зв'язок з науковими програмами, темами і планами; сформульовано наукову проблему, мету, задачі досліджень; визначено наукову новизну та практичне значення винесених на захист наукових положень, наведено відомості про їх реалізацію, апробацію та публікації за темою дисертації.

**У першому розділі** виконано аналіз та систематизацію екологічних та техногенних наслідків підземного видобутку вугілля, узагальнено механізми трансформації об'єктів навколишнього середовища, масиву гірських порід та земної поверхні на сталому і завершальному етапах функціонування шахт.

Проаналізовано стан проблеми удосконалення методологічного підходу до комплексної оцінки рівня екологічної небезпеки, обумовленого багаторічною експлуатацією та ліквідацією вугільних шахт, розробки та пошуку оптимальних форм управління екологічною безпекою вугледобувної галузі.

Відзначено, що значний внесок у формування наукових засад методології управління екологічною безпекою промислових регіонів внесли Адаменко О.М., Адаменко Я.О., Азаров С.І., Архипова Л.М., Внукова Н.В., Гомеля М.Д., Долгова Т.І., Запорожець О.І., Зберовський О.В., Іванюта С.П., Коробочка О.М., Лисиченко Г.В., Мальований М.С., Петрушка І.М., Пляцук Л.Д., Рудько Г.І., Семчук Я.М., Устименко Є.Б., Шапар А.Г., Шкіца Л.Є., Шмандій В.М. та ін.

Вивченню екологічних та техногенних наслідків видобутку вугілля присвячені роботи вітчизняних вчених: Адаменка М.І., Амоші О.І., Бардася А.В., Бондаря О.І., Бузила В.І., Бунько Т.В., Вамболя С.О., Гавриленка Ю.М., Горової А.І., Гошовського С.В., Гребьонкіна С.С., Грядущого Б.А., Должикова П.М., Єрмакова В.М., Звягільського Ю.Л., Зубової Л.Г., Інкіна О.В., Копача П.І., Костенка В.К., Колесника В.Є., Креніди Ю.Ф., Кроїк Г.А., Піталенка Є.І., Попович В.В., Рудакова Д.В., Рябічева В.Д., Садовенка І.О., Скрипника О.О., Смірного М.Ф., Удалова І.В., Улицького О.А., Шевчук Н.А., Яковлева Є.О., а також закордонних фахівців Boer R.H., Kirkaldy J., Laurence, D., Liu W.S., Pettit C. Pulles W., Swart S.J., Yang Q. та інших, в яких досліджувались механізми геомеханічних, геологічних, гідрогеологічних, гідродинамічних, газохімічних та екологічних змін, що відбуваються в результаті функціонування шахт. Наголошено, що для попередження забруднення та деградації об'єктів навколишнього середовища вугледобувних регіонів необхідно удосконалити систему комплексної оцінки рівня екологічної небезпеки вугільних шахт на

різних етапах їх функціонування (включно з ліквідацією).

У результаті аналізу наслідків функціонування вугільних шахт зазначено, що неефективна система управління екологічним станом територій вугільних шахт не дозволяє належно вирішувати питання екологічної безпеки в процесі як сталої експлуатації, так і ліквідації вугільних шахт. Ліквідація шахт способом «мокрої» консервації призвела до значних негативних еколого-геологічних наслідків (деформації земної поверхні та руйнування житлових і промислових об'єктів). При «сухий» консервації негативний вплив на довкілля проявляється за рахунок скидів шахтних вод в поверхневі водойми, виснаження та забруднення водних ресурсів. Загалом екологічні наслідки експлуатації та ліквідації шахт зводяться до накопичення пустої породи і горіння териконів, скидання мінералізованої шахтної води, просідання та підтоплення земної поверхні тощо. Це вимагає визначення показників, які характеризують екологічний стан прилеглих до шахт територій, розробки ефективних природоохоронних заходів, в тому числі і при ліквідації шахт, а також пошуку дієвих механізмів управління процесами впровадження цих заходів і оцінювання їх ефективності. В результаті виконаного аналізу було сформульовано мету та задачі дисертаційного дослідження.

У **другому розділі** викладено основні результати, що стосуються вирішення першої задачі роботи. Дослідження спрямовані на удосконалення методології оцінювання динамічних показників викидів забруднюючих речовин в атмосферу шахтою, що характеризують рівень їх екологічної небезпеки в умовах сталої експлуатації вугільних шахт. Для визначення екологічних наслідків скиду шахтних вод оцінено якість води у поверхневих водоймах за інтегральним екологічним індексом.

Обґрунтована можливість оцінки динамічних показників, зокрема викиду пилу з головного ствола вугільної шахти, як за динамікою викидів, так і за даними її щодобової продуктивності. Для цього проаналізовано розрахунок валового викиду пилу з головного (вентиляційного) ствола шахти, обладнаного скіповим підйомом, що виконується за нормативною формулою відповідно СОУ 10.1.001174125.004-2004, яку представимо у вигляді:

$$E_j = 8,64 \cdot 10^{-5} \cdot \bar{V}_j D_\phi \left[ \bar{C}_o K_2 + 0,28 A_{II} \frac{q}{Q_{еж}} \left( K_2 + \frac{Q_n}{V_j} \right) \right], \text{ т/рік}, \quad (1)$$

де  $D_\phi$  – час фактичної роботи шахти впродовж року, діб;  $\bar{V}_j$  – середня витрата повітря, що викидається в атмосферу через ствол, м<sup>3</sup>/с;  $\bar{C}_o$  – середня запиленість повітря біля ствола на вентиляційному горизонті, мг/м<sup>3</sup>;  $K_2$  – коефіцієнт, що враховує осадження пилу у вентиляційному стволі;  $q$  – питома пиловиділення при завантаженні або розвантаженні гірської маси, г/т;  $A_{II}$  – інтенсивність завантаження або розвантаження гірської маси, т/год.; а  $Q_{еж}$  – кількість повітря, яке при цьому ежектується, м<sup>3</sup>/с;  $Q_n$  – кількість повітря, що

підсмоктується в надшахтному приміщенні, м<sup>3</sup>/с.

Шляхом аналізу мінливості складових формули (1) доведено, що в умовах типової вугільної шахти найбільш динамічно змінюється переважно параметр  $A_{II}$ , що характеризує продуктивність шахти за добутою гірською масою та є пропорційним пиловому викиду зі ствола і, що важливо, реєструється щодоби. Прогнозування рівня екологічної небезпеки пилового викиду ґрунтується на обчисленні інтегралів математичної задачі про викиди випадкового процесу за встановлений рівень (задача Райса), що зведені в табл. 1.

Таблиця 1

Інтеграли, що визначають динамічні показники викидів пилу з шахти

Динамічні показники:	Відповідні інтеграли:
- середній час перебування стаціонарної випадкової функції вище заданого рівня $a$ на інтервалі часу $T$ :	$\bar{t}_a = T \int_a^{\infty} f(x) dx$ ; (2)
- середнє число викидів за вказаний рівень (ГДК, ГДВ тощо) на тому ж проміжку часу:	$\bar{n}_a = T \int_0^{\infty} \nu f(a, \nu) d\nu$ ; (3)
- середня тривалість перебування процесу вище заданого рівня:	$\bar{\tau} = \frac{\int_a^{\infty} f(x) dx}{\int_0^{\infty} \nu f(a, \nu) d\nu}$ ; (4)
- середнє число викидів за вказаний рівень за одиницю часу:	$\bar{\nu}_a = \frac{\bar{n}_a}{T} = \int_0^{\infty} \nu f(a, \nu) d\nu$ . (5)

На основі обчислення наведених інтегралів запропонована методика визначення динамічних показників виходу випадкового процесу забруднення атмосфери за встановлений рівень ( $a$ ) як за регулярними даними спостережень викидів пилу, так і за даними продуктивності шахти. У випадку стаціонарного нормального процесу методика передбачає наступні етапи:

1. Формування динамічного ряду даних про викиди або продуктивність вугільної шахти на місячному або іншому стаціонарному інтервалі (рис. 1).

2. Обчислення автокореляційної функції цього процесу за оціночною формулою:  $K_x(\tau) = \frac{1}{n-\tau} \sum_{i=1}^{n-\tau} (x_i - \bar{x})(x_{i+\tau} - \bar{x})$ , де  $\tau$  – зсув часу, який дорівнює 1, 2, 3, ...;  $x_i$  – продуктивність шахти, т/добу.

3. Апроксимація початкового фрагменту зазначеної функції:  $K_x(\tau) = \sigma_x^2 (b_0 + b_1 e^{b_2 \tau})$ , де  $\sigma_x^2$  – дисперсія випадкового процесу;  $b_0$ ;  $b_1$ ;  $b_2$  – значення коефіцієнтів, розрахованих методом найменших квадратів, з підбором коефіцієнта  $b_2$  для мінімізації похибки апроксимації на початковій падаючій ділянці.

4. Визначення другої похідної автокореляційної функції:

$$\ddot{K}_x(\tau) = K_v(\tau) = -\sigma_x^2 b_1 (b_2)^2 e^{b_2 \tau}.$$

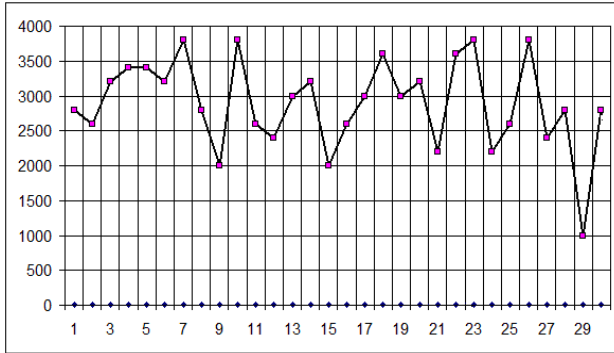


Рис. 1. Приклад динамічного ряду продуктивності вугільної шахти в тонах за добу на інтервалі 30 діб, що є пропорційним пиловому викиду

$$\bar{n}_a = T \bar{v}_a.$$

8. Визначення середньої тривалості кожного перевищення концентрації забруднюючих речовин за нормований рівень  $a$ , як:  $\bar{\tau} = \pi \frac{\sigma_x}{\sigma_v} e^{\frac{(a-\bar{x})^2}{2\sigma_x^2}} \left[ 1 - \Phi\left(\frac{a-\bar{x}}{\sigma_x}\right) \right]$ , діб, де  $\Phi(x)$  – інтегральна функція Лапласа.

9. Визначення середнього часу перебування випадкового процесу вище заданого рівня  $a$  на обраному інтервалі:  $\bar{t}_a = \bar{n}_a \bar{v}_a$ , діб.

10. Визначення відсотку перевищення викидів вище рівня  $a$ :  $P = 100 \cdot \bar{t}_a / T$ , %.

Для наведеного на рис. 1 ряду показано, що при середньому викиді пилу зі ствола шахти 60 г/с рівень інтенсивності пилового викиду  $a = 72,6$  г/с, як і відповідний рівень продуктивності шахти  $a = 3500$  т/добу, буде перевищено, в середньому, 8,15 разів на місяць, а загальний час перевищення складе 10,9 діб, тобто відсоток випадків перевищення встановлених або нормативних рівнів забруднення складає 33% часу роботи шахти.

Використовуючи аналогічний методологічний підхід, запропоновано прогнозувати рівень екологічної небезпеки викиду забруднюючих речовин з труби шахтної котельні, спираючись на динаміку споживання нею вугілля. Показано, що встановлений рівень викиду пилу, який дорівнює 54,46 т/міс., буде перевищено приблизно 11 разів за місяць, а час перевищення складе 4,047 діб, тобто близько 16,8% від загального часу роботи котельні.

Для визначення характеру впливу вугледобувних підприємств на якість водних ресурсів проводилася комплексна оцінка екологічного стану поверхневих водойм в межах розташування шахт Західного Донбасу. Екологічну оцінку якості води р. Самара виконано за середньорічними значеннями показників відповідно до «Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями». Процедура інтегральної екологічної оцінки якості води складається з визначення трьох блокових

## 5. Обчислення дисперсії

швидкості зміни випадкової функції:

$$\sigma_v^2 = K_v(0) = -\frac{d^2}{d\tau^2} K_x(\tau) \Big|_{\tau=0} = \sigma_x^2 (b_1 b_2^2).$$

6. Розрахунок середнього числа перевищень рівня  $a$  за добу:

$$\bar{v}_a = \frac{\sigma_v}{2\pi\sigma_x} e^{-\frac{(a-\bar{x})^2}{2\sigma_x^2}}, \text{ разів на добу.}$$

7. Визначення числа викидів випадкового процесу за рівень  $a$  протягом 30 діб (або на іншому інтервалі, де процес є стаціонарним)

індексів, що характеризуються за вмістом компонентів сольового складу ( $I_A$ ), специфічних речовин токсичної дії ( $I_C$ ), а також еколого-санітарними показниками ( $I_B$ ). Результати оцінки якісного стану поверхневих вод басейну р. Самара наведено в табл. 2, з якої видно, що якість води майже на всіх ділянках спостереження відноситься до IV класу за екологічною класифікацією та оцінюється, переважно, як «погана» за якістю та «брудна» за рівнем чистоти. Найбільші значення інтегрального індексу спостерігаються на ділянках річки після скиду зі ставків-накопичувачів шахтної води, що вказує на низьку ефективність її очищення від компонентів сольового складу.

Таблиця 2

Результати оцінки якості та рівня чистоти води р. Самара в умовах скиду шахтних вод зі ставків-накопичувачів

Пункт спостереження на р. Самара	Значення екологічних індексів якості води (категорія/клас)				Якість води за інтегральним екологічним індексом $I_E$	Рівень чистоти води за інтегральним екологічним індексом $I_E$
	$I_A$	$I_B$	$I_C$	$I_E$		
I	5,24 / IV	5,22 / IV	4,36 / III	4,94 / III	посередня	помірно забруднена
II	5,81 / IV	5,15 / IV	4,52 / III	5,16 / IV	погана	брудна
III	5,65 / IV	5,45 / IV	4,58 / III	5,23 / IV	погана	брудна
IV	6,15 / V	5,26 / IV	4,63 / III	5,35 / IV	погана	брудна
V	5,05 / IV	5,62 / IV	4,72 / III	5,13 / IV	погана	брудна

Пункти спостереження за якісним станом поверхневих вод басейну р. Самара: I – на вході в промислову зону Західного Донбасу; II – нижче скиду зі ставка-накопичувача шахтних вод в б. Космінна; III – вище скиду із ставка-накопичувача в б. Свідовок; IV – нижче скиду зі ставка-накопичувача в б. Свідовок; V – на виході з промислової зони

Результати виконаних теоретичних та експериментальних досліджень дозволили вирішити першу задачу та сформулювати перше наукове положення.

**У третьому розділі** представлено результати вирішення другої задачі досліджень. Визначено напрямки оцінки показників довготривалого впливу на навколишнє середовище породних відвалів і ставків-накопичувачів вугільних шахт в умовах їх експлуатації та ліквідації, зокрема за рівнем вилуговування компонентів з шахтних порід, міграцією характерних для відвалів важких металів (ВМ) та засоленням ґрунтів з урахуванням мінералізації як шахтної породи, так і накопиченої в ставках шахтної води. Експериментальні дослідження проводилася за участю автора в лабораторії геоєкології ДНУ ім. О. Гончара під керівництвом проф. Кроїк Г.А.

Для визначення закономірностей процесу вилуговування компонентів з відвальних шахтних порід використовували модифікований у різних варіантах

метод водних витяжок. В результаті узагальнення натурних і лабораторних досліджень встановлено механізм фізико-хімічних процесів, які відбуваються з породами при їх тривалому знаходженні на земній поверхні, а також при використанні для засипання провалів земної поверхні або формування насипних дамб. Встановлено, що основним процесом, який контролює надходження хімічних сполук з відвалів у об'єкти довкілля, є процес вивітрювання, індикатором якого виступає кислотно-лужний показник (рН) відповідно в інтервалах від 6,8 до 8,4 та від 2,8 до 4,3, що залежить від мінералогічного складу породи, фізико-хімічних процесів, що в ній відбуваються, та терміну перебування на денній поверхні, а також є основою для прогнозування якісного та кількісного рівня забруднення довкілля в зоні розташування відвалів.

Величини солевмісту водорозчинного комплексу досліджених порід знаходяться, переважно, в межах від 0,2 до 3,7%. Максимальна кількість солей, як за даними лабораторних досліджень, так і за даними натурних спостережень, відповідає породам з кислою реакцією водної фракції. Саме ці породи мають більш довгий термін перебування на денній поверхні.

Для визначення особливостей міграції ВМ різних класів небезпеки в залежності від стану відвалів (а саме: стадій внутрішніх та зовнішніх фізико-хімічних перетворень, штучного або природного втручання в перебіг процесів, порушення цілісності тіла та схилів раніше створеного відвалу тощо) відбиралися проби порід та ґрунтів і визначався вміст важких металів I-III класів небезпеки. Встановлено, що ВМ першого класу небезпеки – цинк (Zn) та свинець (Pb) поступово потрапляють у прилеглі ґрунти, при цьому спостерігається більш інтенсивне винесення свинцю і його значне накопичення навколо відвалів. Тенденція повільного та поступового винесення ВМ з відвалів порушується при технологічному втручанні (розбиранні відвалів, привнесенні «свіжої» породи), що призводить до інтенсифікації процесів міграції забруднювачів; залежно від фізико-хімічних властивостей підвищується активність ВМ, спостерігається їх накопичення у навколишніх ґрунтах. Міграція ВМ II класу характеризується незначним винесенням Cu і активною міграцією Co, вміст якого в ґрунтах біля підніжжя перевищує концентрації відносно джерела розповсюдження у 3 рази, на відстані 100 м від відвалу з розкритими внутрішніми породами – в 4 рази, а у ґрунтах, прилеглих до відвалу з підсипаною «свіжою» породою, – у 5 разів. Міграція ВМ III класу (Mn) з відвальної породи у навколишні ґрунти відбувається поступово, з підвищенням активності у відвалах, що зазнали технологічного втручання. Для врахування інтенсивності та характеру впливу породних відвалів на стан об'єктів довкілля, залежно від стадії внутрішніх та зовнішніх фізико-хімічних процесів, що протікають у відвалах, виділено відповідні групи відвалів.

Встановлено закономірності розподілу та накопичення ВМ в ґрунтах та рослинах, що ростуть на територіях розміщення відходів вуглевидобутку,



зокрема показано, що інтенсивність поглинання рослинами іонів металів залежить від фізико-хімічних властивостей ґрунту (типу і гранулометричного складу, вмісту органічних речовин, рН), особливостей рослин тощо. Встановлено, що елементами сильного накопичення як для однорічних, так і для багаторічних трав'яних рослин є цинк і мідь, а елементами слабого накопичення – нікель і кадмій. Встановлені закономірності пропонується використовувати для подальшої фітореємедіації ґрунтів.

Дослідження характеру та ступеня впливу ставків-накопичувачів шахтних вод на об'єкти довкілля проводилися за наступними параметрами: мінералізація шахтних вод в ставку-накопичувачі; просідання земної поверхні над виробленим простором; рівень підняття підземних вод; тип підстилаючих порід та коефіцієнти їх фільтрації; об'єм ставка-накопичувача; застосовувані природоохоронні заходи. Оцінка визначалася за рівнем впливу фактору: 1 – відсутній, 2 – низький, 3 – середній, 4 – високий, 5 – дуже високий. Виходячи із запропонованої класифікації, рівень впливу ставків-накопичувачів на об'єкти навколишнього середовища у балках Космінна і Свідовок на території Західного Донбасу оцінено, як «високий» – 3,8 і 4,0 бали відповідно.

Для визначення характеру засолення ґрунтів на території вугледобувних регіонів проби ґрунтів відбирали на відстанях 100, 500, 1000, 1500 і 2000 м від ставка-накопичувача у чотирьох напрямках світу. У відібраних пробах було визначено вміст водорозчинних солей, важких металів і гумусу. Проведені дослідження виявили, що ґрунти на дослідженій території характеризуються хімізмом засолення двох типів: сульфатним (за аніонним складом) і натрієвим (за катіонним складом) зі слабким ступенем засолення.

В результаті проведених досліджень встановлено залежності:

- між показником рН ( $x$ ) і концентраціями ВМ у ґрунтах ( $y$ ):

$$\text{Ni: } y=3,1123x^2-9,3082x+15,155; \quad R^2=0,868;$$

$$\text{Pb: } y=-0,241x^2+1,6846x+5,7471; \quad R^2=0,626;$$

$$\text{Cu: } y=1,0312x^2-0,9206x+8,5307; \quad R^2=0,660;$$

$$\text{Mn: } y=0,014x^2-0,9857x+25,657; \quad R^2=0,626.$$

- між концентраціями ВМ ( $x$ ) і ступенем засолення ґрунтів ( $y$ ):

$$\text{Mn: } y=0,0216x-0,4922; \quad R^2=0,901;$$

$$\text{Cu: } y=-0,0955x+0,2214; \quad R^2=0,868;$$

$$\text{Zn: } y=-0,9206x^2+1,2087x-0,1748; \quad R^2=0,985.$$

Отримані закономірності дозволяють прогнозувати ступінь забруднення ґрунтів, а також обґрунтовувати і впроваджувати ефективні заходи щодо покращення екологічного стану ґрунтів у вугледобувних районах.

Сорбційні властивості порід зони аерації ставків-накопичувачів шахтних вод визначали для проб ґрунтів, відібраних на території Західного Донбасу. У якості фонових відбиралися зразки ґрунту поза зоною впливу ставка-накопичувача. Для них виконано гранулометричний аналіз, аналіз мінерального складу і хімічний аналіз, що включає визначення складу водорозчинного

комплексу порід. Вміст у породах мікроелементів досліджували за оцінками водорозчинних і кислоторозчинних форм ВМ. Для вивчення сорбції використали однокомпонентні розчини, що містять свинець, мідь, цинк, кадмій, кобальт, нікель, марганець, хром і залізо в концентраціях від 1 до 10 мг/дм<sup>3</sup>, а також багатокомпонентні розчини. Дослідження виконували на глинах й суглинках. Експериментальним шляхом на зразках, які відрізняються за мінералогічним складом, визначили сорбцію пріоритетних для шахтних вод компонентів-забруднювачів. Встановлено, що для однокомпонентних розчинів, які містять мідь, свинець, цинк та кадмій, залежність величини сорбції іонів металів від рН має наступний характер: у кислій області рН (до рН=2) сорбційна ємність порід низька, у діапазоні рН від 2 до 3,5 спостерігається швидкий підйом сорбційної здатності порід і значення сорбційної ємності збільшуються в 4-8 разів залежно від типу металу. Особливістю сорбції з багатокомпонентних систем є те, що кількість сорбованих металів зменшується в 1,2-1,5 рази, в порівнянні з величиною сорбції цих же іонів металів з однокомпонентних розчинів. За ступенем сорбції із системи «порода – розчин» метали в порядку зменшення утворюють ряд: Pb>Cu>Cr>Zn>Fe>Ni>Cd>Co>Mn. Виступаючи геохімічним бар'єром, породи зони аерації можна використовувати для зниження забруднення підземних вод.

В результаті проведених теоретичних та експериментальних досліджень було вирішено другу задачу та сформульовано друге наукове положення.

**У четвертому розділі** наведено результати вирішення третьої задачі та визначено підходи до розробки напрямів і засобів ефективного зниження рівнів екологічної небезпеки й заходів, спрямованих на зменшення негативних екологічних наслідків багаторічної експлуатації та ліквідації вугільних шахт.

Для зниження рівня екологічної небезпеки пилових викидів вугільних шахт рекомендовано забезпечити їх локалізацію з використанням диспергованої води. Спосіб реалізується за рахунок укрупнення пилових частинок, що викидаються, зокрема вище рівня дифузора вентилятора головного провітрювання (ВГП), тобто за рахунок створення умов для коагуляції дрібних частинок. Це призводить до інтенсивного осідання укрупнених пилових агломератів в межах санітарно-захисної зони (СЗЗ).

Для зниження віртуальної висоти ВГП необхідно забезпечити негативне значення різниці між температурою повітряного струменя, що викидається, і температурою навколишнього атмосферного повітря та сприяти підтриманню зазначеної різниці при будь-яких метеорологічних станах атмосфери. Облаштування в усті ВГП водяних форсунок забезпечує зниження віртуальної висоти викиду за рахунок того, що подача надлишкової води у вихідний струмінь ВГП сприяє конденсації водяної пари й одночасній коагуляції дрібних частинок пилу з утворенням укрупнених пилових агломератів, що швидко осідають. Подачу води необхідно пристосовувати до часу найбільших викидів пилу із ВГП впродовж доби.

Шляхом аналізу дисперсного складу пилу у викидах ВГП до і після застосування водяної завіси в його усті, на прикладі вентилятора з нахиленим викидом показано, що облаштування завіси забезпечує переміщення точки максимальної інтенсивності осідання пилу убік ВГП (рис. 2).

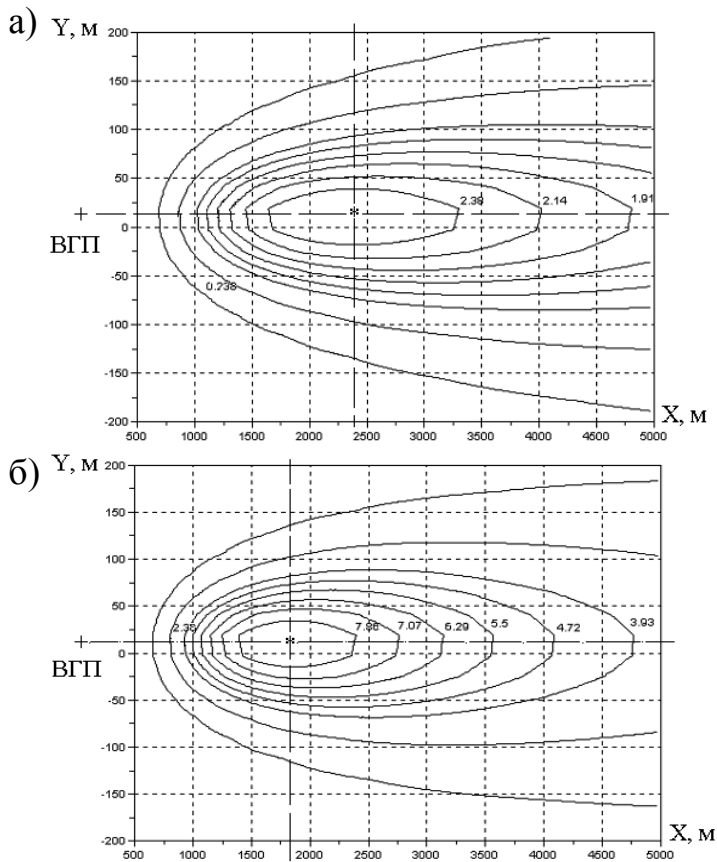


Рис. 2. Поля інтенсивності осідання пилу (отримані з використанням програмного пакету Scilab) на координатній площині  $X$ ;  $Y$  від точки розташування ВГП у напрямку вітру, що збігається з віссю  $X$ : а, б – відповідно до і після зрошення; + – точка розташування ВГП із координатами  $x=0$  м,  $y=10$  м; \* – точка максимальної інтенсивності осідання пилу

Для придушення пилу також обґрунтована доцільність системи автоматичного душення водяними завісами по ходу руху вентиляційного струменя, а також у місцях навантаження й розвантаження гірської маси.

Для підвищення ступеня придушення тонкодисперсного пилу з розмірами частинок менше 5 мкм диспергованою водою перспективним є використання водоповітряного ежектора (ВПЕ), причому як з зарядкою пилового аерозолу у вентиляційному струмені ВГП, так і без нього (рис. 3). Для доочищення вихідного повітряного струменя від пилу в умовах негазових шахт обґрунтовано використання проточного електрофільтру з низьким аеродинамічним опором вентиляційному потоку (рис. 4).

Область інтенсивного осідання пилу локалізується на меншій ділянці та істотно наближується до шахти, зменшуючи екологічну небезпеку викидів пилу для навколишнього середовища.

Встановлено, що використання пневматичного способу диспергування води дозволяє отримати більш тонкодисперсну суміш та вловлювати частинки пилу менше 10 мкм. Необхідне диспергування забезпечується при витраті 1 кг рідини на 1 кг повітря.

Випробування експериментальних зразків малогабаритних пневмогідро-розпилювачів з діаметром сопла не більше 1 мм при діаметрі кільцевого отвору близько 2 мм довели можливість придушувати пил з розмірами частинок в області 5-20 мкм при істотно меншій, порівняно з гідрофорсунками, витраті води.

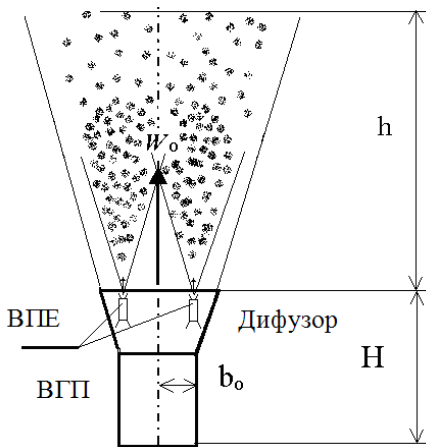


Рис. 3. Схема розміщення 2 або 4 ВПЕ в усті ВГП із вертикальним викидом

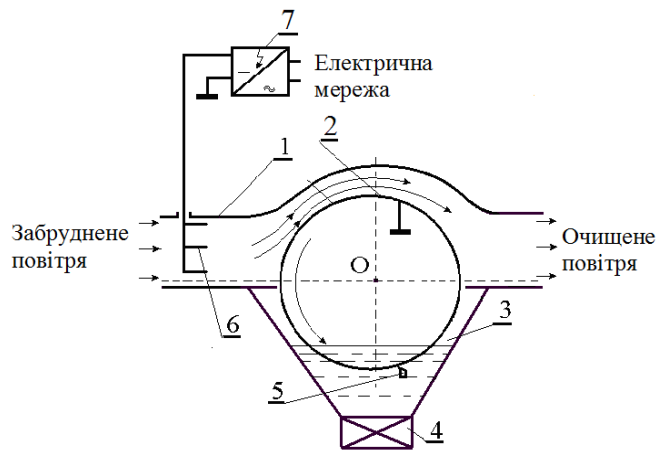


Рис. 4. Проточний електрофільтр з малим аеродинамічним опором: 1 – корпус; 2 – осадний електрод, що обертається; 3 – бункер; 4 – накопичувач шламу; 5 – підпружинений шкребок; 6 – коронуючі електроди; 7 – джерело високої напруги

Забруднений потік проходить через поле коронного розряду електродів 6, де пилові частки заряджаються й рухаються з потоком повітря в напрямку осадного електрода 2, що обертається. Осадження заряджених часточок відбувається на його поверхні як під дією електростатичної сили, так і під дією сили інерції, в результаті якої при обтіканні сферичної поверхні цього електрода часточки пилу виходять з ліній руху повітряного струменя і взаємодіють із попередньо змоченою зовнішньою поверхнею електрода. Налиплі частки пилу за допомогою підпружиненого шкребка 5 знімаються з поверхні електрода під час обертання останнього та падають у бункер 3, а далі утворений шлам утилізується. Ступінь очищення досягається незалежно від величини початкової швидкості забрудненого повітряного потоку, причому підвищенні швидкості сприяють аеродинамічному вловлюванню пилу.

Екологічна ефективність запропонованих технічних рішень оцінювалася за кратністю відхилення вмісту пилу від референтної концентрації (ГДК) до і після застосування розроблених засобів. Так, на межі СЗЗ шахти зазначені кратності до й після впровадження душування пилового викиду з типового ВГП водяними завісами склали відповідно 12,5 та 1,7, що вказує на зміну ступеня екологічної небезпеки забруднення атмосфери з «дуже небезпечного» на «слабко небезпечний» (за стандартною оцінкою атмосферного повітря міст).

Для зменшення обсягів скиду завислих речовин з шахтними водами в поверхневі водойми встановлено найбільш раціональні геометричні параметри перфорованої області (форми і розташування отворів один щодо одного) вертикальних поперечних перегородок, що розміщуються в удосконаленому відстійнику шахтної води для забезпечення ламінарної течії води і підвищення коефіцієнта пропускної здатності перегородок та, як наслідок, підвищення ефективності очищення (освітлення) води від завислих часток. Встановлено залежності між глибиною осідання завислих речовин у відстійнику та

ефективністю очищення шахтної води для різних варіантів перфорації перегородок (рис. 5).

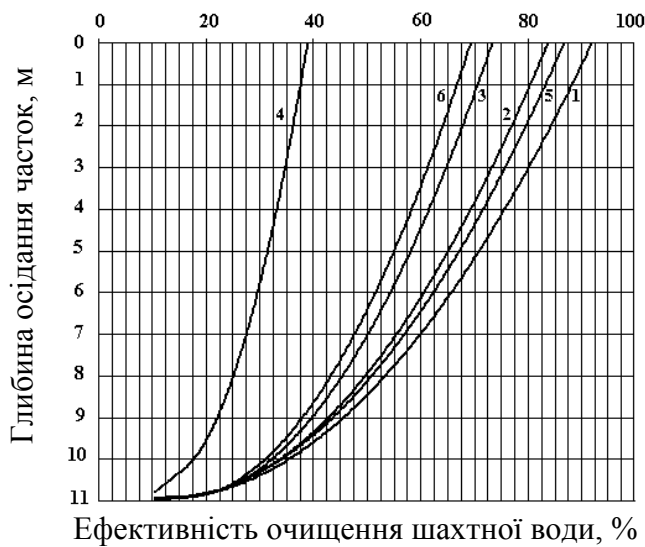


Рис. 5. Залежності глибини осідання частинок суспензії від ступеня

ефективності очищення шахтної води для різних типів перфорації: 1 – отвори квадратної і прямокутної форми зі зміщеними, діагонально-зміщеними і прямими рядами по квадрату; отвори шестигранної форми зі зміщеними рядами; 2 – отвори круглої форми зі зміщеними рядами; 3 – отвори круглої форми з діагонально-зміщеними і прямими рядами по квадрату; 4 – отвори шестигранної форми з прямими рядами; 5 – отвори квадратної форми з прямими рядами по прямокутнику; 6 – отвори круглої форми з прямими рядами по прямокутнику

виробки необхідно враховувати: тип порід наносів та їх фізико-механічні характеристики і властивості; потужність наносів, ступінь їх обводнення; наявність агресивних і неагресивних вод; матеріал закладки та ін.

Для підвищення екологічної безпеки на територіях масової ліквідації шахт необхідно забезпечити технічну ліквідацію похилих стволів шляхом реалізації наступних операцій: спорудження ізолюючих перемичок, полків і перегородок, що перешкоджають розтіканню матеріалу заповнення; засипку виробок; тампонаж залишкових пустот; спорудження газовідвідних трубопроводів або свердловин. В гірничих виробках аварійного стану їх ліквідація виконується тільки з поверхні методом тампонажу. Запропоновано технологічну схему комплексної ліквідації похилих виробок з використанням закладних сумішей.

Для формування ізоляційної перемички пропонується через вертикальну

Представлені залежності і значення наочно ілюструють ефект очищення шахтної води від частинок різної гідравлічної крупності.

Найбільший ефект очищення забезпечує тип перфорації – отвори квадратної і прямокутної форми зі зміщеними, діагонально-зміщеними і прямими рядами по квадрату; отвори шестигранної форми зі зміщеними рядами 1, що дозволяє знизити забруднення поверхневих водойм завислими речовинами.

Далі проводилася розробка та узагальнення технологічних схем погашення стволів й інших гірничих виробок залежно від ступеня їх техногенної та екологічної небезпеки. Екологічна безпека територій ліквідованих шахт в районі погашеного вертикального ствола залежить від довготривалої стійкості геомеханічної системи «гірські породи – кріплення ствола – закладний масив – опорні споруди в стволі – земна поверхня».

При обґрунтуванні технологічних схем підтримання стійкості устя

свердловину подавати у виробку глиноцементний матеріал з відсівом. Процес постановки перемички складається з трьох етапів: створення «опорної подушки»; порційне нагнітання розчину з відсівом в безнапірному режимі до моменту його виходу в свердловину; ліквідація пустот і тріщинуватих зон глиноцементним розчином під тиском.

Обґрунтовано перелік способів та засобів попередження виходу метану на земну поверхню на різних етапах функціонування вугледобувних підприємств. Запропоновано технологічні схеми запобігання підтопленню та заболочуванню земель в районах експлуатації та ліквідації шахт.

Для встановлення напрямів відновлення засолених земель, а також підвищення родючості ґрунтів, проаналізовано різні методи меліорації, серед яких найбільш ефективною є їх біологічна рекультивация. Для ефективного відновлення природних ландшафтів, що зазнали негативного впливу шахт, за участю автора досліджено і визначено ефективність використання фіторемедіантів для вилучення розчинених солей та важких металів з ґрунтів на територіях, прилеглих до ставків-накопичувачів, на основі чого були вибрані однорічні та дворічні рослини: люцерна посівна, еспарцет, буркун лікарський та буркун жовтий. В експериментальних дослідженнях використовувались ґрунти, відібрані на територіях, прилеглих до ставка-накопичувача шахтних вод в б. Свідовок (Західний Донбас), а контрольні ґрунти відбирали на території Царичанського району Дніпропетровської області.

Встановлено високу здатність досліджуваних рослин підвищувати вміст гумусу у ґрунтах. Так, люцерна посівна збільшує вміст органічної речовини ґрунту на 63%, еспарцет – на 36%. Проте буркун білий зменшує вміст гумусу приблизно на 10%, а буркун жовтий, навпаки, сприяє утворенню органіки, приріст якої сягає 72%. Всі культури зменшують показник рН приблизно на 1%. Для обґрунтування можливості використання досліджуваних рослин для зниження засолення ґрунтів прогнозували зміни концентрації солей (рис. 6).

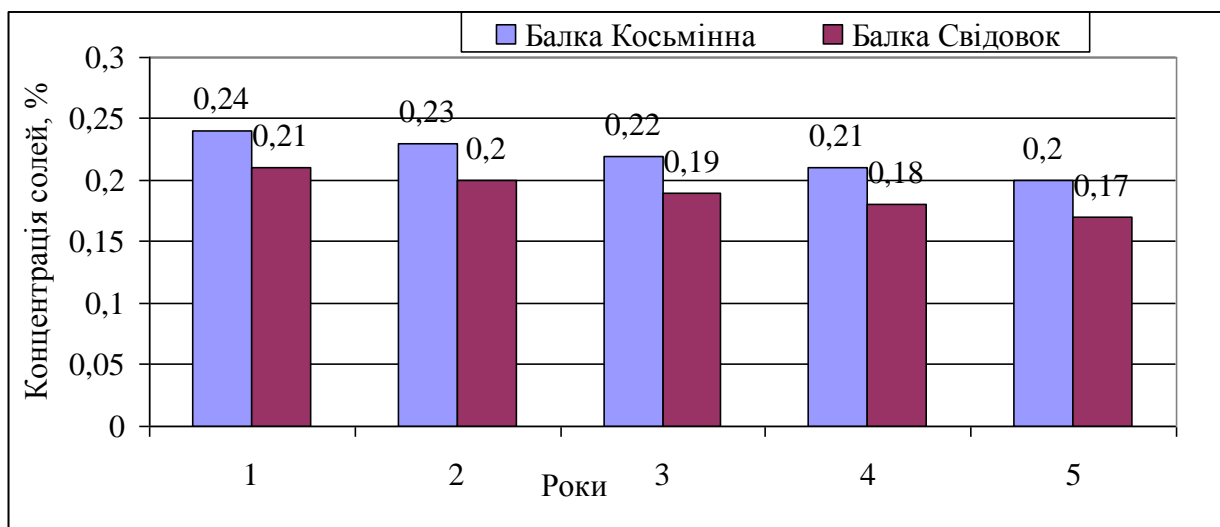


Рис. 6. Прогноз зменшення вмісту солей у ґрунтах в балках Космінна і Свідовок при застосуванні багаторічних фіторемедіантів

Як видно з рис. 6, середній термін проведення меліорації з використанням цих рослин, в залежності від вихідних рівнів засолення ґрунтів на досліджуваних територіях, складає від 2 до 5 років.

Насамкінець наведено результати розробки електронних екологічних паспортів породних відвалів шахт, як передумови зниження екологічної небезпеки територій розміщення відходів вуглевидобутку. Паспортизація відходів передбачає складання й ведення уніфікованих паспортів відходів і місць їх накопичення, а також відповідних реєстрових карт. Запропоновано до паспорту додавати цифрову карту розсіювання забруднюючих речовин з породного відвалу, а також його 3D-модель (рис. 7).

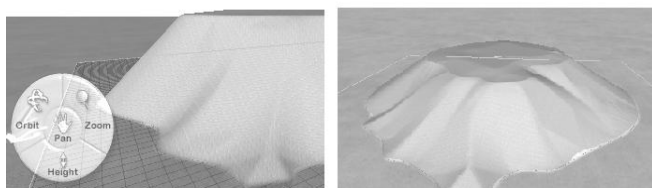
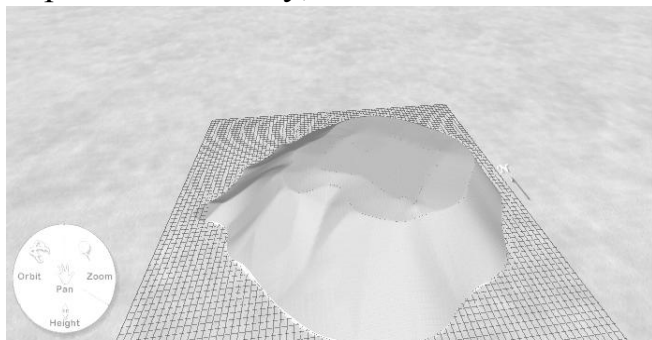


Рис. 7. Різні ракурси 3D-моделі породного відвалу ліквідованої шахти

В перспективі електронні паспорти сформуєть відповідну базу даних породних відвалів певного регіону, як основу геоінформаційної системи (ГІС) екологічного спрямування.

У результаті проведених досліджень вирішена третя задача.

**П'ятий розділ** присвячений виконанню четвертої та п'ятої задач.

Враховуючи значні негативні екологічні наслідки процесів багаторічної розробки вугільних родовищ, виникає необхідність, обґрунтування критеріїв комплексної

оцінки рівня екологічної небезпеки функціонування вугільних шахт та подальшого обґрунтування теоретичних і практичних засад екологобезпечного виведення шахт з експлуатації.

Відмічено, що за час функціонування підприємств вугільної галузі накопичено і сформовано певний банк екологічних даних, але не проведено їх належний кількісний та якісний аналіз. Проаналізовано виробничі процеси і їх вплив на екологічну та техногенну небезпеку вуглевидобутку. Виокремлено найбільш важливі елементи техногенного впливу процесів експлуатації та ліквідації шахт на об'єкти довкілля, які потребують систематичного моніторингу (спостереження, аналізу та регулювання чи управління), – це атмосфера, гідросфера, надра з техногенними об'єктами поверхні, а також тваринний та рослинний світ (біота). Інформаційна система моніторингу за часом створення поділена на дві частини: перша – етап експлуатації, а друга – етап ліквідації шахт.

При розробці та реалізації системи екологічного моніторингу територій шахт, що знаходяться на різних етапах життєвого циклу, враховували наступне:

- під час експлуатації вугільних шахт накопичується певна інформація про

стан довкілля (в більшості випадків моніторинг на діючих шахтах відсутній);

- ліквідація шахт різко змінює напрямки і характер негативних впливів на компоненти навколишнього середовища;

- на етапі експлуатації (до початку ліквідації шахт) необхідно забезпечити комплексну оцінку екологічного стану компонентів довкілля на прилеглих територіях, виконати попередню оцінку зміни впливів на довкілля, а також створити комплексну систему спостережень на досліджуваній території.

Враховуючи вищенаведене, удосконалена структурна схема управління екологічною безпекою вугледобувних регіонів. Зазначено, що у доліквідаційний період на етапі розробки проектів ліквідації шахт необхідно здійснювати збір, узагальнення та аналіз інформації про екологічний стан довкілля. Моделювання, аналітичні розрахунки та їх результати дозволяють оцінити наслідки ліквідації шахт і своєчасно розробити природоохоронні заходи, що зменшать негативні впливи на довкілля.

Для вивчення інтенсивності та характеру впливу породних відвалів на стан об'єктів навколишнього середовища й соціально-економічний стан вугледобувних регіонів розроблено методику, яка враховує стадії внутрішніх та зовнішніх фізико-хімічних процесів, що протікають у відвалах; умови розташування породних відвалів: в межах населеного пункту, на території сільськогосподарських угідь, на територіях з природним ландшафтом, на промисловій території. Інтенсивність та періодичність впливу породних відвалів на стан об'єктів довкілля визначали у балах: 0 – вплив відсутній; 1 – мінімальний або опосередкований вплив; 2 – періодичний безпосередній або опосередкований вплив; 3 – безперервний безпосередній вплив.

Встановлено, що найбільш вагомий вплив породні відвали кожної категорії мають на територіях населених пунктів. У 58% випадків породні відвали всіх чотирьох категорій за внутрішнім та зовнішнім станом розташовані у межах селітебної зони. Така ситуація вказує на постійне техногенне навантаження з боку досліджуваного виду відходів вугледобувної галузі на території постійного проживання населення.

Виявлені закономірності та механізми змін екологічного стану територій регіонів, де відбувається багаторічна розробка вугільних родовищ, дозволили обґрунтувати методологію комплексного оцінювання рівня екологічної небезпеки експлуатації та ліквідації вугільних шахт. Методичною основою цих досліджень стала оцінка рівнів екологічної небезпеки на територіях діючих і закритих вугільних шахт, яка передбачає оперативне визначення суми середніх балів оцінок за 4-бальною шкалою екологічного стану 5 основних компонентів довкілля (атмосфери, гідросфери, літосфери, ґрунтів і біоти). Загальне погіршення стану кожного з об'єктів (компонентів) довкілля варто кількісно оцінювати за середніми балами, визначеними за 16 факторами впливу, які є техногенними наслідками експлуатації та ліквідації вугільних шахт. Оцінку рівня екологічної небезпеки процесів вуглевидобутку можна визначати як суму



таблиці оцінок впливу 16 факторів на 5 основних компонентів довкілля, тобто таблиці 16x5, або як суму оцінок середніх балів.

Визначені середні бали виглядають більш достовірними оцінками загального погіршення стану об'єктів довкілля на територіях вугледобувних регіонів, оскільки середні оцінки отримано на основі значно більшої кількості інформації (здіянні 16 факторів впливу замість одного). При такому підході загальна кількісна оцінка рівня екологічної небезпеки на територіях діючих шахт складатиме, відповідно, 161 або 10,0625 ( $\approx 10,07$  балів), а на територіях шахт, закритих способами «сухої» і «мокрої» ліквідації, – 115 та 162, або 7,19 та 10,13 відповідно. Це дозволило за вказаною сумою середніх балів комплексно в межах 15-бальної шкали встановити 3 рівня екологічної небезпеки процесів експлуатації та ліквідації шахт (табл. 3). Результат наглядно проілюстровано за допомогою діаграми Парето (рис. 8).

Таблиця 3

Шкала комплексної оцінки рівня екологічної небезпеки експлуатації та ліквідації вугільних шахт у межах 15-бальної шкали

Діапазон комплексних оцінок	Рівень небезпеки
0-5	низький
5-10	помірний
10-15	високий

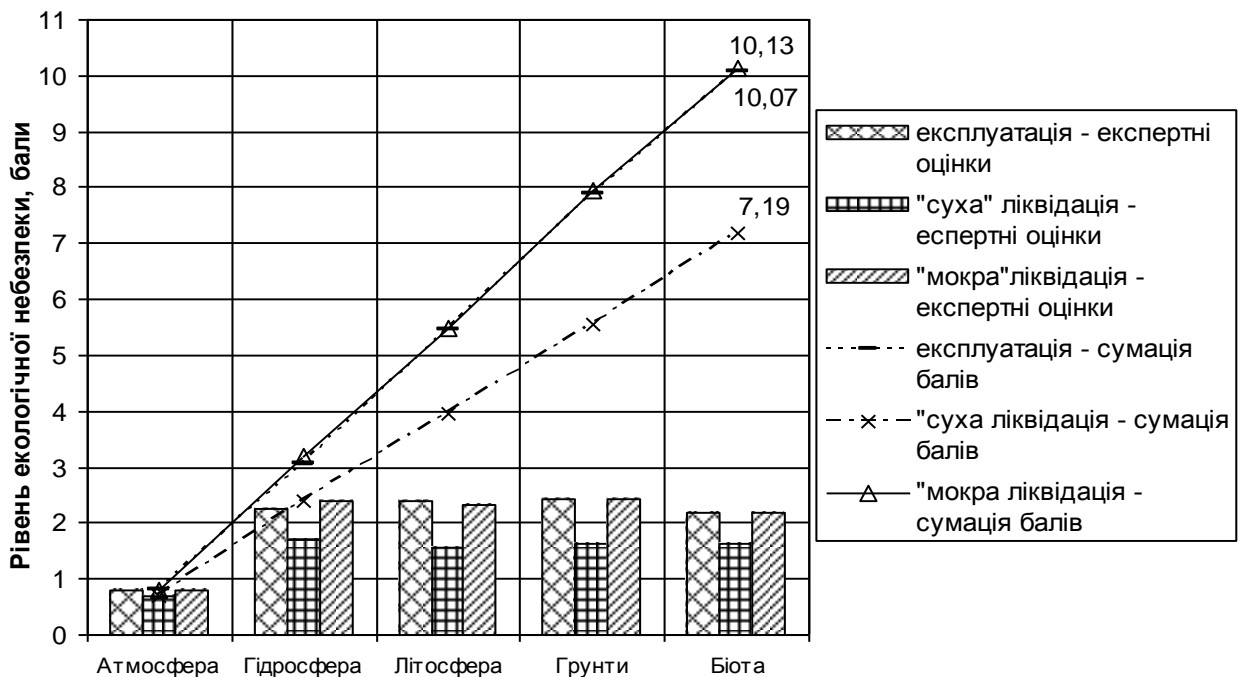


Рис. 8. Оцінки рівня екологічної небезпеки експлуатації та ліквідації вугільних шахт для компонентів довкілля (за 3-бальною шкалою у вигляді стовбчастих гістограм) та в цілому для довкілля у вугледобувних регіонах (за 15-бальною шкалою у вигляді графіків з маркерами, що є результатом сумації відповідних стовбчастих гістограм) в разі експлуатації шахт та при «сухій» і «мокрій» їх ліквідації

Аналогічний підхід використано і для визначення рівнів екологічної небезпеки експлуатації вугільних шахт до та після впровадження природо- та ресурсозберігаючих технологій, а також прогнозування цих рівнів при застосуванні відходів вуглевидобутку для закладки виробленого простору.

Результати комплексної оцінки ефективності реалізації різних варіантів застосування природоохоронних заходів наведені в табл. 4.

Таблиця 4

Комплексна оцінка ефективності природоохоронних заходів на вугільних шахтах за рівнями екологічної небезпеки для довкілля, обумовленими впливом 16 техногенних чинників вугледобування

№ з/п	Техногенні чинники впливу на довкілля, як наслідки вугледобування	Оцінки за відповідними чинниками впливу у чотирьох варіантах*			
		I	II	III	IV
1	Зміна (зниження) стійкості та міцності гірських порід	8	4	5	4
2	Деформація масиву гірських порід	12	5	8	5
3	Просідання земної поверхні	12	5	8	5
4	Водонасичення масиву гірських порід	10	5	10	7
5	Порушення гідрологічного режиму	11	6	11	8
6	Виснаження водоносних горизонтів	10	5	9	8
7	Забруднення поверхневих водних об'єктів	8	6	5	5
8	Міграція забруднюючих речовин (викиди, скиди, відходи тощо)	10	5	5	5
9	Змішування шахтних вод з питними водами підземних горизонтів	8	6	7	7
10	Підтоплення та заболочування земель	12	5	8	5
11	Відведення земель під породні відвали	10	8	3	5
12	Відведення земель під відстійники шахтних вод	10	10	10	10
13	Горіння та пиління відвалів	9	8	4	6
14	Деформації і руйнування будівель та об'єктів інфраструктури	11	8	8	8
15	Утворення вибухонебезпечних метано-повітряних сумішей	10	6	10	8
16	Емісія шахтних газів на земну поверхню	10	6	10	6
I	Сумарні бали за всіма факторами впливу	161	98	121	102
II	Середні бали (комплексна оцінка екологічної небезпеки)	<b>10,07</b>	<b>6,12</b>	<b>7,56</b>	<b>6,38</b>
III	Загальне погіршення стану об'єктів довкілля на територіях вугледобувних регіонів (експертні оцінки)	13	8	6	9

Примітка\*: I – без застосування природоохоронних заходів; II – проведення закладки виробленого простору; III – розбирання та рекультивация породного відвалу; IV – застосування закладки виробленого простору з розбиранням породного відвалу

Загальна оцінка ефективності зниження рівня екологічної небезпеки вугільних шахт при застосуванні природоохоронних заходів наведена в табл. 5. Встановлено, що превентивне впровадження природоохоронних заходів на діючих вугільних шахтах дозволить знизити рівень екологічної небезпеки з «високого» до «помірного». Це підвищить рівень екологічної безпеки при ліквідації нерентабельних шахт. Використання відходів вуглевидобутку для виготовлення сумішей для закладки виробленого простору в шахтах дозволить зменшити обсяги відходів і, як наслідок, забруднення сільськогосподарських земель та накопичення небезпечних забруднюючих речовин у продуктах харчування. Також буде попереджено просідання та деформації земної поверхні, її наступне заболочування, а також вилучення земель з використання.

Таким чином, розроблена методологія комплексної оцінки рівнів екологічної небезпеки на територіях діючих і ліквідованих вугільних шахт дозволяє оперативно оцінити екологічний стан компонентів довкілля (атмосфери, гідросфери, літосфери, ґрунтів і біоти), що змінюється під впливом виокремлених чинників вугледобування, обумовлених технологічними процесами експлуатації та ліквідації шахт. Методологія дозволяє врахувати ефективність реалізації відразу декількох природоохоронних заходів та прогнозувати зміни стану довкілля в умовах масової ліквідації вугільних шахт.

Також проведена укрупнена еколого-економічна оцінка ефективності реалізації природоохоронних технологій на різних етапах експлуатації та ліквідації вугільних шахт.

Результати проведеної комплексної оцінки екологічного стану об'єктів довкілля на території вугільних шахт є теоретичною та практичною основою для вирішення прикладних задач, таких як планування екологічно обґрунтованого рівня техногенного навантаження, розробка схем розвитку та розміщення технологічних ділянок, відповідних природоохоронних заходів, а насамкінець і управління екологічною безпекою реформування вугільної галузі України.

*Таблиця 5*

Ефективність впровадження природоохоронних заходів на вугледобувних підприємствах за рівнями екологічної небезпеки

Варіанти застосування природоохоронних заходів	Значення комплексної оцінки екологічної небезпеки	Рівень екологічної небезпеки
Без застосування природоохоронних заходів	10,07	високий
Проведення закладки виробленого простору	6,12	помірний
Розбирання та рекультивация породного відвалу	7,56	помірний
Застосування закладки виробленого простору з розбиранням породного відвалу	6,38	помірний

Проведені дослідження дозволили вирішити четверту та п'яту задачі та сформулювати третє наукове положення.

## ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, в якій вирішена актуальна **наукова проблема** удосконалення методологічного підходу до комплексної оцінки рівня екологічної небезпеки, обумовленого багаторічною експлуатацією та ліквідацією вугільних шахт, розробки та пошуку оптимальних форм управління екологічною безпекою вугледобувної галузі.

Основні наукові і практичні результати, висновки та рекомендації, що отримано в дисертації:

1. Розроблено методологію визначення динамічних показників пилових викидів, зокрема з вентиляційного ствола діючої вугільної шахти та з труби шахтної котельні, що перевищують нормативні рівні. Це дозволяє прогнозувати рівні екологічної небезпеки викиду забруднюючих речовин в атмосферу із ствола як безпосередньо за мінливістю даних про викиди, так і за мінливістю продуктивності шахти, а при аналогічному підході – рівні екологічної небезпеки викиду з труби шахтної котельні за динамікою споживання нею вугілля.

2. Встановлено, що на погіршення якості поверхневих водойм в межах розташування шахт Західного Донбасу найбільший вплив має надходження компонентів сольового складу, а найменший – речовин специфічної токсичної дії.

3. Встановлено, що надходження важких металів з відвалів шахтних порід у навколишнє середовище обумовлено процесом вивітрювання, індикатором якого виступає кислотно-лужний показник (рН). Доведено, що процес винесення важких металів з відвалів шахтної породи інтенсифікується при технологічному втручанні – розбиранні відвалів, внесенні «свіжої» породи тощо. Встановлені високі здатності певних рослин до накопичення важких металів дозволяють використовувати їх для фітореміністрації прилеглих до відвалів ґрунтів.

4. Доведено, що вплив процесу соленакопичення у ґрунтах на вміст в них органічної речовини (гумусу) представлено регресійною залежністю  $y = -0,8071x^2 + 0,23x + 0,0273$  ( $R^2 = 0,878$ ), згідно з якою максимум вмісту гумусу спостерігається при сумарному вмісті солей у ґрунті близько 0,14%. Сумарний вміст солей в умовах сульфатного і натрієвого засолення пов'язаний з рН ґрунту залежністю  $y = -0,1561x + 1,5081$  ( $R^2 = 0,72$ ). Збільшення ступеня мінералізації ґрунту в умовах сульфатного і натрієвого засолення практично лінійно знижує його рН (приблизно на 0,064 одиниці рН на кожні 0,01% збільшення сумарного вмісту солей).

5. Встановлено, що породи зони аерації поблизу ставків-накопичувачів є геохімічним бар'єром, який знижує міграцію у підземні води важких металів,

які закріплюються в породах, а ефективність процесів поглинання металів залежить від рН середовища, хімічних властивостей металу, його концентрації й мінерального складу порід.

6. Розроблено засоби та методи: локалізації тонкодисперсних пилових викидів зі ствола вугільної шахти в атмосферу шляхом душування диспергованою водою або вловлювання електрофільтром з низьким аеродинамічним опором; зменшення скиду завислих речовин з шахтними водами в поверхневі водойми за рахунок раціонального вибору параметрів перегородок горизонтального відстійника шахтної води.

7. Удосконалено технологічні схеми ліквідації гірничих виробок, залежно від ступеня їх екологічної небезпеки, з використанням сипучої та твердіючої закладки.

8. Виявлено закономірності поглинання солей з ґрунтів багаторічними рослинами, які пропонується висаджувати на територіях, прилеглих до ставків-накопичувачів шахтних вод. Зокрема, при використанні люцерни посівної та еспарцету можна нормалізувати сольовий склад ґрунту та покращити показники родючості у термін від 2 до 5 років в залежності від вихідних рівнів засолення ґрунтів.

9. Розроблено алгоритм комп'ютеризованої екологічної паспортизації породних відвалів, що дозволяє згрупувати та об'єднати всі необхідні для розв'язання екологічних задач дані в одному документі, автоматизувати процес обробки, аналізу та систематизації інформації, сформувати базу даних породних відвалів, що розміщені на територіях вугледобувних регіонів, а також визначити перспективність їх використання для створення екологічної мережі.

10. Для ефективного управління екологічною безпекою при експлуатації і ліквідації вугільних шахт запропоновано класифікацію породних відвалів, які поділено на групи: I – на стадії затухання внутрішніх та зовнішніх фізико-хімічних процесів; II – на стадії затухання фізико-хімічних процесів за умов порушення цілісності тіла відвала та оголення внутрішніх порід; III – на стадії затухання фізико-хімічних процесів за умов внесення свіжої відвальної породи; IV – з активними внутрішніми та зовнішніми фізико-хімічними процесами.

11. В умовах масової ліквідації шахт пропонується система ідентифікації та управління екологічними та техногенними ризиками на різних етапах життєвого циклу вугільної шахти. Комплексну оцінку рівня екологічної небезпеки вугледобувних підприємств пропонується визначати як суму середніх балів оцінок (по кожному з 16 техногенних чинників) за 15-бальною шкалою. Зокрема, комплексна оцінка для діючих шахт та шахт, закритих способами «сухої» і «микрої» ліквідації, оцінена відповідно як 10,07, 7,19 та 10,13 балів. Отже «суха» ліквідація шахт є менш екологічно небезпечною для довкілля, ніж «мокра»; в той же час «мокра» ліквідація дещо перевищує рівень екологічної небезпеки для довкілля під час експлуатації діючих шахт.

Для підвищення ефективності природоохоронної діяльності вугледобувних

підприємств рекомендовано впровадження технології закладки виробленого простору тампонажними розчинами з використанням породи з відвалів, золи, а також відходів вуглезбагачувальних фабрик. Визначено, що типові капітальні витрати на впровадження закладного комплексу становитимуть 120,0 млн. грн.; загальна сума експлуатаційних витрат на утримання устаткування складе 281 тис. грн./рік.; очікуваний економічний ефект – 15160 тис. грн./рік.; термін окупності проекту – 8 років.

**Основні положення і результати дисертації опубліковані в наступних роботах:**

**Монографії:**

1. **Павличенко А.В.**, Бузило В.И., Гребёнкин С.С., Ермаков В.Н., Павлыш В.Н., Рябичев В.Д., Технологии обеспечения экологической и техногенной безопасности горнодобывающих регионов при ликвидации угледобывающих предприятий Украины: монография. под общ. ред. В.И. Бузило и С.С. Гребенкина. – Днепропетровск: Літограф, 2013. 348 с.

2. **Павличенко А.В.**, Бузило В.И., Рябичев В.Д., Гребёнкин С.С., Технологии ликвидации наклонных горных выработок закрываемых угольных шахт с применением твердеющих высокодисперсных смесей: монография. под общ. ред. Рябичева В.Д. – Днепропетровск: Літограф, 2014. 144 с.

3. **Павличенко А.В.**, Улицький О.А., Єрмаков В.М., Бузило В.І., Гідрогеологічні та геомеханічні фактори екологічної безпеки навколишнього середовища в умовах реформування вугільної галузі: монографія. під заг. ред. Улицького О.А. – Дніпропетровськ: Літограф, 2014. 200 с.

4. **Павличенко А.В.**, Соренков В.М., Недолужко В.М., Бузило В.І., Прогнозування змін стану навколишнього середовища та об'єктів інфраструктури при затопленні закритих вугільних шахт: монографія. під заг. ред. Соренкова В.М. – Дніпропетровськ: Літограф, 2014. 176 с.

5. **Павличенко А.В.**, Корж П.П., Недолужко В.М., Бузило В.І., Наливайко Я.М. Управління екологічною та техногенною безпекою вугледобувних регіонів при ліквідації гірничих підприємств: монографія. під заг. ред. Коржа П.П. – Дніпропетровськ: Літограф, 2014. 176 с.

6. **Павличенко А.В.**, Костенко В.К., Бузило В.И., Шаварский Я.Т. Прогнозирование газодинамического состояния горного массива при разработке угольных месторождений: монография. под общ. ред. Костенко В.К. – Днепропетровск: Літограф, 2014. 228 с.

7. **Павличенко А.В.**, Бузило В.І., Наливайко Я.М., Акімов О.А., Дяченко А.П. та ін. Екологізберігаючі технології розробки вугільних родовищ Західного Донбасу та Львівсько-Волинського басейну: монографія. під заг. ред. Бузила В.І. – Дніпропетровськ: Літограф, 2014. 244 с.

8. **Павличенко А.В.**, Улицький О.А., Ермаков В.Н., Бузило В.И., Корж П.П. Гидроэкологические и техногенные последствия затопления угольных шахт:

монографія. под общ. ред. Бузило В.И. – Днепропетровск: Литограф, 2014. 128 с.

**В фахових виданнях:**

9. **Павличенко А.В.**, Кроик А.А. Геохимическая оценка роли пород зоны аэрации в процессе загрязнения подземных вод тяжелыми металлами. Науковий вісник НГУ. 2013. №5. С. 93–99. (Наукометрична база Scopus)

10. **Павличенко А.В.**, Федотов В.В., Бучавий Ю.В., Коваленко А.А. Розробка електронних екологічних паспортів породних відвалів вугільних шахт. Науковий вісник Національного гірничого університету. 2014. №3. С. 105-110. (Наукометрична база Scopus).

11. **Павличенко А.В.**, Кроїк Г.А. Екологічна оцінка шахтних порід Західного Донбасу як джерела забруднення об'єктів довкілля. Збірник наукових праць УкрДГРІ. 2013. №3. С. 64-70.

12. **Павличенко А.В.**, Коваленко А.А. Дослідження міграційної активності важких металів на територіях розміщення породних відвалів. Збірник наукових праць Національного гірничого університету. 2013. №40. С. 167-173.

13. **Павличенко А.В.**, Лаврик М.О. Оценка степени влияния прудов-накопителей шахтных вод на уровень засоления почв. Збірник наукових праць Національного гірничого університету. 2013. №43. С. 123-128.

14. **Павличенко А.В.**, Коваленко А.А. Екологічна небезпека породних відвалів ліквідованих вугільних шахт. Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. праць. Ін-т геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України. Дніпропетровськ, 2013. Вип. 110. С. 116-123.

15. **Павличенко А.В.**, Демура В.І., Готвянська В.О. Розподіл та накопичення важких металів в рослинах та ґрунтах на територіях розміщення відходів вуглевидобутку. Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. праць. Ін-т геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України. Дніпропетровськ, 2013. Вип. 111. С. 23-29.

16. **Павличенко А.В.**, Лаврик М.О. Використання рослин-фіторемедіантів для відновлення засоленних ґрунтів в районах розташування ставків-відстойників шахтних вод. Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. праць. Ін-т геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України. Дніпропетровськ, 2014. Вип. 115. С. 209-218.

17. **Pavlychenko A.V.**, Biletska V.A., Yatsechko N.Ye., Demura V.I. Application of natural sorbents for waste detoxication. Науковий вісник Національного гірничого університету. 2014. №6. С. 120-125. (Наукометрична база Scopus).

18. **Павличенко А.В.**, Бузило В.І. Екологічні та техногенні наслідки ліквідації вугільних шахт. Розробка родовищ: щорічний науково-технічний збірник. Дніпропетровськ: ТОВ ЛізуновПрес, 2014. С. 535-540.

19. **Павличенко А.В.** Шляхи удосконалення природоохоронної діяльності вугледобувного підприємства. Збірник наукових праць НГУ. Дніпропетровськ: Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», 2015. №49. С. 297-305.

20. **Павличенко А.В.**, Кулина С.Л. Екологічна небезпека гірничих відходів ліквідованих шахт Червоноградського гірничопромислового регіону. Збірник наукових праць НГУ. Дніпропетровськ: Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», 2015. №48. С. 216-222.

21. **Павличенко А.В.** Ідентифікація екологічних ризиків, що виникають на різних етапах функціонування вугледобувних підприємств. Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. праць. Ін-т геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України. Дніпропетровськ, 2015. Вип. 124. С. 280-288.

22. **Павличенко А.В.**, Лаврик М.О., Трепачова К.В. Исследование характера и степени воздействия прудов-накопителей шахтных вод на объекты окружающей среды. Розробка родовищ: щорічн. наук.-техн. зб. Дніпропетровськ: Літограф, 2015. С. 469-477.

23. **Pavlichenko A.V.**, Kolesnik V.Ye., Buchavy Yu.V. Determination of dynamic parameters of dust emission from a coal mine fang. Науковий вісник Національного гірничого університету. 2016. №2. С. 81-87. (Наукометрична база Scopus).

24. **Pavlychenko A.V.**, Kulikova D.V. Estimation of ecological state of surface water bodies in coal mining region as based on the complex of hydrochemical indicators. Науковий вісник Національного гірничого університету. 2016. №4. С. 62-70. (Наукометрична база Scopus).

25. **Pavlichenko A.V.**, Kolesnik V.Ye., Buchavy Yu.V. Dynamic parameters estimation of dust emissions of heat-and-power objects of coal mines. Науковий вісник Національного гірничого університету. 2016. №5. С. 91–97. (Наукометрична база Scopus).

26. **Pavlichenko A.V.**, Kolesnik V.Ye., Kulikova D.V. Substantiation of rational parameters of perforated area of partitions in an improved mine water settling basin. Науковий вісник Національного гірничого університету. 2016. №6. С. 120-127. (Наукометрична база Scopus).

27. **Павличенко А.В.**, Колесник В.Є. Методологія експертного оцінювання рівня екологічної небезпеки функціонування та ліквідації вугільних шахт. Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. пр. ІГТМ НАН України. Дніпро, 2016. №127. С. 141-150.

28. **Павличенко А.В.**, Колесник В.Є. Розробка способів зниження рівня екологічної небезпеки від пилових викидів вугільних шахт. Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. пр. ІГТМ НАН України. – Дніпро, 2016. №128. С. 169-179.

29. **Павличенко А.В.**, Плахотній С.А. Ліквідація нерентабельних вугледобувних підприємств: шляхи зменшення негативного впливу на навколишнє природне середовище. Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. пр. ІГТМ НАН України. – Дніпро, 2016. №130. С. 257-262.

30. **Павличенко А.В.**, Колесник В.Є. Оцінка ефективності реалізації природоохоронних заходів на вугільних шахтах. Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків, НТУ «ХПІ», 2016. №50(1222). С.142-146.



**В зарубіжних збірниках:**

31. **Pavlychenko A.**, Kovalenko A. The investigation of rock dumps influence to the levels of heavy metals contamination of soil. Mining of Mineral Deposits. Leiden, The Netherlands: CRC Press Balkema, 2013. P.237-238. (Наукометрична база Scopus).

32. **Pavlychenko A.**, Borysovs'ka O. Improvement of methods of environmental hazard control of industrial waste. Progressive technologies of coal, coalbed methane, and ores mining. Leiden, The Netherlands : CRC Press / Balkema, 2014. P.273-279.

33. **Pavlychenko A.**, Buzylo V., Borysovs'ka O. & Gruntova V. Technological and environmental aspects of the liquidation of coal mines. New Developments in Mining Engineering: Theoretical and Practical Solutions of Mineral Resources Mining. – The Netherlands: CRC Press / Balkema, 2015. P. 75-79.

**В інших наукових виданнях:**

34. **Павличенко А.В.**, Горова А.І., Кулина С.Л. Екологічна характеристика впливу породних відвалів на довкілля Червоноградського гірничопромислового регіону: Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників – 2009». – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2009. С. 238-243.

35. **Павличенко А.В.**, Пацкова Ю.Л., Кроїк Г.А. Геоекологічні особливості процесів накопичення важких металів у поверхневих водах під впливом гірничодобувної промисловості. Географія, геоекологія, геологія: досвід наукових досліджень: Матеріали VII Міжн. наукової конф. студентів, аспірантів і молодих вчених. – Дніпропетровськ: ІМА-прес, 2010. Вип. 7. С. 129-130.

36. **Павличенко А.В.**, Гороя А.И., Лисицкая С.М., Федотов В.В. Экологические аспекты использования субстратных композиций для рекультивации земель, нарушенных горными работами. Форум гірників–2011: матеріали міжнародної конф. Дніпропетровськ: РВК НГУ. 2011. С. 117-121.

37. **Павличенко А.В.**, Кулікова Д.В., До питання вдосконалення технологічної схеми очистки шахтних вод за допомогою рослин-макрофітів. Фундаментальні та прикладні дослідження в біології: матеріали II Міжнародної наукової конференції студентів, аспірантів та молодих учених. Донецьк: Вид-во «Ноулідж», 2011. 350 с.

38. **Павличенко А.В.**, Федотов В.В., Бучавий Ю.В. Вдосконалення системи екологічної паспортизації породних відвалів вугільних шахт. Форум гірників–2012: матеріали міжнародної конференції. Дніпропетровськ: РВК НГУ, 2012. Т.1. С. 137-141

39. **Павличенко А.В.**, Горова А.І., Коваленко А.А. Еколого-економічні наслідки розміщення відходів вуглевидобувних підприємств. Школа підземної розробки : матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції, Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2012. С. 344-351

40. **Павличенко А.В.**, Коваленко А.А. Особливості міграції важких металів у системі «породні відвали – ґрунти». Екологічні проблеми регіону: матеріали V Регіональної молодіжної науково-практичної конференції. Рубіжне: ІХТ СХУ ім.

В. Даля, 2013. С. 88-91.

41. **Павличенко А.В.**, Коваленко А.А. Изучение особенностей миграции тяжелых металлов из породных отвалов угольных шахт. Цілі збалансованого розитку для України : матеріали міжнародної конференції. Київ: ЦЕОіІ, 2013. С. 221-225.

42. **Павличенко А.В.**, Борисовская Е.А., Федотов В.В. Нормативно-правовые и экологические аспекты государственного учета и инвентаризации отходов угледобычи. Досвід і проблеми інкорпорації, імплементації та адаптації екологічного законодавства: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Дніпропетровськ: НГУ, 2013. С. 221-225.

43. **Павличенко А.В.**, Лаврик М.О. Аналіз стану ґрунтів на території вугледобувних регіонів України. Форум гірників – 2013: матеріали міжнародної конференції. Дніпропетровськ: НГУ, 2013. Т.3. С. 93-100

44. **Павличенко А.В.**, Кроик А.А. Роль пород зоны аэрации в снижении загрязнения подземных вод в районах размещения прудов-накопителей шахтных вод. Надкористування в Україні. Перспективи інвестування: матеріали Першого науково-практичного семінару. Київ: ДКЗ, 2014. С. 370-375.

45. **Павличенко А.В.**, Лисенко О.В. Управління екологічними ризиками в гірничодобувних регіонах. Екологічні проблеми промислових регіонів: матеріали ІІІ Всеукраїнської молодіжної науково-практичної конференції. – Рубіжне: ІХТ СНУ ім. В. Даля, 2014. С.103-105.

46. **Павличенко А.В.**, Кулина С.Л. Техногенні наслідки закриття вугільних шахт Червоноградського гірничопромислового регіону. Тиждень еколога – 2015: доповіді міжнародного наукового симпозиуму. Дніпродзержинськ: ДГТУ, 2015. С.141-143.

47. **Павличенко А.В.**, Кулина С.Л. Породні відвали ліквідованих вугільних шахт – об'єкти підвищеної екологічної небезпеки для довкілля. Формування стратегії поводження з відходами в умовах децентралізації влади : проблеми та перспективи реалізації на рівні місцевих громад: збірка матеріалів Національного форуму «Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології». Київ, ЦЕОтаІ, 2015. С. 124-126.

48. **Павличенко А.В.**, Колесник В.Е., Бучавый Ю.В. Количественная оценка случаев превышения задаваемой величины пылевого выброса из вентиляционного ствола угольной шахты. Форум гірників – 2014 : матеріали міжнародної конференції. – Дніпропетровськ: НГУ, 2014. Т.1. С. 227-232.

49. **Павличенко А.В.**, Бузило В.І. Шляхи підвищення рівня екологічної безпеки процесів ліквідації вугледобувних підприємств. Еколого-правові та економічні аспекти екологічної безпеки регіонів: збірка матеріалів Х міжнародної науково-практичної конференції. Харків: ХНАДУ. 2015. С. 16-18

50. **Павличенко А.В.**, Кулина С.Л. Аналіз наслідків впливу вугледобувних підприємств на стан водних об'єктів Червоноградського гірничопромислового регіону. Сучасний стан та перспективи розвитку водного господарства : матеріали

Міжнародної науково-практичної конференції. Дніпропетровськ: Свидлер А.Л., 2016. С. 101-103.

51. **Павличенко А.В.**, Кулина С.Л. Відходи ліквідованих гірничих підприємств – джерело екологічної небезпеки в гірничопромислових регіонах. Актуальні проблеми науково-промислового комплексу регіонів : матеріали II Всеукраїнської науково-технічної конференції, Рубіжне: Видавець О. Зень, 2016. С. 134-137.

52. **Павличенко А.В.**, Плахотній С.А. Шляхи зменшення негативного впливу породних відвалів ліквідованих шахт на екологічний стан вугледобувних регіонів. Форум гірників – 2016: матеріали міжнар. конф. Дніпро: НГУ, 2016. Т.2. С. 229-233.

**Внесок автора в роботи, що опубліковані у співавторстві:** [1-3, 33, 27, 45] – розвинуто методологічні основи підвищення екологічної безпеки процесів ліквідації вугільних шахт; [4, 8, 18, 50] – виконано аналіз та прогноз екологічних та техногенних наслідків при «мокрому» та «сухому» способах ліквідації вугільних шахт; [5, 19, 21, 30, 46, 49, 52] – визначено екологічні наслідки розробки вугільних родовищ та визначено шляхи удосконалення системи управління екологічною безпекою вугледобувної галузі; [6, 7, 28, 29] – розроблено екологічні технології розробки вугільних родовищ в різних вугледобувних регіонах України; [9, 11, 12, 17, 22, 24, 31, 35, 43, 44] – виконано комплексну оцінку процесів забруднення підземних вод та ґрунтів в районах розташування ставків відстійників шахтних вод та породних відвалів; [10, 32, 38, 42, 47] – удосконалено методологічний підхід до екологічної паспортизації відходів вугледобувних підприємств; [13] – розглянуті питання екологічної оцінки наслідків засолення ґрунтів в вугледобувних регіонах; [14, 15, 20, 51] – досліджено екологічні наслідки впливу побічних продуктів вуглевидобутку (породних відвалів) на забруднення прилеглих територій та обґрунтовано комплекс природоохоронних заходів; [33, 34, 39-41] – досліджено механізми міграції забруднюючих речовин на територіях розміщення породних відвалів; [16, 37] – досліджено здатність рослин поглинати важкі метали та солі з ґрунтів в районах розташування ставків-накопичувачів шахтних вод; [22, 24] – досліджено екологічні наслідки функціонування ставків-накопичувачів та скиду шахтних вод в поверхневі водойми; [23, 25, 48] – розроблено методику визначення динамічних показників пилових викидів вугільної шахти; [26] – визначено раціональні параметри перегоронок у відстійниках шахтних вод; [36] – удосконалено спосіб рекультивації порушених земель з використанням композицій субстратів; [52] – розроблено комплекс заходів зі зменшення негативного впливу породних відвалів на компоненти довкілля.

## АНОТАЦІЯ

Павличенко А.В. Екологічна небезпека експлуатації та ліквідації вугільних шахт: методологія оцінки, напрями і засоби зниження. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.06.01 – екологічна безпека. – Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», Дніпро, 2017.

Дисертація присвячена вирішенню актуальної наукової проблеми удосконалення методологічного підходу до комплексної оцінки рівня екологічної небезпеки, обумовленого багаторічною експлуатацією та ліквідацією вугільних шахт, розробки та пошуку оптимальних форм управління екологічною безпекою вугледобувної галузі.

Систематизовано екологічні та техногенні наслідки підземного видобутку вугілля, узагальнено механізми трансформації об'єктів навколишнього середовища, масиву гірських порід та земної поверхні на сталому і завершальному етапах функціонування вугільних шахт.

Розроблено засоби локалізації пилових викидів зі ствола вугільної шахти в атмосферу, вловлювання пилу електрофільтром з низьким аеродинамічним опором, технологічні схеми ліквідації гірничих виробок залежно від ступеня їх екологічної небезпеки.

Розроблено методологію оцінки рівня екологічної небезпеки на різних етапах функціонування вугільної шахти (за 4-бальною шкалою) за впливом 16 пріоритетних техногенних чинників, обумовлених експлуатацією і ліквідацією вугільних шахт. Встановлено «високі» рівні екологічної небезпеки для навколишнього середовища при експлуатації та «мокрій» ліквідації вугільної шахти. «Суха» ліквідація вугільної шахти характеризується «помірним» рівнем екологічної небезпеки. Впровадження розроблених природоохоронних заходів на вугільних шахтах дозволяє знизити рівень екологічної небезпеки з «високого» до «помірного».

**Ключові слова:** вугільна галузь, шахта, експлуатація, ліквідація, екологічна небезпека, методологія оцінки, засоби зниження.

## АННОТАЦИЯ

Павличенко А.В. Экологическая опасность эксплуатации и ликвидации угольных шахт: методология оценки, направления и способы снижения. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание научной степени доктора технических наук по специальности 21.06.01 – экологическая безопасность. – Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», МОН Украины, Днепр, 2017.

Диссертация посвящена решению актуальной научной проблемы усовершенствования методологического подхода к комплексной оценке уровня экологической опасности, обусловленного многолетней эксплуатацией и

ликвидацией угольных шахт, разработки и поиска оптимальных форм управления экологической безопасностью угледобывающей области.

Проведенный анализ последствий функционирования угольных шахт выявил ряд нерешенных экологических проблем, связанных с эксплуатацией большого количества нерентабельных шахт. Неэффективная система управления экологическим состоянием территорий угольных шахт не позволяет должным образом решать вопросы экологической безопасности как в процессе постоянной эксплуатации, так и ликвидации угольных шахт. Ликвидация шахт способом «мокрой» консервации приводит к значительным негативным эколого-геологическим последствиям, в частности к деформациям земной поверхности и разрушениям жилых и промышленных объектов. При «сухой» консервации негативное влияние на окружающую среду проявляется в виде сбросов шахтных вод в поверхностные водоемы, истощения и загрязнения водных ресурсов. Выявленные последствия требуют определения показателей, которые характеризуют экологическое состояние прилегающих к шахтам территорий, разработки эффективных природоохранных мероприятий, в том числе и при ликвидации шахт, а также поиска механизмов управления процессами внедрения этих мероприятий и оценки их эффективности.

Обоснована методология оценки показателей, которые определяют уровень экологической опасности динамичных шахтных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, которая базируется на решении интегралов математической «задачи о выходе случайного процесса за установленный уровень», а также показателей динамичных сбросов шахтной воды в поверхностные водоемы, экологическая опасность которых оценена по качеству воды с использованием интегрального экологического индекса.

Усовершенствованы методы оценивания экологических последствий долговременного влияния на окружающую среду отвалов шахтной породы угольных шахт и прудов-накопителей шахтной воды в условиях их эксплуатации и дальнейшей ликвидации.

Систематизированы известные и разработаны новые средства снижения уровня экологической опасности эксплуатации и ликвидации угольных шахт, которые касаются: локализации шахтных выбросов в атмосферу путем душирования запыленных вентиляционных потоков диспергированной водой или улавливания тонкодисперсной пыли с использованием на негазовых шахтах электрофилтра; способов ликвидации горных выработок с использованием для их закладки отвальной шахтной породы; очистки шахтной воды в проточном отстойнике; методов фиторемедиации загрязненных и засоленных почв.

Разработана методология оценки уровня экологической опасности на разных этапах функционирования угольной шахты по влиянию 16 приоритетных техногенных факторов, обусловленных эксплуатацией и ликвидацией горных предприятий.

Усовершенствована система управления экологической безопасностью угледобывающих регионов на разных этапах функционирования угольных шахт с учетом уровня опасности на основе оценки экологического воздействия ряда выделенных приоритетных техногенных факторов угледобычи на основные объекты окружающей среды путем их непосредственного обследования. Комплексную оценку уровня опасности угледобывающих предприятий предложено определять по 15-балльной шкале, равномерно разделенной на три уровня экологической опасности, что позволило количественно оценить и сравнить воздействия на окружающую среду как существующих технологий добычи угля, так и способов ликвидации шахт.

Ключевые слова: угольная отрасль, шахта, эксплуатация, ликвидация, экологическая опасность, методология оценки, способы снижения.

### **ABSTRACT**

Pavlychenko A.V. Ecological Danger of Coal Mines Operation and Liquidation: Methodology of Assessment, Ways and Means or Reduction. – On rights for a manuscript.

Thesis for a Doctor Degree in Technical Science, speciality 21.06.01 – ecological safety. – State higher educational institution «National Mining University», Dnipro, 2017.

The thesis is aimed at solving the urgent scientific problem of methodology improvement for complex assessment of ecological danger level caused by long-term operation and liquidation of coal mines, as well as development and finding the best forms of ecological safety management of coal industry.

The ecological and anthropogenic consequences of underground coal mining were systematized; the mechanisms of transformation of environmental objects, rock mass, and earth surface on the stable and final stages of coal mines functioning were generalized.

The means of localization of dust emissions from coal mine shaft into atmosphere; dust trapping by electrostatic filter of low air-flow resistance; as well as technological frameworks of mine workings liquidation considering the level of ecological danger were developed.

The methodology for assessment of ecological danger level on different stages of coal mine operation (using 4-grade scale) according to the influence of 16 major anthropogenic factors caused by operation and liquidation of coal mines was developed. "High" levels of ecological danger for the environment were determined in case of operation and "wet" liquidation of a coal mine. "Dry" liquidation of a coal mine is characterized by "mild" level of ecological danger. Implementation of developed nature protective measures on coal mines enables reduction of ecological danger from "high" to "mild" level.

Keywords: coal industry, mine, operation, liquidation, ecological danger, assessment methodology, reduction means.

ПАВЛИЧЕНКО Артем Володимирович

ЕКОЛОГІЧНА НЕБЕЗПЕКА ЕКСПЛУАТАЦІЇ  
ТА ЛІКВІДАЦІЇ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ:  
МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНКИ, НАПРЯМИ І ЗАСОБИ ЗНИЖЕННЯ

(Автореферат)

Підписано до друку 26.05.2017. Формат 60x90/16.  
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 2,0.  
Обл.-вид. арк. 2,0. Тираж 100 прим. Зам. №2718

Видавництво «Літограф». Ідентифікатор видавця у системі ISBN: 2267  
Адреса видавництва та дільниці оперативної поліграфії: 49000,  
м. Дніпро, вул. Паторжинського 29/б  
тел: (066)369-21-55, (056)713-57-25. E-mail: Litograf.dp@gmail.com